

Relación entre la constante térmica acumulada y el ciclo biológico de *Chilo suppressalis* Walker (Lep., Pyralidae)*

C. SERRANO, J. LÓPEZ, J. MORENO y R. JIMÉNEZ

Las capturas del barrenador del arroz *Chilo suppressalis* con trampas de feromona tipo funnel ha revelado la presencia de dos generaciones perfectamente definidas junto a una tercera incompleta que entra en diapausa tras finalizar la campaña arrocera y cuyos adultos emergen al principio de la campaña siguiente.

El estudio de la proporción y evolución de los diferentes estados de desarrollo del barrenador para cada una de las generaciones a lo largo de los últimos tres años ha permitido el establecimiento de un modelo matemático de predicción de los sucesos biológicos más importantes: primeras crisálidas, primeros machos, primeras puestas, etc. Dada la estrecha relación que existe entre los factores ambientales (fundamentalmente la temperatura) y la evolución de las poblaciones, es posible establecer una relación directa entre la constante térmica acumulada en grados día, y la evolución de la plaga.

Se presentan los resultados obtenidos para los distintos sucesos biológicos estudiados.

C. SERRANO, J. LÓPEZ, J. MORENO y R. JIMÉNEZ. Departament de Biologia Animal (Entomologia). Facultat de Ciències Biològiques. Universitat de València. Dr. Moliner, 50. 46100 Burjassot.

Palabras clave: *Chilo suppressalis*, constante térmica acumulada, ciclo biológico, arroz, Valencia.

INTRODUCCION

El barrenador, piral o cucat del arroz *Chilo suppressalis* Walker, 1863 (Lep., Pyralidae) es la plaga más importante de los arrozales valencianos. Los daños ocasionados por este lepidóptero pueden reducir entre un 10 y un 25 % la producción anual de arroz en la Comunidad Valenciana (JIMÉNEZ *et al.*, 1992b, c).

El estudio de la dinámica poblacional del barrenador resulta imprescindible a la hora de establecer un modelo de previsión eficaz. Este modelo constituye la base para establecer una metodología de control racional, y se basa en

la predicción en función de los factores ambientales, de los sucesos biológicos más importantes. Dada la estrecha relación que existe entre los factores ambientales (fundamentalmente la temperatura) y la evolución de las poblaciones es posible establecer una relación directa entre la constante térmica acumulada, calculada en grados día, y la evolución de la plaga. Tal y como ha sido señalado para otras especies se puede establecer un modelo matemático de predicción de los sucesos biológicos, de gran importancia para el establecimiento de una metodología de control eficaz ya que permitirá predecir el momento en que se debe actuar contra la plaga.

* Estudio subvencionado por la Conselleria d'Educació i Ciència (Generalitat Valenciana).

El objetivo de este estudio es intentar un modelo matemático predictivo válido a partir de los datos obtenidos en el campo y en función de aquellos factores que puedan condicionar la aparición y evolución del cucat. El modelo debe proporcionarnos una indicación temporal de los distintos sucesos biológicos y permitirnos una buena caracterización de la aparición y evolución de la plaga, en función de las condiciones climáticas de las que depende, para poder ser utilizado en el establecimiento de una estrategia de control (JIMÉNEZ *et al.*, 1990, 1991 y 1992a).

El muestreo se ha llevado a cabo en tres puntos situados en las proximidades del Parque Natural de la Albufera durante los años 1991, 1992 y 1993. Estos puntos han sido además dotados de estaciones meteorológicas que nos han facilitado diariamente información sobre la temperatura y humedad. El estudio realizado ha comprendido tanto el

análisis de poblaciones de adultos, con trampas de luz y feromonas, como de las formas inmaduras, incluidos los huevos.

MATERIAL Y METODOS

Los puntos de muestreo (Figura 1) se situaron en las partidas de «El Tremolar» (Alfajar), «Baldovina» (El Palmar), «Rafol» (Sueca) y «El Cebollar» (Cullera). En cada uno de estos puntos se colocaron un par de trampas de feromona tipo funnel, una trampa luz de tipo convencional y una estación meteorológica dotada de un termohigrógrafo, un termómetro de máxima y un termómetro de mínima.

Las visitas a estos puntos se realizaron periódicamente cada dos días, contabilizándose el número de adultos capturados en cada una de las trampas. Una vez a la semana y durante toda la campaña arrocerá se hizo una prospección en las cercanías de estos puntos con la intención de determinar el estado fenológico de la plaga. Estas prospecciones consistieron en la extracción de cañas afectadas para contar el número de individuos encontrados en sus distintas fases de desarrollo y, en el caso de larvas, se determinó el estado en que se encontraban.

Se ha procedido al análisis de aquellos sucesos biológicos que definen la evolución de la plaga en el campo. Los distintos sucesos considerados han sido:

- Fecha de aparición de las primeras crisálidas.
- Fecha en la que se capturan los primeros machos con trampas de feromonas.
- Fecha en la que se obtienen las primeras capturas continuas de machos.
- Fecha en la que se obtienen las primeras puestas.
- Fecha en la que se inicia la parte ascendente de la curva de puesta.

