

**SEGUIMIENTO DEL CONTROL BIOLÓGICO DE AVETIANELLA LONGOI SISC. SOBRE
PHORACANTHA SEMIPUNCTATA FAB. EN LA PROVINCIA DE HUELVA, ESPAÑA ENTRE LOS
AÑOS 2002 Y 2005**

Borrajo, P.^{1*}; Mantecas, C.²; Ruiz, F.²

¹Departamento de Fisiología y Zoología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla.
Av. Reina Mercedes, 6. CP: 41012. Sevilla. España

² Centro de Investigación y Tecnología de ENCE. Ctra. Madrid-Huelva km. 630
Apdo. de correos 223. CP: 21080. Huelva. España

*Autores para la correspondencia: pborrajo@us.es

Boletín del CIDEU 4: 29-40 (2007)
ISSN 1885-5237

Resumen

En el presente trabajo se presentan los resultados de la etapa de seguimiento, entre los años 2002 y 2005, del Programa de Control Biológico de *Phoracantha semipunctata* Fab. a través de *Avetianella longoi* Sisc. que se desarrolla en la provincia de Huelva. Para ello, se ha diseñado un inventario de parcelas permanentes con muestreo mensual, a partir del cuál, se han obtenido, entre otras, las variables porcentaje de parasitización y número de avispa emergida/huevo parasitizado.

Durante el periodo de estudio se ha constatado la presencia del parasitoide en los meses de mayor virulencia de la plaga en toda la provincia. Los máximos valores de parasitización se han registrado en el mes de julio, llegándose en ocasiones a recolectar puestas de *Phoracantha* con el 74% de los huevos parasitados.

De acuerdo con las tablas de vida descritas en la bibliografía para la especie en el área geográfica de estudio, las tasas de parasitismo registradas permiten realizar estimaciones de la presión del parasitoide sobre los niveles poblacionales de la plaga. El porcentaje de parasitización promedio obtenido permite afirmar que la plaga ha experimentado un proceso de expansión durante el periodo de estudio, habiéndose aproximado un Índice Reproductivo Neto superior a 1.

Palabras clave: Parasitismo, plaga, parasitoide oófago.

Summary

Monitoring biological control of *Phoracantha semipunctata* Fab. by *Avetianella longoi* Sisc. in Huelva, Spain amongst 2002 and 2005

This research shows the results from the monitoring phase amongst 2002 and 2005 of the Biological Control Program of *Phoracantha semipunctata* Fab. by *Avetianella longoi* Sisc. carried out in Huelva. In order to reach this goal, an inventory with permanent plots has been designed with a monthly sampling. Founded on it, some variables have been developed, most important are parasitization percentage and the number of wasps emerged by parasitized egg.

Throughout this period, *Avetianella longoi* has been present in the entire studied territory during the most virulent months of the pest. The highest parasitization rates were achieved in July, collecting layings where 74% of the eggs were parasitized.

According to life tables in bibliography applied to this specie in the studied area, parasitism rates calculated allow us to estimate the influence of the parasitoid on the dynamic of this plague. With the average parasitization percentage obtained, we can affirm that the plague has been in a growing process during the period of this study, with a calculated Net Reproductive Index higher than 1.

Key words: Parasitism, plague, pest, egg parasitoid.

INTRODUCCIÓN

Phoracantha semipunctata Fab. (Coleoptera: Cerambycidae) fue detectada por primera vez fuera de Oceanía en Sudáfrica en 1906 (Tooke, 1929). En la Península Ibérica hizo su primera aparición en 1980 sobre plantaciones de eucaliptos de la Península de Setúbal, alcanzando el SO de España en el año siguiente (Cadahia, 1981) y el Norte de la Península Ibérica en 1987 (Magán & Mansilla, 1988).

La expansión de otra especie de *Phoracantha*, *Phoracantha recurva* Newman, ha tenido lugar con posterioridad a la primera. Su primera cita en la Península Ibérica la encontramos en 1997 (Ruiz & Barranco, 1998), aunque probablemente el insecto alcanzó Europa en años anteriores, pasando inadvertida confundida con *P. semipunctata* (Ruiz, 2003).

En la actualidad, está constatada la presencia de ambas especies en toda el área de distribución del eucalipto, aunque sólo constituyen plaga en situaciones de clima más mediterráneo, como ocurre en el SO de la Península Ibérica. En estos casos, *Phoracantha* sp. constituye la plaga más importante de *Eucalyptus globulus*, los daños pueden llegar a adquirir gran magnitud, pudiéndose registrar mortalidades acumuladas durante el turno de más del 50% de los árboles que iniciaron el ciclo (Lencart & Silva, 1994).

