

Estudio sobre integrales térmicas de *Phoracantha semipunctata* Fab. (Col: Cerambycidae), insecto perforador del género *Eucalyptus*, en Huelva (España)

L. GONZÁLEZ TIRADO

Durante 1983, 1984 y 1985, se efectuaron en el sur de la provincia de Huelva una serie de observaciones sobre trozas de *Eucalyptus globulus* Labill., a partir de las cuales se ha obtenido diversa información sobre *Phoracantha semipunctata* Fab., insecto perforador de los *Eucalyptus*.

No se han producido ni emergencias ni puestas significativas en períodos con temperaturas medias inferiores a 15 °C. El tiempo mínimo transcurrido entre las puestas y las primeras emergencias ha sido de 62 días, y éstas no han finalizado hasta 15 ó 16 meses después de aquéllas. Una pequeña parte de la población (siempre inferior al 50 %) podría originar dos generaciones anuales, aunque la mayoría tan sólo puede completar una.

Se ha establecido un modelo de predicción de emergencias, basado en valores de Integrales Térmicas (IT) y del Número de Días (ND) con temperaturas iguales o superiores a una dada, de tal manera que de las diferentes temperaturas base (C) ensayadas (entre 4 y 14 °C) como Umbrales Inferiores de desarrollo, resulta más fiable adoptar C = 4° para el caso de IT, y C = 14 °C para el ND. De esta forma puede predecirse que las primeras emergencias se producirán cuando se alcancen 2.039 °C. día (± 864) o 109 días (± 46) desde la puesta; el 50 % de emergencias para valores de 3.108 °C. día (± 862) o 168 días (± 45); y las emergencias estarán prácticamente terminadas cuando se alcancen los 5.656 °C. día o 310 días (± 46).

El modelo podría ser aplicado para predecir el número de generaciones que *P. semipunctata* Fab. podría desarrollar en una región determinada y así poder evaluar el riesgo potencial que su presencia podría tener para las plantaciones de *Eucalyptus* existentes o previstas efectuar.

L. GONZÁLEZ TIRADO. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sección de Protección de los Vegetales. Apartado 493. 21080 Huelva.

Palabras claves: *Phoracantha semipunctata*, *Eucalyptus*, Integrales Térmicas, Número de generaciones, Huelva, Andalucía, España.

INTRODUCCION

Phoracantha semipunctata Fab. (Coleoptera: Cerambycidae) es un insecto xilófago específico del género *Eucalyptus*, originario de Australia y que ha ido difundiéndose ampliamente sobre diversas regiones tropicales y subtropicales del mundo, fundamentalmente

a través del comercio de la madera y el cultivo a gran escala de diferentes especies de *Eucalyptus* (DUFFY, 1963; DRINKWATER, 1975; IVORY, 1977; LÖYTTYNIEMI, 1980).

Los daños ocasionados por esta plaga suelen ser importantes, especialmente en aquellas plantaciones sometidas a condicio-

nes de «stress» por excepcionales situaciones de sequía o inadecuado manejo. Los árboles debilitados acaban siendo víctimas fáciles de este insecto.

Actualmente se continúa repoblando con diversas especies del género *Eucalyptus* en países y zonas en donde no estaban introducidas o lo estaban en pequeña cantidad. Dada la importancia de los daños que potencialmente puede ocasionar *P. semipunctata*, resulta muy recomendable efectuar estudios edafológicos y climáticos previos lo más rigurosos posibles, con objeto de evaluar la adaptación de *Eucalyptus* al medio y los riesgos derivados por la posible presencia de *P. semipunctata*.

P. semipunctata, al proceder de Australia, está habituada a climas cálidos, lo que explica su preferencia por temperaturas elevadas (29 a 32 °C) y su gran tolerancia térmica, ya que su actividad de vuelo, por ejemplo, se desarrolla desde los 18 °C hasta los 39 ó 40 en que se inhibe (CHARARAS, C., 1979).

Hasta el presente, se conocen datos básicos sobre los requerimientos térmicos de desarrollo de *P. semipunctata*, aunque al parecer basados en ensayos de laboratorio, con condiciones controladas de humedad y temperatura, e incluso de sustrato alimenticio (BYTINSKY, SALTZ y NEUMARK, 1952).

Con objeto de intentar predecir las posibilidades de evolución de este insecto en diferentes condiciones climáticas, decidí abordar unos ensayos que pudieran servir para conocer:

— Las épocas de emergencias en función de las puestas, y de las temperaturas.

— El número de días necesario desde la puesta para conseguir un determinado porcentaje de emergencias. Este dato puede ser de gran importancia a efectos de duración de cuarentenas.

— El número de generaciones anuales que *P. semipunctata* Fab. es capaz de desarrollar en nuestras condiciones, como consecuencia de lo anterior.

— Una primera aproximación a un posible modelo de predicción de emergencias en

función de las *Integrales Térmicas (IT)* y/o del *Número de Días (ND)* con temperaturas medias superiores o iguales a una determinada, lo que podría servir para su aplicación en otras zonas geográficas.

MATERIAL Y METODOS

Desde finales del mes de marzo de 1983, hasta el de agosto de 1984, y aproximadamente cada 15 días, se procedió a seleccionar un árbol de *E. globulus* (Labill) vigoroso y sin ninguna señal de estar o haber estado atacado por *P. semipunctata* Fab. A continuación fue cortado, descopado y desramado.

Del total de su longitud, en general superior a 12 m, fueron seleccionadas tres trozas: la basal, la media y otra de la zona apical, pero siempre con diámetro no inferior a 7 cm. La longitud de cada troza fue de 2,10 m.

Estas tres trozas, juntamente con el resto del árbol, quedaban emplazadas en el campo, tapadas con las ramas y hojas a modo de cebo (GONZÁLEZ TIRADO, 1984), con objeto de atraer las puestas de *P. semipunctata* Fab. A los 15 días, se procedía a repetir la misma operación, y las tres trozas seleccionadas la quincena anterior eran retiradas del cebo e introducidas en el interior de un jaulón metálico de 5 × 3 × 2,40 m (Fig. 1), emplazado en la misma parcela y conteniendo en su interior unas estructuras metálicas preparadas para soportar las trozas (Fig. 2). La parcela estaba situada en la zona de Moguer, al sur de la provincia de Huelva.

Cada quincena, aproximadamente, y simultáneamente con la operación de instalar un cebo nuevo y retirar el anterior, se revisaban todas las trozas ya existentes en el jaulón para anotar el número de agujeros de emergencias que hubiera.

De esta manera, entre marzo de 1983 y agosto de 1984 se instalaron 35 cebos, que hemos denominado *ensayos*, con tres trozas cada uno, haciendo un total de 105 trozas.

Los datos meteorológicos fueron toma-

dos de un observatorio situado en una finca próxima a la parcela de los ensayos. Estos datos sirvieron posteriormente para elaborar las *Integrales Térmicas*.

Las temperaturas oscilaron, durante el tiempo que duraron los ensayos, entre una mínima de -4°C en enero de 1985, y una máxima de 40°C en septiembre de 1983 y en agosto de 1985.

Para cada uno de los 35 *ensayos* efectuados se fijó una fecha media en la que concentrar las puestas efectuadas a lo largo de los 15 días de exposición, y que como criterio general decidí que fuera a los 5 días siguientes a la fecha de instalación del cebo, ya que según mis propios datos de otros trabajos, es entonces cuando en términos generales se han recogido el 90 % de las puestas totales.

Los porcentajes acumulados de emergencias de cada ensayo fueron transformados en sus correspondientes valores *Probits*. Por otro lado, para cada uno de los *ensayos* fueron calculados los valores de la *Integral Térmica (IT)* existente entre la fecha de la puesta y cada una de las fechas en las que se observaron emergencias, así como el

Fig. 1.—Jaulón metálico utilizado en el desarrollo de los ensayos.



Número de Días (*ND*) transcurridos, tomando como *Umbrales Inferiores (UI)* de desarrollo 6 valores (*C*) de la temperatura media (*Tm*), de dos en dos, entre 4 y 14°C .