Para poder caracterizar estos sucesos biológicos, la frecuencia de las observaciones ha venido definida por el tiempo mínimo que separa dos de estos sucesos y que tal y como indicaban los datos de las campañas preceden-

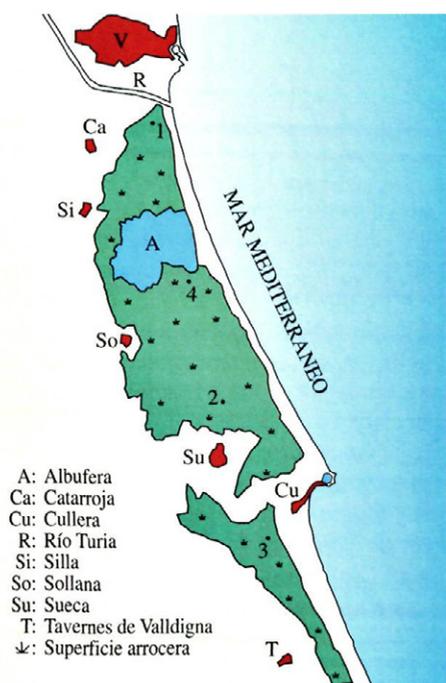


Fig. 1.—Mapa del arrozal valenciano y situación de los puntos de estudio: 1 Alfajar, 2 Sueca, 3 Cullera, 4 El Palmar

tes, debía situarse en una observación como mínimo cada dos días (JIMÉNEZ *et al.*, 1990).

Por otro lado, y con el fin de obtener datos comparables en los puntos de muestreos establecidos, se ha procurado homogeneizar el tipo de trampas utilizado, la concentración de feromona por trampa (1 mg de sustancia, equivalente a un cm² de superficie del difusor), así como la muestra de individuos estudiados a partir de las capturas.

Las constantes térmicas acumuladas constituyen el mejor elemento de predicción del que disponemos hasta el momento, pues permite caracterizar, en función de las condiciones ambientales, no sólo el momento en que cabe esperar que ocurra un determinado suceso biológico, sino también la evolución del mismo a lo largo del tiempo.

Durante el estudio de la influencia de las condiciones climáticas en la biología del insecto se ha procedido al seguimiento diario de la humedad relativa y de la temperatura. Este último se ha revelado determinante en la biología y dinámica poblacional del cucat, al igual que ocurre con otros insectos plaga. Por esta razón hemos considerado la temperatura como el parámetro a tener en cuenta para la definición del modelo. La humedad no ha sido introducida como parámetro en el cálculo pues los datos que sobre sus efectos se tiene, no revelan una influencia marcada sobre los sucesos biológicos estudiados. Por todo esto hemos considerado la humedad relativa como un factor secundario que ha sido registrado también diariamente pero que proporciona una información cualitativa suplementaria sobre los sucesos biológicos.

El cálculo de la constante térmica acumulada se a realizado a través de la fórmula establecida por HAWLITZKY y col., INRA de Versailles (comunicación personal) para la piral del maíz. Esta constante ha sido definida para un día x dado (Kx^T) como:

$$Kx^T = \frac{(T_{\max,x} - T_{\min^d}) + (T_{\min,x} - T_{\min^d})}{2} = X^\circ \text{ C/día}$$

Siendo:

$T_{\max,x}$ = Temperatura máxima registrada el día x.

$T_{\min,x}$ = Temperatura mínima registrada el día x.

T_{\min^d} = Temperatura mínima de desarrollo normal sin diapausa.

La aplicación de la fórmula definida para el cálculo de esta constante térmica precisa, en primer lugar, el establecimiento de la T_{\min^d} . En el momento de la siega del arroz, finales de septiembre, las temperaturas mínimas oscilan alrededor de los 15° C, sin embargo el escaso número de larvas que encontramos en los tocones nos induce a pensar que la mayor parte no finalizan su desarrollo normal en este momento, sino que migran hacia plantas silvestres sobre las que continúan desarrollándose hasta un momento más tardío en que las bajas temperaturas, junto con el acortamiento de la longitud del día inducirían la entrada en diapausa o quiescencia. Las primeras larvas inmóviles se encuentran a finales de octubre o principios de noviembre, momento en el que se registran temperaturas mínimas entre 10-12° C y que serían las hibernantes (JIMÉNEZ *et al.*, 1990).

Por todo lo que acabamos de exponer, y tras consultar los datos obtenidos para otras especies de pirálidos en el INRA de Versailles, hemos optado por tomar como temperatura mínima de desarrollo para el cucat la temperatura de 10° C.

