

Distribución espacial de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep.; Noctuidae) en cultivo de pimiento en invernadero

J. BELDA, L. JUSTICIA, F. PASCUAL y T. CABELLO

Se analizan los resultados de un ensayo para conocer la distribución entre plantas y dentro de la planta de los estados de huevo (en puestas) y larvas de la especie plaga *Spodoptera exigua* (Hübner) en cultivo de pimiento en invernadero. El ensayo se realizó durante la campaña de otoño de 1991 en el CIDH La Mojonera, Almería, en un invernadero tipo parral, enarenado, con una superficie cultivada de 750 m² subdividida en 12 parcelas de 4 filas de plantas y 25 plantas por fila. El diseño del experimento fue de bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento. La toma de muestras se realizó semanalmente hasta un total de 7, consistiendo en el examen de 6 plantas juntas en grupos de 3 en dos filas adyacentes, 3 plantas consecutivas en 2 grupos elegidos al azar en cada una de las dos filas centrales muestreadas y 6 plantas separadas en la misma fila. En cada parcela elemental se anotó el número de puestas y larvas (distinguiendo estadíos) en distintas partes de la planta (tallo principal, dosel y resto de la planta) así como en los distintos órganos (hojas, flores y frutos).

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza de parcelas divididas en el tiempo, no encontrándose diferencias significativas en el número de puestas o larvas entre las modalidades de muestreo. Por otra parte se utilizaron los datos para el ajuste a una distribución binomial negativa, y se calcularon los índices de agregación por el método de regresión de IWAO. Estos índices resultaron ser para puestas, $\alpha = -0,754$ y $\beta = 3,042$, mientras que los resultados para larvas de los distintos estadíos fueron: $\alpha = 7,143$ y $\beta = 1,638$.

Por último se realizó un análisis discriminante entre las partes y órganos de la planta como variables y los distintos estadíos larvarios como grupos a discriminar, encontrándose que las variables que mejor separan las poblaciones de larvas de los distintos estadíos fueron, por este orden, número de larvas en hojas del resto de la planta, número de larvas en flores, y número de larvas en hojas del tallo principal.

J. BELDA. Servicio de Protección de los Vegetales. c/ Hermanos Machado, 4-3.^a 04071 Almería.

L. JUSTICIA. CIDH La Mojonera (Almería). Aptdo. 91, El Ejido. Almería.

F. PASCUAL. Dpto. Biología Animal y Ecología. Univ. Granada. Campus Fuentenueva s/n. 18071 Granada.

T. CABELLO. Entomología Agrícola. E. Politécnica Superior. Univ. Almería. 04120 La Cañada, Almería.

Palabras clave: Noctuidos, *Spodoptera exigua*, estados inmaduros, pimiento, invernaderos, ecología, distribución.

INTRODUCCION

Spodoptera exigua (Hübner) en su condición de plaga polífaga, pudiendo atacar a más de 60 especies cultivas de 23 familias (BROWN y DEWHURST, 1975) y comportamiento migratorio (FRENCH, 1969; CAYROL,

1972), adquiere en nuestras latitudes una gran importancia asociada a los cultivos de pimiento y sandía, habiéndose convertido en los últimos años en una de las plagas principales en los cultivos de pimiento en invernaderos en Almería. Esta plaga causa daños de consideración tanto por disminución de su-

perficie foliar por comeduras de larvas en hojas, como por los daños en frutos al realizar perforaciones en los mismos que adquieren mayor importancia comercial (BELDA, 1991). Por otra parte, el control químico o biológico no siempre resulta satisfactorio, tanto por problemas de resistencias a insecticidas (POWELL y BASS, 1975; MOAR y TRUMBLE, 1987; YOSHIDA y PARRELLA, 1987) como por dificultades para el control por falta de conocimiento de aspectos biológicos y ecológicos. En este sentido, adquiere gran interés el conocimiento de la distribución de los estados inmaduros de la especie en los cultivos susceptibles y su interpretación para el diseño de los métodos de muestreo y estrategias de control.

Es conocida la preferencia de las hembras para depositar los plastones de huevos en el envés de las hojas para distintos cultivos (CAYROL, 1972; ZALOM *et al.*, 1983; SMITS *et al.*, 1986) y que las larvas recién eclosionadas tienden por efecto de la puesta a localizarse agrupadas sobre tallos y hojas terminales o axilares pasando a vivir más aisladamente con el crecimiento y dispersión de las mismas (CAYROL, 1972). Los estudios de distribución dentro de la planta en cultivo de pimiento en invernadero ya ha sido abordada (CABELLO *et al.*, 1992a), aunque no existen trabajos que estudien la distribución de esta especie entre plantas, en las parcelas de cultivo.

Algunos aspectos que adquieren gran importancia para el conocimiento de la especie-plaga pueden deducirse del estudio de los datos en su ajuste a modelos matemáticos (SOUTHWOOD, 1978) y la estimación de los índices de agregación de la especie plaga en base a los trabajos de TAYLOR (1961) e IWAO (1968), los cuales en los últimos tiempos están tomando protagonismo en los estudios ecológicos de las especies plaga.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo para los estudios de distribución se realizó en un invernadero tipo «pa-

rral», enarenado y con riego por goteo, localizado en la finca del CIDH de La Mojoneira, Almería. El cultivo de pimiento, variedad INIA, fue plantado el día 28 de agosto de 1991, ocupando una superficie de 750 m². Esta parcela ocupada por el cultivo, fue subdividida transversalmente por bandas de plástico de 0,5 m de altura cada 4 líneas de pimiento, por lo que quedaron separados 12 bloques de 4 líneas de 25 plantas cada una.

