

Tabla de vida para *Phoracantha semipunctata* Fab. (Col. Cerambycidae). Perforador de los eucaliptos, en el Sudoeste español

L. GONZÁLEZ TIRADO

En el presente trabajo se ha elaborado una Tabla de vida para *Phoracantha semipunctata* Fab. en las condiciones medioambientales de la provincia de Huelva, en el sudoeste español. La curva de supervivencia obtenida coincide con la del tipo III de DEEVEY, que muestra una mortalidad muy alta en los primeros estados de vida (huevos y primeros estadios larvales). El índice final de supervivencia ha sido del 6,4%. Se muestra la evolución de la estructura poblacional a lo largo del ensayo y las integrales térmicas correspondientes. Concretamente, ha sido de 1.510 °C, desde la puesta hasta la primera emergencia, tomando 11,5 °C como umbral inferior de desarrollo.

Igualmente y a partir de dos parámetros (el número medio de huevos que es capaz de poner una hembra y la sex-ratio) se ha elaborado una ecuación y una gráfica que sirven para conocer el Índice reproductivo neto (R_0), en función del número de adultos que se obtienen a partir de 1.000 huevos. Esto permite conocer si la población se encuentra en fase expansiva, recesiva o estable.

PALABRAS CLAVES: *Phoracantha semipunctata*, Perforador del eucalipto, *Eucalyptus globulus*, Dinámica de poblaciones, Huelva, Andalucía, España.

L. GONZALEZ: Protección de los Vegetales. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Apartado 493. 21071 Huelva.

INTRODUCCION

Una tabla de vida es un resumen conciso de determinados datos vitales de una población, necesarios para describir y comprender la dinámica poblacional de una especie. Las tablas de vida surgieron y han sido ampliamente utilizadas por las compañías de seguros de vida, que a través del cálculo de la esperanza media de vida en poblaciones humanas han procedido a fijar las primas correspondientes en función del sexo y edad de las personas. Por ello, es abundante la literatura existente acerca de las estadísticas de vida humana, y escasos los datos relativos a animales y plantas.

En el caso de poblaciones humanas, existen dos tipos distintos de tablas de vida:

- a) Tabla de vida estática, estacional, específica respecto del tiempo, actual o vertical: calculada en base a un corte transversal de la población en un momento específico.
- b) Tabla de vida de grupos, de generaciones u horizontal, calculada en base a un grupo de individuos a los que se estudia durante toda su vida. La población puede ser estacionaria o fluctuante. Este procedimiento permite calcular directamente la curva de supervivencia, a partir de la cual es posible deducir las otras funciones de la tabla de vida, si ello es necesario.

Aunque algunos especialistas en ecología animal, como RICHARDS (1940), han expresa-

do sus resultados mostrando las sucesivas reducciones en la población de un insecto a través de una generación, fue DEEVEY (1974) realmente quien primero llamó la atención en la importancia de este procedimiento.

Respecto a poblaciones no humanas, es difícil elaborar tablas de vida, aunque en términos generales se han empleado tres tipos de métodos para elaborarlas (DEEVEY, 1947).

- a) Supervivencia directamente observada. La información acerca de la supervivencia (l_x) de un gran grupo de individuos nacidos al mismo tiempo, seguidos a cortos intervalos durante toda su existencia, es lo más satisfactorio de que se dispone, ya que no conlleva el supuesto de que la población es estable a lo largo del tiempo.
- b) Observación de la edad al momento de morir. Suele emplearse para estimar las funciones del cuadro de esperanza de vida. A tal efecto es indispensable suponer que la población permanece estable con el paso del tiempo y que los índices de mortalidad y natalidad de cada grupo de edad permanecen constantes.
- c) Estructura de edades directamente observadas. La dificultad consiste en que para elaborar una tabla de esperanza de vida a partir de estos datos es necesario suponer una distribución de edades constantes, lo cual es poco común respecto de poblaciones de numerosas especies. Es considerable la información de que se dispone acerca de la estructura de edades, en particular respecto de pájaros y peces.

Como MORRIS y MILLER (1954) indicaban, ninguno de los tres métodos es directamente aplicable a poblaciones naturales de insectos,

ya que los datos periódicos de supervivencia no pueden obtenerse de los mismos individuos. Por tanto, ellos sugirieron una modificación del primero de los métodos de DEEVEY, de manera que la supervivencia es medida por un muestreo periódico dentro de la misma población, pero no sobre los mismos individuos.

En el caso concreto de *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: *Cerambycidae*), perforador de los eucaliptos, como en general el de cualquier otro insecto xylófago, la observación de los diferentes estadios de desarrollo desde huevo, supone el tener que descortezar y abrir la madera, lo que forzosamente supone la destrucción de los individuos observados. Por ello, hemos aplicado el procedimiento indicado por MORRIS y MILLER con algunas modificaciones en cuanto a la presentación de la tabla.

POWELL (1982) publicó un trabajo sobre tabla de vida de *Phoracantha semipunctata* en Malawi, coincidiendo en lo sugerido por MORRIS y MILLER.

El presente trabajo pretende elaborar una tabla de vida para *Phoracantha semipunctata* Fab., en las condiciones medioambientales de la provincia de Huelva.

MATERIALES Y METODOS

El 5 de agosto de 1985 fueron cortados 10 árboles completamente sanos de *Eucalyptus globulus* Labill, en una plantación situada en el Término Municipal de Rociana del Condado (Huelva), considerada como fuertemente atacada (GONZÁLEZ TIRADO, 1984, 1986).

Cada uno de los árboles fue descopado, desramado y cortado en cinco trozas de 2 metros de longitud cada una. Se obtuvieron así un total de 50 trozas con un perímetro medio medido a la mitad de su longitud de 38,36 cm., oscilando en un rango de 21 a 58 cm.,

equivalente a una superficie lateral media de 76,72 dm² y rango entre 42 y 116 dm². A continuación, las 50 trozas fueron repartidas en cinco lotes de 10 trozas cada uno, quedando emplazadas sobre el terreno en el interior de la plantación, tapadas con los restos de ramas y copas de los árboles cortados para atraer sobre ellas las puestas de *Phoracantha semipunctata*.

A los cinco días de cortar los árboles, es decir, el 10 de agosto, la totalidad de las trozas fueron retiradas del campo y trasladadas al interior de un jaulón de malla metálica fina, de 5 × 3 × 2,40 m. de dimensiones, situado en la parcela que el Servicio de Protección de los Vegetales tiene en San Juan del Puerto, a 20 km. de distancia de Rociana del Condado. En el interior de dicho jaulón quedaron dispuestas sobre unas estructuras metálicas como muestra la Figura 7. Inmediatamente, antes de ser introducidas, cada troza fue numerada y medida de nuevo, calculándose su superficie lateral (SL) en dm², procediéndose a un cuidadoso conteo del número total de huevos (H₀) que contenía y su densidad por m² (I_r = 100 × H₀/SL). Desde esta fecha y hasta el 17 de agosto de 1986 en que se efectuó la última observación, fueron efectuadas otras 25 observaciones más. La primera a los dos días de la inicial, luego, semanalmente, hasta la 15 (18 de noviembre de 1985), quincenalmente hasta la 17 (17 de noviembre de 1985) y, finalmente, cada treinta días hasta la última (17 de agosto de 1986).

Las observaciones consistían en elegir dos trozas totalmente al azar, que constituyeran la unidad de muestreo. Por tanto, existían 25 poblaciones diferentes, constituidas cada una de ellas por el total de individuos contenidos en las dos trozas elegidas y pudiéndose considerar a todas las poblaciones como nacidas prácticamente el mismo día. Sobre cada unidad de muestreo se efectuaron los conteos de in-

dividuos vivos en cada uno de los siguientes estadios:

- N: Huevos aún no eclosionados (Fig. 8).
- NL: Larvas en cualquiera de los estadios comprendidos entre las recién eclosionadas y aún no introducidas en la corteza y las que aún no han comenzado a penetrar en la madera (Fig. 10).
- IP: Larvas que están iniciando su penetración en la madera y que, por tanto, han completado su desarrollo.
- P: Larvas penetradas. Se observa claramente el agujero de penetración aunque aún no lo han taponado.
- C: Formas vivas totales encontradas sobre o dentro de la corteza.

$$C = H + NL + IP + P$$

- C_r: Valor de C por unidad de superficie (m²).

$$C_r = C/SL$$

siendo SL la superficie lateral total de la unidad de muestreo (2 trozas) expresada en dm².

