

ESTUDIO Y PREDICCIÓN DE VUELO DE PUESTA Y DE LA ECLOSIÓN DE *Rhyacionia buoliana* (Den et Schiff.) MEDIANTE UNIDADES DE CALOR ACUMULADAS.

J.A. PAJARES ALONSO & L. SACRISTAN HERREROS.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y SILVOPASCICULTURA. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS. AV/ MADRID 57. 34004. PALENCIA.

RESUMEN

El vuelo de puesta de *R. buoliana* fue estudiado en 1995 en una parcela de *P. pinea* injertados (Tordesillas, VA) mediante trampas de feromona. La duración del periodo de vuelo fue de 9 semanas desde principios de Junio hasta principios de Agosto, con un máximo en la primera mitad de Julio. El periodo de desarrollo de los huevos alcanzó una duración media de 12 días. Se ajustó por regresión lineal un modelo para predecir el porcentaje de vuelo acumulado en función de las unidades de calor acumuladas desde el 1 de Enero con un umbral inferior de $-2,2^{\circ}\text{C}$: $Y = -227,6 + 0,103X$ ($Y = \%$ acumulado de capturas de machos en las trampas, $X =$ días-grado acumulados por encima del umbral inferior).

P.C.: *Rhyacionia buoliana*, vuelo de puesta, eclosión, trampas de feromona, días-grado.

SUMMARY

Seasonal flight of European pine shoot moth *R. buoliana* was studied in a plot of grafted *P. pinea* trees based on pheromone trap data collected during 1995. *R. buoliana* flight was extended over 9 weeks from early June to early August, peaking during the first half of July. Egg development from laying to hatching averaged 12 days in the same plot. A linear regression model for predicting accumulated male moth catches based on accumulated heat units was fitted; a lower threshold temperature of $-2,2^{\circ}\text{C}$ was used in calculating daily degree-days since 1 January: $Y = -227,6 + 0,103X$ ($Y =$ percent cumulative male catch; $X =$ degree-days above $-2,2^{\circ}\text{C}$ (since 1 January).

K.W.: *Rhyacionia buoliana*, seasonal flight, pheromone traps, hatching, degree-days.

INTRODUCCIÓN

La “evetria”, “retiña” o polilla del brote de pino, *Rhyacionia buoliana* es un tortricido conocido como una de las principales plagas de los pinos en sus edades tempranas, especialmente grave en las repoblaciones jóvenes cuando pasan por situaciones desfavorables debidas al estrés hídrico. Su ciclo biológico es sobradamente conocido: la emergencia de los imagos, apareamiento y puesta se produce desde fines de primavera y puede extenderse durante dos meses. Tras la eclosión, las orugas de los dos primeros estadios minan en el interior de las acículas del año, penetrando desde su vaina. Durante su tercer estadio las orugas cambian de alimentación, consumiendo el interior de las nuevas yemas, e hibernando en éstas una vez transcurrido el verano. En la primavera siguiente las orugas reanudan su

actividad consumiendo vorazmente los brotes en elongación, a lo largo de sus tres últimos estadios. La crisalidación se desarrolla en el interior de una cámara dentro del último brote consumido y finalmente, el adulto emerge de la exuvia pupal, que queda sobresaliendo a la salida de la cámara de pupación (ROBREDO, 1975, 1978).

Los daños ocasionados por esta especie se cifran en la deformaciones, pérdidas de crecimiento y desvigoramiento producidos en los pinos jóvenes, que conducen a fustes bifurcados o en bayoneta, portes achaparrados o incluso la muerte de los pies. Además han de considerarse las pérdidas ocasionadas sobre plantaciones injertadas, especialmente de pino piñonero, tanto por los brotes o puas dañadas como por la ausencia de fructificación al impedirse la formación de flores femeninas (SACRISTAN, 1996). Aunque más raramente, las orugas de los últimos estadios pueden llegar a atacar directamente las piñas inmaduras (ROQUES, 1983).

La aplicación de tratamientos con insecticidas de ingestión o de contacto resulta particularmente difícil en esta especie debido a su ciclo de vida críptico en el interior de los órganos del árbol. Los imagos y las larvas recién eclosionadas son los estadios más apropiados para un tratamiento químico, pero el prolongado periodo de puesta y eclosión obliga necesariamente a conocer detalladamente en cada lugar cuál es el estado de la población para poder elegir el momento idóneo de la aplicación.

