

"LOS COLEÓPTEROS PERFORADORES DE LOS FRUTOS DE ENCINAS, ROBLES, CASTAÑOS Y AVELLANOS: BIOLOGÍA, DAÑOS Y TRATAMIENTOS"



Raúl Bonal Andrés

Doctor en Ciencias Biológicas
Grupo de la Biodiversidad Genética y Cultural, Unidad Ecología
Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (CSIC-UCLM-JCCM)
Ronda de Toledo, s/n.
Ciudad Real - 13071
e-mail: raul.bonal@uclm.es

Alberto Muñoz Muñoz

Doctor en Biología
Dpto. Fisiología y Ecología Vegetal
Instituto de Recursos Naturales (CCMA-CSIC),
C/ Serrano, 115 - 28006 Madrid
e-mail: alberto.munoz@ccma.csic.es

Josep Maria Espelta Morral

Doctor en Ciencias Biológicas
CREAF, Edifici C
Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra
Barcelona 08193
e-mail: josep.espelta@uab.es

Fernando Pulido Díaz

Doctor en Biología
Dpto. Biología y Producción de los Vegetales
EUIT Forestal, Universidad de Extremadura
Plasencia, Cáceres - 10600
e-mail: nando@unex.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

INTRODUCCIÓN

Los coleópteros del género *Curculio* (comúnmente conocidos como gorgojos de las bellotas y castañas, “diablos” de la avellana, etc.) son los principales consumidores de semillas de las Fagáceas, una familia de árboles que incluye especies comunes de las zonas templadas del hemisferio Norte del planeta como robles, encinas, castaños o avellanos. Desde el punto de vista de las plantas el papel que juegan estos insectos es muy relevante, debido a que cada año atacan y destruyen una buena parte de las semillas. Dada la importancia económica de algunas de las especies de árboles de las que se alimentan, los gorgojos son calificados como plagas, ya que en ocasiones llegan a producir pérdidas considerables.

El objetivo de la presente Hoja Divulgadora es transmitir, de manera resumida y fácilmente comprensible, la información actualmente disponible sobre la biología de estos insectos y su relación con los árboles que ataca. En la primera parte se enumerarán las diferentes especies de *Curculio* de la Península ibérica y Baleares, se describirá su ciclo vital y se tratarán las interacciones con las plantas y con otros animales competidores o depredadores. En la segunda se explicarán procedimientos útiles para cuantificar los daños en las cosechas y se expondrán diversos métodos para reducir su impacto en plantas de importancia económica.

1ª PARTE: BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS COLEÓPTEROS DEL GÉNERO CURCULIO

1.1 Los *Curculio* consumidores de frutos de Fagáceas de la Península Ibérica y Baleares

1.1.1 Diversidad de especies y distribución

En la Península ibérica y Baleares existen 5 especies del género *Curculio* que se alimentan de semillas de Fagáceas: *C. elephas*, *C. glandium*, *C. pellitus*, *C. venosus* y *C. nucum*. Aparte de éstas, existe otra especie, *C. villosus* que, si bien se alimenta en Fagáceas también, lo hace de las agallas provocadas en los árboles por otros parásitos, y no de semillas (ver Fig. 1). En Europa el número de especies de estos insectos es bajo (seis en total si contamos a *C. villosus*), sobre todo si lo comparamos con las zonas templadas de Norteamérica, por ejemplo, donde se supera la veintena. Como hemos indicado al principio, los coleópteros del



género *Curculio* atacan principalmente las semillas de Fagáceas. No obstante, dentro de esta familia su especificidad es muy baja y pueden atacar árboles de diferentes especies e incluso de diferentes géneros. Por ejemplo, *Curculio elephas* es popularmente conocido como el “gorgojo de las castañas” (chestnut weevil, en inglés), aunque ataca igualmente a dife-

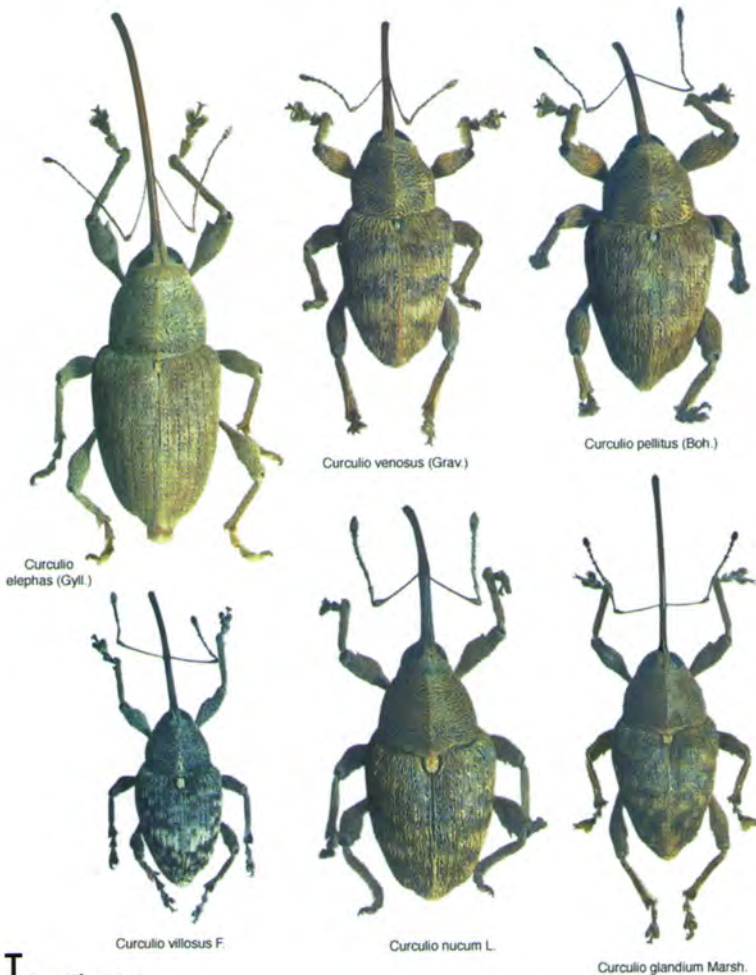


Fig. 1.- Panel con las diferentes especies europeas del género *Curculio*.

rentes árboles del género *Quercus*, como la encina (*Q. ilex*), el alcornoque (*Q. suber*) o la coscoja (*Q. coccifera*). Otra especie, *Curculio glandium*, infesta principalmente las bellotas de roble (*Q. pyrenaica*), quejigos (*Q. faginea*) y encinas (*Q. ilex*) pero sus larvas han sido encontradas en castañas e incluso en avellanas. *Curculio nucum* ha sido descrito exclusivamente en avellanas hasta el momento, pero no sería de extrañar que apareciese también en otras especies de árboles.

En cuanto a su distribución dentro de la Península ibérica no existen patrones muy diferentes entre especies, y se puede encontrar a todas ellas por casi cualquier zona geográfica en el sentido amplio del término. Sin embargo, la distribución a menor escala sí difiere más: mientras que *C. elephas* es un “todo-terreno” que puede habitar tanto zonas secas como húmedas, el resto de las especies tienen su distribución más condicionada por la sequía estival, ya que los adultos emergen antes del verano y requieren lugares húmedos en los que alimentarse de vegetación fresca. Estas diferencias se manifiestan en ocasiones a escala muy pequeña. Así, hemos visto diferencias en la composición de especies entre los bosques de una misma localidad dependiendo de la orientación de la ladera.