A continuación se procedió a investigar el total de agujeros taponados (ATT) que hubiera, abriendo la madera con hacha y cincel y anotando las siguientes formas vivas:

- PP: Prepupas (Fig. 11).
- TPU: Individuos transformándose en pupas (Fig. 10).
- PF: Pupas totalmente formadas (Figs. 9 y 10).
- AF: Adulto formándose. Se incluyen aquí los insectos en fase de pigmentación (Fig. 10).
- I: Imago. Adulto totalmente formado y pigmentado (Fig. 10).

M: Formas vivas totales encontradas en el interior de la madera.

$$M = PP + TPU + PF + AF + I$$

M_r: Valor de M por unidad de superficie (m²).

$$M_r = M/SL.$$

También se investigaron los agujeros sin taponar. Aquellos en cuyo interior no se encontró ninguna forma muerta, fueron considerados como emergencias (E).

El número total de individuos vivos (IV) será pues la suma de los valores de C, M y E. La densidad de formas vivas por m² (D_r) se ha calculado haciendo D_r = IV/SL.

Todas las formas vivas contadas, excepto, lógicamente, los huevos, fueron introducidas en botes con alcohol al 70% para su posterior medición en laboratorio.

Preparación de la tabla de vida

Para cada uno de los muestreos efectuados, se han obtenido una tasa de supervivencia (T_s) = IV/H_o = D_r/I_r. En base a estos valores observados, se ha procedido al ajuste de una curva teórica del tipo: (D + 1)^a × (n_x)^b = K₁, o bien: log(n_x) = C₁ + C₂ × log (D + 1), mediante el procedimiento de los mínimos cuadrados. A partir de ella hemos obtenido unas tasas teóricas de supervivencia (l_x) para intervalos (X) periódicos de diez días. A partir de este valor, se han ido obteniendo los restantes valores que constituyen la tabla de vida y cuyo significado y forma de cálculo es el siguiente:

n_x: Número de supervivientes al inicio del intervalo de edad X. Hemos considerado que en el momento inicial (X = 0) n era 1.000.

l_x: Tasa teórica de supervivencia. Es la proporción de individuos que sobreviven al inicio del intervalo X.

d_x: Número de individuos que mueren entre el intervalo X y el siguiente, es decir, entre el X y el X + 10.

$$d_x = n_x - n_{x+10}$$

q_x: Índice de mortalidad durante el intervalo X y el X + 10.

$$q_x = d_x/n_x$$

L_x: Números de individuos vivos, en promedio, durante el intervalo de edad que va desde X a X + 10.

$$L_x = (n_x + n_{x+10})/2$$

T_x: Expresa el número de individuos por unidades de tiempo. Es decir, número de individuos × 10 días.

$$T_x = \sum_x L_x$$

e_x: Esperanza media de vida adicional para los individuos que están vivos al comienzo de edad X.

$$e_x = T_x/n_x$$

Inicialmente se pensó en elaborar la tabla de vida, clasificando los intervalos de edades según los diferentes estadios de desarrollo de *P. semipunctata*, tal como hizo POWEL (1982). Para determinar la población total que compone cada uno de los estadios existen varios métodos posibles: primer método, de RICHARDS y WALOFF (1954); segundo método de RICHARD y WALOFF (RICHARDS, 1959; RICHARDS, WALOFF, SPRADBERY, 1960; RICHARD y WALOFF, 1961); método gráfico, de SOUTHWOOD y JEPSON (1962); método de DEMPSTER (1961). Cada uno de ellos tiene, como es lógico, sus propias limitaciones e indicaciones de uso, pero creemos que ninguno de ellos, por unas causas u otras, son aplicables en nuestro caso.

Fundamentalmente porque durante los meses más fríos se produce una parada invernal o quiescencia que hace que el desarrollo de las pupas, que en ese momento comenzaban a aparecer, quede totalmente relentizado.

Los datos meteorológicos fueron tomados en una estación meteorológica situada junto al jaulón metálico y la integral térmica calculada empleando el método de doble seno de ALLEN (1976), tomando un umbral inferior de 11,5 °C, considerado por BYTINSKY, SALTZ y NEUMARK (1952), como el umbral inferior de desarrollo para *P. semipunctata*.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se recogen las diferentes observaciones efectuadas en cada una de las fechas, siendo D el número de días transcurridos desde la primera observación. En el Cuadro 2 se muestra la tabla de vida hasta doscientos ochenta días después del comienzo de las observaciones, que coincide con el momento en que se inician las primeras emergencias de adultos.

En la Figura 1 se reflejan las tasas de supervivencia observadas y la curva de supervivencia ajustada mediante mínimos cuadrados. El resultado de dicho ajuste fue una recta del tipo:

$$\log_{10}(n_x) = 3 - 0,488029 \times \log_{10}(D + 1)$$

(ver fig. 2), equivalente a una curva de ecuación:

$$(D + 1)^a \times (n_x)^b = 100$$

siendo $a = 0,325353$ y $b = 2/3$. El coeficiente de correlación obtenido ha sido $r = 0,777$.

Igualmente, en la Figura 1 se ha representado los períodos durante los que se han encontrado los distintos estados de *P. semipunctata*, la esperanza media de vida adicional (e_x) y el índice de mortalidad (q_x).

La estructura poblacional y su relación con las temperaturas e integral térmica se muestran en la Figura 3. Los resultados de la medición del tamaño de las larvas quedan reflejados de manera gráfica en la Figura 4. En ella se observan los intervalos de confianza de la media ($\alpha = 0,05$) y los recorridos de los valores.

DISCUSION

En nuestras condiciones de campo, hemos podido comprobar que las primeras puestas que mayoritariamente empiezan a ser viables se producen a partir de mediados de julio, y esta situación continúa hasta, aproximadamente, un mes antes de que se produzcan las primeras lluvias importantes, lo que generalmente ocurre hacia mediados o finales de octubre. Esto es debido a que las últimas lluvias suelen producirse normalmente en abril o mayo. Por eso, hasta mediados de julio los árboles no empiezan a manifestar la falta de agua y a ser susceptibles de ser atacados. Por otra parte, después de las primeras lluvias importantes, los árboles han recuperado suficientemente su vigor como para ahogar las larvas que intenten penetrar mediante la secreción de savia. Por todo ésto, hemos considerado que la fecha de inicio del ensayo, a primeros de agosto, era la que más fielmente reflejaba las condiciones de campo.

Hemos utilizado trozas con un tamaño de dos metros. Un tamaño menor ocasionaría una excesiva densidad de puestas por unidad de superficie, hecho que generalmente no ocurre en la naturaleza, y que podría provocar una mortandad muy elevada por saturación de individuos — como le ocurre a POWELL (1982) empleando trozas de un metro de longitud — y, por tanto, un falseamiento de la realidad. Por esta misma razón, no consi-

Cuadro 1.—Observaciones efectuadas en cada una de las fechas (Explicación en el texto)