El presente estudio tiene por objetivo el seguimiento del vuelo de puesta, mediante trampas de feromona, y del periodo de desarrollo y eclosión de las puestas. Conociendo ambos procesos, se propone estudiar las posibilidades de predicción del vuelo y de la eclosión a partir de parámetros de fácil obtención, como son las unidades de calor acumuladas (método de días-grado). Se trata de correlacionar el desarrollo de un fenómeno fenológico, en este caso la proporción de vuelo realizado, evaluado mediante las capturas en las trampas, con la acumulación de días-grado, es decir con la suma del número de grados en que las temperaturas diarias se mantienen por encima de un determinado umbral a lo largo del desarrollo de dicho fenómeno. Este método ha obtenido buenos resultados predictivos para *R. buoliana* en Oregon (USA) (REAGAN *et al.*, 1991).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se eligió como parcela de estudio una plantación de 48 Has con *P. pinea* injertados de 15 años de edad localizada en Tordesillas (MOP 122, "Valdegalindo", Valladolid) que albergaba una alta densidad poblacional de *R. buoliana*. Para la determinación del periodo de vuelo se instalaron 21 trampas de tipo Delta cebadas con la feromona sexual sintética de esta especie (97:3 E-9-dodecenil acetato y E-9-dodecenil alcohol) (Aragonesas, S.A.), que fueron dispuestas sobre postes de 180 cm de altura en el centro de las calles, distribuidas informemente en una superficie de 19 Ha. Las trampas se instalaron el 6 de Junio de 1995 y se retiraron el 9 de Agosto, los cebos fueron renovados el 5 de Julio y las capturas se examinaron cada 3-4 días a lo largo de todo el periodo.

Para el estudio del desarrollo de las puestas se eligieron aleatoriamente tres árboles en los cuales se examinaron las puestas cada 3-4 días desde el 8 al 29 de Julio de 1995. En total se estudiaron 61 huevos y en ellos se distinguieron tres estados de desarrollo hasta la eclosión: crema, crema oscuro y gris.

Para la aplicación del método de días-grado se utilizaron las temperaturas registradas en la estación meteorológica de Pedrosa del Rey (VA) situada en el mismo área y a una altitud similar que la parcela. Con objeto de comparar los resultados con los obtenidos en Oregon (USA), se eligieron el mismo umbral de temperatura, $-2,2^{\circ}\text{C}$, y el mismo día de inicio del cómputo de unidades de calor, 1 de Enero (1995).

RESULTADOS

- *Estudio del vuelo.* Los resultados de las capturas diarias totales en las trampas aparecen representados en la Figura 1. El número de imagos capturados en todas las trampas a lo largo del periodo de vuelo fue de 3188, con una media de 152 imagos /trampa (rango 79-308). En la curva de vuelo diario se observa que durante todo el mes de Junio las capturas fueron bajas, aumentando progresivamente según un patrón que coincide con las oscilaciones registradas en las temperaturas máximas. El día 5 de Julio se registró un brusco aumento en el número de imagos capturados y este crecimiento acusado se mantuvo durante la semana siguiente, alcanzándose el máximo de capturas el 12 de Julio (606 imagos), para disminuir de forma casi simétrica durante los diez días siguientes y finalizar lentamente a lo largo de otras tres semanas. El 9 de Agosto sólo fueron recogidos 5 imagos con lo que puede afirmarse que el vuelo ha terminado en dicha fecha, 9 semanas después del inicio.

La comparación de la curva de vuelo con la evolución de las temperaturas máximas en la parcela no explica el aumento brusco de las capturas durante la primera quincena de Julio, ya que las temperaturas máximas alcanzadas en dicho periodo no registraron ningún valor o umbral anteriormente no superado. A partir del 15 de Julio las temperaturas máximas se elevaron apreciablemente y se mantuvieron sobre 30°C hasta comienzos de Agosto, un periodo en el que el vuelo ya estaba finalizando. No parece pues, que la concentración de casi la mitad del vuelo de los machos en un periodo de 2 semanas pueda explicarse por la superación de una cierta temperatura umbral. Puede descartarse también el efecto de la renovación de los cebos ya que el inicio del cambio se produjo varios días antes de ésta.