De tal manera que:

$$[IT(N)] = \sum [Tm(i) - C] \text{ y} \\ [ND(N)] = \sum (\text{n.}^{\circ} \text{ de días con } Tm \geq C)$$

siendo:

- $Tm(i)$ las temperaturas medias diarias en cada una de las fechas i comprendidas entre la p y la e .
- $Tm(i) > C$, o en caso contrario se considera $Tm(i) = C$.
- $[IT(N)]$ el valor de la *IT* entre la fecha de puesta (p) y la de emergencia (e), para el *ensayo* número N , cuando se ha tomado un valor C como *UI* de desarrollo.
- $[ND(N)]$ el número de días con temperaturas medias diarias $\geq C$, entre las fechas p y e , y para el *ensayo* número N .

Fig. 2.—Detalle del jaulón, con las estructuras metálicas soportando las trozas.



A continuación, y debido a la distribución sigmoideal de estos datos (Fig. 3), cada valor de *IT* y de *ND* fue transformado en su correspondiente logaritmo decimal (log), obteniéndose así para cada *ensayo*, una serie de parejas de valores *Probits-logarítmicos* (RIEDL *et al.*, 1976; POTTER y TIMMONS, 1983).

Los resultados así obtenidos han sido analizados distribuyendo los 35 ensayos en varios grupos, en función de la época en que se realizaron las instalaciones y, en consecuencia, las puestas de *P. semipunctata* Fab. Concretamente, se han tomado:

portantes quedan reflejados en las figuras y cuadros correspondientes.

A) Respecto a las épocas de emergencia (Fig. 4) puede afirmarse que, independientemente del momento de la puestas, únicamente existe un período libre de ellas que está comprendido aproximadamente entre mediados de diciembre y principios de marzo, es decir, 2 ó 3 meses que corresponden a la época más fría del año, con temperaturas medias por debajo de 15 °C y mínimas medias inferiores a 10 °C (Fig. 5). Esto coincide con anteriores observaciones

Grupo	Epoca de puestas	Ensayos	N.º observ.
Pa	Primavera de 1983	1 al 5	40
Pb	Primavera de 1984	24 al 27	79
P	Primavera de 1983 y 1984	Pa + Pb	119
Va	Verano de 1983	6 al 10	77
Vb	Verano de 1984	28 al 35	152
V	Verano de 1983 y 1984	Va + Vb	229
PV	Primavera y verano del 83 y 84	1 al 10 y 24 al 35	348
O	Otoño de 1983	11 al 18	103
I	Invierno de 1983	19 al 23	62
C	Primavera + Verano + Otoño	P + V + O	451
CP	Primav. 84 + Verano 83 y 84 + Otoño 83	6 al 18 y 24 al 35	411
T	Todas	1 al 35	513

Cada uno de estos Grupos ha sido considerado como si fuera un ensayo único, y en consecuencia se ha procedido a efectuar con sus parejas de valores Probit-logarítmicos un ajuste a una recta del tipo:

$$Y = a + b \cdot X$$

donde *Y* es el valor *Probit*, y $X = \log_{10}(IT)$, habiéndose considerado los 6 valores de *C* antes mencionados (4, 6, 8, 10, 12 y 14).

RESULTADOS Y DISCUSION

El volumen de datos obtenidos y de tablas elaboradas hacen imposible que puedan ser recogidas en esta publicación, dada la limitación de espacio existente. Sin embargo, la mayoría de los resultados más im-

nuestras (GONZÁLEZ TIRADO, 1987 y 1990).

Hay que señalar, no obstante, que en todos los *ensayos* se han producido emergencias de adultos, incluidos los correspondientes a la época invernal. Esto indica, que durante el invierno también se han producido puestas, aunque bien es cierto que éstas han tenido que ser de poca importancia a tenor de las escasas emergencias producidas en dichos ensayos en comparación con las obtenidas en otras épocas del año (Fig. 5). En esta escasez de emergencias habrán influido, sin duda, otros factores como por ejemplo el nivel de plaga presente y el régimen de alimentación de las larvas, condicionado por la mala calidad alimenticia de las trozas en esos momentos.

Por otro lado, se observa (Fig. 4) cómo las puestas efectuadas durante los meses de enero a abril provocan el 50 % de sus emer-

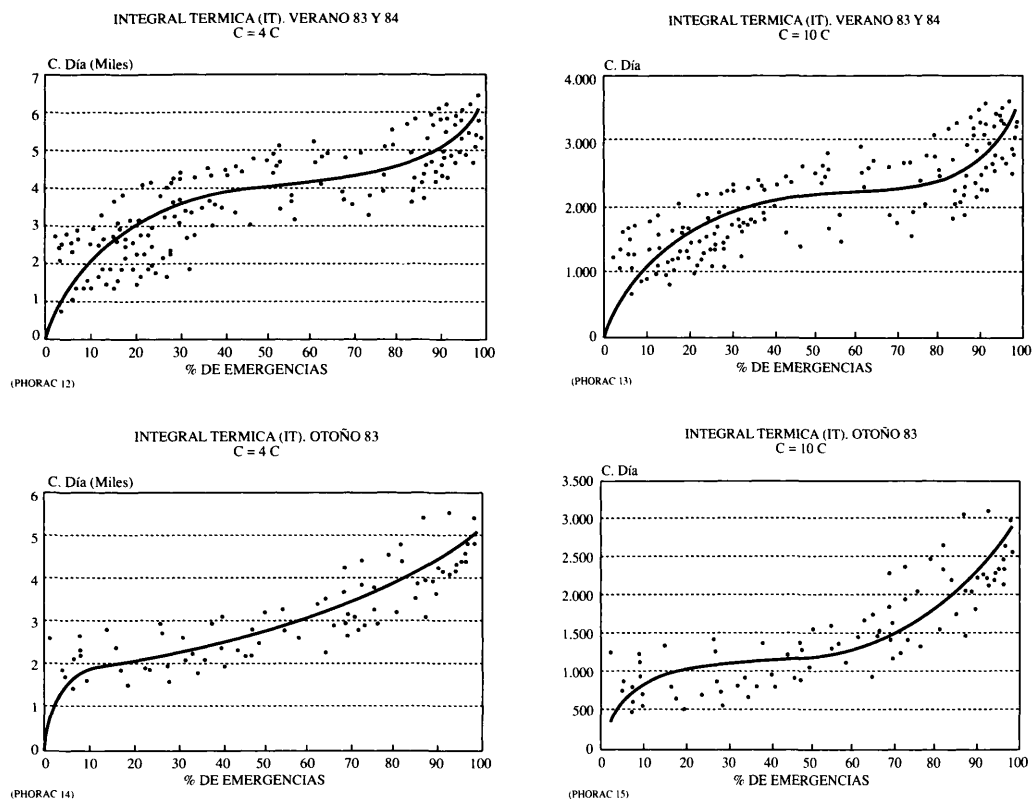


Fig. 3.—Algunos ejemplos de la distribución sigmoideal de los datos (Integral Térmica - % de emergencias).

gencias entre los meses de septiembre y octubre del mismo año, mientras que las puestas que se producen durante el resto del año, originan el 50 % de las emergencias entre mayo y julio del año siguiente.

B) El número observado de días que se ha tardado en producir un porcentaje determinado de emergencias ha variado según la época de las puestas (Fig. 6), que si las agrupamos en las 4 estaciones o grupos (P, V, O e I) explicados con anterioridad, obtenemos el Cuadro 1.

El mínimo tiempo que hemos observado entre la puesta y la primera emergencia ha sido de 30 días, correspondiente a uno de los ensayos de verano (V), pero este tiempo lo considero difícilmente aceptable, debiendo quizás atribuirlo a un error en la observación, puesto que pudimos comprobar

que en algunas ocasiones, las larvas que se encuentran alimentándose en la zona del cambium efectúan unos agujeros al exterior de la corteza (Fig. 7) que pueden inducir a confusión con los auténticos agujeros de emergencia de los adultos.

En cualquier caso, el mínimo valor medio necesario entre la puesta y la primera emergencia ha sido de 62 días ($\alpha = 0,05$), en los ensayos de verano (V). Este valor tiene su importancia a la hora de fijar el tiempo máximo que las trozas de los cebos utilizados en la lucha contra *P. semipunctata* Fab. deben permanecer en el campo sin ser destruidas mediante astillamiento o fuego.