Fecha	D	S _L	H ₀	I _r	H	NL	IP	P	C	PP	TPU	PF	AF	I	M	E	IV	D _r	T _r	C _r	M _r
10-08-85	0	156	488	312,8	488	—	—	—	488	—	—	—	—	—	—	—	488	312,8	1,000	312,8	—
12-08-85	2	156	488	312,8	180	26	—	—	206	—	—	—	—	—	—	—	206	132,1	0,422	132,1	—
19-08-85	9	144	498	345,8	—	223	—	—	223	—	—	—	—	—	—	—	223	154,9	0,448	154,9	—
26-08-85	16	116	824	710,3	—	127	—	—	127	—	—	—	—	—	—	—	127	109,5	0,154	109,5	—
2-09-85	23	144	729	506,2	—	342	—	—	342	—	—	—	—	—	—	—	342	237,5	0,469	237,5	—
9-09-85	30	180	748	415,5	—	250	—	—	250	—	—	—	—	—	—	—	250	138,9	0,334	138,9	—
16-09-85	37	158	949	600,6	—	272	—	—	272	—	—	—	—	—	—	—	272	172,2	0,287	172,2	—
23-09-85	44	156	1.413	905,7	—	244	—	—	244	—	—	—	—	—	—	—	244	156,4	0,173	156,4	—
30-09-85	51	142	1.358	956,3	—	120	—	2	122	—	—	—	—	—	—	—	122	85,9	0,090	85,9	—
7-10-85	58	130	747	574,6	—	135	23	17	175	19	—	—	—	—	19	—	194	149,2	0,260	134,6	14,6
14-10-85	65	136	1.416	1.041,1	—	95	8	14	117	56	2	—	—	58	—	—	175	128,7	0,124	86,0	42,6
21-10-85	72	144	651	542,0	—	36	18	12	66	42	5	—	—	47	—	—	113	78,5	0,174	45,8	32,6
28-10-85	79	150	1.444	1.046,3	—	4	1	7	12	29	10	15	5	59	—	—	71	47,3	0,049	8,0	39,3
4-11-85	86	142	1.865	1.295,1	—	1	1	13	15	51	7	12	3	75	—	—	90	63,4	0,048	10,6	52,8
11-11-85	93	132	1.299	866,0	—	3	1	4	8	64	14	7	3	91	—	—	99	75,0	0,076	6,1	68,9
18-11-85	100	142	1.141	803,5	—	7	1	5	13	82	8	1	2	93	—	—	106	74,6	0,093	9,2	65,5
2-12-85	114	132	1.204	912,1	—	0	0	0	0	92	17	3	9	126	—	—	126	95,5	0,105	0	95,5
17-12-85	129	146	1.367	936,3	—	9	3	0	12	94	3	6	6	14	123	—	135	92,5	0,099	8,2	84,2
17-01-86	159	170	1.212	712,9	—	3	0	0	3	125	2	3	3	5	138	—	141	82,9	0,116	1,8	81,2
17-02-86	189	128	1.352	1.056,2	—	—	—	—	—	55	5	2	1	1	64	—	64	50,0	0,047	—	50,0
17-03-86	219	202	1.097	543,0	—	—	—	—	—	109	2	1	1	8	121	—	121	59,9	0,110	—	59,9
17-04-86	249	164	1.066	650,0	—	—	—	—	—	91	0	8	3	5	107	6	113	68,9	0,106	—	65,2
17-05-86	279	170	903	531,1	—	—	—	—	—	6	4	66	1	0	77	0	77	45,3	0,085	—	45,3
17-06-86	309	130	1.472	1.132,3	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	20	20	20	15,4	0,014	—	0
17-07-86	339	210	1.544	735,2	—	—	—	—	—	2	0	0	0	0	2	52	54	25,7	0,035	—	0,95
17-08-86	369	196	1.052	536,7	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	178	178	90,8	0,169	—	—

Cuadro 2. — Tabla de Vida obtenida para *P. semipunctata* Fab. en Huelva

X	n_x	l_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x
0	1.000	1,00000	690	0,69000	655,0	3.537,0	3,537
10	310	0,31029	78	0,25161	271,0	2.882,0	9,297
20	232	0,23171	45	0,19396	309,5	2.611,0	11,254
30	187	0,18714	24	0,12834	175,0	2.401,5	12,842
40	163	0,16327	16	0,09815	155,0	2.226,5	13,660
50	147	0,14677	13	0,08843	140,5	2.071,5	14,092
60	134	0,13449	9	0,06716	129,5	1.931,0	14,410
70	125	0,12489	8	0,06400	121,0	1.801,5	14,412
80	117	0,11711	6	0,05128	114,0	1.680,5	14,363
90	111	0,11064	6	0,05405	108,0	1.566,5	14,113
100	105	0,10515	5	0,04761	102,5	1.458,5	13,890
110	100	0,10042	4	0,04000	98,0	1.356,0	13,560
120	96	0,09628	3	0,03125	94,5	1.258,0	13,104
130	93	0,09262	4	0,04301	91,0	1.163,5	12,511
140	89	0,08935	3	0,03370	87,5	1.072,5	12,051
150	86	0,08641	2	0,02325	85,0	985,0	11,453
160	84	0,08375	3	0,03571	82,5	900,0	10,714
170	81	0,08132	2	0,02469	80,0	817,5	10,093
180	79	0,07910	2	0,02531	78,0	737,5	9,335
190	77	0,07705	2	0,02597	76,0	659,5	8,565
200	75	0,07515	2	0,02666	74,0	583,5	7,780
210	73	0,07339	1	0,01369	72,5	509,5	6,979
220	72	0,07175	2	0,02777	71,0	437,0	6,069
230	70	0,07022	1	0,01428	69,5	366,0	5,229
240	69	0,06878	2	0,02898	68,0	296,5	4,297
250	67	0,06743	1	0,01492	66,5	228,5	3,410
260	66	0,06616	1	0,01515	65,5	162,0	2,455
270	65	0,06495	1	0,01538	64,5	96,5	1,485
280	64	0,06382	—	—	32,0	32,0	0,500

deramos tampoco oportuno dejar que las trozas estuvieran más de cinco días cebándose con puestas. Por otra parte, un tamaño mayor tampoco sería práctico por su dificultad de manipulación y el excesivo trabajo de las posteriores observaciones.

El ajuste de la Tasa de supervivencia observada (T_x) a una recta como la descrita anteriormente creemos que es suficientemente buena como para poder describir a partir de ella una Tasa Teórica de supervivencia, que hemos denominado l_x . El coeficiente de correlación obtenido ($r = 0,777$) así lo atestigua.

La curva teórica de supervivencia obtenida de esta manera (Fig. 1) y su equivalente tras la transformación del número de supervivientes (n_x) en su logaritmo decimal (Fig. 3), coinciden con las curvas del tipo IV de SLOBODKIN (1962) y tipo III de DEEVEY (1947). Este tipo de curvas muestran bien claro cómo en los primeros estados de vida (huevos y primeros estadios larvales) se produce una mortalidad extremadamente alta, pero que los pocos individuos que sobreviven, continúan su desarrollo con una relativa alta esperanza de vida adicional.