La curva del porcentaje acumulado de machos capturados (Fig. 2) indica la evolución cuantitativa del vuelo en la parcela. Puede observarse que la intensidad de vuelo se mantuvo más o menos similar durante el primer mes (Junio), alcanzándose el 1 de Julio el 25% del vuelo total. A partir de esta fecha la intensidad de vuelo sufrió un aumento notable, más acusado desde el día 5, manteniendo una fuerte pendiente hasta el día 15 de Julio, fecha en la que se superó el 85% del vuelo acumulado. Puede decirse que la fecha que correspondió a la mitad del vuelo de los machos fue el 7/8 de Julio, muy cerca del centro del periodo de vuelo. En las tres semanas finales del periodo se registró únicamente el 15% del vuelo total.

- *Desarrollo y eclosión de las puestas.* Del total de 61 huevos observados, el 98% se localizó en el tercio medio de la cara interna de las acículas del año; la mayoría de las puestas consistieron en un único huevo (94%), cuatro puestas fueron de dos huevos y una de tres.

La observación de las puestas a lo largo del periodo de estudio mostró la sucesión de tres tonalidades durante el desarrollo embrionario: crema, crema oscuro, y gris plomizo. Un total de 13 huevos fueron observados a lo largo del periodo completo de su desarrollo, el cual tuvo una duración media de 12 días (rango 9-14) con una temperatura media en dicho periodo de 24° C. En estudio de laboratorio, ROBREDO (1978) obtuvo una duración similar con temperaturas de 18,5°C. Esta duración total se repartió entre las siguientes fases de la siguiente manera: del crema a crema oscuro se tardaron 3,5 días, de crema oscuro a gris 3 días y de la fase gris hasta la eclosión transcurrieron 5,3 días.

El seguimiento de las puestas permitió conocer el estado de la población de huevos a lo largo del mes de Julio (Tabla 1). Así, puede observarse que el 8 de Julio algo más del 75% de los huevos se encontraban en la fase crema. Cuatro días más tarde las fases predominantes en la población fueron las de crema oscuro y gris, habiendo eclosionado menos del 10% de los huevos. El 15 de Julio más de la mitad de los huevos se encontraba en fase gris y una cuarta parte ya había eclosionado. Una semana más tarde los huevos eclosionados representaron dos tercios de la población y al cabo de otra semana, a finales de Julio, la mayoría de las puestas habían eclosionado excepto un pequeño porcentaje (6,6%) que lo hizo durante los días

siguientes. En la Figura 3 se representan conjuntamente la evolución del vuelo y la eclosión acumulados a lo largo del periodo. Este gráfico resulta de especial utilidad pues permite correlacionar un evento fenológico de gran interés pero de difícil medición (% de eclosiones) con otro mucho más fácil de evaluar gracias a las trampas de feromona (% de vuelo de los machos). De este modo puede verse, por ejemplo, que el 10% de las eclosiones se correspondió con una fecha (13 de Julio) en la cual ya se había producido el 75% del vuelo en la parcela, o bien, que la mitad de las eclosiones se alcanzó cuando el 97% de los machos ya había volado.

- *Predicción del vuelo acumulado.* El modelo predictivo que se obtuvo consistió en una regresión lineal construida a partir del porcentaje acumulado de machos capturados como variable dependiente y los días-grado acumulados por encima del umbral inferior de temperatura como variable independiente. La correlación entre ambas variables obtuvo una curva sigmoideal, que es prácticamente lineal entre los puntos correspondientes al 5% y al 95% del vuelo acumulado, el tramo importante del suceso que interesa predecir. Por tanto en la regresión se utilizaron sólo valores comprendidos en dicho tramo y se obtuvo la siguiente ecuación (Fig. 4): $Y = -227,6 + 0,103X$.

Donde Y= Porcentaje acumulado de machos capturados

X=Días-grado acumulados por encima de $-2,2^{\circ}\text{C}$ desde el 1 de Enero.