Respecto al tiempo máximo que duran las emergencias, hemos podido constatar como éstas continúan produciéndose 464

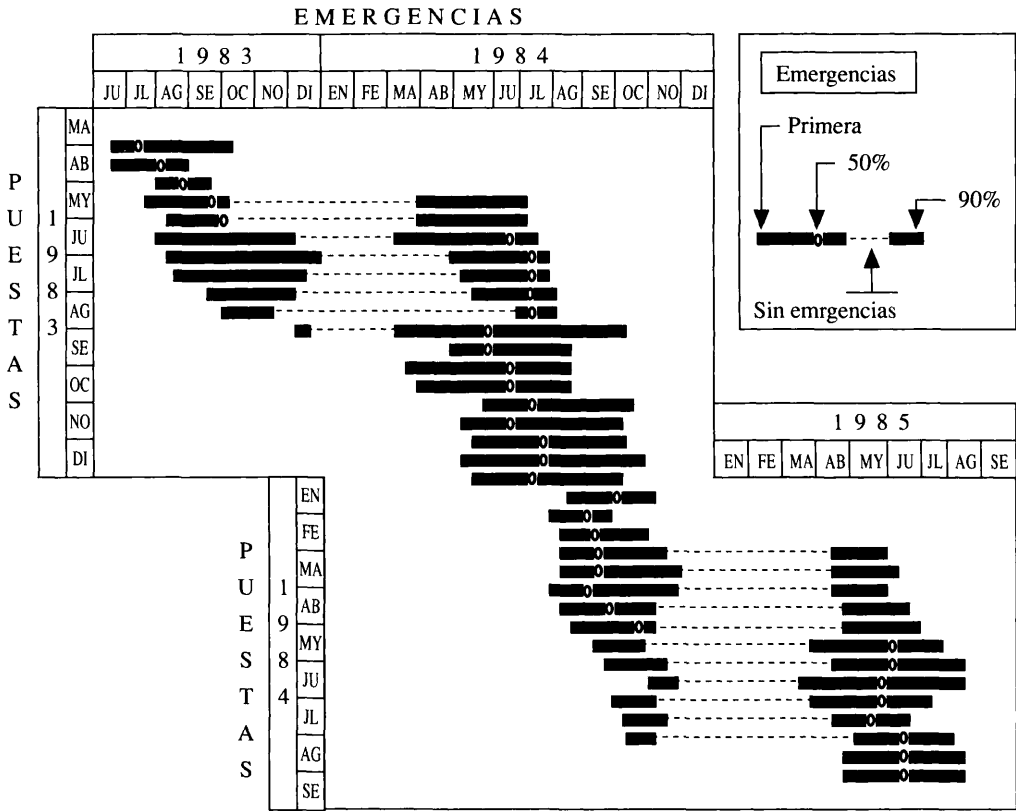


Fig. 4.—Epoca de puestas y de emergencias de *P. semipunctata* Fab., producidas para cada uno de los 35 ensayos.

días (15-16 meses) después de producirse las puestas en ensayos de invierno (I). No obstante, en otras ocasiones hemos podido observar emergencias que se han producido después de tres años de haberse producido las puestas (GONZÁLEZ TIRADO, 1990). Aunque esto es un hecho quizás excepcional, no deja de tener su importancia a efectos de establecer duración de cuarentenas.

Ya que en nuestra zona la mayor parte de las puestas observadas en campo sobre árboles en pie se efectúan entre los meses de junio y agosto (GONZÁLEZ TIRADO, 1990), es decir, durante los meses de verano, podemos predecir que el número medio de días que transcurrirán entre la puesta y el 50 % de las emergencias será de

343 días (± 17) para $\alpha = 0,05$, con un coeficiente de variación $CV = 0,089$. La primera emergencia cabe esperarla a los 101 días (± 39). También es previsible que el 90 % de las emergencias se hayan producido tras 388 días (± 17) desde la puesta (Cuadro 1 y Fig. 8).

En todas las estaciones del año, los coeficientes de variación (CV) que se han obtenido son en general muy elevados (Fig. 8), coincidiendo casi siempre el valor más pequeño con el 50 % de emergencias. Es decir, la predicción más exacta correspondería a este porcentaje.

C) Con los datos del Cuadro 1, he elaborado una gráfica (Fig. 9) en la que se han representado, por un lado, los diferentes momentos de puesta a lo largo de todo el

Cuadro 1.—Número de días reales transcurridos desde la puesta hasta el % de emergencias correspondiente en cada una de las estaciones del año

Grupo	Parámetro	Primera	10 %	30 %	50 %	75 %	90 %
P	Media	97	102	116	133	244	340
	Interv. confza. ($\alpha = 0,05$)	79-115	84-120	97-135	113-153	158-330	249-431
	Recorrido observado	64-144	72-152	87-158	95-174	104-411	136-453
	C.V.	0,264	0,253	0,235	0,215	0,505	0,385
V	Media	101	121	257	343	360	388
	Interv. confza. ($\alpha = 0,05$)	62-140	82-159	210-304	326-360	342-378	371-405
	Recorrido observado	30-252	55-292	93-346	291-391	302-402	349-450
	C.V.	0,679	0,568	0,321	0,089	0,086	0,083
O	Media	173	207	226	246	291	337
	Interv. confza. ($\alpha = 0,05$)	141-205	186-227	208-244	232-260	270-311	315-359
	Recorrido observado	77-232	157-243	181-257	222-276	252-346	308-405
	C.V.	0,250	0,132	0,107	0,077	0,094	0,088
I	Media	174	181	198	212	240	309
	Interv. confza. ($\alpha = 0,05$)	150-198	160-202	179-217	192-232	216-263	231-387
	Recorrido observado	140-214	154-217	174-229	191-260	214-280	245-464
	C.V.	0,140	0,118	0,096	0,120	0,100	0,257

año y los momentos en que se han observado las primeras emergencias, y hemos aceptado el supuesto de que en ese mismo momento se produce de nuevo la puesta tras el apareamiento (de momento no parece estar muy claro si es preciso un determinado tiempo de maduración sexual y de preoviposición). Por otro lado hemos hecho lo mismo con los momentos en que se producen el 50 % de las emergencias.

El resultado es, refiriéndonos a la zona de los ensayos, que una pequeña parte de la población (siempre inferior al 50 %) podría originar dos generaciones anuales, y que la mayoría de la población tan sólo completa una. En ningún caso se han producido tres generaciones anuales. Al Norte de la provincia, con un clima algo más frío, es de esperar que sólo se produzca una generación anual.

D) Al efectuar los ajustes *Probits-logarítmicos* para cada uno de los 12 grupos descritos en el anterior apartado, y para cada uno de los 6 valores de *C* mencionados, obtenemos un total de 72 rectas para $X = \log(IT)$, y otras 72 para $X = \log(ND)$. Los valores correspondientes a los paráme-

tros *a* y *b* de la recta, y los valores del *coeficiente r de correlación* de Pearson y r^2 , quedan recogidos en el Cuadro 2.

Como puede observarse, la correlación existente es (según Guilford) alta o muy alta y muy significativa ($\alpha = 0,01$) en todos los grupos estudiados, excepto en el Pa, I, y T, y tanto para las IT como para los ND. La explicación que doy a ello es la siguiente:

En el caso de Pa, como ya se ha dicho anteriormente, hubo ensayos en los que se confundieron agujeros efectuados por larvas sobre la corteza de la troza con emergencias de adultos, lo que evidentemente ha falseado los resultados finales. Por otra parte, las observaciones de emergencias en las trozas correspondientes a los ensayos 1 al 5 de Pa no fueron seguidas más allá del invierno siguiente, porque erróneamente creí que no quedaban más individuos en su interior, o que estaban ya muertos.