1.1.2 Morfología

Los *Curculio* depredadores de bellotas son insectos de tamaño pequeño, ya que la longitud del cuerpo del adulto (sin contar la característica “trompa”) oscila entre 4 y 11 mm. El color del cuerpo es en general oscuro, aunque dependiendo de las especies va desde el marrón al gris (Fig. 1). La característica morfológica fundamental de este grupo de insectos es el largo y afilado rostro, que destaca formando una especie de “trompa” inconfundible donde se insertan las antenas (ver Fig. 2). Otra característica es el dimorfismo entre sexos: las hembras son generalmente de mayor tamaño que los machos y, sobre todo, tienen el rostro proporcionalmente mucho mayor, llegando en algunas especies a ser más largo que el propio cuerpo. Esta enorme desproporción del rostro en las hembras está relacionada con la función clave que tiene este órgano para realizar el agujero de puesta a través de la cubierta de las semillas (Fig. 8). Las larvas son también de tamaño pequeño (de 4 a 10 mm generalmente), carecen de patas y tienen un color que puede ir del blanco al crema (Fig. 3). Están provistas de un par de grandes mandíbulas y son bastante pare-

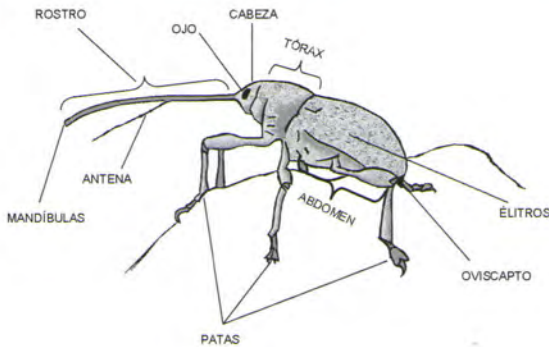


Fig. 2.- Esquema indicando las principales partes de la anatomía de un Curculio adulto.

cidas en todas las especies. A pesar de que la media de tamaño es mayor en las especies más grandes, hay un solapamiento importante.

Si bien todos los adultos de estas especies comparten las características generales arriba mencionadas, también existen diferencias. Para la determinación específica existen claves basadas en la morfología del aparato reproductor de los adultos (la llamada genitalia). Además, nuestro grupo actualmente utiliza técnicas moleculares para identificar las especies, un método totalmente fiable y muy útil especialmente en el caso de las larvas, para las que no hay claves morfológicas. Este método consiste en obtener ADN del insecto, la extracción se suele realizar



Fig. 3.- Larvas de Curculio emergidas de bellotas de diferente tamaño.

en los adultos a partir de pequeños trozos de tejido interno de tórax, abdomen o patas y en las larvas cortando con un bisturí un trozo de cuerpo de unos 2-3 mm. Una vez extraído el ADN se secuencian uno o varios genes (en nuestro caso solemos utilizar el gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I) (Fig. 4). Las secuencias obtenidas forman grupos muy claros, fácilmente identificables a partir de la comparación con secuencias de referencia de individuos adultos previamente determinados morfológicamente. Este tipo de secuencias de referencia se encuentran disponibles en Internet en la página del National Center for Biotechnology Information (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Aunque esta es la forma más fiable de identificación, también es cierto que las técnicas necesarias no están al alcance de todo el mundo, por lo que aquí nos centraremos en unas pequeñas pistas que permiten conocer qué insecto tenemos en la mano (ver Fig. 1).

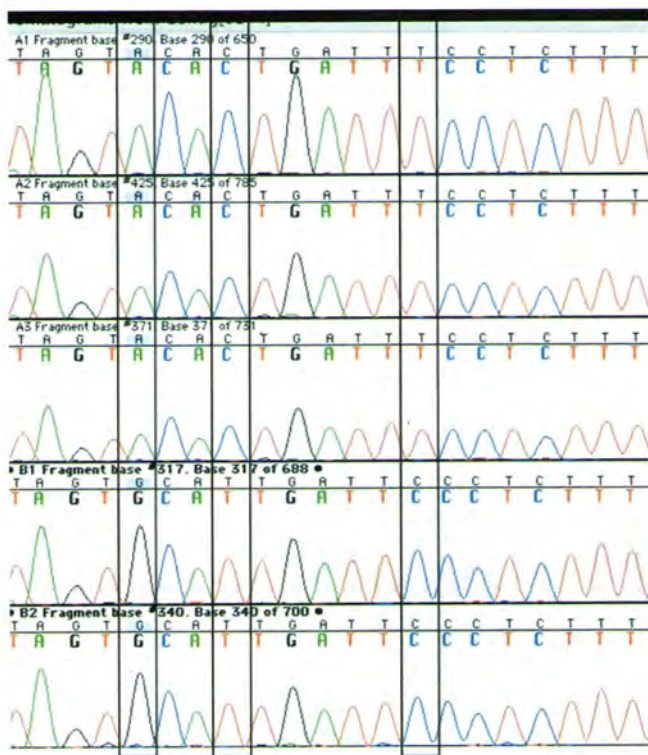


Fig. 4.-
Cromatograma
mostrando las
secuencias de
ADN de 5
individuos
diferentes.



-*C. elephas*: Es la especie más grande de todas (tamaño entre 6.5 y 11mm). La forma de los élitros es más bien ovalada y el tono de los mismos es marrón claro. No obstante, la principal característica es la enorme trompa que posee, más larga que el cuerpo en el caso de las hembras. Además, la trompa es bastante recta y sólo se curva en su parte distal, algo que lo diferencia de otros gorgojos en los que la curvatura de la misma comienza desde la inserción en la cabeza.

-*C. glandium*: Es la especie de menor tamaño (entre 4 y 8.5mm). De color marrón oscuro, sus élitros le dan al cuerpo una forma más triangular que la de *C. elephas*. La trompa está muy curvada desde la parte cercana a la cabeza y la diferencia en longitud de la trompa entre machos y hembras es también menor que en el caso de *C. elephas*.

-*C. nucum*: La morfología de la trompa es parecida a *C. glandium* pero su tamaño es algo mayor (entre 7 y 9mm aprox.). Al observarlo con la lupa, podemos comprobar que sus élitros se encuentran mucho más profusamente cubiertos de escamas, destacando una especie de “crin de escamas” en la sutura de los mismos.

-*C. pellitus*: Su tamaño oscila entre 7 y 9mm; tiene un aspecto más robusto que los dos últimos. El dimorfismo de la trompa entre macho y hembra es mucho menos acusado y los élitros se encuentran muy cubiertos de escamas.

-*C. venosus*: Tiene aspecto robusto como *C. pellitus* y su tamaño oscila entre 6.5 y 8.5mm. Se diferencia del anterior porque en la parte final de la sutura elitral presenta una crin de escamas erizadas y los dientes de los fémures posteriores presentan el borde posterior redondeado, mientras que los de *C. pellitus* tienen forma de triángulo rectángulo. Además, esta especie presenta un cambio de grosor a lo largo de la trompa ya que ésta, en lugar de ser de anchura constante, se hace progresivamente más delgada desde la inserción de las antenas hasta el final.

1.2 Ciclo Vital

Los gorgojos son insectos univoltinos, es decir, tienen una sola generación por año. Son también holometábolos, por lo que a lo largo de su vida pasan por varias etapas: huevo, larva, pupa y adulto. Aunque a continuación veremos una descripción detallada de cada una, de forma gene-

ral puede decirse que los adultos emergen a la superficie desde unas celdas subterráneas en las que pasan varios meses en forma de larva. Durante todo ese tiempo las larvas se encuentran en un estado de reposo conocido como diapausa, la fase de pupa es una etapa de transición que dura sólo unos pocos días y tiene lugar poco antes de la transformación en adulto. Los adultos realizan las puestas en las semillas donde las larvas completan su desarrollo durante el verano-otoño, dependiendo de las especies, una vez terminado éste las larvas se entierran para comenzar de nuevo el ciclo (ver Fig. 5).

1.2.1 Emergencia de los adultos

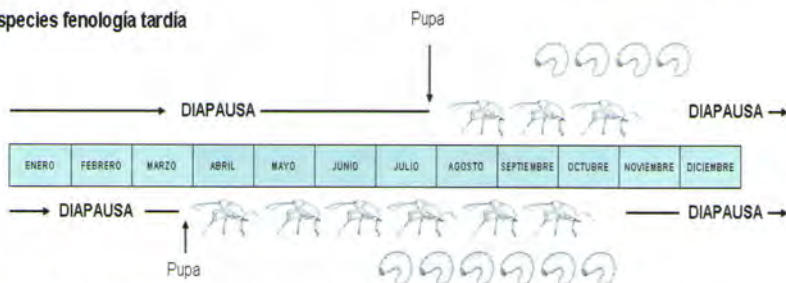
En relación a la época del año en que tiene lugar la emergencia de los adultos encontramos dos grandes grupos de gorgojos: los que podríamos llamar vulgarmente “gorgojos de primavera” y los “gorgojos de verano”. En el primer grupo tenemos a cuatro de las cinco especies (*C. glandium*, *C. venosus*, *C. pellitus* y *C. nucum*), y en el segundo a *C. elephas*. En todas las especies el insecto pasa el invierno enterrado en forma de larva, pupando poco antes de la emergencia como adulto. En los “gorgojos de primavera” los adultos emergen con las lluvias a lo largo de los meses de abril y mayo. En el caso de *C. elephas*, por el contrario, la emergencia tiene lugar a finales de verano o principios del otoño. Al menos en esta especie sabemos que la emergencia está fuertemente ligada a las lluvias que reblandecen el suelo y permiten que el adulto pueda emerger, evitando quedar atrapado en su celda subterránea y morir. De hecho, se ha comprobado que la imposibilidad de emerger puede ser una de las principales causas de mortalidad en estos insectos en años de fuerte sequía estival. De acuerdo con nuestros propios datos y con los de otros autores, es evidente que las tormentas veraniegas propias de las áreas mediterráneas juegan un papel esencial; el que llueva o no a finales de verano y cuándo lo haga va a determinar el número de adultos que emerjan y cuándo van a estar presentes en los árboles.