La correlación obtenida fue muy alta ($r^2=0,943$), si bien ha de tenerse en cuenta que ha sido obtenida con una serie de datos ($n=12$) correspondientes a solo un año. La bondad del modelo resultó bastante alta con diferencias entre los días predichos y los observados de 6 días o menos, Tabla nº 1.

Se observa que el modelo tendió a adelantarse en la predicción de la primera mitad del vuelo acumulado y a retrasarse en la predicción de la segunda mitad. En cualquier caso las diferencias encontradas fueron siempre inferiores a una semana.

DISCUSIÓN

En el modelo construido para *R. buoliana* en Oregon con resultados de tres años (REGAN *et al*, 1991) se obtuvo una regresión ($Y=-267,8+0,162X$) con una alta correlación ($r^2=965$) y en la cual el término independiente es ligeramente mayor que el nuestro en valor absoluto y la pendiente claramente mayor. En dicho estudio, los requerimientos en unidades de calor acumuladas para el vuelo de *R. buoliana* resultaron ser entre 600 y 800 días-grado inferiores que en el nuestro, mientras que el periodo de vuelo fue mucho más corto, extendiéndose únicamente a lo largo del mes de Junio. Una probable explicación de estas diferencias en los días-grado requeridos es que el umbral considerado ($-2,2^{\circ}$) no es un umbral de desarrollo sino que fue elegido entre varios como aquel que ofreció un menor coeficiente de variación en la estimación del 10% de las capturas acumuladas entre los 3 años (ARNOLD, 1959). Por otro lado, no debe olvidarse que nuestro modelo ha sido construido con una sola serie anual de datos y debe de considerarse como preliminar, hasta que la incorporación de nuevos datos en años sucesivos permitan un nuevo ajuste y ofrezcan variaciones en su bondad predictiva.

Sin embargo, los resultados obtenidos permiten mostrar la utilidad de un modelo fiable de este tipo, muy sencillo de construir. Se ha visto que es posible relacionar la eclosión de las puestas, un fenómeno importante en la elección de la fecha de tratamiento, con el desarrollo del vuelo acumulado. Ahora bien, según nuestro modelo es posible predecir con bastante fiabilidad este vuelo utilizando el método de días-grado. De esta forma puede conocerse con bastante aproximación cuál es el momento en que un deseado porcentaje de eclosiones se ha producido, conociendo únicamente las temperaturas medias alcanzadas en la zona desde el 1 de Enero de dicho año.

Por ejemplo, utilizando los datos registrados en este estudio, si deseásemos conocer en que fecha va a producirse la eclosión de la mitad de los huevos, utilizando la curva de eclosiones de la Figura 3 sabríamos que dicha fecha corresponde al 19 de Julio. Sin embargo, esta fecha podría obtenerse, sin necesidad de muestreos en la parcela, considerando que el 50% del vuelo de puesta corresponde según nuestro modelo a 2703 días-grado, los cuales se alcanzaron el día 5 de Julio en la parcela; considerando que el periodo de desarrollo de las puestas es de 12 días, la fecha predicha para el 50% de las eclosiones sería el 17 de Julio, es decir, nuestro modelo podría haber predicho la fecha en que se produciría el suceso con una aproximación de dos días.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, C. Y. (1959). The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 74: 430-445.

REGAN, R. P., DE ANGELIS, J.D. & GREGLER, G. (1991). Predicting seasonal flight of European pine shoot moth (Lepidoptera: tortricidae) in western Oregon. *Environ. Entomol.* 20:1403-1406.

ROBREDO, F. (1975). Contribución al conocimiento de la bioecología de *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff., 1776 (Lep. Tortricidae). I. Estudio del adulto. *Bol. Serv. Plagas*, 1:69-81.

ROBREDO, F. (1978). Contribución al conocimiento de la bioecología de *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff., 1776 (Lep. Tortricidae). II. Estudio de los estados inmaduros: puesta, oruga y crisálida. *Bol. Serv. Plagas*, 4:69-88.

ROQUES, A. (1983). *Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France*. I.N.R.A., Paris.