Las puestas, en el caso de los ensayos 19 al 23, correspondientes al invierno (I), son muy escasas. Por otra parte, el desarrollo larvario apenas existe debido a las bajas temperaturas, de manera que cuando éstas

Cuadro 2.—Ajuste de regresión $Y + a + b.X$. Donde Y representa el valor Probit del porcentaje acumulado de emergencias, y X el valor indicado en la cabecera del Cuadro

Epoca	Ensayos y número de observ.	C	X = log [$\Sigma(Tm - C)$]				X = log [Σ n.º días con $Tm \geq C$]				
			a	b	r	r ²	a	b	r	r ²	
Primavera	1 al 5 (Pa)	4	-4,72	3,03	0,5493	0,3018	-0,03	2,52	0,5078	0,2579	
		6	-4,79	3,11	0,5556	0,3087	-0,03	2,52	0,5078	0,2579	
		8	-4,92	3,22	0,5641	0,3183	-0,08	2,55	0,5098	0,2599	
		10	-5,01	3,33	0,5739	0,3293	-0,49	2,74	0,5233	0,2739	
		12	-4,80	3,38	0,5793	0,3356	-1,20	3,10	0,5468	0,2990	
	(40)	14	-4,22	3,33	0,5805	0,3370	-1,78	3,41	0,5658	0,3201	
		24 al 27 (Pb)	4	-16,70	6,27	0,8727	0,7616	-5,63	4,69	0,8359	0,6987
			6	-17,46	6,61	0,8794	0,7734	-5,71	4,73	0,8367	0,7001
			8	-18,60	7,09	0,9994	0,7893	-5,97	4,85	0,8397	0,7051
			10	-20,31	7,80	0,9002	0,8103	-6,38	5,03	0,8442	0,7127
	12		-22,79	8,84	0,9135	0,8344	-7,56	5,57	0,8577	0,7357	
	(79)	14	-25,13	9,99	0,9200	0,8463	-10,50	6,95	0,8868	0,7864	
		1 al 5 y 24 al 27 (P)	4	-8,21	3,94	0,6581	0,4331	-2,07	3,28	0,6432	0,4137
			6	-8,31	4,04	0,6590	0,4343	-2,10	3,29	0,6432	0,4137
			8	-8,48	4,18	0,6601	0,4357	-2,20	3,34	0,6441	0,4149
10			-8,66	4,35	0,6598	0,4353	-2,48	3,47	0,6483	0,4202	
12	-8,61		4,48	0,6529	0,4263	-3,08	3,75	0,6554	0,4296		
(119)	14	-8,05	4,49	0,6386	0,4078	-4,14	4,29	0,6647	0,4418		
	Verano	6 al 10 (Va)	4	-10,45	4,50	0,8338	0,6953	-2,81	3,49	0,8083	0,6534
			6	-10,82	4,70	0,8382	0,7025	-2,81	3,49	0,8083	0,6534
			8	-11,40	4,97	0,8443	0,7128	-2,86	3,52	0,8090	0,6544
			10	-12,20	5,35	0,8519	0,7257	-3,24	3,72	0,8139	0,6625
12			-13,12	5,81	0,8600	0,7396	-3,95	4,08	0,8224	0,6763	
(77)	14	-14,12	6,36	0,8683	0,7539	-4,77	4,52	0,8298	0,6885		
	28 al 35 (Vb)	4	-19,01	6,77	0,7957	0,6316	-6,38	4,71	0,6857	0,4702	
		6	-13,67	5,40	0,7328	0,5371	-6,77	4,87	0,6965	0,4851	
		8	-19,29	7,17	0,8129	0,6607	-7,09	5,02	0,7047	0,4967	
		10	-18,41	7,13	0,8102	0,6564	-7,58	5,25	0,7171	0,5142	
12		-15,67	6,56	0,7809	0,6098	-8,98	5,93	0,7514	0,5645		
(152)	14	-11,25	5,42	0,7209	0,5197	-11,46	7,25	0,8139	0,6624		
	6 al 10 y 28 al 35 (V)	4	-12,96	5,13	0,7695	0,5921	-3,49	3,62	0,6893	0,4752	
		6	-11,69	4,87	0,7572	0,5733	-3,60	3,66	0,6932	0,4805	
		8	-14,13	5,70	0,7950	0,6320	-3,77	3,74	0,6989	0,4885	
		10	-14,69	6,04	0,8078	0,6525	-4,08	3,90	0,7035	0,4950	
12		-14,39	6,17	0,8077	0,6524	-4,95	4,33	0,7229	0,5225		
(229)	14	-12,35	5,79	0,7773	0,6041	-6,88	5,32	0,7777	0,6048		

empiezan a elevarse y a permitir el desarrollo de aquéllas, la troza ya ha perdido las cualidades nutritivas que permiten un normal desarrollo de las larvas. Estas no evolucionan y muere, o lo hacen de manera totalmente anormal.

Los resultados globales o totales (T), al

incluir datos procedentes de Pa y de I, presentan los mismos inconvenientes de ambos y, de hecho, se obtienen unos valores del coeficiente r considerados como bajos.

A efectos prácticos de efectuar una predicción, interesa que ésta pueda ser lo más generalista posible y que, en consecuencia,

Cuadro 2.—(Continuación)

Epoca	Ensayos y número de observ.	C	X = log [Σ(Tm - C)]				X = log [Σ n.º días con Tm ≥ C]			
			a	b	r	r ²	a	b	r	r ²
Otoño	11 al 18 (0) (103)	4	-19,06	7,03	0,8548	0,7307	-16,51	9,02	0,8241	0,6791
		6	-16,97	6,59	0,8516	0,7253	-17,08	9,26	0,8352	0,6976
		8	-10,43	4,79	0,7197	0,5179	-16,55	9,06	0,8325	0,6931
		10	-10,87	5,15	0,8329	0,6937	-15,38	8,76	0,8536	0,7287
		12	-7,40	4,26	0,8131	0,6611	-12,20	7,68	0,8647	0,7477
		14	-3,91	3,32	0,7834	0,6137	-4,81	4,62	0,7426	0,5515
Invierno	19 al 23 (I) (62)	4	-35,33	12,07	0,1510	0,0228	-21,36	11,86	0,1246	0,0155
		6	-32,87	11,60	0,1525	0,0233	-21,59	11,96	0,1251	0,0156
		8	-29,15	10,79	0,1532	0,0235	-22,79	12,48	0,1300	0,0169
		10	-24,53	9,71	0,1530	0,0234	-20,28	11,58	0,1295	0,0168
		12	-19,42	8,45	0,1513	0,0229	-19,25	11,37	0,1432	0,0205
		14	-13,45	6,86	0,1456	0,0212	-18,94	11,55	0,1577	0,0249
Primavera +	1 al 10 y 24 al 35	4	-10,76	4,56	0,7069	0,4997	-2,63	3,34	0,6435	0,4141
		6	-10,23	4,50	0,7059	0,4994	-2,70	3,37	0,6457	0,4169
		8	-11,70	5,04	0,7282	0,5303	-2,87	3,45	0,6513	0,4242
		10	-12,23	5,34	0,7403	0,5480	-3,21	3,62	0,6584	0,4335
Verano (PV) (348)		12	-12,19	5,52	0,7434	0,5527	-4,08	4,04	0,6797	0,4620
		14	-10,86	5,34	0,7238	0,5240	-5,90	4,95	0,7308	0,5341
Primavera +	1 al 18 y 24 al 35	4	-11,69	4,84	0,7233	0,5232	-3,40	3,66	0,6444	0,4153
		6	-10,90	4,71	0,7210	0,5199	-3,49	3,70	0,6472	0,4189
		8	-10,73	4,80	0,7100	0,5038	-3,67	3,78	0,6536	0,4271
		10	-10,37	4,82	0,7242	0,5245	-4,09	3,99	0,6687	0,4471
		12	-8,40	4,39	0,6976	0,4866	-4,86	4,40	0,6969	0,4856
Otoño (451)		14	-5,36	3,59	0,6441	0,4148	-5,40	4,77	0,7241	0,5243
Primav. 84 Verano 83 Verano 84 Otoño 83	24 al 27 6 al 10 28 al 35 11 al 18 (CP) (411)	4	-13,96	5,46	0,7810	0,6099	-4,66	4,15	0,7007	0,4910
		6	-12,67	5,21	0,7704	0,5935	-4,79	4,20	0,7044	0,4961
		8	-12,42	5,26	0,7550	0,5700	-4,99	4,29	0,7110	0,5056
		10	-11,67	5,20	0,7628	0,5819	-5,39	4,50	0,7247	0,5252
		12	-9,10	4,60	0,7233	0,5232	-6,05	4,87	0,7486	0,5604
		14	-5,54	3,64	0,6562	0,4306	-6,29	5,13	0,7651	0,5853
TODO (513)	1 al 35 (T)	4	-12,51	5,13	0,2521	0,0635	-3,67	3,84	0,2195	0,0482
		6	-11,74	5,02	0,2526	0,0638	-3,77	3,89	0,2206	0,0487
		8	-11,51	5,07	0,2498	0,0624	-4,00	3,99	0,2238	0,0501
		10	-11,10	5,11	0,2564	0,0657	-4,34	4,18	0,2276	0,0518
		12	-9,10	4,67	0,2500	0,0625	-5,21	4,63	0,2407	0,0579
		14	-5,96	3,86	0,2339	0,0547	-5,96	5,10	0,2557	0,0654