Se trata de un insecto de hábitos crepusculares y nocturnos, que durante el día permanece oculto bajo la corteza de los eucaliptos. Los imagos son atraídos por los componentes volátiles desprendidos por los árboles que sufren estrés hídrico (Barata, 1992), tras el apareamiento, las hembras depositan sus puestas en ranuras bajo la corteza del árbol. Las larvas neonatas penetran en el floema alimentándose del cambium. El daño que provoca consiste en

el anillamiento y, en la mayor parte de los casos, la muerte del árbol atacado. En el Sur de la provincia de Huelva, así como en otras regiones de clima cálido, pueden darse dos generaciones anuales. Sin embargo, en el Norte de la provincia y en otras zonas más frías únicamente se completa una generación (González Tirado, 1992).

Avetianella longoi Sisc. (Hymenoptera: Encyrtidae) es una avispa endémica de Australia y que posiblemente fue introducida accidentalmente en la región mediterránea por medio de su huésped, *P. semipunctata* (Austin *et al.*, 1994). Para completar su ciclo biológico las hembras ovopositan dentro de los huevos de *Phoracantha*, desarrollándose las larvas en el interior de los huevos del cerambícido. Posteriormente, los adultos de *A. longoi* emergen de dichos huevos continuando así su ciclo. Se trata, por tanto, de un parasitoide oófago, lo que le confiere la capacidad de controlar la plaga antes de que la fase larvaria del insecto inicie su alimentación, reduciendo, por tanto, el daño. Esta condición, unida a las altas tasas de parasitismo que alcanza, superiores al 90% (Longo *et al.*, 1993), le convierten en un enemigo natural muy efectivo de *P. semipunctata*.

En el año 1998 se pudo constatar la presencia de forma espontánea en la provincia de Huelva (Mansilla *et al.*, 1999), procedente, seguramente, de Portugal, donde fue introducido de forma accidental (Hanks *et al.*, 1995).

Actualmente, existen Programas de Control Biológico del cerambícido a través de *A. longoi* con plena implantación en California (Hanks *et al.*, 1995) y Sudáfrica (Kirsten & Tribe, 1995). Desde el año 1998 el Grupo ENCE viene desarrollando un Programa de Lucha Integrada contra plagas de *Eucalyptus globulus* que, en la provincia de

Huelva, incluye un Programa de Control Biológico de *A. longoi* sobre *Phoracantha* sp.

Dicho programa consta de varias etapas (Ruiz, 2003), una de ellas consistente en la dispersión del parasitoide en el territorio mediante sueltas masivas de huevos de la plaga parasitados por *A. longoi*. En este sentido, desde el inicio del Programa se han dispersado casi dos millones de huevos parasitados, con una media anual de 250.000 huevos (Tabla 1).

Tabla 1: Seltas de *A. longoi* en la provincia de Huelva, España

Año	Nº de huevos soltados
1999	45.000
2000	111.000
2001	443.000
2002	374.000
2003	224.000
2004	151.000
2005	370.000

Otra etapa del Programa, llevada a cabo paralelamente a las sueltas masivas, consiste en el seguimiento de dicho control biológico. Esto se consigue mediante un inventario de las poblaciones de plaga y parasitoide, además de las tasas de parasitismo.

En el presente trabajo se ha abordado el estudio y análisis de estas variables durante los años 2002 y 2005.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del año 2002 se implantó un inventario de parcelas permanentes para llevar a cabo un muestreo continuo con periodicidad mensual mediante árboles cebo de las distintas variables.

Para cada una de las tres estaciones forestales características de la provincia de Huelva, Litoral, Andévalo y Sierra (Toval y

Soria, 1995), se eligieron dos puntos de muestreo representativos con plantaciones adultas de *Eucalyptus globulus*. En la medida de lo posible, estos seis puntos permanecieron fijos a lo largo del periodo de estudio, intentando de esta manera evitar errores muestrales. Sin embargo, debido a los aprovechamientos forestales llevados a cabo en los montes donde éstos se ubicaban, fue necesario trasladar el punto de muestreo al monte más cercano posible (Tabla 2).

La Estación forestal del Litoral comprende los arenales costeros; el Andévalo abarca la zona con altitudes intermedias de la provincia; mientras que la Sierra comprende las tierras más altas con orografía más accidentada y sin apenas sequía estival.