1.2.2 Fase adulta previa a la puesta

Esta fase comprende el lapso de tiempo transcurrido desde la emergencia de los adultos hasta la puesta de los huevos en las semillas, tras la cual los adultos mueren (ver Fig. 6). Como se puede deducir del apartado anterior, la fase adulta tiene una duración variable entre especies. En



Especies fenología tardía



Especies fenología temprana

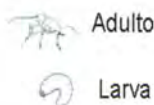


Fig. 5.- Ciclo vital de las especies de *Curculio* teniendo en cuenta los diferentes patrones fenológicos (especies tempranas y tardías). La figura muestra los principales hitos del ciclo, en qué meses es posible encontrar adultos o larvas y la duración de la diapausa. Dentro de la fenología temprana puede haber variaciones entre especies.

aquellas que emergen en primavera dura varios meses (ver Fig. 5), ya que los frutos en los que tienen que hacer la puesta están crecidos para el verano/otoño, dependiendo de la especie de árbol. En este caso los adultos tienen que pasar la primavera y el verano en la frondosidad de las copas de los árboles, donde se alimentan de brotes frescos, hojas y otras partes carnosas. También pueden alimentarse en sauces, majuelos y otras plantas, siempre que éstas se encuentren cerca de los árboles donde luego realizarán las puestas (robles, encinas, castaños, avellanos etc.). Algunos autores mantienen que durante esta fase de adulto la presencia de los gorgojos es bastante discreta, limitándose a salir para alimentarse y refugiándose posteriormente en recovecos como las grietas de las cortezas de los árboles.

Aunque los adultos pueden volar, cuando emergen suben a los árboles generalmente caminando y, tal como hemos comprobado, un buen número de ellos utilizan el tronco del árbol para ascender hasta la copa. La movilidad de los adultos dentro del bosque es posiblemente reducida ya que, aunque poseen un par de alas funcionales debajo de los élitros, no parece que hagan grandes desplazamientos en vuelo. Lo probable es que



Fig. 6.- Hembra adulta de *Curculio elephas*.

la mayor parte de su vida transcurra en el árbol bajo el que han emergido o en los adyacentes. Muestreos de captura-recaptura en castañares han mostrado que la mayor parte de los desplazamientos se dan entre árboles cercanos y que no hay prácticamente ninguna recuperación a más de 200 metros. De acuerdo con nuestros propios datos en encinares adehesados, es posible que dicha información se ajuste bastante a lo que ocurre en condiciones naturales. Una evidencia indirecta de ello que hemos registrado es que la tasa de infestación (proporción de bellotas atacadas del total de la cosecha) de los árboles aislados está bastante relacionada con el número de adultos que emergen bajo su propia copa, indicando pues una importancia menor de la llegada de individuos en dispersión procedentes de otros árboles.

1.2.3 Puesta de huevos

Una vez en los árboles, y cuando ya hay semillas disponibles, tiene lugar la puesta. Después de la cópula la hembra elige una semilla y comienza a perforarla con su rostro especializado ("la trompa"). La perforación es una actividad bastante costosa para estos pequeños insectos, que pueden invertir en ello de 30 a 60 minutos según nuestras observaciones. La hembra se yergue sobre sus patas delanteras y coloca la trompa en posición vertical, comenzando entonces a girar sobre sí misma y, poco a poco, a modo de tornillo, va perforando la cubierta de la semilla



hundiendo en ella el rostro hasta el punto de inserción de las antenas (Fig. 7). Una vez que ha realizado la perforación saca la trompa, se da la vuelta y con el ovíscapo comienza a palpar la semilla hasta que encuentra el orificio. En ese momento introduce el ovíscapo a través del agujero de puesta (Fig. 8) y deposita en el interior de la semilla un huevo (Fig. 9). En condiciones naturales las hembras de *Curculio* ponen generalmente un solo huevo por semilla, aunque en ocasiones puedan poner alguno más (dos o tres). En *C. elephas* este patrón se ha observado en diferentes estudios, tanto en castañas como en bellotas; sólo cuando se han llevado a cabo estudios en cautividad, en los que se les ha limitado el número de semillas disponibles, aumentan el tamaño de puesta. Por otro lado, nuestros datos de campo para *C. glandium* apuntan a un comportamiento similar.

Al menos en el caso de *C. elephas* se sabe que la hembra no deposita ninguna feromona para evitar que otra hembra realice la puesta en la misma semilla, con lo que a veces ocurre que varias larvas no hermanas se desarrollan juntas. La fecundidad potencial total de estos coleópteros no es muy elevada (alrededor de 40 huevos), especialmente si la comparamos con otros insectos. El poner un solo huevo por semilla se ha explicado como una estrategia de la hembra para optimizar su eficacia biológica. Las larvas deben completar su desarrollo en una sola semilla, si ésta se sobrecarga con un número excesivo de huevos las larvas competirían entre sí por la comida y al final tendrán un tamaño menor, una menor pro-



Fig. 7.- Hembra de *Curculio* perforando una bellota. (Autor: Luis Arroyo).

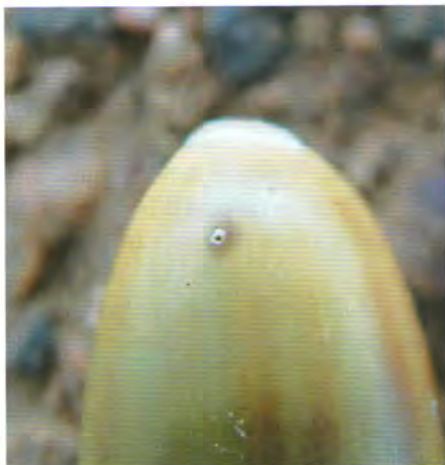


Fig.8.- Agujero de puesta realizado por la hembra en la cubierta de una bellota.

babilidad de supervivencia, menor fecundidad potencial futura, etc. No obstante, en muchas ocasiones las hembras realizan puestas de un solo huevo en semillas que podrían permitir el desarrollo óptimo de dos e incluso tres larvas. Esto puede ser debido a que nunca realizan una puesta al límite de la capacidad de carga de la semilla, quedando una cantidad de recurso extra que, por otro lado, puede reducir la competencia entre larvas en caso de que la semilla sea atacada por otra hembra.

En cuanto a la selección de semilla para la puesta por parte de las hembras, los resultados son dispares. En el caso de las castañas parece no haber selección en base al tamaño de las mismas. Sin embargo, nuestros



Fig. 9.- Corte transversal de una bellota, en el interior podemos ver un huevo de Curculio.



trabajos con *C. elephas* muestran que cuando en cautividad se les ofrecen bellotas de encina de tamaños muy diferentes, seleccionan las más grandes. No obstante, este tipo de escenario no es el habitual en el campo, en donde el tamaño de las bellotas dentro de cada árbol no varía tanto. En este sentido, nuestros datos con *C. elephas* y *C. glandium* muestran que, a partir de un umbral mínimo de tamaño de bellota, las bellotas atacadas y las no atacadas dentro de un mismo árbol no difieren en tamaño. Además, aparte del tamaño, hay otras características de la semilla que la pueden hacer más o menos apetecible para una hembra y sus futuras larvas. Sustancias como los taninos pueden hacer a una semilla más indigesta, y de hecho hay animales granívoros que las rechazan, sería interesante investigar el efecto de los taninos en la selección por parte de los gorgojos. En las castañas, por ejemplo, hay un porcentaje elevado en las que no ponen, lo que se ha achacado a las diferencias químicas, nutritivas, etc. que pueden existir entre semillas dentro de la misma especie y que provocan que no todas sean igualmente adecuadas para el desarrollo de las larvas. En el caso de los cultivos de avellana, en los que la cubierta de las diferentes variedades de semillas puede variar en grosor y dureza, se ha visto que los adultos de *C. nucum* atacan más fácilmente a las de cubiertas más débiles.