dependa lo menos posible de la época de puesta. Por ello he considerado oportuno tomar como válidos los resultados obtenidos con el grupo denominado CP, que incluye 25 ensayos, es decir todos los efectuados, excepto los Pa de la primavera de 1983 y los I del invierno de ese mismo año.

Centrándonos ya en los ensayos CP, puede apreciarse como se obtiene, para la IT, un coeficiente r máximo de 0,7810 correspondiente a una C = 4 °C, y un mínimo de 0,6562 para C = 14 °C. Para ND, sin embargo, ocurre al contrario, ya que se obtiene un valor máximo de r de 0,7651 para

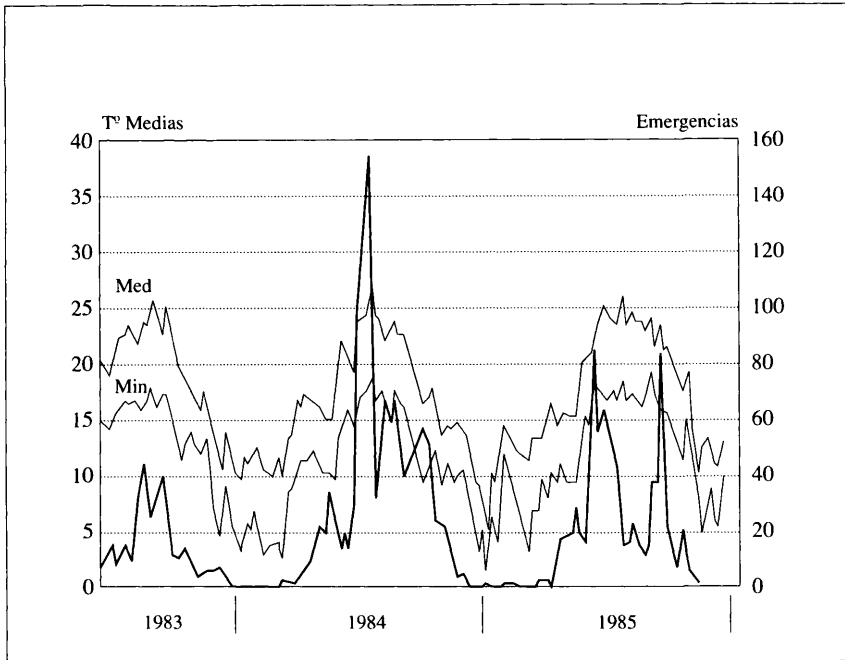


Fig. 5.—Emergencias de *P. semipunctata* Fab., y temperaturas medias semanales de las medias y mínimas diarias.

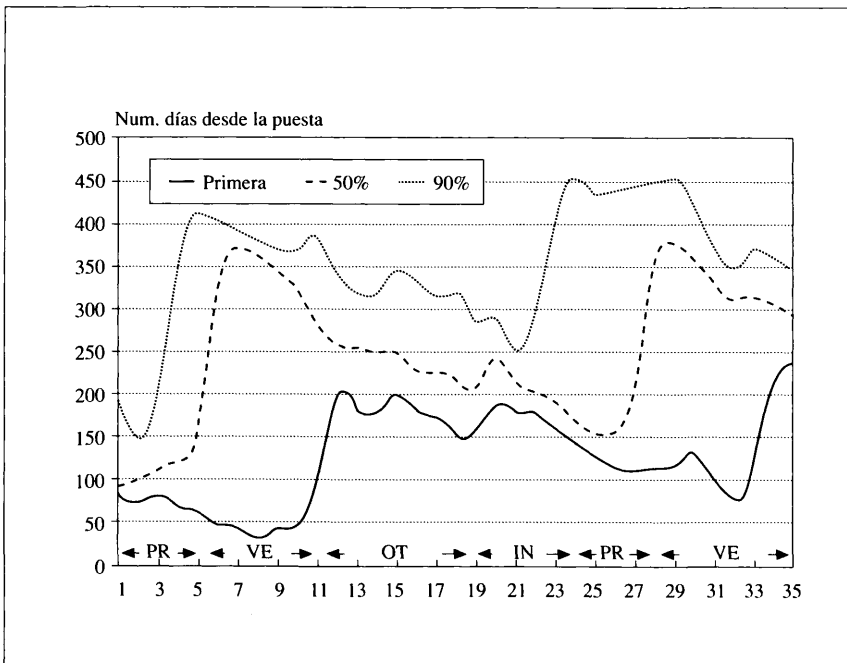


Fig. 6.—Número observado de días transcurridos desde la puesta hasta la primera, el 50 % y el 90 % de emergencias de *P. semipunctata* Fab., para cada uno de los 35 ensayos realizados.

$C = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$, y un mínimo de 0,7007 para $C = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Es decir, si pretendemos efectuar una predicción de emergencias basándonos en la *Integral Térmica (IT)*, es preferible escoger como Umbral Inferior de temperaturas o Cero el de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por el contrario, si pretendemos realizar una predicción basándonos en contar el número de días (*ND*) con temperaturas iguales o superiores a una dada, ésta es preferible que sea la de $14\text{ }^{\circ}\text{C}$.

De todas formas, el coeficiente de determinación r^2 obtenido (que indica el tanto por uno de la variabilidad total de Y que queda explicada por X), no supera en ningún caso el 61 %. Ello puede tener, por otra parte, una explicación lógica, sobre todo en nuestro caso que hemos empleado trozas cortadas.

El desarrollo de las larvas depende en gran parte de las condiciones térmicas, puesto que las larvas no llegan a estar activas más que a partir de $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, alcanzando el óptimo de actividad peristáltica y de secreción del tubo digestivo a temperaturas comprendidas entre 26 y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CHARARAS, C., 1979). Sin embargo, también ocurre que esas mismas condiciones térmicas pueden influir acelerando la desecación de la troza y, en consecuencia, la degradación de la calidad de los nutrientes que componen el alimento de las larvas de *Phoracantha semipunctata* Fab. En consecuencia, se produce una elevada mortalidad de larvas jóvenes (1.º y 2.º estadio) y un retraso en el normal desarrollo de las supervivientes, y en la posterior maduración y emergencia de los adultos.

Phoracantha puede, sin embargo, vivir y evolucionar normalmente sobre árboles pobres en glúcidos, e incluso sobre medios sintéticos formados esencialmente por celulosa; en este último caso, la evolución queda considerablemente ralentizada (CHARARAS *et al.*, 1971).

A partir de las rectas obtenidas, podemos obtener las *Integrales Térmicas Teóricas (ITT)* y las *Número de Días Teóricos (NDT)* medios necesarios para que se produzca un porcentaje medio de emergencias



Fig. 7.—Las larvas que se encuentran alimentándose en la zona del cambium efectúan, en ocasiones, unos agujeros al exterior de la corteza que pueden inducir a confusión con los auténticos agujeros de emergencia de los adultos.

determinado a partir del valor de C que hemos elegido (Cuadro 3) y sus intervalos de confianza ($\alpha = 0,05$) correspondientes (Cuadro 4).