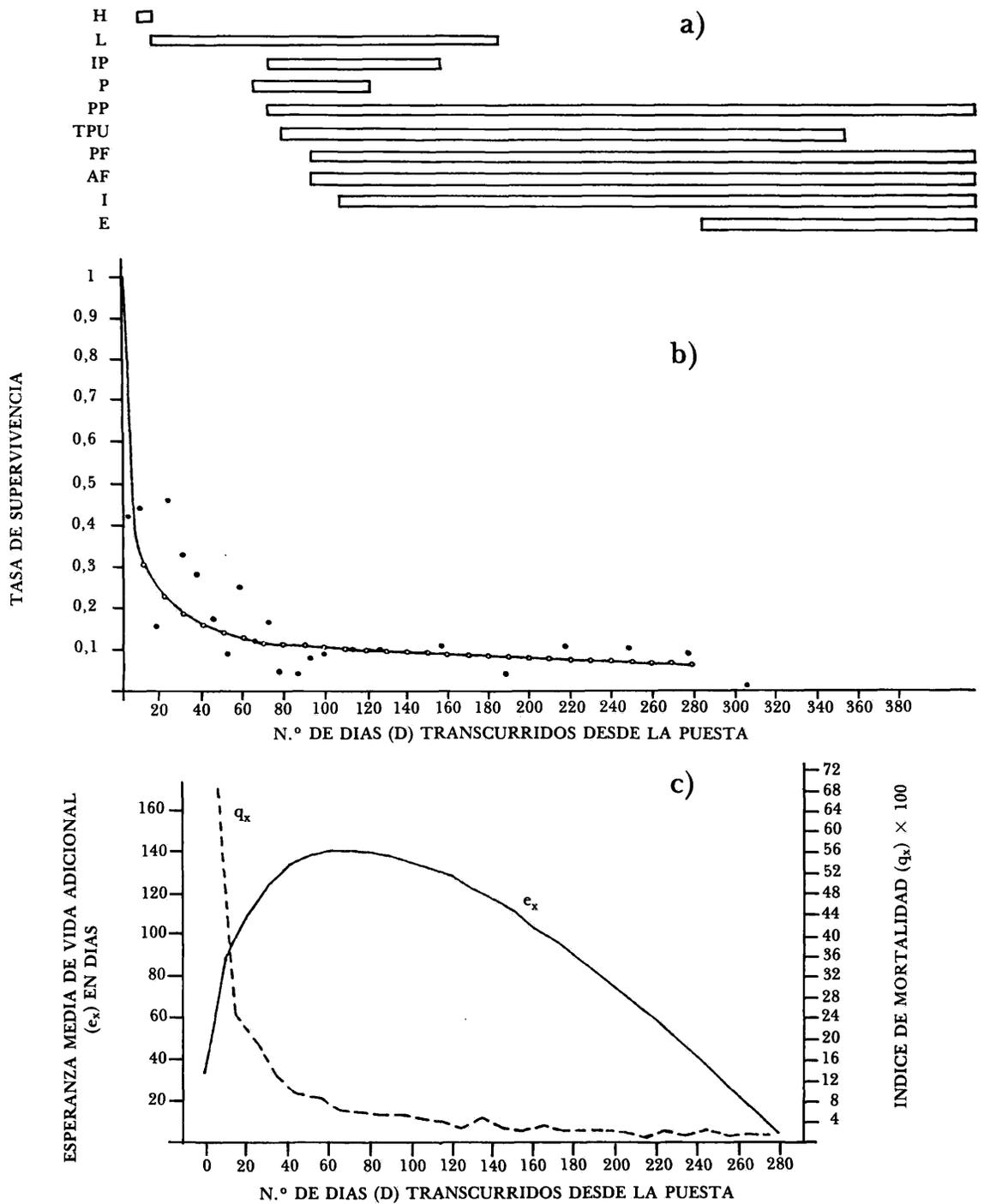


Fig. 1. — De arriba a abajo: a) Periodos durante los que se han encontrado los distintos estados de *P. semipunctata* Fab.; b): Tasas de supervivencia observadas y curva teórica de supervivencia; c): Esperanza de vida adicional e índice de mortalidad.

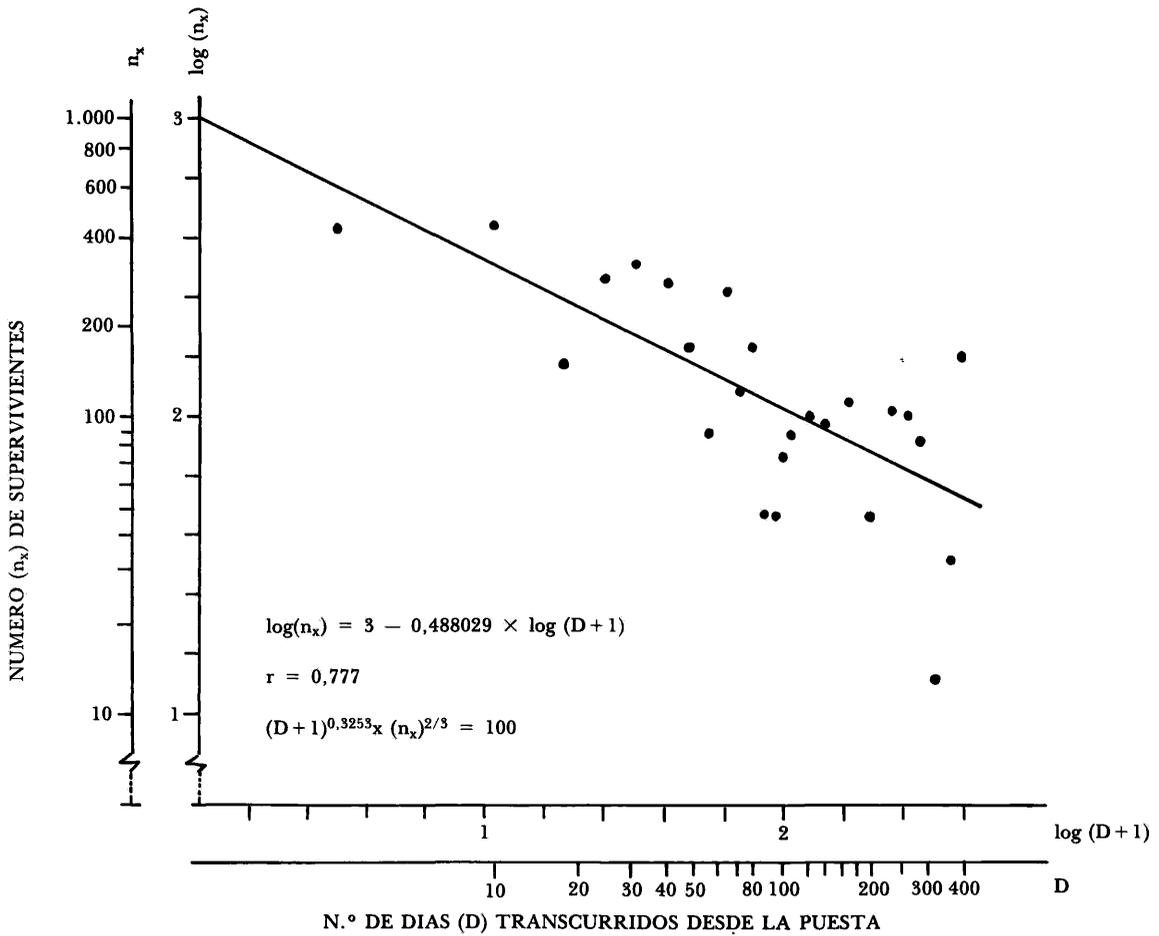


Fig. 2.—Ajuste de la Tasa de supervivencia observada a una recta.

En nuestro caso y como puede apreciarse en las distintas gráficas de la Figura 1 y en el Cuadro 2, la mortandad en el intervalo de los diez primeros días es el del 69%, coincidiendo con la fase de eclosión de huevos y primeros estadios larvales.

Las posibles causas de esta elevada mortalidad pueden ser: huevos infértiles, desecación de éstos debido a las altas temperaturas (máximas alrededor de los 40 °C en esas fechas), fallos en la eclosión, fallos de penetración en la corteza de las larvas recién eclosionadas,

competencia intraespecífica por el alimento debido a la elevada densidad de individuos, etc. La posible intervención de algún parásito o predator (como las hormigas, por ejemplo) queda descartada en este caso, dadas las especiales condiciones de aislamiento a que las trozas han estado sometidas en el interior del jaulón.

A continuación, entre los diez y cincuenta días, la mortandad, aunque sigue siendo alta, va paulatinamente descendiendo hasta un 8,8%. En estos momentos la estructura po-