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

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

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

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

En cada planta muestreada, se observaba y anotaba en campo, a primeras horas de la mañana, el número de plastones de huevos depositados y el número de larvas de los distintos estadíos que se encontraron en hojas, flores y frutos, diferenciando en las hojas entre las del tallo principal, hojas del dosel y resto de la planta. Los muestreos se realizaron en cada parcela elemental semanalmente, en número de 7 durante el período comprendido entre el día 3 de octubre y 21 de noviembre.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza con un diseño de parcela dividida en el tiempo. Además se realizó un ajuste de los datos a la distribución binomial negativa por medio del algoritmo desarrollado en un programa informático por CABELLO *et al.* (1992b). Los datos recogidos se utilizaron para el cálculo de los índices de agrupamiento por el método de regresión de la ecuación de IWAO (1968). Por último, se realizó un análisis discriminante

con el programa informático BMDP-7M (JENNRICH y SAMPSON, 1990) utilizando las distintas partes y órganos de la planta como variables discriminantes y los distintos estadíos larvarios (L_1 a L_5) como grupos a discriminar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de los datos de distribución

El análisis de los datos de distribución se realizó mediante análisis de varianza de parcelas divididas en el tiempo para recuentos del número de puestas y larvas en valores acumulados en los 7 muestreos. Los valores fueron transformados con $\sqrt{x + 0,5}$.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados medios por bloques de los valores transfor-

mados del número de puestas detectadas en plantas de pimiento en el ensayo con los diferentes tipos de muestreo.

Los resultados de los valores acumulados en los diferentes muestreos no muestran grandes diferencias entre los tipos de muestreo y bloques. El análisis de varianza realizado con parcelas divididas en el tiempo se muestra en el Cuadro 2.

En los resultados del análisis no aparecen diferencias significativas entre los distintos tratamientos, así como tampoco existen diferencias en las interacciones de fechas de muestreo con bloques o fechas de muestreo con tratamientos. Solamente aparecen diferencias con un nivel de significación de $P < 0,05$ para el factor de fechas de muestreo.

Estas diferencias encontradas mediante este análisis son perfectamente esperadas y

Cuadro 1.—Resultados medios del número de puestas acumuladas de *S. exigua* en valores transformados $\sqrt{x + 0,5}$ para los distintos tipos de muestreo

Tipo de muestreo	Bloques				Suma	Media
	I	II	III	IV		
M-1	5,82	4,95	5,47	4,95	21,19	5,29
M-2	4,95	5,82	6,34	4,97	22,09	5,52
M-3	4,95	6,34	6,34	5,98	23,62	5,90
Total	15,72	17,11	18,15	15,88		

Cuadro 2.—Tabla del análisis de la varianza con parcelas divididas en el tiempo para el número de puestas de *S. exigua* obtenidas en el ensayo con distintas modalidades de muestreo

Factor de variación	GL	SC	CM	F	Significación
Total (TM × Fechas)	83	5,0075	—	—	—
Parcela principal	11	0,5850	—	—	—
BLQ	3	0,1700	0,0567	—	—
TM	2	0,1559	0,0779	1,803	n.s.
ERR (a) (BLQ × TM)	6	0,2591	0,0432	—	—
Fechas	6	1,3120	0,2187	3,962	$P < 0,05$
Fechas × BLQ	18	0,9934	0,0552	1,129	n.s.
Fechas × TM	12	0,3577	0,0298	0,609	n.s.
ERR (b) (BLQ × TM × Fechas)	36	1,7594	0,0489	—	—

BLQ = bloque; TM = tipo de muestreo; ERR = error; n.s. = no significativo.

lógicas desde el momento que hay un incremento en el número de puestas a lo largo del período de seguimiento de los diferentes tipos de muestreo.

El Cuadro 3 muestra los valores medios transformados del número de larvas por planta de pimiento obtenidas en los diferentes tipos de muestreo para el acumulado de los diferentes recuentos.

Los datos ofrecen a simple vista unos valores algo mayores para el tipo de muestreo M-3 en los bloques I y II respecto a los otros dos tipos de muestreo, mientras que los demás valores presentan bastante uniformidad. El análisis de varianza con parcelas divididas en el tiempo que se realizó sobre los datos de larvas se muestra en el Cuadro 4.

Como ocurre en el análisis realizado para puestas, en los valores de larvas solamente aparecen diferencias significativas

($P < 0,05$) entre las fechas de muestreo, sin obtenerse diferencias entre las distintas modalidades de muestreo (TM) o la interacción entre éstas y fechas de muestreo o bloque y fechas de muestreo. Estos resultados confirman los obtenidos con los valores de puestas, en la lógica diferencia hallada entre fechas debida a un aumento de población durante el período de seguimiento.