BYTINSKY, SALTZ y NEUMARK (1952) dan como necesaria, para completar una generación, una Integral Térmica de $1.567\text{ }^{\circ}\text{C día}$, tomando como umbral inferior de desarrollo $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Según mis propios estudios anteriores (GONZÁLEZ TIRADO, 1987), la Integral Térmica obtenida desde la puesta hasta la aparición de la primera emergencia era de $1.510\text{ }^{\circ}\text{C}$ tomando el mismo valor de $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ como Umbral Inferior.

A la vista del Cuadro 3, la Integral Térmica media correspondiente a un 50 % de emergencias oscila entre $1.692 (\pm 468)$ y

Cuadro 3.—Integral Térmica Teórica (ITT) y Número de Días Teóricos (NDT) correspondientes a diferentes % de Emergencias (% E) según distintos valores del Umbral Inferior (UI) de temperaturas (de C = 4 a C = 14° C)

% E	IT4	IT6	IT8	IT10	IT12	IT14	ND4	ND6	ND8	ND10	ND12	ND14
5	2.039	1.699	1.443	1.109	820	564	149	149	147	141	128	109
10	2.237	1.868	1.579	1.217	902	622	165	165	163	155	141	120
20	2.504	2.096	1.762	1.363	1.012	702	186	186	183	175	158	135
25	2.616	2.192	1.838	1.424	1.058	735	195	194	192	183	165	141
30	2.719	2.280	1.908	1.480	1.100	766	203	202	200	190	172	147
40	2.915	2.447	2.041	1.587	1.181	824	218	218	215	205	185	158
50	3.108	2.613	2.173	1.692	1.261	882	234	233	230	219	198	168
60	3.314	2.790	2.313	1.805	1.346	945	250	250	246	234	211	180
70	3.552	2.995	2.474	1.935	1.445	1.017	269	269	265	252	227	193
75	3.692	3.115	2.568	2.011	1.503	1.059	281	280	276	262	236	201
80	3.857	3.257	2.680	2.101	1.571	1.109	294	293	289	274	247	210
90	4.318	3.655	2.991	2.353	1.763	1.251	331	330	325	309	277	235
95	4.737	4.017	3.272	2.582	1.938	1.380	365	364	359	340	305	259
99	5.656	4.815	3.887	3.084	2.322	1.665	441	439	433	409	366	310

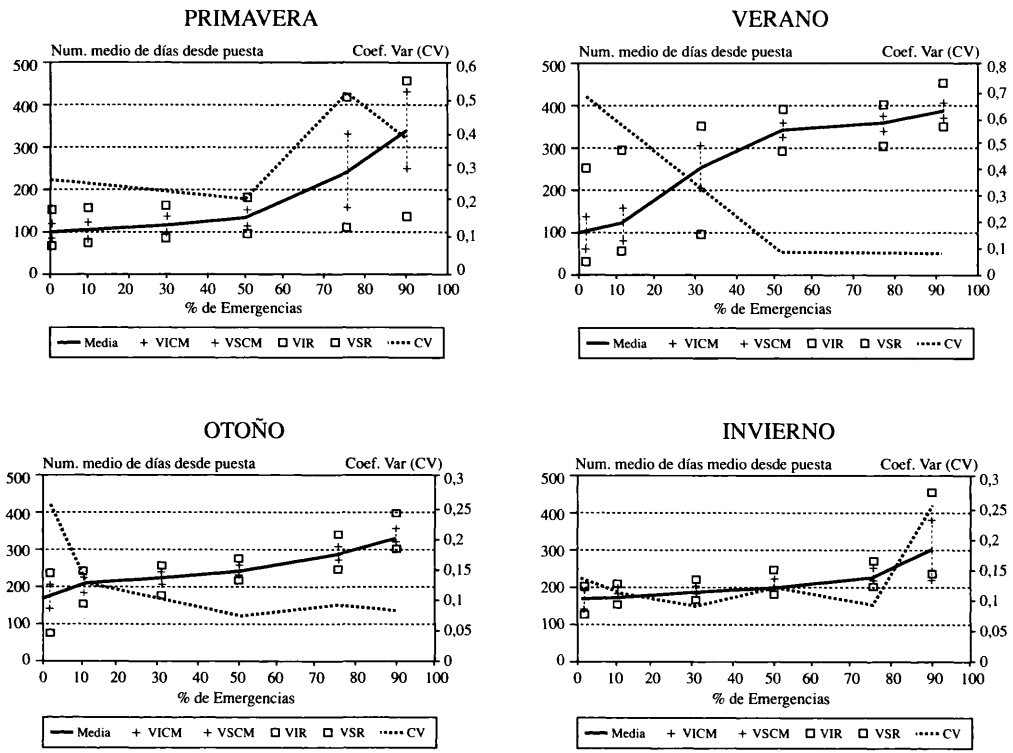


Fig. 8.—Número de días transcurridos entre la puesta y el correspondiente % de emergencias para cada una de las estaciones del año. Valores medios e inferiores y superiores de confianza ($\alpha = 0,05$) de la media (VICM y VSCM) y del recorrido observado (VIR y VSR). También se indican los coeficientes de variación (CV) obtenidos.

Cuadro 4.—Intervalos de confianza ($\alpha = 0,05$) de la Integral Térmica Teórica (ITT) y del Número de Días Teóricos (NDT)

% E	IT4	IT6	IT8	IT10	IT12	IT14	ND4	ND6	ND8	ND10	ND12	ND14
5	864	708	627	470	342	228	60	60	60	58	53	46
10	864	707	627	469	342	227	60	60	60	57	53	45
20	863	707	626	469	342	227	60	60	60	57	53	45
25	863	707	626	469	342	227	60	60	60	57	53	45
30	863	706	626	469	341	227	60	60	60	57	53	45
40	862	706	626	469	341	227	60	60	60	57	53	45
50	862	706	626	468	341	227	60	60	60	57	53	45
60	862	706	626	468	341	227	60	60	60	57	53	45
70	862	706	626	468	341	227	60	60	60	57	53	45
75	862	706	626	468	341	227	60	60	60	57	53	45
80	862	706	626	469	341	227	60	60	60	57	53	45
90	863	707	626	469	342	227	60	60	60	57	53	45
95	863	707	627	469	342	227	60	60	60	57	53	45
99	864	708	627	470	342	228	60	60	60	58	53	46

1.261 (± 341) °C. día según que se tomen como Umbral Inferior 10 ó 12 °C. Es decir, coincide bastante bien con los valores antes mencionados.

Tomando para *C* el valor de 4 °C, obtenemos (Cuadros 3 y 4 y Fig. 10) unas *IT* desde la puesta de 2.039 °C. día (± 864); 3.108 °C. (± 862); y 5.656 °C. día (± 864) para la primera, el 50 % y la totalidad de las emergencias respectivamente.

Con todo, quizás la forma más sencilla y rápida para poder predecir las emergencias sea el número de días (*ND*) con temperaturas iguales o superiores a una dada. En este sentido, tomando como Umbral Inferior de temperaturas 14 °C, y según se observa en los citados Cuadros 3 y 4 (Fig. 11), las primeras emergencias de adultos empezarían a producirse, de media, a los 109 días (± 46) de producirse las puestas; el 25 % a los 141 días (± 45); el 50 % a los 168 días (± 45); el 75 % a los 201 días (± 45); y prácticamente la totalidad de emergencias se habrá producido tras 310 días (± 46) con temperaturas medias diarias iguales o superiores a 14 °C.

Si se quiere ganar en precisión a la hora de predecir un porcentaje de emergencias, pueden combinarse los dos procedimientos mencionados, utilizando a su vez diferentes

Umbrales Inferiores, y calculando finalmente el valor medio.

Insisto en la gran variabilidad que existe en estos valores, en función de las particulares condiciones de desarrollo larvario que se pueden producir, según el contenido de humedad de las trozas y, en definitiva, de la calidad y cantidad (por la competencia entre las larvas) de alimento. La degradación del alimento provocada por la rápida desecación de la corteza de las trozas tiene sin duda su influencia en la mortalidad y en un cierto alargamiento en el tiempo necesario para el desarrollo de los individuos (CHARARAS, 1969; MENDEL, 1985; GONZÁLEZ TIRADO, 1987).