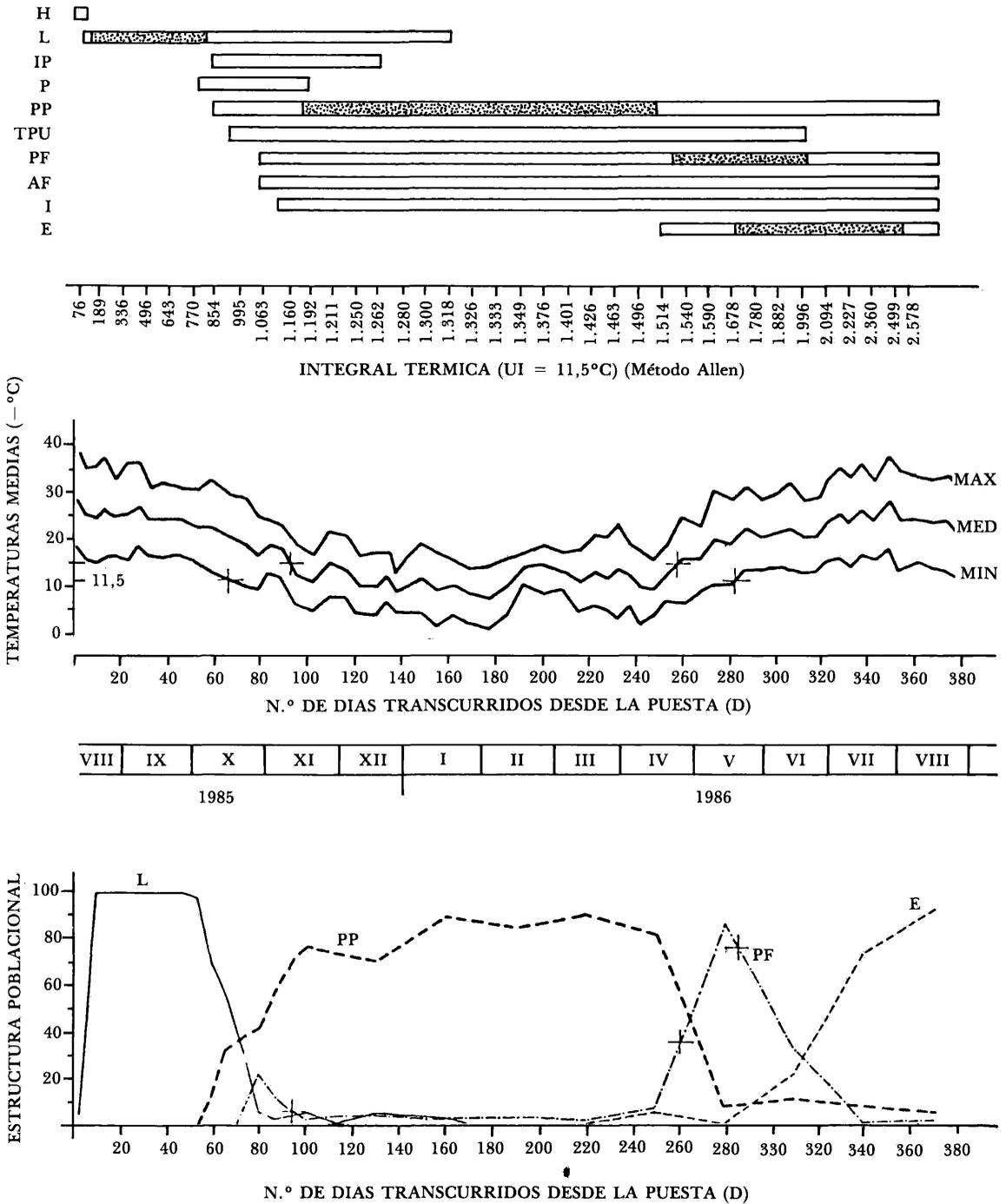


Fig. 3.—Estructura poblacional y su relación con las temperaturas y con la Integral térmica.

blacional, como puede verse en la Figura 3 está compuesta al ciento por ciento de larvas. A partir de ahí, empiezan a producirse los primeros intentos de penetración en el interior de la madera y la aparición de las primeras larvas penetradas y con agujero taponado (prepupas).

El momento de aparición de la primera larva totalmente penetrada en la madera tiene un especial interés a efectos de cuarentena de tipo fitosanitario, puesto que el descortezado a partir de esos momentos no ofrece garantía de eliminación del ciento por ciento de la población de *P. semipunctata* instalada en la troza, con el riesgo que ello supondría. La primera larva que se ha encontrado totalmente penetrada, aunque sin haber taponado aún su agujero, lo ha sido a los cincuenta y un días, con una integral térmica de 771 °C día.

Seguidamente, continúa produciéndose un paulatino, aunque reducido, descenso de la mortalidad, y una ininterrumpida transformación de larvas en prepupas que se inicia a los cincuenta y ocho días con una integral térmica de 854 °C día. A los cien días, más del 70% de la población se encuentra en fase de prepupa. La integral térmica en esos momentos es de 1.192 °C día.

La primera prepupa que se observó iniciando su transformación en pupa lo fue a los sesenta y cinco días, con 937 °C día acumulados.

Es muy interesante constatar cómo a los sesenta y nueve días (1.062 °C día) comienzan a aparecer pupas simultáneamente con el primer adulto totalmente formado, cuando la temperatura se encontraba aún por encima de los 15 °C y la mínima de los 10 °C.

A partir de esos momentos, las transformaciones de prepupas a pupas quedan totalmente paralizadas, y con el 80% de la población en fase de prepupa. Esta situación de parada invernal o quiescencia se mantiene hasta los

doscientos sesenta días (1.540 °C día), momento en que las temperaturas medias empiezan a estar de manera estable por encima de los 15 °C, reanudándose entonces la transformación de prepupas a pupas. El tiempo transcurrido entretanto ha sido de ciento sesenta días (cinco meses) aproximadamente. Durante este período, la mortandad observada ha sido relativamente pequeña, y debida en gran parte al ataque de hongos (Figura 12) y a otra causa o causas que no podemos explicar del todo, aunque sospechamos que puedan ser debidas a deficiencias de tipo nutricional en los estadios de larvas, como apunta CHARARAS (1969). Es curioso observar cómo en ocasiones, el investigar la cámara de pupación no es posible encontrar más que los restos quitinizados de las mandíbulas, pareciendo como si el resto de la prepupa se hubiera autoconsumido sin dejar otro rastro (Figura 13).

En un reciente trabajo, MENDEL (1985), trabajando con trozas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn y de *E. gomphocephala* DC, pone de manifiesto claramente dos cosas: una, la elevada mortandad ocasionada en las poblaciones cuyas larvas se han desarrollado durante la época calurosa, debido a la relativamente rápida desecación de la corteza; la otra, que el desarrollo de las larvas se acelera cuando se alimentan sobre material fresco en comparación a cuando lo hacen sobre material parcialmente desecado.

Como decíamos antes, a los doscientos sesenta días, y ya con temperaturas medias por encima de los 15 °C, se produce una rápida transformación de prepupas en pupas, que en veinte días, a los doscientos ochenta (1.678 °C día), hace que la estructura poblacional pase a estar compuesta en un 85% por pupas. En esos momentos empiezan a producirse emergencias de adultos ininterrumpidamente durante aproximadamente noventa días más hasta los trescientos sesenta y nueve días en

que se efectuó la última observación, y en que sólo se encontraron a individuos muertos en distintos estadios en el interior de la madera — aparentemente por idénticos motivos que los anteriormente apuntados —, o agujero de emergencia.

Sin embargo, la primera emergencia de adultos había sido observada a los doscientos cuarenta y nueve días, con una integral térmica de 1.510 °C día.

Observando el Cuadro 2, correspondiente a la tabla de vida, podemos observar cómo a partir de 1.000 huevos han conseguido completar con éxito su desarrollo hasta su estado adulto y posterior emergencia sólo 64 individuos. Así, en nuestras condiciones de ensayo, el índice de supervivencia ha sido del 6,4%. Por tanto, la mortalidad final ha sido del 93,6%. De ésta, el 85,3% se produce en los primeros estadios, antes de que empiecen a aparecer, a los cincuenta y ocho días, las primeras prepupas. Es decir, el 85,3% de mortandad se ha producido en la corteza, antes de penetrar en la madera, fundamentalmente debido, como ya se ha dicho, a desecación de huevos, fallos de eclosión y penetración, y también a la competencia intraespecífica por el alimento, lo que da lugar a frecuentes casos de canibalismo entre las larvas al cruzarse sus galerías. Este fenómeno es lógicamente mayor cuanto mayor es la densidad de larvas por unidad de superficie, como queda patente en el Cuadro 3 y en la Figura 5. Igualmente, ésta competencia nutricional repercute en el tamaño final de las larvas en el momento de su penetración de la madera. Como puede apreciarse en la Figura 4, donde junto al tamaño de las larvas se ha indicado la densidad inicial (I_r) de huevos por dm^2 , a una mayor densidad inicial, generalmente corresponde un menor tamaño medio de larvas maduras, y viceversa.