El muestreo consiste, en primer lugar, en la instalación de un punto cebo (González Tirado, 1990). Para ello, se apea un árbol de *Eucalyptus globulus*, se le hacen trozas de 1 metro de longitud aproximadamente y se apilan en un punto cubriéndolo con las ramas (Martínez Egea, 1982). De esta manera, la madera va perdiendo humedad paulatinamente, atrayendo a los imagos de la plaga que van depositando sus puestas sobre las trozas. Entre una y dos semanas después de la instalación del cebo, se lleva a cabo el muestreo del mismo, donde se recogen todas las puestas de *Phoracantha* que se encuentran. Ya en laboratorio se hace un seguimiento individualizado de las puestas recolectadas en cada cebo, realizando un conteo de los individuos emergidos de *Avetianella*, así como del total de huevos, distinguiendo, según la coloración más o menos oscura que presentan, entre parasitados y no parasitados.

Tabla 2: Fincas donde se llevó a cabo el muestreo continuo

Parcela	Finca	Clave Parcela	Tipo de Masa	Año de Plantación o Corta	UTM29X	UTM29Y
1	La Huerta del Conde	Litoral-1	Brinzales	1996	692000	4147000
2	Purchena/Mingallete	Litoral-2	Brinzales/Brinzales	1996/1996	727000 / 709000	4138000 / 4130000
3	El Picote I/Llanos de la Peña	Andévalo-1	Brinzales/Brinzales	1998/1999	661000 / 659000	4156000 / 4162500
4	Tharsis I	Andévalo-2	Chirpiales de 2ª corta	1995	690000	4174000
5	La Zarzuela	Sierra-1	Brinzales	1997	726000	4188000
6	La Corte Sonoble	Sierra-2	Chirpiales de 1ª corta	1992	684000	4210000

A partir de los datos obtenidos en el muestreo, en el presente estudio se han considerado las siguientes variables:

- *Porcentaje de parasitización (%P)*. Se define como la ratio entre los huevos de *Phoracantha* parasitados por *Avetianella* y el total de huevos presentes en la puesta. Se excluyen de este recuento aquellas puestas en las que no hay ningún huevo parasitado. Se asume que estas puestas no han sido parasitizadas, bien debido a que no ha habido tiempo suficiente entre la puesta propiamente dicha y la recogida de las mismas para su seguimiento en laboratorio; bien porque se trate de huevos que la hembra del himenóptero ha probado y ha descartado o de los que se ha alimentado (Hanks *et al.*, 1995); o bien los huevos de la plaga han abortado naturalmente o no han sido fecundados.
- *Número de Avetianella emergida/huevo parasitado (N_A)*. Mediante el seguimiento en laboratorio de las eclosiones de imagos de *Avetianella* de las puestas recogidas se construye una ratio entre los adultos de *Avetianella* y el número de huevos parasitados de cada puesta.
- *Puestas muestreadas (N_p)*. Número de puestas recolectadas de *Phoracantha* sp en cada punto cebo. Es conveniente advertir de la imposibilidad de llevar a cabo una distinción *de visu* entre los huevos de *Phoracantha semipunctata* y *Phoracantha recurva*.

Se ha considerado el siguiente modelo de descomposición de la varianza para el análisis de las variables:

$$X_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + M_k + AP_{ij} + AM_{ik} + PM_{jk} + \xi_{l(ijk)}$$

Donde,

X_{ijkl} representa la variable de estudio.

A_i representa el efecto del Año i .

P_j representa el efecto de la Estación j .

M_k representa el efecto del Mes k .

AP_{ij} representa el efecto de la interacción entre el Año i y la Estación j .

AM_{ik} representa el efecto de la interacción entre el Año i y el Mes k .

PM_{jk} representa el efecto de la interacción entre la Estación j y el Mes k .

$\xi_{l(ijk)}$ representa el error experimental.

Se han considerado como factores aleatorios el *Año* y la *Estación*, siendo el *Mes* el único factor fijo.

Se ha comprobado la normalidad de las tres variables analizadas. Para conseguir homogeneidad de varianza, se ha centrado el estudio en la época de mayor actividad, tanto de la plaga como del parasitoide, que abarca desde el Mes de mayo hasta el Mes de septiembre, ambos inclusive.

Asimismo, ha sido necesaria una transformación de la variable N_A de la siguiente manera:

$$T(N_A) = ((N_A^{0,2} - 1) / 0,2)$$

De esta manera, se consigue la homogeneidad de la varianza para los tres factores del análisis.

En cuanto a la variable *Número de puestas*, para conseguir la homogeneidad de varianza respecto a los factores *Año* y *Mes*, se ha necesitado una transformación del tipo:

$$T(N_p) = 1 + \frac{5 + (N_p^{-0,109375} - 1)}{-0,109375 \cdot 20,5156^{-1,10938}}$$

La variable *porcentaje de parasitización* no ha precisado transformación alguna.

Asimismo, se ha realizado un análisis de regresión entre las variables $\%P$ y el Número de *Avetianella* emergida referido en esta ocasión al número de huevos totales (N *Avetianella*), descartando las puestas no parasitizadas, con objeto de estudiar la relación existente entre ambas. Dado que se intentan relacionar dos variables que reflejan un control de la plaga, parece conveniente referir ambas variables al número total de huevos existentes en cada puesta recolectada. Se ha comprobado que la variable N *Avetianella* sigue una distribución normal.

El nivel de confianza empleado durante todo el análisis ha sido del 95 % de probabilidad.

Además de las variables aleatorias descritas, y para caracterizar el periodo y ámbito del estudio, se ha hecho uso de las variables *temperatura media mensual* (T), *precipitación mensual* (P) y *sequía mensual* según Gaussens ($P/2T$). Para ello, se han seleccionado doce estaciones meteorológicas según su cercanía a los puntos de muestreo (Tabla 3). (Fuente: Instituto Nacional de Meteorología).

Tabla 3: Datos de las estaciones del INM utilizadas en el estudio

CÓDIGO DE LA ESTACIÓN	NOMBRE	PROVINCIA	ALTITUD	UTM29X	UTM29Y	ESTACIÓN FORESTAL
5835E	Carrión de los Céspedes 'depuradora'	Sevilla	62	736016	4137870	Litoral
5818	Benacazón 'Montegrano'	Sevilla	100	747040	4135720	Litoral
4642E	Huelva 'ronda este'	Huelva	19	685319	4128050	Litoral
4638A	Trigueros '2'	Huelva	76	691661	4139510	Litoral
4622	La Palma del Condado	Huelva	92	716493	4140580	Litoral
4603	Gibraleón	Huelva	26	679920	4138478	Litoral
4575	Valverde del Camino 'C H Guadiana'	Huelva	273	698283	4163136	Andévalo
4569F	El Campillo '2'	Huelva	320	709360	4174481	Andévalo
4541U	El Granado 'Bocachanza'	Huelva	130	630607	4157600	Andévalo
4563	Almonaster la Real	Huelva	610	694659	4193954	Sierra
4560	Alajar	Huelva	577	705405	4194462	Sierra
4515	Galaroza	Huelva	554	701264	4199789	Sierra

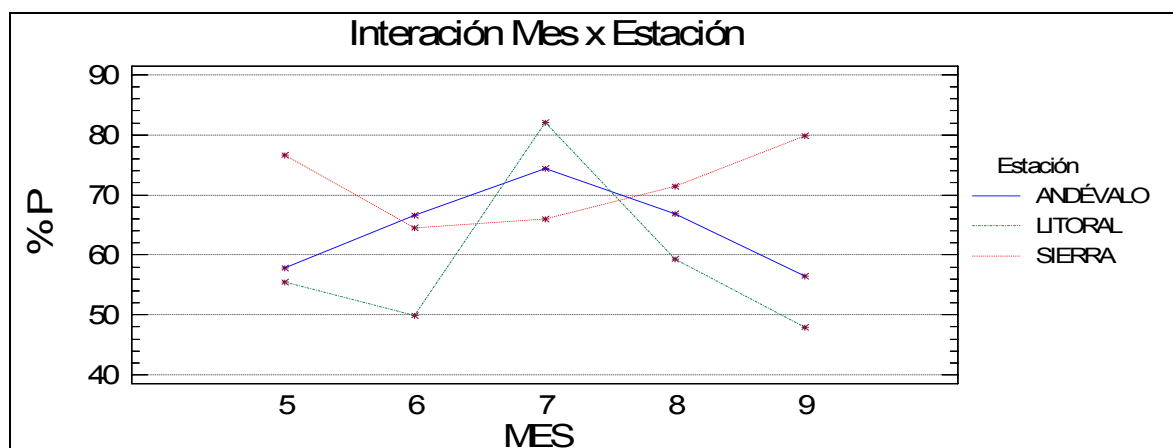


Figura 1: Interacción *Mes x Estación*

Se ha comprobado la no existencia de diferencias significativas entre las estaciones meteorológicas de una misma Estación forestal (Litoral, Andévalo y Sierra). Por lo tanto, se ha empleado el valor medio de los datos correspondientes a cada una de estas tres zonas.

RESULTADOS

Porcentaje de parasitización (%P)

Se han detectado diferencias significativas en las tres interacciones del modelo, en todos los casos, de carácter cuantitativo. Para la interacción *Año x Estación* destaca significativamente ($p < 0,05$), en el Año 2004, la Estación forestal Sierra. En cuanto a la interacción *Año x Mes*, las diferencias ($p < 0,01$) se presentan para el Año 2004 en el Mes de mayo y para el Año 2005 en el Mes de septiembre.

Finalmente, se han detectado diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los distintos niveles de la interacción *Mes x Estación*. Se observa (Figura 1) que los máximos en la zona de Sierra se registran en el Mes de Mayo ($76,68 \pm 17,52$) y Septiembre ($79,88 \pm 17,35$), mientras que en las zonas de Andévalo y Litoral este máximo se localiza

en el Mes de julio ($74,46 \pm 12,27$, para Andévalo y $82,13 \pm 12,28$, para Litoral).

A nivel de los factores principales del modelo, el factor *Estación forestal* influye significativamente ($p < 0,05$) en % P. Al aplicar el Test secuencial de Duncan, la Estación Sierra ($71,69 \pm 5,61\%$) posee un % P estadísticamente diferente al registrado por el conjunto de Andévalo y Litoral ($62,11 \pm 3,57\%$).

Como valor promedio se ha obtenido un porcentaje de parasitización de $64,09 \pm 4,10\%$. El máximo mensual se registra en julio con un valor de $74,18 \pm 9,59\%$.

Número de Avetianella emergida/huevo parasitado (N_A)

La interacción *Año x Mes* influye significativamente ($p < 0,01$) en la variable N_A , siendo esta influencia de carácter cuantitativo. Destacan por encima del resto los meses de junio, agosto y septiembre correspondientes al Año 2002.

Entre los años considerados en el estudio se observan diferencias significativas ($p < 0,0001$). Aplicando el Test de Rangos Múltiples según Duncan se observa cómo el primer grupo incluye únicamente al Año 2002 ($2,09 \pm 0,04$), a continuación se

encuentra el Año 2004 ($1,99 \pm 0,05$) y por último, los dos años restantes, 2003 y 2005 ($1,88 \pm 0,05$), forman el último grupo homogéneo.

Del análisis de las temperaturas medias, se observan diferencias significativas respecto al factor *Año*. Registrándose en 2002 las temperaturas medias mensuales más bajas, seguido de 2004, 2003 y 2005.

Las diferencias entre los distintos meses estudiados fueron significativas. En un primer grupo, con los mayores valores de la variable, se encuentran los meses de mayo, agosto y septiembre ($2,00 \pm 0,05$), en un segundo grupo se situaría julio ($1,94 \pm 0,05$) y, por último, el Mes de junio ($1,86 \pm 0,05$) ocuparía el tercer grupo.

Asimismo, también se observan diferencias significativas entre las estaciones forestales. Andévalo se sitúa en un grupo distinto a Sierra, mientras que Litoral es común a ambos.

Como valor medio en toda la Provincia de Huelva, se puede afirmar que el número de *Avetianella* emergida/huevo parasitizado es de $1,95 \pm 0,03$. El máximo, en el Mes de septiembre, alcanza $2,05 \pm 0,05$ avispas por huevo.

Puestas muestreadas N_p

La única interacción que ha resultado significativa ($p < 0,0001$) ha sido la de *Año x Mes*, siendo de tipo cualitativo. Tanto en el Año 2002 como en el 2005 algunos meses se diferencian del resto. En cuanto al Año 2005, los meses de mayo y julio son los que

presentan valores diferentes al resto, siendo el mes de mayo el que presenta el máximo anual y julio el mínimo. En el caso del Año 2002, los valores mensuales de junio y agosto son superiores significativamente a la media.

De los Factores principales, el único que ha resultado ser significativo es el Año. El 2002 se separa en un primer grupo según el Test de Rangos Múltiples ($39,13 \pm 5,97$) estando los otros tres años en el segundo grupo ($16,35 \pm 3,96$).

Si se analiza la sequía meteorológica ($P/2T$) se constata que los valores del Año 2002 son tres veces superiores que el resto, lo que significa que ha sido un año tres veces menos seco.

La tendencia mensual general de la variable N_p , aunque no significativa, presenta un máximo en julio ($33,96 \pm 8,73$) y dos mínimos en mayo y septiembre ($15,84 \pm 5,86$).

Regresión entre porcentaje de parasitización y N *Avetianella*

Para la realización de dicho análisis, el mejor ajuste obtenido (Figura 2) ha sido el de naturaleza lineal:

$$\%P = 7,74361 + 42,3412 * (N \text{ *Avetianella*})$$

El coeficiente de correlación obtenido es de $R^2 = 87,5$ %. Dicha recta da un valor de 2,18 *Avetianella* emergida/huevo total para una parasitización del 100%.

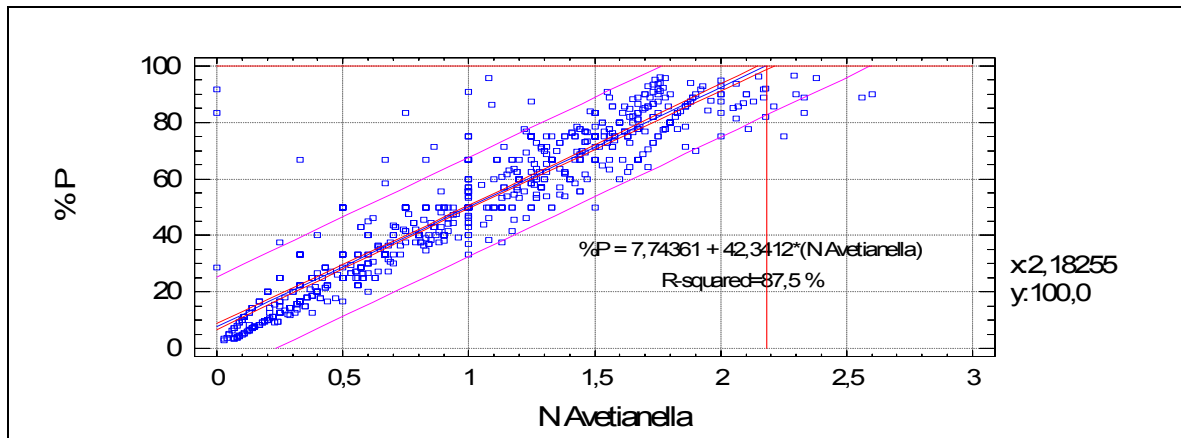


Figura 2: Ajuste entre N Avetianella y % P

DISCUSIÓN

Porcentaje de parasitización (%P)

La interacción entre la *Estación forestal* y el *Año* no se ha considerado de importancia dado que dicha diferencia únicamente se detecta en la Sierra para el año 2004.

La interacción entre el *mes* y el *año* es muy significativa, reflejando la variabilidad intra e interanual y la complejidad propia de los ciclos de ambas especies y de su relación entre ellos.

Las diferencias encontradas para los distintos meses y estaciones reflejan la diferencia en el desarrollo poblacional de la plaga en las distintas zonas geográficas de la provincia, (González Tirado, 1992). En la Estación forestal de Sierra, debido fundamentalmente a condiciones climáticas, únicamente tiene lugar una generación anual que se concentra en los meses de verano. Es por esto que dicho máximo poblacional se corresponde con el mínimo de parasitización registrado, y viceversa, los mínimos niveles de la plaga que se registran en mayo y septiembre se corresponden con los máximos valores de porcentaje de parasitización. En las otras dos estaciones forestales objeto de estudio (Litoral y Andévalo), dado que el invierno es menos riguroso que en la Sierra y el

verano más cálido y seco, se desarrollan dos ciclos anuales del cerambícido. Esto conlleva dos máximos poblacionales, uno en primavera y otro a finales de verano, en donde se registran los mínimos de parasitización, de manera análoga a como ocurre en la Estación de Sierra (Borrajo *et al.* 2006).

Esto confirma el desfase que se produce entre el ciclo de la plaga y del parasitoide debido a que, probablemente, gran parte de la población de la avispa desaparece en invierno debido a la falta de puestas para parasitizar, causada principalmente por las bajas temperaturas que se registran. Sin embargo, *Phoracantha* es capaz de superar el invierno en estado larvario protegida en el interior de los árboles. Estas circunstancias explicarían el desfase correspondiente al único ciclo poblacional de la plaga que se desarrolla en la Sierra y al primer ciclo que tiene lugar en el Litoral y Andévalo. Las causas del desfase registrado en el segundo ciclo podrían deberse a la menor capacidad de desarrollo del himenóptero en comparación con la gran virulencia que presenta la plaga en esta época del año. Efectivamente, debido a la sequía estival, las masas forestales se encuentran sometidas a un estrés hídrico que favorece el ataque del cerambícido, lo

que redundan en un incremento de los niveles poblacionales de *Phoracantha* (Martínez Egea, 1982).

Las diferencias encontradas entre las distintas Estaciones forestales tienen una explicación parecida a la anteriormente comentada. Los mayores niveles de parasitización registrados se corresponden con los niveles más bajos del cerambícido y viceversa.

Las tablas de vida elaboradas por González Tirado (1987) para *Phoracantha* en la provincia de Huelva describen la evolución poblacional de la plaga. De acuerdo con dicho estudio y para las condiciones en que éste se desarrolló, el índice final de supervivencia sería del 6,4% (64 adultos a partir de 1000 huevos) y el sex ratio de 1,648. Por lo tanto, aceptando que las condiciones ambientales de la provincia se mantienen constantes, y una fecundidad media por hembra de 150 huevos (Chararas, 1969), se puede aproximar el índice reproductivo neto (R_0) como:

$$R_0 = (V \cdot H_n) / (1000 \cdot (1 + 1/S_r))$$

Siendo,

V, el índice de supervivencia, que toma el valor de 64.

H_n , la fecundidad de las hembras de *Phoracantha*, según Chararas, 150 huevos.

S_r , el sex ratio, según González Tirado, 1,648.

Valores de $R_0=1$ indicarían un equilibrio poblacional de la plaga.

Este índice reproductivo neto puede verse reducido por la presión del parasitoide, dado que el índice de supervivencia se verá reducido por el porcentaje de parasitización.

Empleando los valores de la tabla de vida antes comentados y el porcentaje medio de

parasitización obtenido (64%), se obtiene un índice reproductivo neto, $R_0=2,15$.

Este valor revela que la población de la plaga durante el periodo 2002-2005 ha estado en proceso de expansión. Según González Tirado, para que la población se mantenga en equilibrio, el índice de supervivencia debería ser próximo a un valor de 10 adultos por cada 1000 huevos. Para alcanzar este valor es necesario un porcentaje de parasitización de alrededor del 85%, que está muy por encima del obtenido.

A pesar de ello, es conveniente incidir en el hecho de que se ha detectado la presencia espontánea de *Avetianella longoi* en todos los meses y en todas las estaciones forestales durante el periodo de estudio.

Número de Avetianella emergida/huevo parasitizado (N_A)

Las diferencias obtenidas de la interacción entre *Año* y *Mes* confirman la variabilidad entre años y meses ya expuesta al discutir los resultados de la anterior variable. Cabe esperar, por tanto, que con la prolongación de este estudio en el tiempo los resultados se vayan consolidando, reduciéndose dichas diferencias.

Las diferencias observadas en cuanto al N_A en los diferentes años pueden tener una relación inversa con las temperaturas medias que se registraron en esos años, apareciendo así la temperatura como influyente en la superparasitización en campo de los huevos de *Phoracantha*.

El ciclo anual de la variable N_A queda caracterizado, produciéndose el mínimo en junio y los máximos en mayo, agosto y septiembre. Esta tendencia es muy estable, manteniéndose constante entre años y entre estaciones forestales. La caída de junio podría estar relacionada con el aumento de

las puestas y, por lo tanto, de la oferta de huevos con el consiguiente descenso de la parasitización.

Respecto a las diferencias observadas entre las tres estaciones forestales, cabe destacar el máximo que se registra en la sierra de Huelva, que se corresponde con el máximo de parasitización. Esta relación entre altas parasitizaciones y alto valor de emergencias de avispa por huevo queda explicada con la regresión elaborada en este mismo estudio.

Puestas muestreadas N_p

La interacción entre años y meses pone de nuevo de manifiesto la ya comentada variabilidad intra e interanual.

En cuanto a los distintos años, el mayor número de puestas muestreadas en 2002, es directamente correlacionable a la variable sequía ($P/2T$) registrada. Dicho año fue más húmedo que los demás, lo que pudo influir en la fiabilidad del muestreo llevado a cabo ese año. Dado que las masas sufrieron un estrés hídrico menor, el efecto de atracción del foco fue mayor, concentrando mayor número de puestas, lo que no refleja un mayor nivel poblacional de la plaga (Borrajo *et al.* 2006). Sin embargo, este hecho presumiblemente no influye en el resto de las variables, dado que éstas reflejan la relación parasitoide-huésped, independiente, en principio, del estrés hídrico de las masas.

Observando la distribución mensual de la

variable, se deduce un claro pico en el mes de julio, resultado de, por una parte, la única generación que se desarrolla en la Estación de Sierra (con su máximo en julio) y, por otra, el mayor o menor solapamiento de los dos ciclos anuales que acontecen en las otras dos estaciones.

Regresión entre porcentaje de parasitización y N *Avetianella*

La regresión obtenida confirma la correspondencia entre un control total de la plaga, expresado como 100 % de parasitización, y un valor de *Avetianella* emergida por huevo total de 2 imagos/huevo (Ruiz, 2003). Esto pone de manifiesto que el efecto del superparasitismo es un recurso de *Avetianella* para no alcanzar el 100% de parasitización. Con este comportamiento el himenóptero se muestra como un buen controlador biológico: no llega, salvo en casos extremos, a parasitizar el 100% de los huevos, asegurando de esta manera la disponibilidad de puestas de *Phoracantha* para la futura generación de *Avetianella longoi*.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todo el personal de laboratorio y campo del Laboratorio de Lucha Biológica del CIT de ENCE por su colaboración en los trabajos desarrollados en el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Austin A.D., Quicke D.J.L. y Marsh P.M., 1994. The hymenopterous parasitoids of eucalypt longicorn beetle, *Phoracantha* spp.(Coleoptera: Cerambycidae) in Australia. *Bulletin of Entomological Research*, 84: 145-174.
- Barata E.N., Fonseca P.J., Mateus E. y Araújo J. (1992) Host-finding by *Phoracantha semipunctata*: host volatiles, electroantennogram recordings and baited field traps. *Proceedings 8th International Symposium on Insect-Plant Relationships* (Ed. by S. B. J. Menken, J. H. Visser and P. Harrewijn), pp. 133-5. Kluwer, Dordrecht.
- Borrajó P., Ocete R., López G. López M. A. y Ruiz F., 2006. Control Biológico de *Phoracantha* sp. (Coleoptera: Cerambycidae) por *Avetianella longoi* Siscaro (Hymenoptera: Encyrtidae) en la provincia de Huelva. *Bol. San. Veg. Plagas*. Vol. 32 (En prensa).
- Cadahia D., 1981. *Phoracantha semipunctata* F., una nueva plaga de los *Eucalyptus* en España. *Agricultura*, 592:845-848.
- Chararas C., 1969. Biologie et ecologie de *Phoracantha semipunctata* Fab. (Coleoptère Cerambycidae xylophage). Ravageur des *Eucalyptus* en Tunisie, et méthodes de protection des peuplements. *Annales de L'institut National de Recherches Forestières de Tunisie*.
- González Tirado L., 1990. Algunos aspectos prácticos sobre la utilización de árboles cebo en la lucha contra el perforador del eucalipto *Phoracantha semipunctata* Fab. (Col: Cerambycidae). *Bol. San. Vegetal Plagas*, 16: 529-542.
- González Tirado L., 1992. Estudio sobre las integrales térmicas de *Phoracantha semipunctata* (Col: Cerambycidae), insecto perforador del género *Eucalyptus*, en Huelva (España). *Bol. San. Vegetal Plagas*, 18: 529-545.
- Hanks L. M., Gould J.R., Paine T.D., Millar J.G. y Wang Q., 1995. Biology and host relations of *Avetianella longoi* (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of the *Eucalyptus* Longhorned Borer (Coleoptera: Cerambycidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 88(5): 666-671
- Kirsten F. y Tribe G., 1995. The biological control of *Phoracantha semipunctata* and *Phoracantha recurva* (Coleoptera:Cerambycidae) in South Africa. In IUFRO XX World Congreso. Poster 156. Tampere, Finland.
- Lencart y Silva P., 1994. The impact of the *Eucalyptus* longhorer borer, *Phoracantha semipunctata* Fab. on the eucalyptus stands of Central Portugal. In *Eucalyptus for Biomass Production*. J. S. P. a. H. Pereira, Commission of the European Communities: 249-254.
- Longo S. Palmeri V. y Sommeriva D., 1993. Sull'attività di *Avetianella longoi* ooparassitoide di *Phoracantha semipunctata* nell'Italia meridionale. *Redia*. Vol. LXXVI (1): 223-239.
- Magán F. Y Mansilla J. P., 1988. Primeras observaciones de la presencia de *Phoracantha semipunctata* en Galicia. Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán. Comunicación Interna 1-4.
- Mansilla P., Pérez R., Ruiz F. y Salinero C., 1999. *Avetianella longoi* Siscaro, parásito de huevos de *Phoracantha semipunctata* F.: Primera cita de su presencia en España y bases para la puesta en práctica del control biológico del xilófago. *Bol. San. Vegetal Plagas*, 25: 515-522.

- Martínez Egea J.M., 1982. *Phoracantha semipunctata* Fab en el Suroeste español. Resumen de la campaña de colocación de árboles cebo. Boletín de la Estación Central de Ecología, 11(22): 57-69.
- Ruiz F., 2003. El control biológico de plagas en masas forestales de *Eucalyptus globulus*. Acta del Primer Simposio Iberoamericano de *Eucalyptus globulus*.
- Ruiz, J.L. y Barranco, P. 1998. *Phoracantha recurva* Newman, 1840, nueva especie plaga para la región mediterránea (Coleoptera, Cerambycidae). Bol. Asoc. esp. Entomol., 22(1-2) 227-228.
- Tooke F. G., 1929. Borer pests of *Eucalyptus*. The *Phoracantha* beetles in South Africa. Aust. For. Jour. 12:28-31.
- Toval G. y Soria, F., 1995. Mechanized logging and debarking in short rotation coppice stands of *eucalyptus* and *poplars*: Impact of silviculture, environment and economy. Final Report AGRE-CT-91 00057. Commission of European Communities.