CONCLUSIONES

— Existe un período prácticamente libre de emergencias de 2 ó 3 meses comprendido entre mediados de diciembre y principios de marzo, que coincide con la época de más fría del año, con temperaturas medias inferiores a 15 °C.

— El mínimo tiempo necesario para que se produzcan las primeras emergencias ha sido de 62 días contados a partir de la fecha de las puestas. Por tanto, las trozas em-

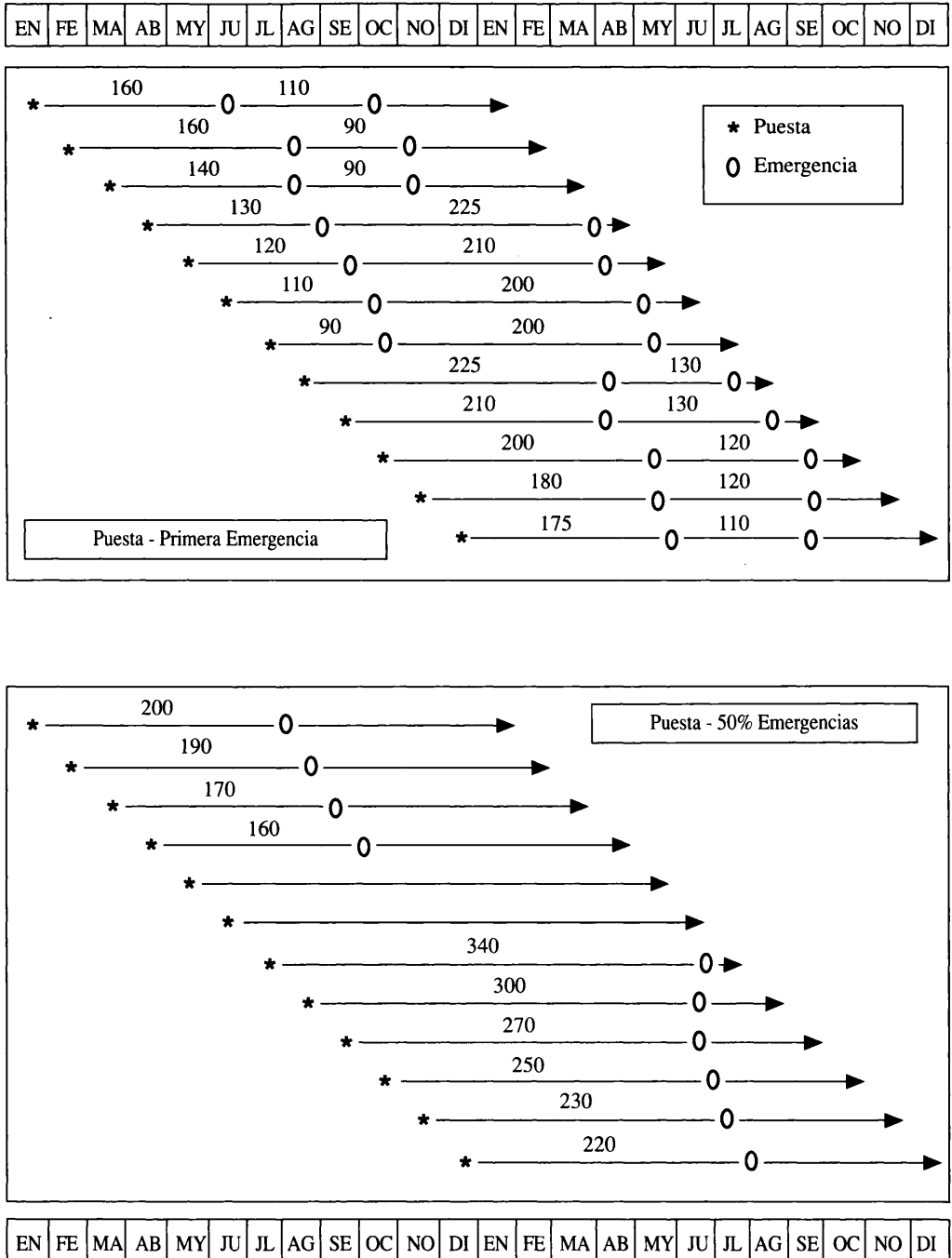


Fig. 9.—Momento y tiempo (días) transcurrido entre la puesta y la primera y el 50 % de las emergencias de *P. semipunctata* Fab.

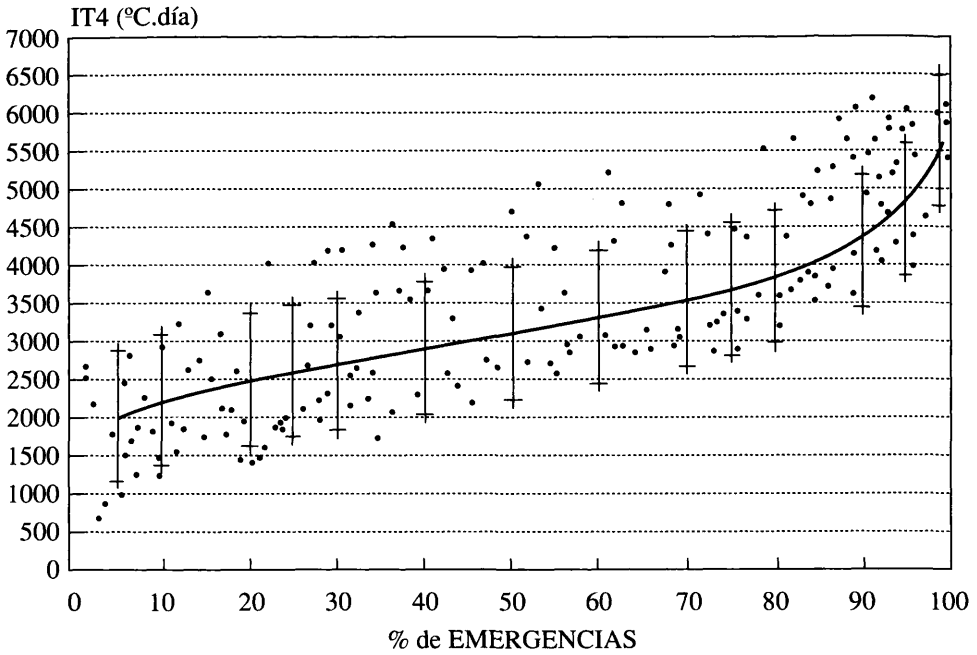


Fig. 10.—Integral Térmica Teórica obtenida para *P. semipunctata* Fab., desde la puesta hasta la emergencia, utilizando un Umbral Inferior de temperaturas de 4 °C.

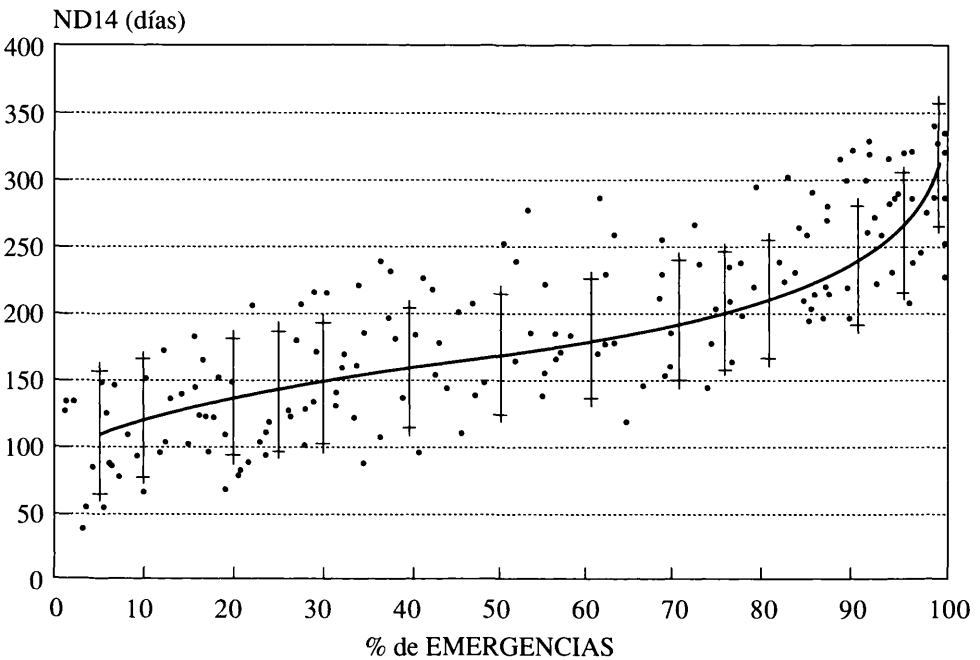


Fig. 11.—Número de Días Teóricos obtenidos para *P. semipunctata* Fab., desde la puesta hasta la emergencia, utilizando un Umbral Inferior de temperaturas de 14 °C.

pleadas como cebos en la lucha contra *Phoracantha semipunctata* Fab. no deben permanecer más de ese tiempo en el campo sin ser eliminadas mediante fuego o astillamiento.