En cuanto a la esperanza media de vida adi-

Cuadro 3. — Efecto de la densidad inicial de individuos en la mortandad final observada

D	I_r	H_o	ATT	Mortandad (%)
86	1.295	1.865	80	95,71
93	866	1.299	96	92,61
100	804	1.141	96	91,59
114	912	1.204	127	89,45
129	936	1.367	128	90,64
159	713	1.212	140	88,45
189	1.056	1.352	65	95,19
219	543	1.097	121	88,97
249	650	1.066	107	89,96
279	531	903	106	88,26

$$\text{MORTANDAD (\%)} = \frac{H_o - \text{ATT}}{H_o} \times 100.$$

cional (e_x), el máximo valor obtenido (Figura 1) es de 14,412 a los setenta días. En estos momentos la mayor parte de la población está constituida por un número muy similar de larvas y prepupas. Al estar las observaciones referidas a intervalos (X) periódicos de diez días, la máxima esperanza de vida la poseen los individuos que ya tienen setenta días y que podrían en promedio esperar vivir otros ciento cuarenta y cuatro días.

Algunos autores, como MORRIS y MILLER (1954), dudan de la utilidad de la columna e_x en los trabajos con insectos, y la suprimen en los suyos.

A continuación es necesario considerar el índice de reproducción de la población o índice reproductivo neto (R_o) para poder calcular los cambios netos en la población.

Como es bien sabido, cualquier población de un medio ambiente específico tiene una longevidad promedio o índice de supervivencia, un índice de nacimientos o natalidad medio y un índice de crecimiento, también promedio de individuos, o velocidad de desarrollo. Los valores de estas medias (o promedios) dependen, en parte, del ambiente y de una cierta capacidad innata de los organismos mis-

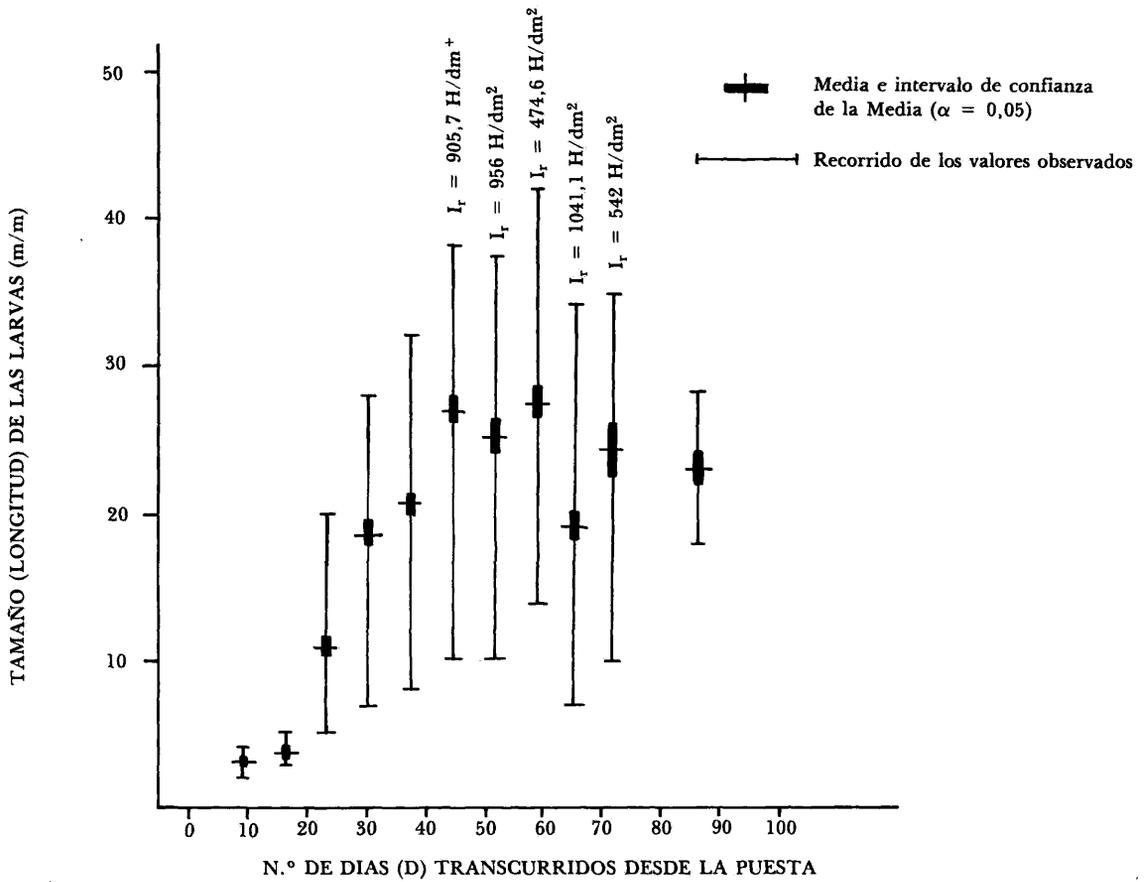


Fig. 4.—Tamaño de las larvas. I_r representa la densidad inicial observada.

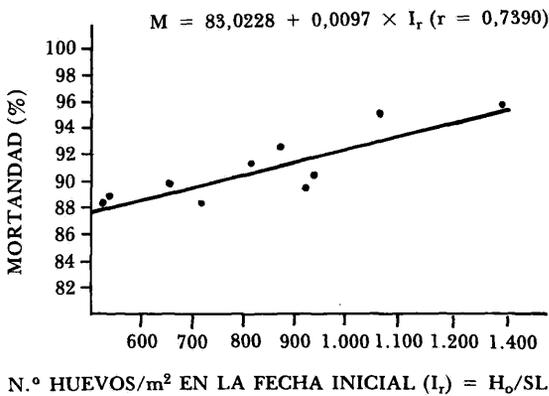


Fig. 5.—Efecto de la densidad inicial de individuos en la mortalidad final observada.

mos. No es fácil medir de manera sencilla esta característica de los seres vivos, ya que no es constante, pero se puede cuantificar su expresión bajo condiciones específicas y de tal suerte definir la capacidad innata de incremento de cada población (a la que también se da el nombre de índice intrínseco de aumento natural o el de parámetro malthusiano). La capacidad innata de incremento es una propiedad estadística de las poblaciones y depende de las condiciones ambientales.

El índice reproductivo neto (R_0), en nuestro caso, se definiría, como el cociente entre

el número de hembras nacidas en la generación $n+1$ y el nacido en la n . Es decir:

$$R_o = \frac{F_{n+1}}{F_n}$$

Por otra parte, se cumple que $N_i = F_i + M_i$ y que $S_{r_i} = F_i/M_i$, siendo N_i el número total de individuos en una generación cualquiera i , y S_{r_i} la sex-ratio o relación entre hembras y machos en dicha generación. Por tanto:

$$F_i = \frac{N_i}{\left(1 + \frac{1}{S_{r_i}}\right)}$$

Si suponemos constante la sex-ratio de una generación a otra, entonces:

$$R_o = \frac{N_{n+1}}{N_n}$$

y entonces, sí.

$R_o > 1$, la población estaría en aumento (expansión).

$R_o < 1$, la población estaría en descenso (recesión).

$R_o = 1$, la población estaría en equilibrio (estable).

En el caso de nuestra tabla de vida, hemos partido de 1.000 huevos, que suponemos han sido puestos por F_n hembras. Si denominamos por h_n el número medio de huevos que es capaz de poner una hembra, entonces resulta que los 1.000 huevos habrán sido puestos por:

$$F_n = \frac{1.000}{h_n} \text{ hembras.}$$

De los 1.000 huevos se han originado 64 adultos en la generación siguiente ($n+1$). De esos 64 adultos, F_{n+1} eran hembras, de manera que:

$$F_{n+1} = \frac{64}{1 + \frac{1}{S_{r_{n+1}}}}$$

siendo $S_{r_{n+1}}$ la sex-ratio en la generación ($n+1$).

$$\text{Como } R_o = \frac{F_{n+1}}{F_n}$$

resulta que:

$$R_o = \frac{64 h_n}{1.000 \left(1 + \frac{1}{S_{r_{n+1}}}\right)}$$

y en general:

$$R_o = \frac{V \times H_n}{1.000 \left(1 + \frac{1}{S_{r_{n+1}}}\right)}$$

o lo que es igual:

$$\log_{10}(R_o) = \log_{10}(V) + \log_{10}(h_n) - \log\left(1 + \frac{1}{S_{r_{n+1}}}\right) - 3. \quad (1)$$

siendo V el número de adultos obtenidos a partir de 1.000 huevos. En la figura 6 se representa esta ecuación para diferentes valores concretos de h_n y de $S_{r_{n+1}}$.