La presencia de otros insectos perforadores de las bellotas, como las orugas de polillas (Lepidoptera) del género *Cydia*, tiene también una gran importancia en la selección de semillas por parte de las hembras de gorgojo para realizar la puesta. Estas orugas depositan una feromona al entrar en la semilla que las hembras de gorgojo detectan, rechazando hacer la puesta en ese caso. En condiciones naturales se encuentran pocas bellotas que contengan simultáneamente larvas de *Cydia* y de *Curculio*, algo que tiene lugar cuando las orugas entran en bellotas en las que ya había larva de gorgojo.

1.2.4 Fase larvaria

Una vez eclosionan los huevos los gorgojos se alimentan de los cotiledones, que son las reservas que tienen las plántulas para su desarrollo durante las primeras fases de su vida y la única fuente de alimento de la que van a disponer las larvas. La duración del desarrollo larvario es variable y, como en la mayoría de los insectos, es más rápido cuanto más alta sea la temperatura. Como muestra podemos decir que, en el caso de *C.*



Fig. 10.- Bellota partida por la mitad en la que se puede apreciar cómo la larva ha consumido por completo los cotiledones, dentro de la bellota sólo quedan los excrementos acumulados.



Fig. 11.- Bellota en la que se ve cómo la larva ha consumido los cotiledones sólo parcialmente. El ápice germinal y parte de los cotiledones alrededor han quedado intactos.

elephas, el tiempo que tarda en eclosionar el huevo son 5 días y el desarrollo de la larva dura unos 30 días.

El tener que desarrollarse dentro de una sola semilla le va a suponer a las larvas una serie de limitaciones, entre las cuales las más destacadas son las que el tamaño de la semilla impone a su crecimiento. En semillas pequeñas las larvas pueden comerse por completo los cotiledones (Fig. 10), lo que provoca que la larva salga con un tamaño corporal menor (Fig. 3). El tamaño corporal se considera, de manera general, una medida fiable de la eficacia biológica en los insectos. En el caso de los gorgojos un menor tamaño larvario disminuye la probabilidad de supervivencia a la diapausa, que son los meses de inactividad subterránea hasta que la larva se transforma en pupa. Por otro lado, el tamaño de larva y adulto están positivamente relacionados, y las hembras más grandes tienen una mayor fecundidad potencial. En semillas más grandes las larvas se desarrollan en condiciones de abundancia de alimento y su tamaño es significativamente mayor, abandonando a veces la semilla sin haberse comido los cotiledones por completo (Fig. 11). Nuestra propia experiencia con *C. elephas* sobre encinas nos ha mostrado que el tamaño de las larvas de una misma especie de gorgojo puede variar enormemente entre encinas. En las que tienen bellotas muy grandes el peso



de las larvas puede llegar casi a doblar al que se registra en las de bellotas pequeñas (Fig. 3).

Aparte del tamaño de la semilla, las larvas a veces sufren la competencia con otras larvas. En este contexto la intensidad de la competencia estará condicionada por el tamaño de semilla, de modo que semillas mayores permitirán el desarrollo de un mayor número de larvas sin limitaciones, aunque por encima de un determinado número de larvas pueden no existir semillas lo suficientemente grandes como para evitar la competencia.

1.2.5 Salida de la larva de la semilla y Diapausa

Cuando completan su desarrollo las larvas abandonan la semilla de la que se han alimentado. En muchas especies de árboles, como encinas, robles, alcornoques, avellanos, etc., la gran mayoría de las semillas atacadas caen del árbol antes que las no atacadas, por lo que la segunda parte del desarrollo de las larvas tiene lugar cuando la semilla está ya en el suelo. Para salir, las larvas perforan con sus mandíbulas la cubierta de las semillas y realizan un agujero característico fácilmente observable en el campo (Figs. 12 y 13). Una vez fuera, la larva comienza una actividad frenética para enterrarse lo antes posible, probablemente para evitar los riesgos de estar en superficie, como la depredación o la desecación. Esta última puede ser una causa importante de mortandad, ya que hemos observado que si a la larva se le impide enterrarse durante 48 horas o más, comienza a secarse y a la larga es incapaz de hacerlo. Enterrarse puede exigir un importante vigor corporal a estas larvas ápodas, que han de mover el cuerpo hacia los lados para ir creando un túnel. De hecho, se ha comprobado que el tamaño corporal tiene un papel importante en esta etapa, ya que las larvas de menor tamaño tienen más problemas y en ocasiones mueren sin conseguir enterrarse.

Las larvas se entierran a una profundidad de unos 15-20 cm, construyendo luego una celdilla subterránea donde entran en diapausa para permanecer así durante el invierno hasta que pupan. En los gorgojos la diapausa tiene una particularidad interesante, y es que puede durar de 1 a 4 años, algo que la ha hecho merecedora de varios estudios en profundidad, especialmente en el caso de *C. elephas*. La mayor parte de la descendencia de una hembra emergerá como adulto al año siguiente de enterrarse



Fig. 12.- Larva saliendo de la bellota tras completar su desarrollo.



Fig. 13.- Bellotas en el suelo. En algunas de ellas se puede observar el característico agujero que hacen las larvas en la cubierta cuando las abandonan al terminar el desarrollo.

como larva, pero algunos emergerán a los dos o incluso tres años. Este curioso fenómeno se ha explicado en el contexto de la impredecibilidad de las condiciones ambientales a las que se enfrentan estos animales. En la naturaleza las fluctuaciones interanuales en la cosecha de semillas en los bosques de encinas, robles, castaños o avellanos son muy marcadas, y en algunos años la producción de semillas es casi nula. Una hembra que se la juega “a tres cartas” tiene una mayor eficacia biológica ya que, aunque el primer año no haya alimento y la mayor parte de su descendencia muera sin haber podido reproducirse, todavía parte de sus hijos saldrá al segundo o al tercer año, en los que las condiciones pueden haber mejorado.

1.3 Interacciones con las plantas.

Los gorgojos establecen con las plantas lo que en Ecología se conoce como una interacción de antagonismo, es decir, ellos obtienen un beneficio al alimentarse de las plantas mientras que las plantas sufren los perjuicios de ser devoradas por adultos y larvas. Los efectos negativos de los adultos son leves y, aunque se alimentan sobre todo de brotes y hojas, no son defoliadores especialistas. Los adultos pueden también perforar las bellotas, castañas o avellanas con el fin de alimentarse pero, en comparación con las larvas, el efecto es muy pequeño.



Las larvas de gorgojo son las que verdaderamente tienen un impacto negativo considerable sobre la planta, ya que al alimentarse de las semillas reducen el potencial reproductivo de los árboles y, por tanto, su capacidad de regeneración. Las larvas de estos gorgojos son parásitos especialistas de las semillas. En muchas ocasiones se han registrado porcentajes de infestación realmente notables; en encinares del centro de la Península Ibérica hemos documentado tasas de infestación medios de alrededor del 50%. Es decir, la mitad de la cosecha de bellotas que una encina produce al año están frecuentemente atacadas por larvas de *C. elephas*. Pero, además, la infestación varía mucho entre pies, y puede incluso afectar a la práctica totalidad de la producción en algunos árboles (puntualmente se han encontrado encinas con el 100% de las bellotas atacadas, sobre todo en años lluviosos). Esto haría de los gorgojos del género *Curculio* los principales depredadores pre-dispersivos de bellotas, al infestarlas cuando están todavía en el árbol. En avellanas *C. nucum* es también el principal depredador, y en castaños comparte ese puesto con las orugas del género *Cydia*.