— Las emergencias de adultos, en las condiciones de nuestra zona, no acaban de terminar prácticamente en su totalidad hasta 15 ó 16 meses después de producirse las puestas. Este dato debería ser tenido en cuenta a la hora de establecer la duración de las cuarentenas.

— En el Sur de la provincia de Huelva, una pequeña parte de la población (siempre inferior al 50 %) podría originar dos generaciones anuales, aunque la mayoría de ella (al igual que cabe esperar en el Norte de la provincia, con un clima algo más frío), tan sólo puede completar una.

— Las predicciones de emergencias, basadas en valores de Integrales Térmicas (*IT*) o de Número de Días (*ND*) con temperaturas iguales o superiores o una dada, han producido unos valores medios con amplios intervalos de confianza. Esta variabilidad tiene su justificación en función de la diversidad de condiciones de desarrollo larvario que se pueden producir, según el contenido de humedad de las trozas y, en definitiva, de la calidad y cantidad (dependiente a su vez de la competencia intraespecífica) de alimento.

En cualquier caso, pueden utilizarse los siguientes valores para las predicciones ($\alpha = 0,05$):

Predicciones basadas en Integrales Térmicas:

2.039 °C día (± 864) para obtener las primeras emergencias; 3.108 °C día (± 862)

para alcanzar el 50 %; y 5.656 °C día (± 864) para completarlas, tomando como temperatura base 4 °C.

Predicciones basadas en el Número de Días:

109 días (± 46) para que se inicien las emergencias; 168 días (± 45) para alcanzar el 50 %; y 310 días (± 46) para que finalicen, tomando en este caso 14 °C como temperatura base.

— Teniendo en cuenta que no se produce una cantidad de emergencias ni puestas significativas hasta no alcanzar temperaturas medias de 15 °C, y los datos de *IT* y *ND* recién mencionados, es posible efectuar una primera aproximación teórica para conocer el número de generaciones que *P. semipunctata* Fab. podrá desarrollar en una región determinada y, de esta manera, evaluar el riesgo potencial que su presencia supondría para las plantaciones de *Eucalyptus* existentes o previstas realizar.

— Sería muy deseable que los datos y predicciones expuestas en este trabajo pudieran ser contrastadas en otras zonas con diferentes condiciones climáticas, tanto para comprobar su validez, como para enriquecer el modelo con nuevas aportaciones.

AGRADECIMIENTOS

Las observaciones de campo fueron tomadas en su mayor parte por D. José Ramón Fernández Vázquez, Ingeniero Técnico Forestal, a quien quiero expresar mi reconocimiento.

ABSTRACT

GONZÁLEZ TIRADO, L. (1992). Estudio sobre integrales térmicas de *Phoracantha semipunctata* Fab. (Col: *Cerambycidae*), insecto perforador del género *Eucalyptus*, en Huelva (España). *Bol. San. Veg. Plagas*, 18 (3): 529-545.

During 1983, 1984 and 1985 a series of observations has been carried out in the South of the Province of Huelva on logs of *Eucalyptus globulus* Labill. From them we

have obtained some information about the Eucalyptus borer, *Phoracantha semipunctata* Fab.

No emergence or significant egg laying have been observed during periods in which mean temperatures were lower than 15 °C. The shortest period of time elapsed between egg laying and the earliest emergences was 62 days; emergences lasted till 15 or 16 months after egg laying. A small part of the population (always less than 50 %) could give rise to two generations per year, although most of them can complete only one.

A model of prediction of emergences based on the values of accumulated heat units and on the number of days with mean temperatures equal to or higher than a given one has been established, in such a way, that from the various base temperatures (C) tested (between 4 and 14 °C) as the lower development threshold, it results more reliable to adopt C = 4 °C for the accumulated heat units and C = 14 °C for the number of days. In this way we can predict that the earliest emergences will occur when the accumulated heat units reach 2.039 (± 864) °C. day or 109 (± 46) days from egg laying; 50 % emergence will occur for 3.108 (± 862) °C. day or 168 (± 45) days; total emergence will be practically finished when 5.656 °C. day or 310 (± 46) are reached.

This model could be applied to predict the number of generations that *P. semipunctata* Fab. could develop in a certain region and so we could evaluate the potential risk that its presence would have for the existing plantations or for those to be planted in the future.

Key words: *Phoracantha semipunctata*, *Eucalyptus*, accumulated heat unit, number of generations, Huelva, Andalucía, España.

REFERENCIAS

- CHARARAS, C.; COURTOIS, J. E.; LE FAY, A.; THUILIER, A., 1971: Biologie, evolution et nutrition de *Phoracantha semipunctata* Fab. Coléoptère *Cerambycidae* spécifique des *Eucalyptus*. *C. R. Soc. Biol.*, **165**(7 et 8): 1565-1568.
- CHARARAS, C., 1979: *Ecophysiologie des insectes parasites des forêts*. Editado por el autor. París, 297 pp.
- 1969: Etude biologique de *Phoracantha semipunctata* Fab. (Coléoptère *Cerambycidae* xylophage) spécifique des *Eucalyptus* en Tunisie et recherches sur la vitalité et l'adaptation de ces espèces. *C. R. Ac. Agr.*, **55**(1): 47-57.
- DRINKWATER, T. W., 1975: The present status of *Eucalyptus* borers *Phoracantha* spp. in South Africa. *Proc. 1st Congr. Ent. Soc.*, South Africa: 127-129.
- DUFFY, E. A. J., 1963: A monograph of the immature stages of Australasian timber beetles (*Cerambycidae*). British Museum (Nat. Hist.), London, 327 pp.
- GONZÁLEZ TIRADO, L., 1984: Lucha contra *Phoracantha semipunctata* Fab. en el Suroeste español. *Bol. Serv. Plagas*, **10**: 185-204.
- 1987: Tabla de vida para *Phoracantha semipunctata* Fab. (*Col: Cerambycidae*). Perforador de los eucaliptos, en el Suroeste español. *Bol. San. Plagas*, **13**: 283-301.
- 1990: Algunos aspectos prácticos sobre la utilización de árboles cebo en la lucha contra el perforador del eucalipto *Phoracantha semipunctata* Fab. (*Coleoptera: Cerambycidae*). *Bol. San. Veg. Plagas*, **16**: 529-542.
- IVORY, M. H., 1977: Preliminary investigations of the pest of exotic forest trees in Zambia. *Commonw. For. Rev.*, **56**: 47-56.
- LOYTTYNIEMI, K., 1980: A preliminary annotated list of *Eucalyptus* insects in Zambia. *Div. For. Res. Zambia. Res. Note* **28**: 1-19.
- MÉNDEL, Z., 1985: Seasonal development of the eucalypt borer, *Phoracantha semipunctata*, in Israel. *Phytoparasitica*, **13**(2): 85-93.
- POTTER, D. A.; TIMMONS, C. M., 1983: Forecasting emergence and flight of the lilac borer (*Lepidoptera: Sessidae*) based on pheromone trapping and degree-day accumulations. *Environ. Entomol.*, **12**: 400-403.
- RIEDL, H.; CROFT, B. A.; HOWITT, A. J., 1976: Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological time models. *Can. Entomol.*, **108**: 449-460.

(Aceptado para su publicación: 8 octubre 1991)