SACRISTÁN, L. (1996). *Evaluación de daños y estimación de parámetros para el control de Rhyacionia buoliana en Pinus pinea injertados*. Trabajo fin de carrera (inéd). Universidad de Valladolid. Palencia

% Machos capturados	Días-grado acumulados	Día predicho	Día observado	Diferencia en días
10%	2314	18/VI	18/VII	0
25%	2460	24/VI	30/VII	-6
50%	2703	5/VII	8/VII	-3
75%	2947	15/VII	13/VII	2
90%	3092	20/VII	16/VII	4

Tabla nº 1.

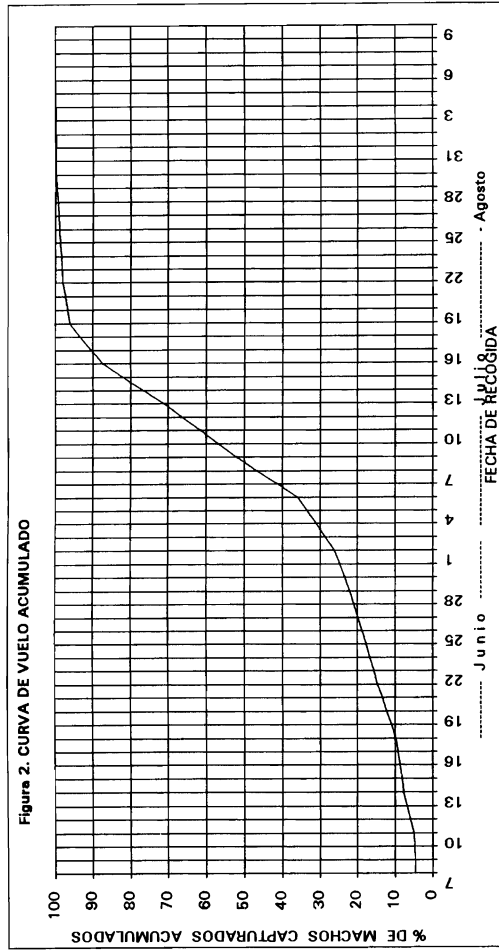
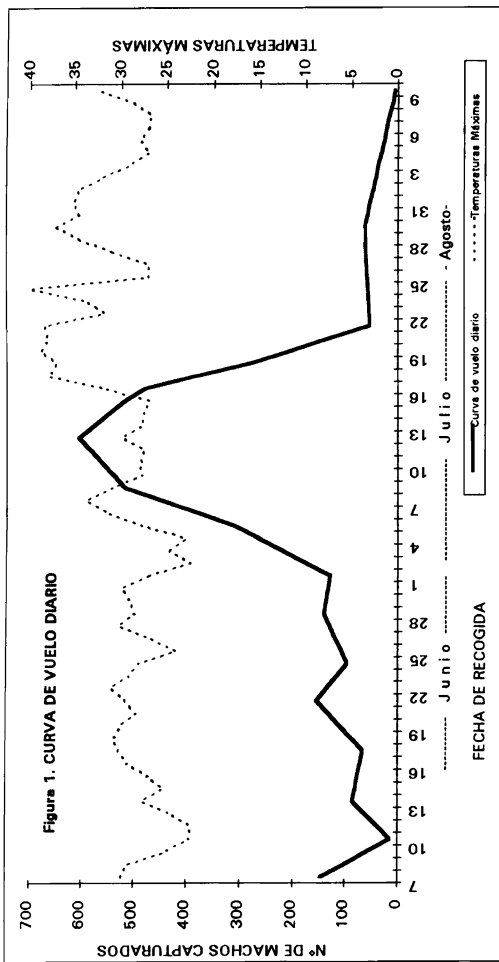


Tabla 1. PORCENTAJE DE HUEVOS SEGÚN SU ESTADO DE DESARROLLO

FECHA	8/VII	12/VII	15/VII	18/VII	21/VII	29/VII
Nº DE HUEVOS	10	26	33	45	57	61
CREMA	70	7,7	9,1	2,2	0	0
CREMA OSCURO	10	42,3	6	6,6	3,5	0
GRIS	20	42,3	57,6	55,6	29,8	6,6
ECLOSIONADO	0	7,7	27,3	35,6	66,7	93,4