Las tasas de infestación pueden variar entre años dependiendo de diferentes factores. El factor principal es la producción de semillas, que en las Fagáceas suele fluctuar mucho de un año a otro (vecería). En los años de baja producción la disponibilidad de semillas para los gorgojos es muy baja y la gran mayoría son atacadas, pudiéndose llegar a porcentajes de infestación elevadísimos, por encima del 80%. En años de alta producción de semillas las tasas de infestación bajan comparativamente con los años poco productores. Esta variabilidad interanual se ha querido interpretar como un mecanismo de los árboles para limitar las poblaciones de insectos especialistas. Éstas se reducirían en los años de baja producción de manera que en los años de alta producción el número de insectos sería lo suficientemente bajo para ser saciados y permitir que quedasen muchas semillas sin atacar. Este mecanismo puede funcionar bien contra los gorgojos, aunque es difícil saber si el control de los insectos es la causa o, por el contrario, el patrón de producción de semillas se debe a causas meteorológicas o fisiológicas y el efecto sobre los insectos es una consecuencia. En cualquier caso, y como hemos comentado anteriormente, la estrategia de la diapausa a tiempo variable hace que las poblaciones de insectos nunca desaparezcan del todo. Aparte de la producción de semillas, la precipitación estival puede ser también un importante factor que

afecte a las tasas de infestación por gorgojos debido a que, tal como se comentó anteriormente, en los años de fuerte sequía la emergencia de adultos disminuye al no poder salir de sus celdas subterráneas.

Como hemos visto, para el árbol las larvas de gorgojo son parásitos que disminuyen su potencial reproductor. Sin embargo, para la bellota (que, en sentido estricto es un individuo potencial genéticamente diferente de la planta madre) las consecuencias de la infestación son distintas y más dramáticas en muchos casos. Para las bellotas las larvas son un parásito que consume una importante cantidad de sus reservas. En los estudios clásicos las semillas atacadas se consideraban muertas, es decir, inútiles de cara a la producción de plántulas. Sin embargo, recientemente se ha puesto de manifiesto que hay que tener en cuenta la morfología de la semilla y la cantidad de cotiledón consumido por el insecto. En el caso de las bellotas, por ejemplo, el ápice germinal (embrión) se encuentra en la punta de la misma, y lo mismo ocurre en castañas y avellanas. Las hembras adultas perforan la semilla por el otro extremo, y las larvas comienzan a alimentarse por ahí. Si en el transcurso de su alimentación llegan al ápice y lo devoran, la semilla habrá muerto. Sin embargo, si el ápice germinal no es depredado porque la larva completa su desarrollo antes de alcanzarlo, dejará parte de los cotiledones sin consumir, pudiendo la semilla germinar y producir una plántula (ver Fig. 11 - embrión no depredado en el ápice de la bellota). No obstante, hay que tener en cuenta que, aunque el ápice germinal no sea consumido, la pérdida de parte de los cotiledones irá en detrimento del tamaño de la plántula, que depende de las reservas de la semilla para crecer. Además, el agujero de salida de las larvas es una vía de entrada para hongos de diverso tipo que pueden acabar matando a la semilla (Fig. 13). A pesar de todo esto, hay que tener en consideración que una semilla atacada no es una semilla muerta, y esta capacidad de saciar al insecto dentro de la semilla, es decir, de producir tanto cotiledón que la larva tenga más que suficiente para crecer y deje parte para el desarrollo de la plántula, será mayor cuanto mayor sea el tamaño de la bellota (Fig. 14).

1.4 Interacciones de los gorgojos con otros animales

Las interacciones con otros animales que describiremos a continuación son principalmente antagónicas, pues los gorgojos son bien presas de



Fig. 14.- Imagen que revela la enorme variabilidad entre árboles en el tamaño de la bellota. Las bellotas de cada fila pertenecen al mismo árbol.

otros animales, bien hospedadores de parásitos. La naturaleza de estas interacciones varía dependiendo de la fase del ciclo vital del gorgojo.

De los adultos se sabe poco en este sentido, pero presumiblemente serán presas de pájaros, insectos o arácnidos. De las larvas se conoce más, y éstas se enfrentan a diversos enemigos naturales. Cuando la semilla cae prematuramente de los árboles, poco después de la puesta de la hembra, la larva aún tiene que pasar varios días dentro hasta completar su desarrollo. En esta fase en la que la semilla está en el suelo el riesgo de depredación por parte de animales que se alimentan de bellotas, como ungulados silvestres (ciervos, jabalíes, etc.) o domésticos (cerdos, ovejas, etc.), es elevado. Esta depredación por parte de animales herbívoros y granívoros es, en muchas ocasiones (p. ej. ungulados) accidental, debido a que no pueden distinguir entre las bellotas infestadas y no infestadas (Fig. 15).

Una vez fuera de las semillas, las larvas se encuentran expuestas a la depredación por parte de pájaros, arácnidos e insectos como las hormigas, etc., ya que su cuerpo cargado de grasas para pasar la diapausa constituye un “bocado exquisito”. Una vez enterradas, las larvas pueden ser atacadas por nemátodos (como se ha estudiado en *C. nucum*), que en ocasiones pueden ser abundantes y atacar a un buen porcentaje de los individuos. En sus celdas subterráneas también pueden ser depredadas por mamíferos insectívoros como los topes (*Talpa* sp.).

Otro importante depredador son los himenópteros parasitoides (familia Braconidae), insectos muy especializados que pueden llegar a tener una gran incidencia en las poblaciones de gorgojos. Para *C. elephas* se ha descrito una avispa que pone sus huevos dentro de la larva, utilizando su larguísimo ovíscapo especializado, cuando ésta está todavía dentro de la bellota. El huevo de la avispa eclosiona pero la larva no mata al gorgojo entonces, sino que permanece dentro hasta que la larva va a la celda subterránea. Una vez allí comienza a alimentarse dentro de su cuerpo y, al verano siguiente, en lugar de salir el gorgojo adulto, lo que emerge es una avispa ya desarrollada.

2ª PARTE: ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS Y MÉTODOS DE LUCHA

2.1 Estimación de pérdidas

Hasta la fecha la información básica que se ha utilizado para estimar las pérdidas provocadas por estos insectos han sido las tasas de infestación, es decir, la proporción de semillas atacadas respecto al total de las producidas. Generalmente, la manera de estimar estas pérdidas ha consistido en recoger un determinado número de semillas en un momento dado y estimar qué porcentaje de ellas estaban atacadas por gorgojos. Sin embargo, nosotros consideramos que este método plantea una serie de problemas y siempre que se pueda se debe adoptar el uso de trampas de semillas, que ofrece una medida mucho más fiable. Las trampas de semillas son colectores que se colocan debajo de la copa de los árboles, bien colgados de las ramas o bien anclados al suelo. Nuestro grupo utiliza cubos de plástico tipo maceta de 40 a 50 cm de diámetro y 50 cm de profundidad que son colgados con alambre de las ramas bajas de las encinas (Fig. 16). El número de cubos que se cuelga debajo de cada árbol es variable, y depende de la superficie de la copa del árbol (calculada considerando circular y tomando tres medidas al azar de su diámetro); es suficiente con colocar un número de trampas que cubra entre un 1 y un 2% de la copa, dado el tamaño variable de las encinas el número total que se suele colocar es entre 3 y 10.

La principal ventaja que ofrecen las trampas de semillas es que van colectando todas las semillas a lo largo de la temporada. Las semillas, en



el caso de encinas, robles y avellanas, por ejemplo, no caen todas en un mismo momento. En el caso de las bellotas de encina, que hemos estudiado más a fondo, comienzan a caer en septiembre y terminan en diciembre-enero. Según van cayendo, muchas son depredadas por mamíferos y aves con lo que, si medimos sólo sobre lo que vemos en el suelo en un momento puntual (p. ej. Noviembre) nos estamos perdiendo todo lo que ha ocurrido antes y podemos hacer una estimación errónea de las tasas de infestación. Es más, tal como hemos visto anteriormente, las semillas atacadas por *Curculio* caen prematuramente y sabemos que en muchas ocasiones son depredadas por otros animales. Por lo tanto, si medimos las tasas de infestación con lo que observamos en noviembre, subestimaremos la tasa de infestación. Por ello, como norma, la trampa de semillas debería adoptarse como la metodología estándar para medir las tasas de infestación por insectos. Además, estas trampas son muy útiles también para hacer una estima correcta de la producción de semillas de cada árbol. Si, por cualquier motivo, no se pudiesen utilizar trampas de semillas y se optase por recoger las semillas del suelo, deberían hacerse varias recogidas de semillas a lo largo de la temporada, preferiblemente en unas superficies delimitadas a priori, y analizar al final de manera conjunta todas las semillas colectadas en ellas.