A lo largo de diferentes estudios y seguimientos efectuados por nosotros desde el año 1981, tanto en campo como en insectarios, la sex-ratio obtenida para *P. semipunctata* ha oscilado entre valores comprendidos entre 3,36 y 1,13, con un valor medio de 1,648. Sin embargo, POWELL (1982) da un valor de uno a partir de sus observaciones en Malawi.

Por otra parte, BYTINSKI, SALTZ y NEUMARK (1952), citan que el máximo número de huevos encontrados en una troza era superior a 2.000, y que podían corresponder a las puestas de aproximadamente 30 hembras. Esto hace una media de 67 huevos por hembra. Otros autores opinan, sin embargo, que una hembra puede llegar a poner excepcionalmente 320 huevos, aunque el número de huevos puestos calculado para 50 adultos puede estimarse en una media de 150-180 huevos por hembra (CHARARAS, 1969).

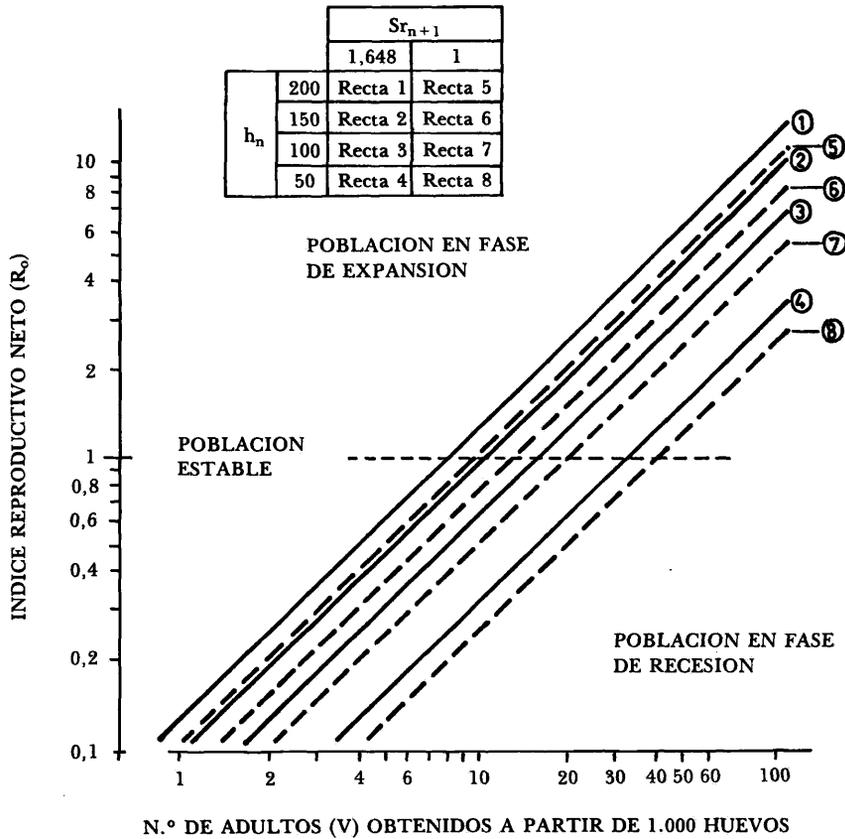


Fig. 6. — Tendencia de la población según sea su Índice reproductivo neto (R_0). Las líneas continuas corresponden a valores de $S_{r_{n+1}} = 1,648$, que es el valor medio observado en Huelva. Las líneas discontinuas corresponden a valores de $S_{r_{n+1}} = 1$, que es el valor medio citado por algunos autores (POWELL, 1982).

Nosotros no tenemos datos concretos a este respecto, aunque de nuestras observaciones podemos deducir valores próximos a los de CHARARAS.

Si aceptamos como valores medios $h_n = 150$ y $S_{r_{n+1}} = 1,648$, y sustituyendo estos valores en la ecuación (1), obtenemos la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(R_0) = \log_{10}(V) - 1,02986$$

que se corresponde a la recta n.º 2 de la figura 6.

En estas condiciones, la población estará en fase de aumento o expansión mientras que a partir de 1.000 huevos no se produzcan 10 o menos adultos. Es decir, mientras la tasa final de supervivencia no sea inferior al 1% la población estará en expansión, siempre y cuando se mantengan constantes los otros dos parámetros:

$$h_n = 150 \text{ y } S_{r_{n+1}} = 1,648$$

POWELL (1982), tomando valores de $h_n = 180$ y $S_{r_{n+1}} = 1$, indica que la población

permanecería estable con una mortalidad final del 98,9% (V + 11).

Sustituyendo estos valores en la ecuación (1) obtenemos, en efecto, un valor $R_0 = 0,99$, prácticamente igual a 1.

La ecuación (1) o la Figura 6 nos permitirá conocer, a partir de sus parámetros, la situación concreta en que se encuentra la población de *P. semipunctata* en un momento y en una zona determinados.



Fig. 7. — Jaulón metálico y estructuras metálicas para soportar las trozas.

CONCLUSIONES

1. Las condiciones de estudio a través de trozas cebo reflejan bastante bien las condiciones de campo en cuanto a época de puestas y a la densidad de las mismas, y no tanto en cuanto a la calidad del alimento ingerido por las larvas, ya que la corteza se deseca rápidamente en las trozas y se mantiene fresca en los árboles en pie.
2. La curva teórica de supervivencia obtenida coincide con la curva del tipo IV de SLOBODKIN y tipo III de DEEVEY. Este tipo de curvas muestran bien claro como en los primeros estados de vida (huevos y primeros estadios larvales) se produce una mortalidad extremadamente alta, pero que los pocos individuos que sobreviven continúan su desarrollo con una relativa alta esperanza de vida adicional.
3. Las principales causas de mortalidad observadas han sido la rápida desecación de los huevos, posiblemente debida a las altas temperaturas existentes en esas fechas, y la competencia intraespecífica por el alimento, debida a la elevada densidad de individuos. Igualmente, la degradación del alimento provocada por la rápida desecación de la corteza de las trozas ha podido tener su influencia en la mortalidad y sin duda en un cierto alargamiento en el tiempo necesario para el desarrollo de los individuos.
4. En nuestras condiciones de estudio, el índice final de supervivencia ha sido del 6,4% (64 adultos a partir de 1.000 huevos), lo que indica, si aceptamos como constantes en las condiciones de Huelva, una sex-ratio de 1,64 y una fecundidad media por hembra de 150 huevos, que la población está actualmente en fase de expansión. Para que no lo estuviera, y con las mismas premisas anteriores, el índice final de supervivencia habría de ser igual o inferior al 1%.
5. En las condiciones de campo de la provincia de Huelva, las puestas viables sobre árboles en pie comienzan a producirse a mediados de julio, y sobre todo durante el mes de septiembre, dependiendo de lo lluviosa que haya sido la primavera. Si las primeras lluvias importantes se producen en el mes de oc-



Fig. 8. — Puesta reciente de *P. semipunctata*. Huevos aún no eclosionados: a) Izquierda. Aspecto general; b) Derecha. Detalle de la puesta.