Con los datos obtenidos en los muestreos de campo y los resultados de los análisis realizados, podemos suponer que las formas de muestreo elegidas no influyen en la estima de población del número de puestas o larvas de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero. No obstante, el tipo de muestreo M-1 en el que se realiza un muestreo de 6 plantas juntas en dos líneas contiguas, ofrece la ventaja de una mayor economía por la forma de realización, ya que por

Cuadro 3.—Resultados medios del número de larvas acumuladas de *S. exigua* en valores transformados $\sqrt{x + 0,5}$ para los distintos tipos de muestreo

Tipo de muestreo	Bloques				Suma	Media
	I	II	III	IV		
M-1	6,98	16,16	12,72	9,19	45,05	11,26
M-2	6,63	10,85	17,61	11,41	46,51	11,62
M-3	10,08	26,11	16,37	13,95	66,51	16,62
Total	23,69	53,12	46,70	34,55		

Cuadro 4.—Tabla del análisis de la varianza con parcelas divididas en el tiempo para el número de larvas de *S. exigua* obtenidas en el ensayo con distintas modalidades de muestreo

Factor de variación	GL	SC	CM	F	Significación
Total (TM × Fechas)	83	326,672	—	—	—
Parcela principal	11	46,015	—	—	—
BLQ	3	24,372	8,124	—	—
TM	2	10,308	5,154	2,728	n.s.
ERR (a) (BLQ × TM)	6	11,335	1,889	—	—
Fechas	6	184,016	30,669	13,475	$P < 0,01$
Fechas × BLQ	18	40,972	2,276	1,901	n.s.
Fechas × TM	12	12,567	1,047	0,875	n.s.
ERR (b) (BLQ × TM × Fechas)	36	43,102	1,197	—	—

BLQ = bloque; TM = tipo de muestreo; ERR = error; n.s. = no significativo.

el sistema de entutorado del pimiento en invernadero es suficiente «entrar» en el pasillo que separa ambas líneas para realizar los recuentos. Por encontrarse juntas las unidades de muestreo se evitan desplazamientos a lo largo de las líneas de cultivo, y por tanto un ahorro de tiempo. No obstante, para líneas de pimiento sin un excesivo número de plantas, lo que por otra parte es corriente en los invernaderos de nuestra zona, y sobre la base de los resultados obtenidos, cualquiera de los métodos empleados es lo suficientemente válido.

Estos resultados que se obtienen en este ensayo coinciden plenamente con los resultados de BYERLY *et al.* (1978) para muestreo de artrópodos en algodón. En este trabajo, que inspiró nuestra metodología, no aparecen diferencias entre los 3 tipos de muestreo para poblaciones de distintas especies de artrópodos, excepto para el caso de *Geocoris* sp., en sus estados inmaduros, que el método de muestreo con 6 plantas separadas en la misma fila, detecta significativamente mejor. El resto de artrópodos en sus diferentes estados, son estimados sin diferencias por los métodos de muestreo de tres plantas juntas en dos filas adyacentes (M-1 en nuestro ensayo), 2 grupos de 3 plantas juntas en la misma fila (3 plantas juntas en 2 filas en M-2 de nuestro ensayo) ó 6 plantas separadas en la misma fila (M-3), aunque este último, como en nuestro caso para población de larvas de *S. exigua*, proporciona ligeramente mayores estimas de población.

Ajuste de la distribución de puestas y larvas a una binomial negativa

Los datos del número medio de plastones y larvas por planta se utilizaron para el ajuste a una distribución binomial negativa utilizando el procedimiento desarrollado por el programa de ordenador realizado para tal efecto por CABELLO *et al.* (1992b). Este programa utiliza las ecuaciones de ajuste recogidas por JOHNSON y KOTZ (1969),

SOUTHWOOD (1978), PIELOU (1977) y KREBS (1989) con cálculos de K por cuatro métodos: Método 1 por primera aproximación, método 2 con cálculo de K por el segundo momento, método 3 de máxima verosimilitud por el tercer momento y cálculo de K para muestras de $n < 20$, media > 10 y frecuencia de ceros mayor de 1/3 del total.

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

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del ajuste para la distribución de frecuencias de plastones por planta, mientras que en el Cuadro 6 se muestran los resultados para el total de larvas de los distintos estadíos.

En todos los muestreos para puestas y larvas solamente aparecen dos fechas para larvas (muestreos del 6/11 y 21/11) en los que hay un ajuste significativo ($P = 0,05$) de K por el segundo momento (varianza) para la distribución de larvas. Para el cómputo general de todos los muestreos, los resultados indican que no se puede ajustar la distribución de plastones de huevos o larvas a una distribución binomial negativa. Estos resultados pueden ser originados por un número bajo de muestreos (3 con presencia de puestas y 7 con presencia de larvas). No obstante, los valores de K calculados por los métodos 1 y 4 en aquellas fechas en las que ha podido realizarse la estimación, son para puestas > 1 en 2 casos y negativo en el muestreo del 21/11.

Para larvas, los valores de K en los muestreos del 3/10 al 30/10 y el 21/11 son menores de 1, solamente superado con $K = 1.130$ en el muestreo del 6/11.

Al no ajustarse los datos a una distribución binomial negativa, no podemos utilizar los valores de K como un índice de disper-

Cuadro 5.—Resultados del ajuste a distribución binomial negativa de los datos del número de plastonos de huevos de *S. exigua* por planta en cada fecha de muestreo. Valores de número de muestras, media, varianza y estadísticos de comprobación

Valores	Fechas						
	3/10	11/10	16/10	23/10	30/10	6/11	21/11
N	12	12	12	12	12	12	12
Media	0	0	0	0	0,583	0,500	0,250
σ^2_{n-1}	—	—	—	—	0,811	0,636	0,205
K(1)	—	—	—	—	1,497	1,833	-1,375
K(2)	—	—	—	—	—	—	—
U	—	—	—	—	—	—	—
SDU	—	—	—	—	—	—	—
K(3)	—	—	—	—	—	—	—
T	—	—	—	—	—	—	—
SDT	—	—	—	—	—	—	—
K(4)	—	—	—	—	1,200	1,444	-1,000

Cuadro 6.—Resultados del ajuste a distribución binomial negativa de los datos del número de larvas de *S. exigua* por planta en cada fecha de muestreo. Valores de número de muestras, media, varianza y estadísticos de comprobación

Valores	Fechas						
	3/10	11/10	16/10	23/10	30/10	6/11	21/11
N	12	12	12	12	12	12	12
Media	1,833	0,333	1,583	0,833	0,583	14,417	28,917
σ^2_{n-1}	40,333	1,333	23,720	2,152	2,265	198,265	576,813
K(1)	0,087	0,111	0,133	0,527	0,202	1,130	0,920
K(2)	—	—	—	—	—	0,539 ^(*)	0,250 ^(*)
U	—	—	—	—	—	-201,55	-265,238
SDU	—	—	—	—	—	283,49	477,438
K(3)	—	—	—	—	—	—	—
T	—	—	—	—	—	—	—
SDT	—	—	—	—	—	—	—
K(4)	—	—	0,024	0,391	0,090	—	—

(*) Ajuste significativo a $P = 0,05$.

sión (SOUTHWOOD, 1978). A pesar de ello, los valores de media y varianza ofrecen cierta información sobre el tipo de distribución. En todos los casos para larvas y en 2 para puestas (30/10 y 6/11) los valores de la varianza son superiores a la media muestral

y por tanto la relación s^2/m es mayor que uno lo que apunta una tendencia a una distribución agregativa, contagiosa o agrupada, como por otra parte es lo más común en las poblaciones de artrópodos (GARCÍA-MARÍ, 1992).

Indices de agregación

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

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

$$s^2 = a \cdot m^b \tag{1}$$

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

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

$$m^* = m + \sigma^2/m - 1 \tag{2}$$

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

$$m^* = \alpha + \beta m \tag{3}$$

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

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

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

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

Los valores utilizados para el cálculo de los índices de agregación en la ecuación de IWAO para los estados de huevo (en puestas) y larvas de *S. exigua* se muestran en el Cuadro 7. En ella se ha calculado el índice de Morisita (Id) y la media de agrupamiento (m^*) a partir de la anterior.

La regresión de m^* y $m(\bar{x})$ ofreció para nuestros datos los valores que se muestran en el Cuadro 8.

El índice de contagio básico, α nos muestra un valor negativo (-0,754) en puestas y bastante elevado con signo positivo ($\alpha = 7.143$) para larvas, con valores de r^2 altos y una significación de la regresión de $P < 0.05$ en ambos casos. Este índice, que es característico para las distintas especies, nos muestra la tendencia a la agregación o repulsión (GARCÍA-MARÍ y COSTA-COMELLES, 1992) con el valor negativo que adquiere en nuestros cálculos para puestas, nos indica una tendencia a la repulsión de las mismas, mientras que para larvas se puede interpretar como una tendencia a la agregación de las mismas.

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

Cuadro 7.—Valores de los distintos parámetros utilizados en las ecuaciones para el cálculo del estado de agregación de puestas y larvas de *S. exigua* por el método de Iwao

Estado de desarrollo	Fecha muestreo	Parámetros					
		n	Σx	Σx^2	Id	m*	m(\bar{x})
Puestas	30/10	12	7	13	1,714	0,999	0,583
	6/11	12	6	10	1,600	0,800	0,502
	21/11	12	3	3	0	0	0,250
Larvas	13/10	12	22	484	12	22,000	1,833
	11/10	12	4	16	12	4,000	0,333
	16/10	12	19	291	9,543	15,108	1,583
	23/10	12	10	32	2,933	2,443	0,833
	30/10	12	7	29	6,286	3,665	0,583
	6/11	12	173	4675	1,816	26,175	14,417
	21/11	12	347	19745	1,939	56,060	28,917

Cuadro 8.—Índices de agregación para huevos (puestas) y larvas de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero, para plantas como unidad básica, calculados a partir del método de regresión de IWAO

Estado	Nº de muestras	Índices de Iwao				Significación
		α	$(\alpha + 1)$	β	r^2	
Huevas (puestas)	36	-0,754	0,246	3,042	0,9979	$P < 0,05$
Larvas	84	7,143	8,143	1,638	0,8795	$P < 0,05$

Según estos resultados la distribución de las puestas o plastrones de huevos de *S. exigua* en pimiento en invernadero tiene una tendencia a la repulsión, es decir, no localizar más de una puesta por planta. De hecho en la observación de los datos de campo las puestas tienden a distribuirse en número de 1 por planta muestreada. Esto parece lógico desde el punto de vista biológico, desde el hecho en que las hembras al realizar las puestas aseguran un sustrato alimenticio abundante a su descendencia al no realizar más de una puesta por planta y por tanto no permitir una sobreexplotación por la descendencia. Por otra parte, el índice β para puestas, con un alto grado de agregación en la unidad básica, sugiere que las hembras no recorren mucha distancia dentro del cultivo para realizar la oviposición, eligiendo para ello plantas vecinas. Este comportamiento coincide con las observaciones realizadas

en las infestaciones de cultivo de pimiento que inicialmente se producen por focos (BELDA, 1991).

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

El valor elevado de índice α de contagio básico representando un alto grado de agregación de larvas en las plantas es perfectamente asumible por el origen de las mismas a partir de puestas de un número elevado de huevos. El índice β para larvas que ofrece una distribución que se acerca a la distribución al azar de las mismas, tiene su origen

en la tendencia a la dispersión de larvas en los estadios L_3 a L_5 invadiendo plantas vecinas, y por la procedencia de las larvas de varias plantas realizadas en distintas plantas.

Distribución dentro de la planta de pimiento

Los datos de los muestreos realizados para los análisis de distribución de la especie entre plantas en cultivo de pimiento se utilizaron para el estudio de la distribución de los estadios larvarios dentro de la planta. Para ello se diferenciaron los distintos estadios larvarios y su localización dentro de las plantas en los diferentes órganos y partes de los mismos. Así se hizo la diferenciación en la localización en hojas, flores y frutos, dentro de las primeras entre aquellas localizadas en el tallo principal (hasta la cruz), hojas del dosel y hojas del resto de la planta.

Los resultados, en porcentajes de presencia de cada uno de los estadios larvarios en cada órgano y parte de la planta se muestran mediante sus valores en los 7 muestreos en el Cuadro 9.

En los valores de porcentaje de presencia en cuanto a órganos vegetales, puede apreciarse una tendencia de las larvas de los primeros estadios a ocupar preferentemente flores (L_1 y L_2) y frutos (L_1 a L_3) frente a las larvas mayores, L_4 y L_5 que se ubican preferentemente en hojas y algo en frutos, pasan-

do prácticamente desapercibidas en flores. En este caso aparece un aumento del porcentaje de ocupación de las hojas en relación con la edad de la larva, ascendiendo desde un 12,77 % de L_1 en hojas hasta un 72,78 % para L_5 .

En cuanto a los valores porcentuales de distribución en hojas para las distintas partes establecidas en la planta de pimiento, aparecen unos niveles muy bajos de presencia en las hojas bajas del tallo principal, apareciendo la mayor proporción en el dosel de hojas, prácticamente ocupado por el tercio superior de la planta. Haciendo distinciones entre estadios, son las larvas L_5 las que con un valor del 80 % se encuentran en hojas del dosel, seguidas de L_4 y L_3 con proporciones menores pero ya encontrándose de forma apreciable en el resto de las hojas.

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

En los porcentajes distribuidos según el estado de madurez o tamaño de los órganos vegetales, destacan dos hechos: por una

Cuadro 9.-Valores medios de la distribución de los distintos estadios larvarios de *S. exigua* en porcentajes de ocupación en los distintos órganos y partes de la planta de pimiento

Estadio	N	Organos y partes de la planta					
		Hojas				Flores	Frutos
		T. principal	Dosel	Resto	Total		
L_1	51	0,00	10,56	2,21	12,77	45,26	41,977
L_2	53	0,00	13,66	1,02	14,68	43,60	41,72
L_3	25	0,67	27,80	5,96	34,42	24,97	40,60
L_4	13	0,00	54,70	18,08	72,78	1,92	25,30
L_5	10	10,00	80,00	0,00	90,00	0,00	10,00
Total	152	0,77	22,82	3,62	27,21	34,66	38,13

Cuadro 10.—Distribución de larvas de *S. exigua* en porcentajes de ocupación en los distintos órganos y partes de la planta de pimiento considerando el estado de madurez o tamaño de los órganos vegetales

Estado o tamaño	Organos y partes de la planta					
	Hojas			Total	Flores	Frutos
	T. principal	Dosel	Resto			
Joven / pequeño	50,00	63,55	9,03	40,86	45,74	74,51
Viejo / grande	50,00	36,45	90,97	59,14	54,26	25,49

parte un porcentaje de presencia de larvas en los frutos pequeños respecto a los grandes y por otra, un gran porcentaje de ocupación de las hojas viejas del resto de la planta en contraposición a las hojas del tallo principal o dosel. Este resultado esta basado en el menor número de hojas jóvenes en esta parte en la planta de pimiento adulta.

La distribución de los estadios larvarios en su conjunto sobre los distintos órganos y partes del vegetal se muestra en la Figura 1 para los distintos muestreos realizados en

cultivos de pimiento en invernadero. En ella se representa el porcentaje de ocupación de los distintos órganos de la planta y localizaciones consideradas para hojas a lo largo del período de seguimiento para el total de larvas de L₁ a L₅. En la misma se observa una ocupación predominante de las hojas del dosel en los primeros muestreos, hasta el 6/11, fecha en la cual predominan las larvas sobre flores y frutos. La ocupación del tallo principal muestra ciertos valores en el primer muestreo el 3/10 y el segundo, el 11/10

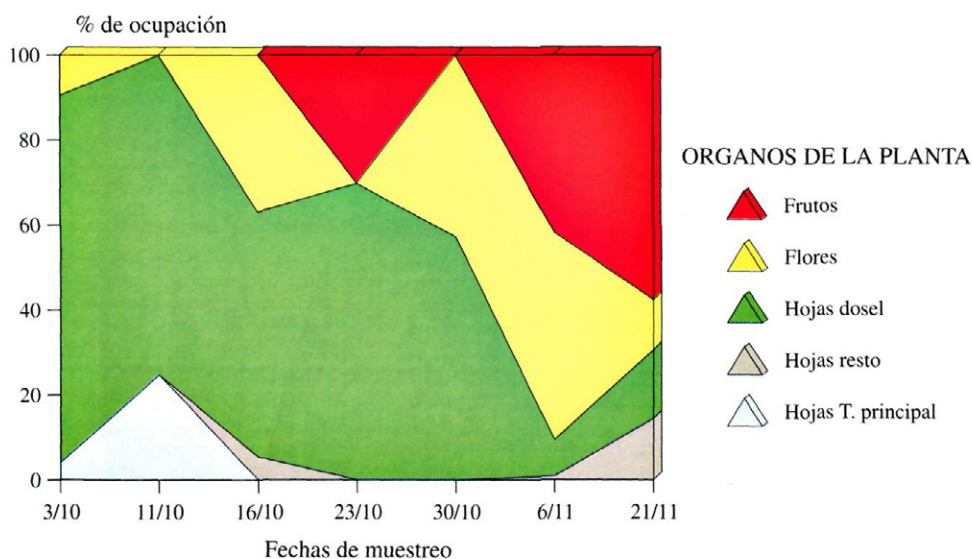


Fig. 1.—Distribución de los estadios larvarios de *Spodoptera exigua* en los distintos órganos y partes de la planta de pimiento en la evolución de los muestreos.

con algo más del 20 %. En el resto del período no aparece población sobre el tallo principal. Las hojas del resto de la planta aportan en general unos porcentajes muy bajos de ocupación, siendo más patentes en el último muestreo el 21/11.

Con los datos totales de distribución de los distintos estadios larvarios en las distintas partes y órganos de la planta y el estado de madurez o tamaño de los mismos, observamos que un gran porcentaje de la población puede detectarse solamente muestreando en las hojas del dosel, flores y frutos pequeños con lo que se puede localizar el 86,27 % de la población de larvas de *S. exigua* en plantas de pimiento. Resulta además que estos órganos están localizados en su mayor proporción en la parte más alta de la planta, con lo que el muestreo de estas estructuras resulta más económico en cuanto al tiempo dedicado al recuento de larvas.

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

Análisis discriminante por pasos

Los resultados anteriores de distribución dentro de la planta, aparte de su valor para interpretación directa, han sido utilizados para intentar establecer de forma estadística cuáles son los estadios larvarios o los órganos y partes de la planta que mejor caracterizan la distribución de *S. exigua* en las plantas de pimiento en invernadero. Para ello se ha utilizado el análisis discriminante por pasos BMDP-7M como una herramienta para encontrar los subgrupos de variables que hacen mayores las diferencias entre los

grupos. La forma en que el programa realiza esta tarea es buscando una combinación lineal de las variables por medio del cálculo de las funciones discriminantes que mejor caracterizan las diferencias entre los grupos (JENNRICH Y SAMPSON, 1990). Este procedimiento es usado además como un test multivariante para las diferencias entre grupos en función de los estadísticos U (Wilks' λ) y la aproximación a F.

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

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

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

En el Cuadro 11 se muestran los valores medios del número de larvas de *S. exigua* en sus diferentes estadios en cada una de las localizaciones de la planta de pimiento consideradas para el total de muestreos realizados.

Después de calcular las desviaciones típicas y los coeficientes de variación para cada variable y grupo, el orden de entrada de las variables que mejor discriminan los grupos en este análisis se muestra en resumen, con los estadísticos F para introducir o eliminar las variables en los pasos de entrada del análisis, estadístico-U y aproximación de F en el Cuadro 12. En él se puede observar que las variables que mejor discriminan la distribución de larvas en función de su orden de entrada son, las hojas del resto de la planta, flores, y hojas del tallo principal.

Cuadro 11.—Valores medios del número de larvas de los distintos estadios en cada una de las variables de localización en la planta

Variable	Grupos (Estadios larvarios)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
Hojas del tallo principal	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000
Hojas del dosel	0,2941	0,8302	0,9200	1,0000	0,8000
Hojas del resto	0,0392	0,0943	0,8400	0,8461	0,0000
Flores	1,8431	1,6037	1,1200	0,0769	0,0000
Frutos	1,5686	1,7547	1,2800	1,3077	0,1000
Casos	51	53	25	13	10

Cuadro 12.—Tabla resumen del orden de entrada de las variables para el análisis discriminante

Paso	Variable introducida	Valor de F	Variables incluidas	Estadístico-U	Estadístico-F aproximado	Grados de libertad	
1	Hojas del resto	2,928	1	0,9262	2,928	4	147,0
2	Flores	2,404	2	0,8690	2,656	8	292,0
3	Hojas tallo principal	2,227	3	0,8187	2,513	12	383,9

La combinación de las variables predictivas traducida en las funciones de clasificación para cada grupo se muestran en el Cuadro 13. Las funciones de clasificación pueden ser utilizadas para la clasificación de los casos dentro de cada grupo. Mediante estas funciones de clasificación se confeccionó la matriz de clasificación de casos que se muestra en el Cuadro 14.

En la matriz de clasificación pueden observarse unos porcentajes de clasificación correcta generalmente bajos excepto para larvas L₂ que alcanzan un 66,0 % de casos clasificados en su grupo en función a las variables. El caso extremo lo representan las larvas L₃ con sólo un 8 % de clasificación correcta.

Por último el análisis discriminante proporciona una representación gráfica de los valores medios de cada grupo considerado (en nuestro caso larvas L₁ a L₅) en función de dos variables (canónicas) establecidas como resultado de la correlación entre las variables que entran en el análisis discriminante y las variables simuladas que repre-

sentan los grupos. La representación de los puntos correspondientes a los diferentes grupos se muestran en la Figura 2. Esta figura representa la similitud o cercanía de los valores medios de los grupos calculados según las variables que han entrado en el análisis discriminante.

Según la Figura 2, de los valores medios de cada grupo (centroides) a partir de los cálculos realizados con las variables introducidas en el análisis discriminante, se aprecia una gran proximidad entre la posición de los valores de los grupos 1 y 2 que corresponden a larvas L₁ y L₂ así como otro subgrupo que establece una proximidad grande entre larvas L₃ y L₄. Por último, la localización de las larvas de quinto estadio L₅ queda aislada y separada de los dos subgrupos anteriores.

Esta representación guarda la relación que existe entre la edad de las larvas mostrada en los distintos grupos, y las similitudes entre las mismas estimadas mediante el análisis.

A partir de los datos de distribución de los estados de desarrollo de *S. exigua* dentro de

Cuadro 13.-Funciones de clasificación para variables y grupos en el análisis discriminante

Variable	Grupos				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
Hojas del tallo principal	-0,02934	-0,00655	3,40639	0,26500	7,91732
Hojas del resto	-0,09761	-0,04231	0,59364	0,59364	0,03152
Flores	0,22841	0,19466	0,08238	-0,04791	-0,00226
Constante	-1,81802	-1,76353	-1,94670	-1,85875	-2,00530

Cuadro 14.-Matriz de clasificación de los casos y porcentajes dentro de cada grupo

Grupo	Porcentaje correcto	Número de casos clasificados dentro de cada grupo				
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
L ₁	21,6	11	38	1	1	0
L ₂	66,0	16	35	1	1	0
L ₃	8,0	4	17	2	1	1
L ₄	30,8	0	9	0	4	0
L ₅	10,0	0	9	0	0	1
Total	34,9	31	108	4	7	2

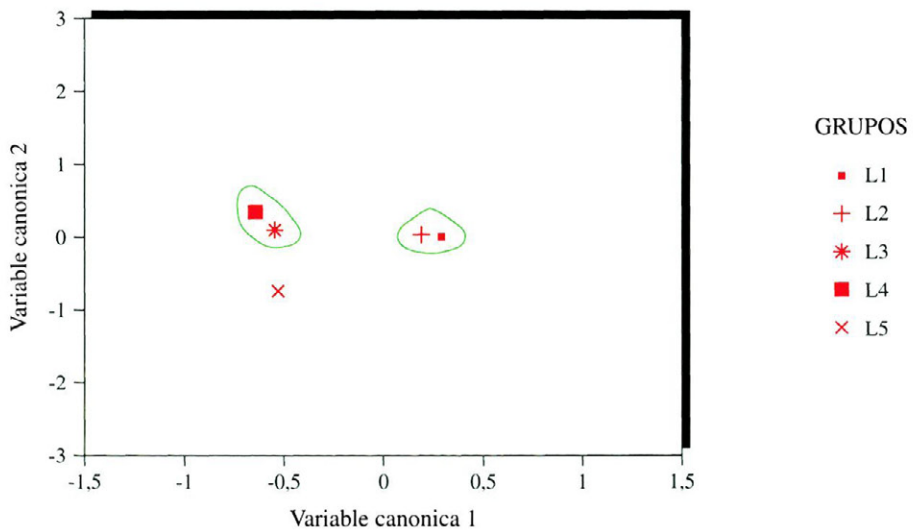


Fig. 2.-Representación de los grupos de larvas de *Spodoptera exigua* identificadas por sus estadíos (L₁ a L₅) en función de las variables introducidas en el análisis discriminante.

la planta de pimiento, se puede establecer que para el desarrollo de técnicas de muestreo de esta especie plaga, en cultivo en invernadero, se deben examinar para las larvas, el tercio alto de las ramas o dosel, conjuntamente con todas las flores y frutos de la planta. Esta suposición queda avalada por la representación que suponen estos órganos y partes de la planta en el porcentaje de larvas de los distintos estadios detectadas. Así, estas localizaciones suponen más del 95 % de la población de larvas (Cuadro 9).

En función de los resultados obtenidos en cuanto a los tipos de muestreo ensayados, en

los que no se han encontrado diferencias en el número de larvas, y los índices de agregación obtenidos, la propuesta pasa por un modelo de muestreo sistemático dentro de las líneas y al azar en la elección de éstas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a D.^a Silvia Rapallo por su colaboración en los trabajos de campo y gabinete y a D. Francisco Lupiáñez por las labores en un perfecto manejo del cultivo del ensayo.

ABSTRACT

BELDA, J.; JUSTICIA, L.; PASCUAL, F. y CABELLO, T., 1994. Distribución espacial de *Spodoptera exigua* (Lep.: Noctuidae) en cultivo de pimiento en invernadero. *Bol. San. Veg. Plagas*, **20**(2): 287-301.

We analyze the results of a trial in order to know the distribution of the immature stages (eggs masses and larvae) of *Spodoptera exigua* (Hübner) among and within the plants in a pepper crop in greenhouse. The trial was carried out during autumn of 1991 at the CIDH La Mojonera, Almería, in a greenhouse «tipo parral», with a cultivated surface of 750 m² divided in 12 plots of 4 rows of plants and 25 plants by row. The experimental design was of randomized blocks with 4 replicates by treatment. The samples was carried out weekly in number of 7, consisting in the exam of 6 side-by-side plants in groups of 3 in two adjacent rows, 3 serial plants in 2 chosen groups at random in each one of the 2 central rows sampled, and 6 plants separate in the same row. In each plot the number of eggs masses and larvae (distinguishing between stadia) was annotated for the different parts of the plant (main stem, canopy and rest of the plant) as well as in the different organs of the plant (leaves, flowers and fruits).