Otro punto importante es conocer la incidencia real de la infestación por estos gorgojos. Es cierto que la tasa de infestación da una imagen veraz de las pérdidas en frutos secos destinados para el consumo huma-



Fig. 15.- Grupo de ciervos alimentándose en la Raña del Parque Nacional de Cabañeros. En muchas zonas de la Península ibérica las bellotas constituyen uno de los principales recursos tróficos durante el otoño-invierno.

no. Evidentemente, una avellana o una castaña atacada por una larva carecen de valor comercial y deben ser desechadas. Sin embargo, en el caso de las bellotas destinadas a la alimentación del ganado porcino, por ejemplo, el impacto real puede ser diferente. Una bellota atacada por gorgojos carece del mismo valor nutricional para el cerdo que una bellota sana, ya que la larva ha consumido una parte importante del cotiledón. Sin embargo, en las dehesas ibéricas, donde las bellotas tienen un tamaño grande por lo general, es probable que el porcentaje de cotiledón que queda al final en las bellotas atacadas sea notable y aprovechable para la alimentación del ganado ya que, según nuestras observaciones, al menos los grandes ungulados silvestres (jabalíes y ciervos, principalmente) consumen este tipo de bellotas a igual frecuencia que las bellotas sanas. En este sentido, es importante confirmar con estudios de campo que los cerdos también las consumen. Por lo que se sabe hasta ahora, las bellotas infestadas son consumidas de forma abundante al principio de la temporada (septiembre y octubre) cuando no hay bellotas no atacadas en el suelo. Una vez que comienzan a caer las bellotas sanas los cerdos las seleccionan preferentemente. Finalmente, cuando sólo quedan atacadas pueden llegar a consumirlas si existe poco alimento en el entorno (esto último es menos frecuente). Creemos que es más posible que rechacen aquellas de las que ya ha salido la larva (Fig. 13) pero hay que tener en cuenta que al menos durante unos 20 días la larva permanece dentro de la bellota (esto es más frecuente al principio de la temporada) y su pre-



Fig. 16.- Trampa de semillas colgada de las ramas de un árbol.



sencia pasa más inadvertida, detectándose sólo por el agujero de puesta de la hembra (Fig. 8). Un método que hemos utilizado para estimar la biomasa real de cotiledón perdida ha sido calcular el peso teórico de la bellota si no hubiese sido atacada a partir de su longitud y anchura y restar posteriormente el peso real de la misma una vez que la larva la ha abandonado. Sin embargo, nos damos cuenta de que este procedimiento es poco práctico para la escala a la que trabajan los gestores de fincas. Un método alternativo sería llenar unos recipientes (p. ej: cubos de 20 cm de lado) de bellotas sanas y pesarlas, y a continuación llenarlos en varios puntos de la finca con bellotas con gorgojo para poder así estimar la pérdida de biomasa.

2.2 Métodos de lucha

La lucha contra las plagas en las últimas décadas ha pasado del uso generalizado de los métodos químicos a la práctica de la comúnmente conocida como “lucha biológica”. Ésta última se basa en un conocimiento más profundo de la biología de las especies plaga, para así identificar aquellas fases en las que son más vulnerables a las condiciones ambientales, enemigos naturales, etc., y aprovechar para actuar contra ellas de forma eficaz.

2.2.1 Métodos químicos

Este tipo de métodos fueron los más utilizados hace décadas, no obstante muchos de los insecticidas de entonces ya no están disponibles porque su uso se ha suprimido. Entre los que todavía se utilizan se encuentra Carbaryl, que ha sido probado con éxito en plantaciones de Estados Unidos contra *Curculio caryae*. Este insecticida se suele aplicar sobre los troncos en el periodo en el que suben los adultos, no se aplica sobre hojas y ramas porque también mata a los enemigos potenciales del gorgojo, lo que a la larga puede beneficiar a la plaga. En este sentido en España se ha actuado con formulaciones standart y patentadas por la casa FAESAL, de La Albuera (Badajoz), con tratamientos generalizados en avión y resultados muy satisfactorios. En estos casos se recomendaba el tratamiento cuando la producción superaba los 350 kg de materia seca de bellotas/ha y la infección de bellotas se situaba por encima de 40% de media. En cualquier caso es importante señalar que también para el uso de medios químicos de lucha es necesario conocer bien la biología del

insecto. De hecho, de no hacerse así, se corre el riesgo de aplicar los tratamientos incluso antes de la emergencia de los adultos o cuando su número es bajo. Además, la emergencia de los adultos es progresiva, lo que obliga a repetir el tratamiento en más de una ocasión.

2.2.2 Métodos de intercepción directa

Los adultos pueden ser interceptados al emerger de las celdas subterráneas. Existen dos tipos fundamentales de trampas:

- Conos: se trata de conos invertidos que se colocan sobre la superficie del suelo con un vaso de plástico acoplado a la punta. Al emerger, los adultos trepan por las paredes del cono y van a dar al vaso, donde quedan atrapados. Debido al fuerte geotropismo negativo (es decir, el fuerte instinto que tienen a subir) no intentan bajar de nuevo cuando están atrapados, pudiendo ser fácilmente retirados del vaso.
- Trampas de tronco: consisten en dos palos clavados en forma de “V” que se rodean de tela mosquitera, en la parte en la que se juntan los palos se coloca un embudo con su correspondiente vaso en la salida estrecha. La estructura de madera se clava al tronco de manera que el embudo y el vaso queden arriba y la tela caiga a lo largo del tronco hacia abajo. Los gorgojos adultos, al subir trepando, se introducen en la tela y acaben llegando al cono para quedar finalmente atrapados en el vaso (Fig. 17).

Estos dos métodos son muy efectivos capturando adultos. Sin embargo, consideramos que su uso a gran escala con el fin de controlar las poblaciones de estos insectos puede ser costoso y poco práctico. Pensamos que es más efectivo como método para estimar la emergencia de adultos, de cara a hacer comparaciones entre años, estudiar la fenología de emergencia de los gorgojos, etc.

- Trampas para gorgojos en fase larvaria: Las larvas, sin embargo, pueden ser fácilmente interceptadas al salir de las semillas si se les impide que se entierren. Para ello se coloca debajo de los árboles una malla mosquitera (del tipo de las que se utilizan en los olivos) cubriendo toda la sombra de la copa del árbol, que es donde caen las semillas. De esta manera las larvas no pueden enterrarse y quedan en la superficie, donde serán depredadas por pájaros, insectos etc. o morirán por dese-



Fig. 17.- Trampa de captura de adultos fijada al tronco de una encina.

cación. Esta es una manera efectiva de controlar el número de gorgojos, aunque, una vez más, es posible que su uso sea más eficaz en explotaciones de pequeño tamaño, ya que cubrir decenas o centenares de árboles con tela mosquitera puede ser poco práctico, aunque la decisión final dependerá del gestor de la finca en virtud de los costes y beneficios.

Los medios de intercepción directa pueden tener una efectividad limitada, no obstante, habría que señalar aquí algunos métodos tradicionales que podrían ser útiles, especialmente en la fase de larva. Concretamente el laboreo de la tierra bajo la copa de las encinas podría tener consecuencias negativas para las larvas enterradas bajo el árbol ya que, una vez desenterradas (recordemos que suelen hacerlo a 15-20 cm, donde todavía llega el arado) es posible que tuviesen difícil el volverlo a hacer, especialmente durante el invierno. Antiguamente, al menos en el caso de las dehesas de encinas, el arado era más frecuente que ahora, no obstante, este tipo de tratamiento se sigue haciendo. De cara al futuro sería interesante plantear estudios comparando zonas aradas frente a zonas control de manera que se pudiese cuantificar su efectividad como método de control de plagas.

2.2.3 Lucha biológica

-Nemátodos: El uso de nemátodos como método de control es algo que se viene haciendo desde hace varias décadas y que ha demostrado su efi-

cacia en la lucha contra las plagas de frutales y otras plantas de interés económico. En el caso de los gorgojos de la Península Ibérica las pruebas se han realizado principalmente para combatir a *C. nucum* (plaga de la avellana). Los nemátodos viven en el suelo de manera natural y las fases juveniles de algunas especies parásitas se introducen en el cuerpo de larvas de insectos. Una vez dentro, los nemátodos crecen y se reproducen alimentándose de ella, por lo que la larva acaba muriendo. *C. nucum* sufre de manera natural la depredación por nemátodos y la lucha contra esta plaga consiste en inocular en los campos de avellanas nemátodos del suelo cerca de la base de los árboles de manera que puedan llegar a reducir el número de estos gorgojos. En el caso de los castañares todavía no se ha utilizado este método de control, aunque ya han sido identificadas varias especies de nemátodos que atacan a las larvas de *Curculio elephas* de forma natural. En los *Quercus* no se ha estudiado aún en el ámbito del control de plagas, no obstante, al compartir estos árboles depredadores con los castaños (p. ej. el propio *Curculio elephas*) parece claro que este método no debe descartarse para el futuro.