Además de lo que acabamos de exponer, hemos de tener en cuenta para el correcto cálculo de la constante que es posible que para algunos días la $T_{\min,x}$ sea menor que la T_{\min^d} y por tanto, que el segundo término de la fórmula descrita sea negativo, induciendo un cálculo erróneo de dicha constante. El estudio realizado de esta constante y su aplicación como elemento de predicción sobre la piral del maíz llevado a cabo durante 4 años en el INRA de Versailles, ha revelado que la eliminación de este segundo término negativo no influye sobre el análisis de la relación entre los sucesos biológicos y la constante térmica pero que por el contrario,

sí que la altera de forma importante cuando es tomado en cuenta. Por esta razón hemos definido la constante térmica para aquellos días en que la $T_{\min,x}$ sea menor que la T_{\min}^d como:

$$K_x^T = \frac{(T_{\max,x} - T_{\min}^d)}{2} = X^\circ \text{C/día}$$

La constante térmica acumulada es el resultado del sumatorio de las distintas constantes térmicas diarias desde el momento en que la temperatura empieza a ejercer una influencia perceptible sobre el desarrollo del insecto hasta el momento en que deja de actuar sobre el mismo de una forma importante. A pesar de esto nosotros hemos considerado el año completo, tomando la constante un valor de cero el día 1 de enero, al que se le irán sumando los valores calculados hasta el 31 de diciembre del mismo año.

RESULTADOS Y DISCUSION

El ciclo biológico de *Chilo suppressalis* presenta dos generaciones perfectamente definidas que dan lugar a una tercera generación incompleta que entra en diapausa tras finalizar la campaña arrocera y cuyos adultos emergen al principio de la campaña siguiente.

El primer máximo de vuelo corresponde a los adultos procedentes de la generación invernante y sus puestas coinciden con las primeras fases de desarrollo del arroz. Esta primera generación se desarrolla hasta finales de julio, momento en el que aparecen los primeros adultos (segundo máximo), cuyas puestas darán lugar a una segunda generación que se extiende desde la época de floración hasta finales de agosto, momento en el que termina la maduración del cultivo. Parte de esta generación entra en diapausa mientras que un alto porcentaje da lugar a

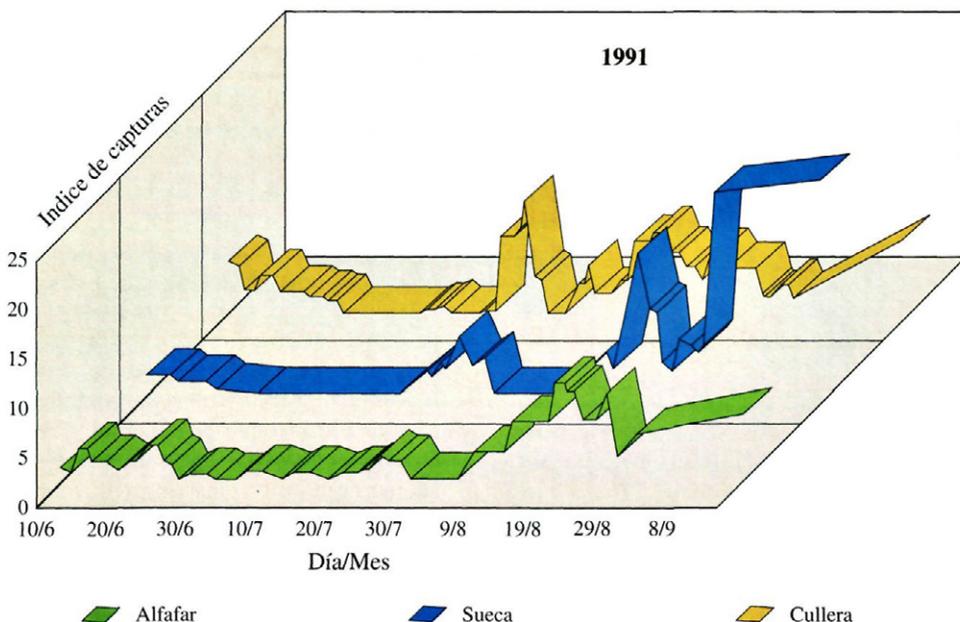


Fig. 2.—Evolución de las capturas de machos con trampa funnel para las distintas localidades en 1991.

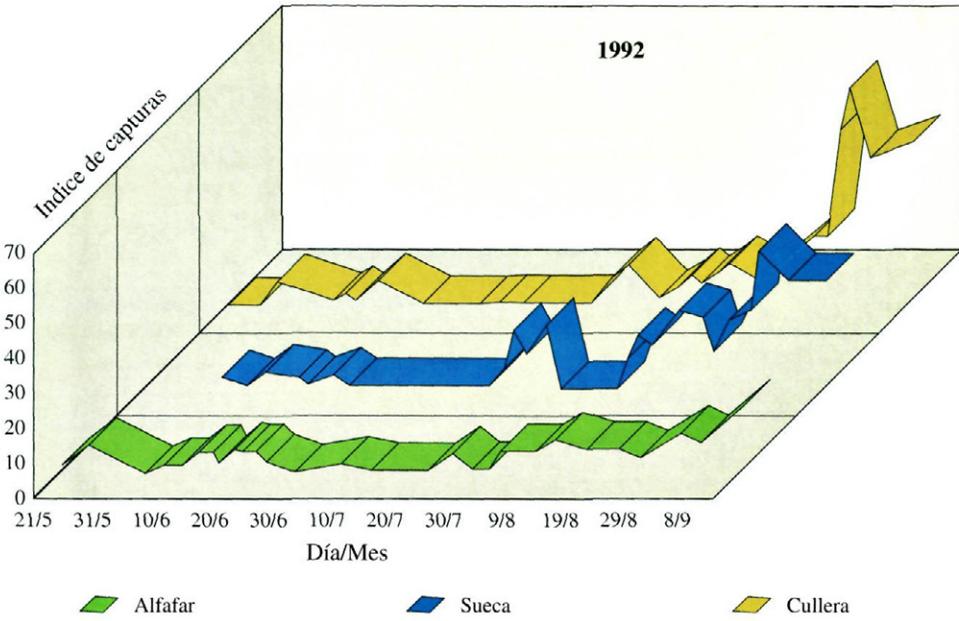


Fig. 3.-Evolución de las capturas de machos con trampa funnel para las distintas localidades en 1992.

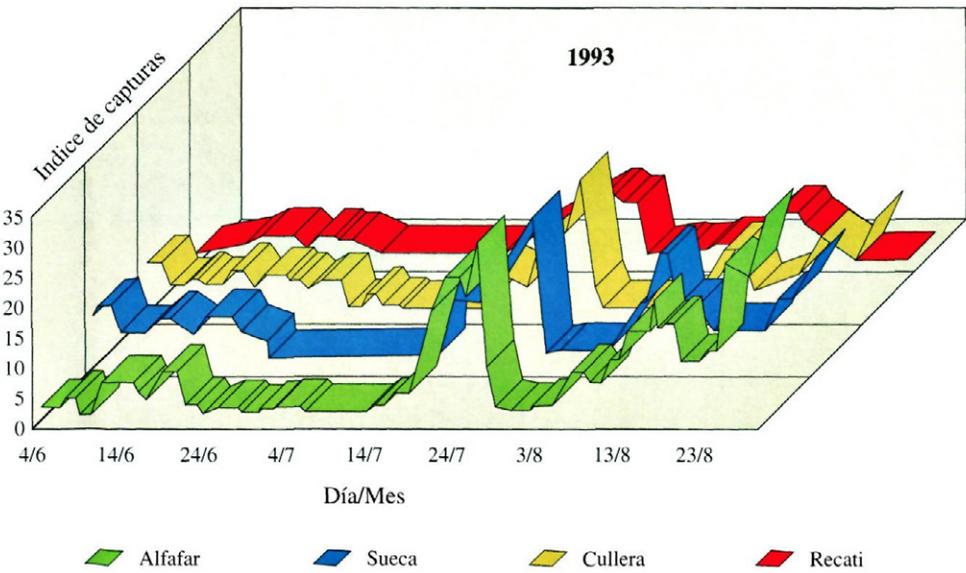


Fig. 4.-Evolución de las capturas de machos con trampa funnel para las distintas localidades en 1993.

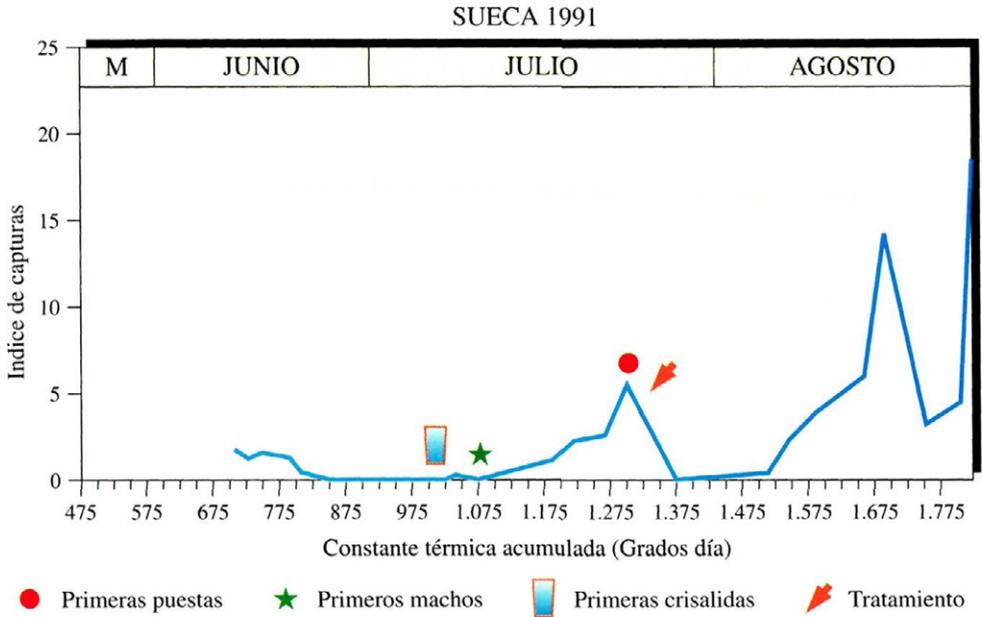


Fig. 5.—Evolución del índice de capturas en función de la constante térmica acumulada para Sueca en 1991. Localización de los distintos sucesos biológicos.