Data were analyzed using split-plot ANOVA resulting without significant differences in the number of eggs masses or larvae between sampling methods. On the other hand data were utilized to fit it to a negative binomial distribution and to calculate the aggregation indexes by the regression method of IWAO. These indexes resulted for eggs masses of $\alpha = -0,754$ and $\beta = 3,042$, while the results for larvae were; $\alpha = 7,143$ and $\beta = 1,638$.

For the within-plant distribution was carried out a discriminant analysis between parts and organs of the plant as variables and the different larval estadia as groups to discriminate, finding that variables which better separates the populations of larvae were, for this order, number of larvas in leaves of the rest of the plant, number of larvas in flowers, and number of larvas in leaves of the main stem.

Key words: Noctuids, *Spodoptera exigua*, immature stages, pepper crop, greenhouse, ecology, distribution.

REFERENCIAS

- BELDA, J., 1991: Lepidópteros. En: GARIJO ALBA, C. et al. (Eds). *Plagas del tomate. Bases para el control integrado*. Dir. Gral. de Sanidad de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 194 pp.
- BELDA, J.; CABELLO, T.; ORTIZ, J. y PASCUAL, F., 1992: Distribución de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.; Thripidae) en cultivo de pimiento bajo plástico en el sureste de España. *Bol. San. Veg. Plagas*, **18**: 237-252.
- BYERLY, K. F.; GUTIÉRREZ, A. P.; JONES, R. E. y LUCK, R. F., 1978: A comparison of sampling methods for some arthropod populations in cotton. *Hilgardia*, **46**: 257-282.
- BROWN, E. S. y DEWHURST, C. F., 1975. The genus *Spodoptera* (Lepidoptera; Noctuidae) in Africa and the Near East. *Bull. ent. Res.*, **65**: 221-262.
- CABELLO, T.; BELDA, J.; JUSTICIA, L. y PASCUAL, F. (1992a). Distribución dentro de la planta de *Spodoptera exigua* (Lep., Noctuidae) en cultivo de pimiento. *Bolem. Soc. Port. Entom.*, **2** (supl. n.º 3): 97-106.
- CABELLO, T.; CARREÑO, R. y BELDA, J. (1992b). Programa en q-basic para ajuste de distribución binomial negativa a poblaciones de artrópodos plagas. Aplicación al caso de araña roja en algodón. *Bolem. Soc. Port. Entom.*, **2** (supl. n.º 3): 107-116.
- CAYROL, R. A., 1972: Famille des Noctuidae. En: BALACHOWSKY, A. S. (Ed.). *Entomologie appliquée a l'agriculture. Lepidopteres*. Tome II. Volume 2. Masson et Cie. Paris. 1255-1520.
- FRENCH, R. A., 1969: Migration of *Laphygma exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) to the British isles in relation to large-scale weather systems. *J. Anim. Ecol.*, **38**: 199-210.
- GARCÍA-MARÍ, F., 1992: Control integrado de plagas. Dpto. Producción Vegetal. Apuntes del SPUP-93.338, 159 pp.
- GARCÍA-MARÍ, F. Y COSTA-COMELLES, J., 1992: Estudio de la distribución y desarrollo de un método de muestreo de poblaciones de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano. *Bol. San. Veg. Plagas*, **18**: 101-114.
- IWAQ, S., 1976: Relation on frequency index to pupulation density and distribution pattern. *Physiol. Ecol. Japan*, **17**: 457-463.
- JENNRICH, R. y SAMPSON, P., 1990: 7M Stepwise Discriminant Analysis. En: DIXON, W.J. (Ed.) *BMDP Statistical Software Manual, Volume 1*. University of California Press. Berkeley: 339-358.
- JOHNSON, N. L. y KOTZ, S., 1969: *Discrete distributions*. John Wiley & Sons. New York.
- KREBS, C. J., 1989: *Ecological methodology*. Harper y Row, Publ. Nueva York. 654 pp.
- MICO, V.; LABORDA, R.; GARCÍA-MARÍ, F.; SOTO, T. y COSTA-COMELLES, J., 1992: Distribución de las poblaciones del ácaro rojo *Panonychus citri* McGregor en agrios. *Bol. San. Veg. Plagas*, **18**: 45-55.
- MOAR, W. J. y TRUMBLE, J. T., 1987: Biologically derived insecticides for the use against beet armyworm. *California Agriculture*, **41**: 13-15.
- PIELOU, E. C., 1977: *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons. New York.
- POWELL, P. y BASS, M. H., 1975: Beet armyworm; dosage-mortality studies on California and Florida strains. *J. Econ. Entomol.*, **68**: 813-814.
- SMITS, P. H.; VAN DE VRIE, M. y VLAK, J. M., 1986: Oviposition of beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on greenhouse crops. *Environ. Entomol.*, **15**: 1189-1191.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1978: *Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations*. 2.ª Ed. Chapman and Hall, London. 524 pp.
- TAYLOR, L. R., 1961: Aggregation, variance and the mean. *Nature*, **189**: 732-735.
- YOSHIDA, H. A. y PARRELLA, M. P., 1987: The beet armyworm in floricultural crops. *California Agriculture*, **41**: 13-15.
- ZALOM, F. G.; WILSON, L. T. y SMITH, R., 1983: Oviposition patterns by several lepidopterous pests on processing tomatoes in California. *Environ. Entomol.*, **12**: 1133-1137.