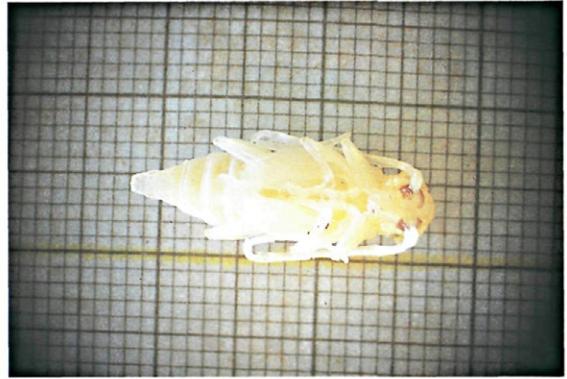
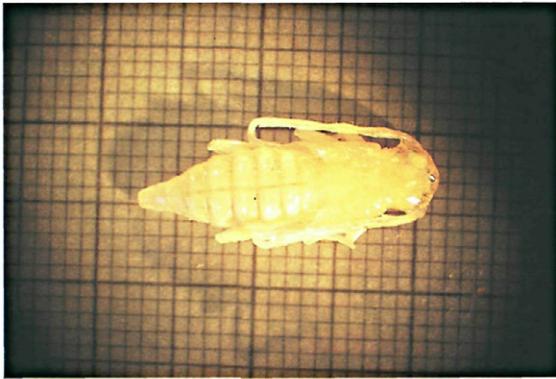


Fig. 9. — Pupa totalmente formada. a) Izquierda. Vista dorsal. b) Derecha ventral.



Fig. 10. — De izquierda a derecha: Larva de último estadio; inicio de transformación en pupa; pupas en vista dorsal y ventral; adultos en fase de pigmetación; adulto totalmente formado.



Fig. 11. — Prepupa en el interior de su cámara de pupación. Obsérvese la prepupa con la cabeza en posición de salida. Igualmente, se aprecia la galería de penetración (y posterior salida), taponada con serrín digerido por la propia larva al penetrar. El bolígrafo indica el punto de penetración en la madera.



Fig. 12. — Prepupa o pupa (no es posible distinguirlas) muerta en la cámara de pupación. No es fácil saber si el hongo provoca la muerte o aparece con posterioridad a ésta.



Fig. 13. — Desaparición inexplicada de la prepupa en el interior de la cámara de pupación. Sólo quedan los restos quitinizados (las mandíbulas).

tubre, normalmente los árboles debilitados por la sequía pueden recuperarse y ahogar las larvas recién penetradas, antes que éstas hayan conseguido anillar y dar muerte al árbol. En este caso, el índice final de supervivencia puede ser bastante inferior al 6,4% obtenido, y acercarse, e incluso descender del 1%. Sólo en este caso de lluvias tempranas y abundantes se conseguirá tener a la población en fase recesiva.

6. La integral térmica obtenida desde la puesta hasta la aparición de la primera emergencia ha sido de 1.510 °C dfa, tomando como umbral inferior de desarrollo 11,5 °C. BYTINSKI, SALZ y NEUMARK (1952), dan como necesaria, para completar una generación, una in-

tegral térmica de 1.567 °C dfa. Ambos valores son prácticamente coincidentes, hecha la salvedad del método de cálculo de la integral térmica empleada en ambos casos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a don Mario Cerrejón Santana y don Antonio Diego Ramírez Almansa, Capataces Agrícolas, que han llevado a cabo los conteos y, en especial, por la penosa tarea de apertura de las trozas.

Igualmente, a don José Ramón Fernández Vázquez, Ingeniero Técnico Forestal, por su trabajo de realización de gráficas.

ABSTRACT

GONZALEZ, L., 1987: Tabla de vida para *Phoracantha Semipunctata* Fab. (Col.: Cesambrycidae). Perforador de los eucaliptos, en el sudoeste español. *Bol. San. Veg. Plagas*, 13(3): 288-301.

In this work a life-table for Eucalyptus boring beetle, *Phoracantha semipunctata* Fab., has been obtained agreed with the weather conditions of Huelva, in the southwest of Spain. The survivorship curve obtained concurs with that of type III of Deevey, that shows a very high mortality in the first stages of life (eggs and first larval stages).

The end rate of survivorship has been of 6,4%. The evolution of the population structure is showed along the te, and the accumulated heat units. This are of 1.510 °C day from the lay of eggs to the first emergence, taking 11,5 °C as lower development threshold.

Equally, starting from two parameters (average of eggs that a female is capable of laying, and sex-ratio), a diagram and an equation has been elaborated useful to know the net reproductive rate (R_0) depending of the number of adults obtained from 1.000 eggs. This allows to know if populations is increasing, decreasing or stationary.

Key words: *Phoracantha semipunctata*, Eucalyptus borer, *Eucalyptus globulus*, Life-table, Net reproductive rate, Huelva, Andalucía, Spain.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. C. (1976): «A modified sine wave method for calculating degree days», *Environmental Entomology*, vol. 5, n.º 3, pp. 388-396.
- BYTINSKI, H.; SALZ, y NEUMARK, S. (1952): «The Eucalyptus borer (*Phoracantha semipunctata* F.) in Israel», *Trans IX Int. Cong. Ent.*, vol. 1, pp. 696-699.
- CHARARAS, C. (1969): «Biologie et ecologie de *Phoracantha semipunctata* F. (Coleoptere Cerambycidae xylofague) ravageur des Eucalyptus en Tunisie, et methodes de protection de peuplements», *Annales de l'Institut National de Recherches Forestieres de Tunisie*, vol. 2, Fas. 3.
- DEEVEY, E. S. (1947): «Life tables for natural populations of animals», *Q. Rev. Biol.*, vol. 22, pp. 283-314.
- DEMPSTER, J. P. (1961): «The analysis of data obtained by regular sampling of an insect population», *J. Anim. Ecol.*, vol. 30, pp. 429-432.
- GONZÁLEZ TIRADO, L. (1984): «Lucha contra *Phoracantha semipunctata* Fab. en el Suroeste español», *Bol. Serv. Plagas*, 10: 185-204.
- GONZÁLEZ TIRADO, L. (1986): «*Phoracantha semipunctata* Fab.: Daños ocasionados en la provincia de Huelva durante 1983 y 1984. Valoración económica», *Bol. San. Veg. Plagas*, n.º 12, pp. 147-162.
- GONZÁLEZ TIRADO, L. (1986): «*Phoracantha semipunctata* dans le sudouest espagnol: lutte et dégâts», *Bulletin OEPP/EPPO*, Bulletin 16, 289-292.
- MENDEL, Z. (1985): «Seasonal development of the eucalypt borer, *Phoracantha semipunctata*, in Israel», *Phytoparasitica*, 13 (2): 85-93.
- MORRIS, R. F., y MILLER, C. A. (1954): The development of life tables for the spruce budworm, *Canadian Journal of Zoology*, Vol. 32, n.º 4, pp. 283-301.
- POWEEL, V. (1982): «Age — Specific life— table data for the Eucalyptus boring beetle, *Phoracantha semipunctata* (F.) (Coleoptera: Cerambycidae), in Malawi», *Bull. ent. Res.*, 72, 645-653.
- RICHARDS, O. W. (1940): «The biology of the small white butterfly (*Pieris rapae*), with special reference to the factors controlling abundance», *J. Anim. Ecol.*, 9, 243-288.
- RICHARDS, O. W., y VALOFF, N. (1954): «Studies on the biology and population dynamics of British Grasshoppers», *Anti-Lucist Bull*, 17: 188 pp.
- RICHARDS, O. W. (1959): «The study of natural populations of insects», *Proc. R. Ent. Soc. Lond.* vol. 23, pp. 75-79.
- RICHARDS, O. W.; WALOFF, N., y SPRADBERRY, J. P. (1960): «The measurement of mortality in an insect population in which recruitment and mortality widely overlap», *Oikos*, 11, II, pp. 306-310.
- RICHARDS, O. W., y WALOFF, N. (1961): «A study of a natural population of *Phytodecta olivacea* (Forster) (Coleoptera: Chrysomeloidea)», *Phil. Trans. B.*, 244: 205-257.
- SLOBODKIN, L. B. (1962): «Growth and regulation of animal population», New York, 184 pp.
- SOUTHWOOD, T. R. E., y JEPSON, W. F. (1962): «Studies on the population of *Oscinella frit* L. (Dipt.: Chloropidae) in the oat crop», *J. Anim. Ecol.*, vol. 31, pp. 481-495.
- SOUTHWOOD, T. R. E. (1966): «Ecological methods with particular reference to the study of insect populations, London, 391 pp.