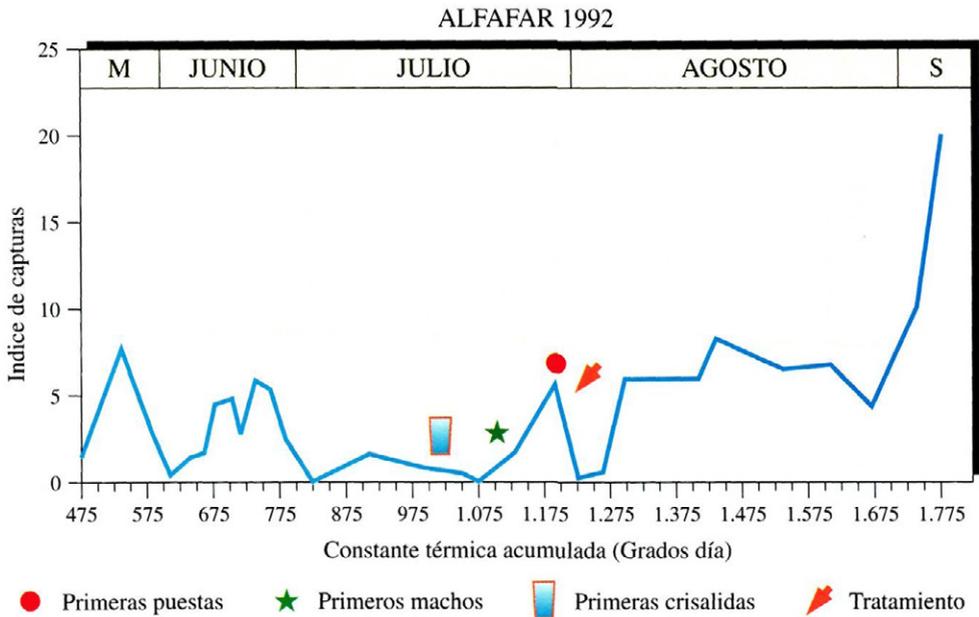


Fig. 6.—Evolución del índice de capturas en función de la constante térmica acumulada para Alfafar en 1992. Localización de los distintos sucesos biológicos.

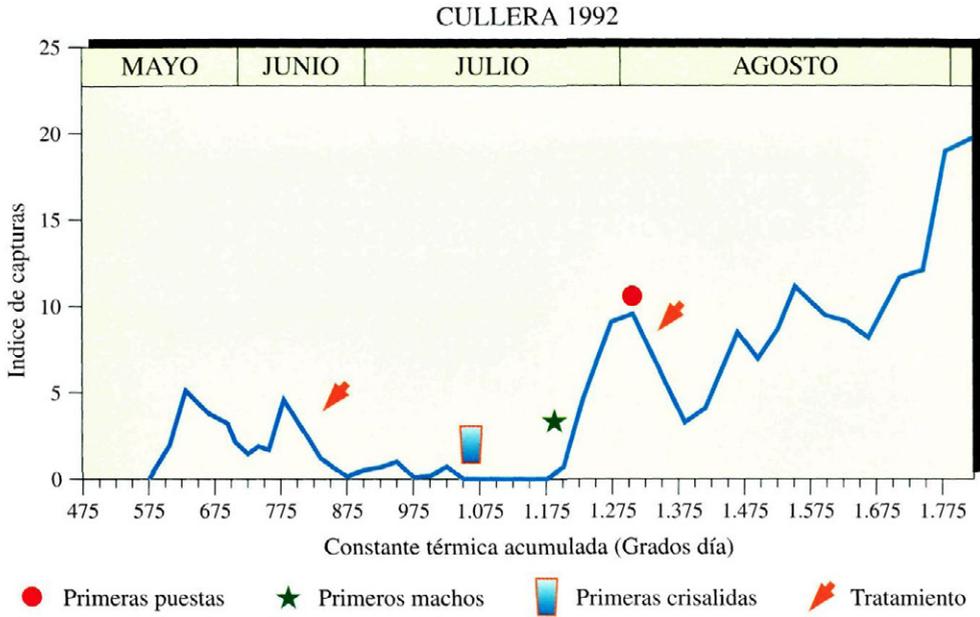


Fig. 7.—Evolución del índice de capturas en función de la constante térmica acumulada para Cullera en 1992. Localización de los distintos sucesos biológicos.

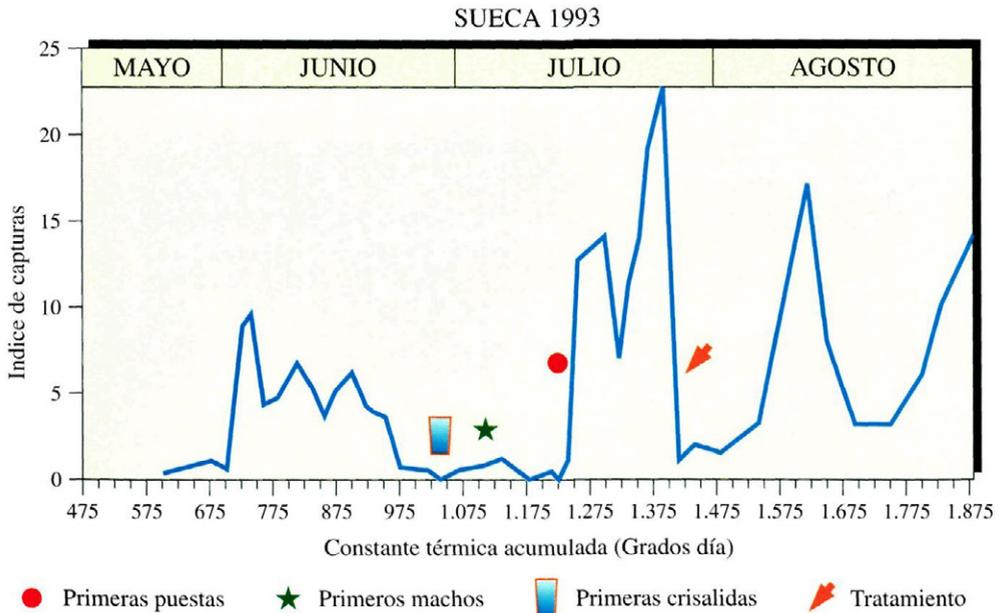


Fig. 8.—Evolución del índice de capturas en función de la constante térmica acumulada para Sueca en 1993. Localización de los distintos sucesos biológicos.

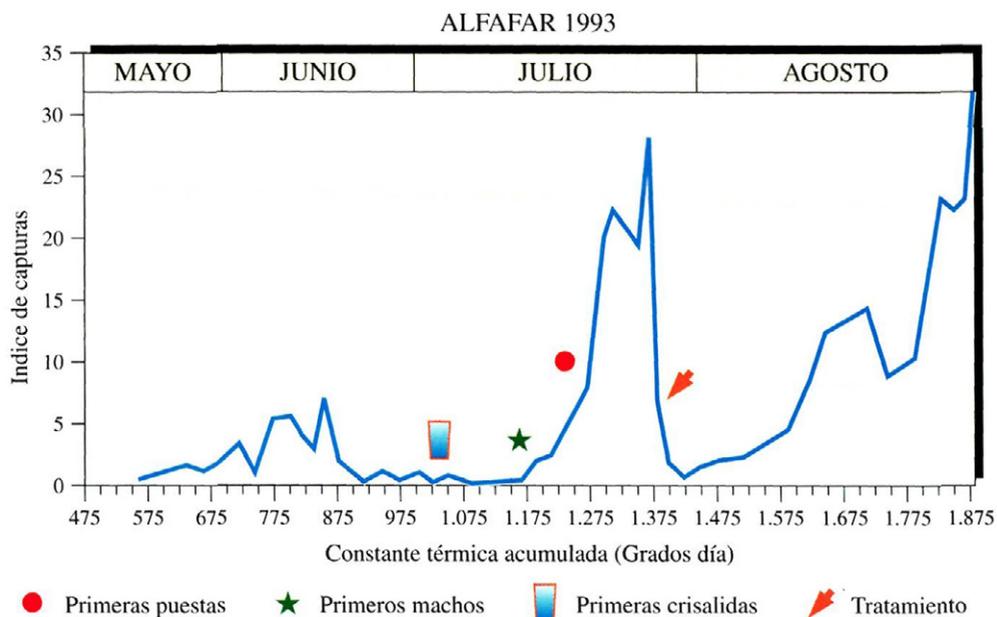


Fig. 9.—Evolución del índice de capturas en función de la constante térmica acumulada para Alfafar en 1993. Localización de los distintos sucesos biológicos.

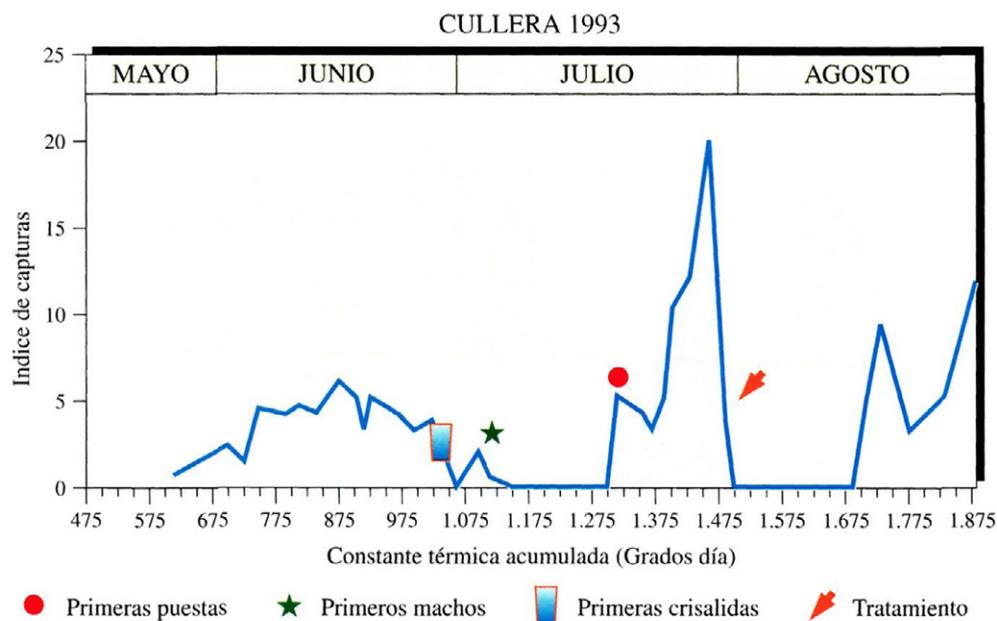


Fig. 10.—Evolución del índice de capturas en función de la constante térmica acumulada para Cullera en 1993. Localización de los distintos sucesos biológicos.

un tercer máximo de vuelo, muy solapado con el final del segundo vuelo. Este tercer vuelo coincide con la cosecha del cultivo. La tercera generación se desarrolla en varias especies herbáceas propias de la marjal (*Phragmites sp.*), en aquellos campos con variedades tardías o en los que se produjo un retraso en la siembra. Estos datos coinciden otros estudios realizados anteriormente (BOSCH, 1985) (JIMÉNEZ *et al.*, 1992a) (OLMOS *et al.*, 1992) (RAMONEDA, 1988). Las curvas de vuelo para los distintos años en los diferentes puntos de estudio se reflejan en la Figuras 2, 3 y 4. Debido a que los tratamientos químicos van dirigidos contra el segundo vuelo, hemos calculado los valores de la constante para los sucesos biológicos de la primera generación con el objeto de poder predecir la fecha más apropiada para la realización de dichos tratamientos.

Los valores obtenidos para los distintos sucesos biológicos se muestran en el Cuadro 1. Las diferencias entre los distintos años se han observado en las fechas en las que se dan los distintos sucesos. Los dos primeros años de estudio fueron muy semejantes debido a un mes de mayo muy frío en 1991, mientras que en 1992 fue el mes de junio. Estas diferencias con la campaña de 1993 provocaron un retraso entre 10 y 15 días para los distintos sucesos. Las

diferencias son más marcadas para los primeros sucesos, aparición de las primeras crisálidas y captura de los primeros machos. La aparición de las primeras crisálidas tiene lugar a mediados del mes de julio para los dos primeros años y a finales de junio o principios de julio para 1993. Los primeros machos aparecen la segunda quincena de julio en 1991 y 1992 mientras que en la última campaña estudiada este suceso aparece la primera semana del mismo mes (Cuadro 2).

Como puede apreciarse, los valores de la constante térmica acumulada son muy semejantes entre los distintos puntos y años por lo que se puede predecir cualquiera de los sucesos con un margen de error muy estrecho que oscila entre uno y tres días, teniendo en cuenta que durante estos meses, el valor que toma la constante es de aproximadamente 15° C/día.

En las Figuras 5 a 10 se puede observar la evolución de las capturas de machos y la aparición de los distintos sucesos biológicos en función de los grados día acumulados.

Las diferencias parecen ser mínimas entre los distintos puntos para un mismo año en cuanto a la fecha de aparición de los distintos sucesos (2 ó 3 días). Podemos considerar entonces que las zonas estudiadas son bastante homogéneas (Cuadro 2) a pesar de que la densidad poblacional es más elevada en

Cuadro 1.-Valores de la constante térmica acumulada para los distintos sucesos biológicos en las localidades estudiadas

Localidades		Grados día acumulados para los distintos sucesos biológicos				
		Sucesos biológicos				
		1	2	3	4	5
ALFALFAR	1992	1049	1121	1182	1227	1289
	1993	1043	1127	1207	1221	1308
SUECA	1991	1098	1179	1211	1275	1323
	1993	1027	1102	1245	1195	1341
CULLERA	1992	1064	1189	1204	1219	1312
	1993	1027	1113	1296	1214	1394

1.- Aparición de las primeras crisálidas. 2.- Captura de los primeros machos. 3.- Capturas continuas de machos. 4.- Primeras puestas. 5.- Curva ascendente de puesta.

Cuadro 2.—**Fechas en las que se dan los distintos sucesos biológicos para las localidades estudiadas**

Localidades	Sucesos biológicos				
	1	2	3	4	5
ALFAFAR	18/07/92	23/07/92	27/07/92	30/07/92	03/08/92
	03/07/93	09/07/93	15/07/93	16/07/93	23/07/93
SUECA	12/06/91	16/07/91	19/07/91	23/07/91	26/07/91
	29/06/93	05/07/93	16/07/93	12/07/93	23/07/93
CULLERA	13/06/92	17/07/92	23/07/92	24/07/92	30/07/92
	26/06/93	02/07/93	16/07/93	09/07/93	22/07/93

1.— Aparición de las primeras crisálidas. 2.— Captura de los primeros machos. 3.— Capturas continuas de machos. 4.— Primeras puestas. 5.— Curva ascendente de puesta

unas que en otras (Figuras 5 a 10). Esto indica que si bien el grado de ataque varía según la zona, la evolución de los distintos estados de desarrollo en el tiempo parece ser constante en toda la superficie arrocera, al menos para el final de esta primera generación. La buena capacidad de predicción de este método hace muy aconsejable proseguir con el estudio para las restantes generaciones y así poder obtener un modelo válido de predicción durante todo el ciclo biológico del cucat. Por otro lado, debido a que el estudio del ciclo biológico del barrenador del arroz se encuentra dentro de un plan de lucha biológica basado en la utilización de parasitoides para su control (JIMÉNEZ *et al.*, 1992a), se estudiarán las mismas constantes para el insecto parásito que se decida utilizar. Se deberán caracterizar los sucesos biológicos del complejo insecto plaga-parasitoide con el fin de predecir el momento de sincronización máxima, imprescindible para conseguir la coexistencia temporal necesaria en el momento más óptimo.

Desde el punto de vista del control integrado, la utilización de este método facilitaría la decisión del momento propicio para realizar los distintos tratamientos ya que éstos van dirigidos contra la parte ascendente de la curva de puesta. La utilización de estaciones meteorológicas abarataría los costes que supone el seguimiento de la plaga con baterías de trampas distribuidas por toda la superficie del arrozal y que deben visitarse cada dos días. Debido a la homogeneidad entre las temperaturas de los distintos puntos estudiados, una sola estación sería suficiente, y sólo tendría que visitarse una vez a la semana.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. D. Antonio Olmos, D. Vicente Aznar y al resto del personal del Servicio de Sanidad Vegetal por su ayuda prestada en este trabajo.

ABSTRACT

SERRANO, C., LÓPEZ, J., MORENO, J. y JIMÉNEZ, R., 1994: The relationship between accumulated termic constant and the life history of *Chilo suppressalis* Walker (Lep., Pyralidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **20**(2): 317-327.

Capture by feromone traps of rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker has shown the occurrence of two generations clearly defined and other unfinished third generation. This generation falls into diapause at the end of the rice culture and the adults fly at the beginning of the next year.

The study of the proportion and evolution of the different rice stem borer development instars has allowed to establish a prediction by a math model of the most important biological events: first pupae, first males, first eggs, etc.

Because of the relationship between environmental factors (principally the temperature) and the population evolution it is possible to relate the accumulated termic constant in degrees per day with pest evolution.

The results for the different studied events have been analysed.

Key Words: *Chilo suppressalis*, accumulated termic constant, life history, rice, Valencia.

REFERENCIAS

- BOSCH, B., 1985. El cucat de l'arròs. *Chilo suppressalis* Walker. Comentarios sobre su biología y lucha. *Cuadernos de fitopatología*: 43-45.
- JIMÉNEZ, R., MORENO, J., FALCO, J. V., LUNA, F., GIMENO, C., BOIXADER, J. M. y NAVARRO R. J., 1990. Lucha biológica contra *Chilo suppressalis* Walker en la Comunidad Valenciana mediante la utilización de sus enemigos naturales. Conselleria d'Agricultura i Pesca (Generalitat Valenciana) i Universitat de València. *Informe sin difusió*.
- JIMÉNEZ, R., MORENO, J., FALCO, J. V., LUNA, F., GIMENO, C., SERRANO, C. y BOIXADER, J. M., 1991. Lucha biológica contra *Chilo suppressalis* Walker en la Comunidad Valenciana mediante la utilización de sus enemigos naturales. Conselleria d'Agricultura i Pesca (Generalitat Valenciana) i Universitat de València. *Informe sin difusió*.
- JIMÉNEZ, R., SERRANO, C.; MORENO, J., FALCO, J. V., LUNA, F. y GIMENO, C., 1992a. Lucha biológica contra *Chilo suppressalis* Walker en la Comunidad Valenciana mediante la utilización de sus enemigos naturales. Conselleria d'Agricultura i Pesca (Generalitat Valenciana) i Universitat de València. *Informe sin difusió*.
- JIMÉNEZ, R., FALCO, J. V., GIMENO, C.; LUNA, F., MORENO, J., SELFA, J. y SERRANO, C., 1992b. Lucha biológica contra *Chilo suppressalis* Walker (Lep., Pyralidae) I: Estudio del complejo parasitario del arrozal valenciano. *Bol. San. Veg. Plagas*, **18**: 201-212.
- JIMÉNEZ, R., FALCO, J. V., GIMENO, C., LUNA, F., MORENO, J. y SERRANO, C., 1992c. Lucha biológica contra *Chilo suppressalis* Walker (Lep., Pyralidae). II: Cria en laboratorio. *Bol. San. Veg. Plagas*, **18**: 213-223.
- OLMOS, A., AZNAR, V., SERRANO, C. y MARTÍNEZ, J. M., 1992. Memoria de la campaña contra *Chilo suppressalis* Walker. Servei de Protecció del Vegetals. Conselleria d'Agricultura i Pesca (Generalitat Valenciana). *Informe sin difusió*.
- RAMONEDA, I. y MOLINS, J., 1988. Biología de *Chilo suppressalis* Walker (Lep., Pyralidae), plaga dels arrossars del Delta de l'Ebre: estudis de camp i de laboratori. *Tesis de licenciatura*. 125 pp.