-Himenópteros parásitos: Como hemos comentado anteriormente las larvas de gorgojo son frecuentemente parasitadas por himenópteros que se desarrollan en su interior produciéndoles la muerte. Actualmente el conocimiento acerca de estos parasitoides se encuentra en su fase inicial. Fernández-Carrillo y Fernández-Carrillo han descrito el ciclo de *Schizoprymnus longiseta* y han demostrado que su incidencia es elevada en poblaciones naturales de los Montes de Toledo. Si bien potencialmente podrían utilizarse como método de control en zonas de plaga (como se ha hecho con otros parasitoides en el caso de la mosca de los cítricos *Ceratitis capitata*) hasta ahora este tema no se ha abordado. Sería útil profundizar en el estudio de dicho sistema para llegar a averiguar si este parasitoide (u otros similares) podrían ser introducidos en campos que presenten altas tasas de infestación y comprobar su capacidad de control de las poblaciones de gorgojo.

-Depredación por grandes herbívoros: Aquí presentamos una metodología de control un tanto heterodoxa pero cuya eficacia creemos que puede ser muy elevada. Como hemos comentado anteriormente, los gorgojos sufren una elevada depredación por parte de grandes ungulados en condiciones naturales, que consumen las semillas en el suelo antes de que



las larvas las hayan abandonado. Por otro lado, las semillas infestadas (p. ej. bellotas o avellanas) caen del árbol prematuramente, antes que las sanas. Este periodo de caída prematura de semillas atacadas puede ser clave para el control de las poblaciones de los insectos mediante la depredación por herbívoros. En ese momento podrían introducirse en los campos herbívoros de amplio espectro trófico (como cabras u ovejas) que depredarán las bellotas infestadas con el consiguiente impacto negativo para los gorgojos. Nuestros datos en dehesas de encinas demuestran que esta metodología puede ser efectiva. Comparando zonas con ungulados silvestres (ciervos y jabalíes) frente a otras en las que estos animales fueron excluidos comprobamos que la depredación de larvas de gorgojos por los ungulados fue mucho mayor en las primeras. La depredación sobre los insectos se tradujo al año siguiente en una menor tasa de infestación en las zonas con fuerte presencia de ungulados.

En algunas fincas se conoce y se ha utilizado la depredación por ungulados domésticos como método de control. Por un lado mediante la depredación de las bellotas infestadas por parte de los propios cerdos, facilitándose en este caso la depredación mediante el vareo cuando las bellotas están todavía verdes, vareo que hará caer preferentemente las infestadas. No obstante, el uso del vareo no es muy recomendable, ya que daña los brotes y puede tener consecuencias negativas en la producción futura de bellotas. Las cabras y ovejas también han sido utilizadas, sólo que introduciéndolas después de que abandonan las fincas los cerdos, para depredar sobre la bellota infestada que queda al final de la temporada. El método que proponemos sería similar, con la salvedad de que las cabras y ovejas deberían introducirse desde principios de septiembre hasta la caída de la bellota sana (a mediados de octubre). Es en este periodo cuando hay una mayor cantidad de larvas en las bellotas del suelo y cuando su impacto negativo sobre los gorgojos puede ser potencialmente mayor.

Otro punto que habría que tener en cuenta es que, durante su presencia en los campos, cabras y ovejas no puedan acceder a las bellotas sanas en el árbol. En este sentido el encinar, donde los árboles son de gran porte generalmente, no plantea problemas. En los avellanares, por el contrario, habría que estudiarlo más a fondo, dado el pequeño tamaño de este árbol. Es necesario también saber realmente la magnitud de la depredación

sobre bellotas infestadas por parte de la cabaña ovina o caprina de la finca en cuestión, ya que si no es muy intensa es posible que el efecto sobre los gorgojos sea casi imperceptible. Esto es importante ya que, si bien utilizar el ganado de la propia finca podría ser factible, los costes de traerlo de fuera serían tan grandes que el método no sería rentable económicamente. Por otro lado, habría que comprobar de forma directa que el consumo por parte de ovejas y cabras de bellotas infestadas caídas prematuramente no tiene consecuencias negativas. Es importante señalar esto, ya que antes de madurar el contenido de taninos de las bellotas es mayor, y esto las hace bastante indigestas.

RESUMEN

-Los gorgojos del género *Curculio* (Coleoptera; Curculionidae) son los principales depredadores de las semillas de las Fagáceas en las zonas templadas del planeta (Eurasia, Norteamérica). En la Península ibérica y Baleares se pueden encontrar cinco especies: *C. elephas*, *C. glandium*, *C. pellitus*, *C. venosus* y *C. nucum*. La familia de las Fagáceas incluye a varias especies de árboles de interés agropecuario, como el castaño, la encina, los robles, el avellano etc. cuyas cosechas pueden sufrir pérdidas muy considerables como consecuencia del ataque de estos insectos.

-Los gorgojos adultos poseen un largo rostro especializado ("la trompa") con el que se alimentan de brotes y semillas, y que también utilizan para hacer el agujero por el cual introducen al oviscapto para hacer la puesta. En general ponen un huevo por semilla y las semillas donde las larvas completan su desarrollo son abortadas prematuramente. El daño provocado por los adultos es mínimo en comparación con el que producen las larvas, que se desarrollan dentro de las semillas a expensas de los cotiledones.

-Existen dos grupos principales de gorgojos en base a su fenología y ecología. Por un lado está *C. elephas*, cuyos adultos emergen a finales de verano, muy condicionados por las tormentas, y por otro el resto de las especies, que emergen en primavera. La fenología va a determinar en cierta medida su hábitat y distribución en la Península. El segundo grupo precisa de zonas más frescas para alimentarse en verano mientras que *C. elephas* es con frecuencia la única especie presente en zonas de fuerte sequía estival.



-La puesta se realiza en verano-otoño, cuando las semillas están disponibles. Las tasas de infestación (proporción de la cosecha atacada) varían entre árboles y localidades y años (media 50%), en general son menores en los años de alta producción (saciado cosechas abundantes). También existe un saciado a escala de semilla, ya que las semillas grandes pueden sobrevivir al ataque si la larva la abandona tras acabar su desarrollo dejando parte de los cotiledones sin consumir y el embrión (en la región apical de la semilla) intacto.

-Los gorgojos tienen numerosos enemigos naturales, sobre todo las larvas. Entre ellos destacan los mamíferos y aves insectívoros y, por encima de éstos, los parasitoides himenópteros, pequeñas avispas que en su fase larvaria devoran a las larvas de gorgojo. También se ha puesto de manifiesto el tremendo impacto de la depredación accidental por parte de grandes herbívoros cuando éstos consumen las bellotas abortadas prematuramente con larvas en su interior.

-En cuanto a la estimación de los daños proponemos que se generalice el uso de las trampas de semillas, muy poco utilizadas hasta ahora y fundamentales de cara a obtener medidas realistas de tasas de infestación. Estas trampas registran los propágulos que caen de los árboles a lo largo de toda la temporada y corrigen los errores de estimar las tasas en base a una muestra tomada en el suelo en un momento dado, muestra de la que pueden haber desaparecido o faltar por caer aún un buen número de semillas.

-De cara al control de las poblaciones de estos insectos se proponen diversos métodos:

A) La lucha mediante insecticidas químicos: bastante abandonada en la actualidad debido a la desaparición de algunos productos utilizados en el pasado y a la dificultad de aplicarlos en el campo de manera eficaz. B) Los medios mecánicos de intercepción: complicados de implementar de manera efectiva en grandes fincas, sobre todo en lo que a trampas se refiere. No obstante, es importante señalar aquí que el arado de las zonas bajo la copa del árbol durante el invierno podría tener potencialmente buenos resultados contra las larvas. C) La lucha biológica: Aún en sus fases iniciales de desarrollo. La utilización de nemátodos, enemigos naturales de las larvas enterradas, parece la más eficaz por el momento. Esta

metodología se está utilizando en avellanos, está comenzando en castaños y podría incorporarse en un futuro a las dehesas de encinas. Por otro lado se conocen otros enemigos naturales, como los himenópteros parasitoides, aunque hasta ahora no se les ha utilizado como agente biológico de control. También se sugiere un método algo heterodoxo pero potencialmente eficaz, aunque queda mucho por investigar antes de poder aplicarlo, concretamente el incremento artificial de las tasas de depredación de larvas por grandes herbívoros domésticos, que podría ser implementado en algunas explotaciones agropecuarias.

-Este trabajo pone de manifiesto la utilidad del estudio de la ecología de los insectos plaga de cara a conocer bien su distribución, fenología, ciclo vital etc.. Sólo así es posible estimar correctamente los daños producidos y diseñar medidas eficaces de control.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a D. Franciso M. Vázquez, Grupo HABITAT Centro de Investigación Agraria La Orden-Valdesequera (Junta de Extremadura-Badajoz) por la lectura crítica de una versión preliminar del manuscrito y por la información útil que nos ha proporcionado sobre varios asuntos, destacando todo lo concerniente al control de plagas en explotaciones agropecuarias. Las charlas con el Profesor Fernando García del Pino (Departamento de Zoología, Universitat Autònoma de Barcelona) también han sido tremendamente enriquecedoras para conocer las interacciones de *Curculio nucum* con los avellanos.

Agradecemos a D. José Jiménez García-Herrera el permiso para trabajar en Cabañeros durante su periodo de Director del Parque Nacional y al Ayuntamiento de Huecas (Toledo) la autorización para investigar en su Término Municipal. Buena parte de este trabajo se ha desarrollado en el Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha (Campus de Toledo) a través de la colaboración con el Dr. José Luis Yela, profesor de la Facultad de Ciencias Ambientales, dentro del marco del Proyecto FEDER 41 (Fondo Social Europeo) vinculado a dicho Centro de Investigación.

Los proyectos que han financiado nuestras investigaciones han sido: REN2003-07048/GLO del Ministerio de Ciencia y Tecnología, CSD2008-



00040 (CONSOLIDER) del Ministerio de Ciencia e Innovación, 096/2002 del Ministerio de Medio Ambiente, PAC-02-008 y PII1C09-0256-9052 Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. En este último, titulado “Consecuencias del aislamiento sobre la variabilidad genética y la eficacia biológica del arbolado y las poblaciones de insectos asociadas” y financiado por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, nos encontramos trabajando en la actualidad.

Esta publicación ha sido posible gracias al proyecto RTA2007-00066-C02-00 financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, el INIA, La junta de Extremadura y los fondos FEDER.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

-ADN: Iniciales del Ácido Desoxirribonucleico, tiene una estructura de doble hélice. Se encuentra en los cromosomas y contiene la información genética (ver también "Gen").

-Agallas: En este contexto el término se refiere a las protuberancias que se forman en hojas, tallos, flores y frutos de los árboles como consecuencia del crecimiento desproporcionado de los tejidos debida al ataque de insectos (p. ej. himenópteros, dípteros), ataque que provoca una inusual tasa de multiplicación celular.

-Ápice germinal: Con este término nos referimos en el texto a la zona de la semilla a partir de la cual surge la raíz al germinar, y que si es depredada provoca la muerte de la semilla. Tanto en bellotas, avellanas como en castañas se encuentra ocupando una pequeña zona del extremo apical de las mismas (ver Fig. 11).

-Coleoptera: Orden hiperdiverso de insectos que cuenta con el mayor número de especies del Reino Animal. Dentro de este grupo encontramos a todos esos insectos que reciben nombres comunes como escarabajos, gorgojos, etc. Los gorgojos de las bellotas, castañas y avellanas pertenecerían a la familia de coleópteros Curculionidae y dentro de ésta al género Curculio.

-Cotiledones: Ocupan la mayor parte de bellotas, castañas y avellanas (en realidad todo salvo el ápice germinal). Contienen las sustancias de reserva que va a utilizar la plántula durante su desarrollo y es también de lo que se alimentan las larvas de Curculio.

-Depredadores Pre-dispersivos de semillas: Son aquellos que atacan a las semillas en el árbol, antes de que caigan al suelo de forma natural.

-Élitros: Algo que caracteriza a los coleópteros es que tienen dos pares de alas. Las internas son funcionales y les permiten volar (aunque hay también especies no voladoras). Los élitros son el par externo de alas, que se ha endurecido adquiriendo una función protectora como cubierta externa (ver Fig. 2). Antes de comenzar el vuelo los élitros se separan para permitir la salida de las alas funcionales.

-Gen: Fragmento de ADN que contiene la información genética para formar una proteína, enzima, contribuir a la formación y funcionamiento



de órganos etc. Están formados por una sucesión de bases nitrogenadas (Adenina, Timina, Guanina y Citosina). Esta secuencia de bases varía entre especies, por lo tanto la comparación de las secuencias de varios individuos permite saber cuales de ellos pertenecen a la misma especie y cuales no (Fig. 4), lo cual es muy útil para la determinación en aquellos casos en los que no hay diferencias morfológicas externas aparentes (como es el caso de las larvas de estos gorgojos).

-Genitalia: Se conoce por este nombre a los órganos implicados en la cópula.

-Himenópteros: Orden de insectos en el que se encuentran las avispas. Muchos himenópteros son parasitoides cuyas larvas se alimentan de las larvas y adultos de otros insectos.

-Oviscapto: Tubo situado al final del abdomen, en la parte posterior del cuerpo. A través de él la hembra deposita los huevos (Fig. 2).

-Pupa: Fase del ciclo vital de los insectos holometábolos. Es una etapa intermedia entre la larva y el adulto. En el caso de los gorgojos del género *Curculio* es breve y ocurre bajo tierra. La pupa tiene el aspecto de un adulto a medio desarrollar de color blanquecino.

-Rostro: Es la característica “trompa” de los gorgojos. Al final de la misma se encuentran las mandíbulas dispuestas verticalmente (ver Fig. 2).

-Tasa de infestación: Medida de la incidencia del ataque a las cosechas por parte de los gorgojos. Se calcula como el porcentaje de semillas atacadas sobre el total producidas. Se puede calcular a diferentes escalas, tasa de infestación de un árbol, de una finca etc...

BIBLIOGRAFÍA

En Español

- Bonal, R. (2005) Consecuencias sobre la eficacia biológica de las interacciones entre la encina *Quercus ilex*, y un depredador especialista de sus bellotas *Curculio elephas*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Fernández-Carrillo, J. L., Fernández-Carrillo, E. & Alonso-Zarazaga, M. A. 2002. Las especies del género *Curculio* (Coleoptera, Curculionidae) del Parque Nacional de Cabañeros. Comunicación al X Congreso Ibérico de Entomología. Zamora.
- Fernández-Carrillo J. L, Fernández-Carrillo E. & Moreno Marí J. 2004.- Parasitismo de *Schizoprymnus longiseta* (Hymenoptera, Braconidae) sobre "*Curculio elephas*" (Coleoptera, Curculionidae) en encinares de los Montes de Toledo, Ciudad Real (España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 35: 257-260.
- Jiménez, A., Soria, F. J., Villagrán, M. y Ocete, M. E. (2005). Descripción del ciclo biológico de *Curculio elephas* Gyllenhal (1836) (Coleoptera: Curculionidae) en un encinar del sur de España. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 31: 353-363.
- Picoaga, A. Abelleira y J.P. Mansilla. Primeros estudios de la diversidad y persistencia de nematodos entomopatógenos en suelos de castaño en Galicia. *Acta Horticulturae* 784, II Congreso Ibérico sobre la Castaña.
- Pulido, F. J. (1999). Herbivorismo y regeneración en la encina (*Quercus ilex*. L). Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. Cáceres.
- Pulido, F.J. and Díaz, M. (2002) Dinámica de la regeneración natural del arbolado de encina y alcornoque. En el libro: La gestión forestal de las dehesas (F.J. Pulido, P. Campos and G. Montero, eds): 39-62. IPROCOR, Mérida, Spain.
- Rupérez, A. (1957) La encina y sus tratamientos. Ediciones Selvícolas, Madrid, España.
- Soria, F. J., Cano, E. y Ocete, M. E. (1996) Efectos del ataque de fitófagos perforadores en el fruto de la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 22: 427-432.



CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid