

CICLO BIOLÓGICO Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTOR DE *BRUCHIDIUS RADDIANAE* ANTON & DELOBEL, 2003 (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) EN LA ACACIA SUDAFRICANA (*ACACIA KARROO* HAYNES) EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Rafael Yus Ramos¹ & Pedro Coello García²

¹ Urb. "El Jardín" nº 22, 29700 Vélez-Málaga (Málaga)

² C/ Milongas nº 7 (Camposoto), 11100 S. Fernando (Cádiz)

Resumen: *Bruchidius raddianae* Anton & Delobel, 2003 es una de las especies de brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) depredadores de semillas de acacias africanas, que recientemente fue hallada en el sur de la Península Ibérica desarrollándose sobre la acacia sudafricana (*Acacia karroo* Haynes). En el presente artículo damos a conocer el ciclo biológico del coleóptero en este arbusto y detalles sobre el comportamiento reproductor de esta especie, mostrando su potencial como plaga de las acacias y, desde otro punto de vista, como recurso para la lucha biológica en países donde estas plantas son especies invasivas.

Palabras clave: Coleoptera, Bruchidae, *Bruchidius raddianae*, acacia sudafricana, control biológico, especie invasiva, Península Ibérica.

Biological cycle and reproductive behaviour of *Bruchidius raddianae* Anton & Delobel, 2003 (Coleoptera: Bruchidae) on the South African acacia (*Acacia karroo* Haynes) in the Iberian Peninsula

Abstract: *Bruchidius raddianae* Anton & Delobel, 2003 is one of the numerous bruchid (Coleoptera: Bruchidae) pests which feed on the seeds of African acacias, and was recently found in the south of the Iberian Peninsula, developing on the South African acacia (*Acacia karroo* Hayne). In the present article we provide its life cycle on this shrub and data on the beetle's reproductory behavior, showing its potential as an acacia pest and, on the other hand, as a resource for biological control in countries where these plants are invasive species.

Key words: Coleoptera, Bruchidae, *Bruchidius raddianae*, African acacia, biological control, invasive species, Iberian Peninsula.

Introducción

Bruchidius raddianae es un coleóptero africano de la familia Bruchidae, del grupo *centromaculatus*, que fue creado por Anton y Delobel (2003) hace relativamente poco tiempo (Fig. 1-b,c). De distribución predominantemente norteafricana, en el año 2007 fue detectado por vez primera en Europa, al encontrarse en algunas localidades del sur de la Península Ibérica, momento en que describimos con detalle la morfología del imago y de todos sus estadios preimaginales (Yus y Coello, 2008). Dada su perfecta aclimatación en arbustos de la acacia sudafricana (*Acacia karroo* Haynes) presentes en el sur de la Península Ibérica (Fig. 2), consideramos de interés estudiar su ciclo biológico y comportamiento reproductor y así completar el conocimiento que disponemos hasta ahora sobre esta especie.

Dada la importancia económica y ecológica de la depredación de semillas por los brúquidos, es relevante el estudio de sus ciclos biológicos. Así, en el contexto de las especies del género *Acacia*, destacan los estudios de Ernst *et al.* (1990) con *Bruchidius uberatus* en las acacias de la sabana africana (*Acacia nilotica*), cuya depredación tiene efectos significativos sobre los usos tradicionales de este árbol para las poblaciones indígenas y el control de la erosión y desertización. En el caso de *B. raddianae*, su ciclo biológico fue recientemente estudiado en Túnez (Derbel *et al.*, 2007), si bien dicho estudio se ha realizado sobre la acacia parasol (*Acacia tortilis raddiana* (Hayne)), de donde este brúquido toma su nombre específico. En el presente artículo se aporta una descripción detallada del ciclo biológico de esta especie sobre otra especie de acacia (*Acacia karroo*) en el sur de la Península Ibérica, mostrando algunas diferencias respecto del estudio precedente, además de añadir

numerosas observaciones inéditas de tipo biológico.

La acacia sudafricana (*Acacia karroo*) es una acacia espinosa que ha sido importada en la Península Ibérica con fines ornamentales, pero más frecuentemente como seto vivo por su carácter fuertemente espinoso. En el sur de la Península Ibérica esta especie crece de manera espontánea en el medio natural, por lo que debe ser considerada como una planta invasiva (Castroviejo, 1999). En otros países del mundo, especialmente en Australia y Nueva Zelanda, la invasión de acacias exóticas, como la sudafricana, crea importantes distorsiones en el equilibrio natural y las especies autóctonas, lo que ha justificado complicados programas de lucha biológica que incluyen la importación de determinadas especies de brúquidos que mermen el éxito reproductivo de estos arbustos (ej. Syrett *et al.*, 1999; Palmer, 1999; Suasa *et al.*, 2004). En el caso de la acacia sudafricana, un informe del Gobierno de Queensland (2008) indicaba que hace unos años apenas se encontraban ejemplares de esta especie invasora pero que ahora se habían detectado importantes poblaciones en zonas semiáridas de Queensland (Australia), con ejemplares de hasta 12 m de altura y una producción media de 19.000 semillas, convirtiéndola en un arbusto invasivo extremadamente peligroso (plaga de clase 1), por su gran tolerancia, gran capacidad de reproducción (sus semillas son dispersadas por animales) y por la formación de matorrales espinosos impenetrables que impiden la coexistencia con plantas autóctonas. Aunque en nuestro país esta planta todavía no alcanza tal peligrosidad, el presente estudio aporta una nueva posibilidad de lucha biológica contra la acacia sudafricana en países donde esta planta es invasora y crea problemas ecológicos.

Material y métodos

Las observaciones de la biología de este insecto se realizaron en paralelo en dos localidades del sur de España (Fig. 2): Camino de Campano (Chiclana) en la provincia de Cádiz y Cerro La Viña (Torre del Mar, Málaga), desde el mes de julio del 2007 hasta el mismo mes del año 2008, en que se dio por cerrado el ciclo. Aunque las observaciones se realizaron directamente en el medio natural, fueron completadas con observaciones y experimentos controlados en condiciones de laboratorio a lo largo de todo el ciclo del insecto.

Para los estudios biológicos y las observaciones *in vitro* se recolectaron imagos vivos o recién emergidos y se introdujeron en una caja de plástico transparente agujereada, en cuya base se colocaba una hoja de papel de filtro que se humedecía ligeramente con agua destilada. Se añadía a la caja cabezuelas de flores de acacia (para reponerlas periódicamente, antes de que comenzaran a enmohecerse, se congelaba un buen lote de ellas) para alimentar a los adultos y vainas maduras para observar el comportamiento reproductivo y el proceso de entrada de la larva I a la semilla. Las observaciones se hacían directamente y en ocasiones bajo la lupa binocular estereoscópica. Las vainas infestadas se apartaban y se dejaban incubar, en condiciones de laboratorio, en cajas de Petri con una base de papel de filtro.

Para observar los diferentes estadios pre-imaginales endófitos se emplearon dos técnicas según el estado de madurez del fruto. Así, para observar las primeras larvas, cuando el fruto aún no estaba seco, se abrían vainas infestadas con una periodicidad quincenal durante el invierno y semanal durante el verano-otoño. Para observar la larva I, la más delicada de manipular por su pequeño tamaño, con la ayuda de un bisturí se cortaba transversalmente la vaina a un lado del círculo (no muy cerca porque podría dañar a la larva), sin llegar a seccionar totalmente la vaina. Luego se hacía lo mismo al otro lado y un corte transversal a ambas secciones por abajo. Con el bisturí se iba levantando capa a capa de la vaina siguiendo la trayectoria de la galería de entrada de la larva, como si fuesen páginas de un libro, hasta alcanzar el nivel en el que está la larva I. Para extraerla prestábamos un cuidado extremo pues son muy frágiles y se podían destruir fácilmente. En cambio, cuando la semilla ya estaba endurecida, estando la larva en su interior, se ponía ésta en remojo para reblandecer los tejidos y así poder acceder a las cámaras larvales y pupales con la ayuda de un bisturí.

Durante todo el proceso de seguimiento del ciclo biológico se tomaron anotaciones de las condiciones ambientales y se estudió paralelamente la fenología de la planta huésped. Igualmente se tomaron fotografías de los estadios pre-imaginales y de aspectos relacionados con su comportamiento. Para detalles de la morfología de todos los estadios de desarrollo de esta especie, consúltese nuestro anterior trabajo (Yus y Coello, 2008).

Características del medio

Dado que la especie objeto de este estudio y su planta huésped tienen una distribución normal en latitudes más bajas, es pertinente conocer las características climatológicas de las dos localidades de estudio. Así, Chiclana (Cádiz) es una localidad que se encuentra en una zona llana del litoral atlántico, con un clima intermedio entre el oceánico y el mediterráneo, registrando una temperatura media anual de

18 °C, que en verano es de 21,4 °C, no subiendo más de los 24,9°C, normalmente en agosto, y bajando a 11,5 °C en invierno; su situación litoral hace que la oscilación térmica anual no suba de los 11-12 °C; en cuanto a la pluviosidad anual, es moderada, en torno a los 520 mm, recibiendo las mayores lluvias (el 45%) durante el invierno, especialmente en diciembre (107 mm). En cuanto a Torre del Mar (Málaga) es una localidad situada en el litoral, con un clima claramente mediterráneo, algo más tórrida y seca que la localidad anterior, registrando una temperatura media anual de 19 °C, teniendo su temperatura máxima media en verano, con 24,1 °C, no subiendo más de 25,7 °C normalmente en agosto, y bajando a los 13,8 °C en invierno; su oscilación térmica anual no sube de los 9,9 °C, por su situación litoral; la pluviosidad anual es relativamente baja, con una media de 442 mm, recibiendo las mayores lluvias en invierno (el 54%), especialmente en enero o febrero (75 mm).

En resumen, ambas localidades presentan, con algunas diferencias, un clima suave, con una pluviosidad moderada, con inviernos suaves y veranos tórridos. Sin embargo, estos climas del sur de la Península Ibérica son mucho menos tórridos y más húmedos que el de otras localidades donde se encuentra esta especie. Por ejemplo, en Túnez, otra localidad mediterránea de latitudes más bajas, Derbel *et al.* (2007) realizaron el estudio de esta especie en el Parque Nacional de Bou Hedma, mostrando características climatológicas típicamente africanas, mucho más tórridas y secas, con una temperatura media que varía entre los 32 y 36°C en verano y 4 a 7°C en invierno, y una pluviosidad anual de tan sólo 303 mm. Sabemos que esta especie llega a desarrollarse en latitudes tan bajas como Sudán y Yemen, en localidades de clima tropical seco, por lo que su presencia en la Península Ibérica, bajo un clima templado nos señala una alta tolerancia de la especie, si bien es cierto que su presencia en estas localidades del sur de España obedece también a un clima benigno, no excesivamente húmedo y tórrido en los meses claves de su etapa reproductiva. No obstante, el hecho de que esta especie africana (junto a otras recientemente descubiertas en el sur de la Península Ibérica) no fueran detectadas hasta ahora, también podrían estar indicando cambios microclimáticos hacia un clima más africano, tal vez en el contexto del consabido cambio climático por efecto invernadero.

Plantas huéspedes

Como todos los brúquidos, *B. raddiana* es una especie endófito espermfaga en su fase pre-imaginal, mostrando preferencias por especies de la subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) (Tabla I). En efecto, esta especie ha sido obtenida a partir de semillas de diversas especies de *Acacia*, entre las que destaca *Acacia tortilis* (Forsskal) Hayne subsp. *raddiana* (Save) Brenan (Anton & Delobel, 2003; Derbel *et al.*, 2007), de donde tomó su nombre específico, y *A. gerrardii* Benth. Con menor frecuencia también se han citado otras acacias (Anton & Delobel, 2003): *Acacia ehrenbergiana* Hayne, *A. farnesiana* (L.) Willd., *A. gerrardii* subsp. *negevensis* Zohary, *A. hockii* De Wild, *A. nilotica* (L.) Del. subsp. *tomentosa* (Benth.) Brenan, *A. senegal* (L.) Willd., *A. seyal* Del., *A. sieberiana* DC., *A. tortilis* (Forsskal) Hayne, y en *Dichrostachys cinerea* (L.) Whight & AM. Sin embargo, algunas de estas citas podrían ser de imagos y no de

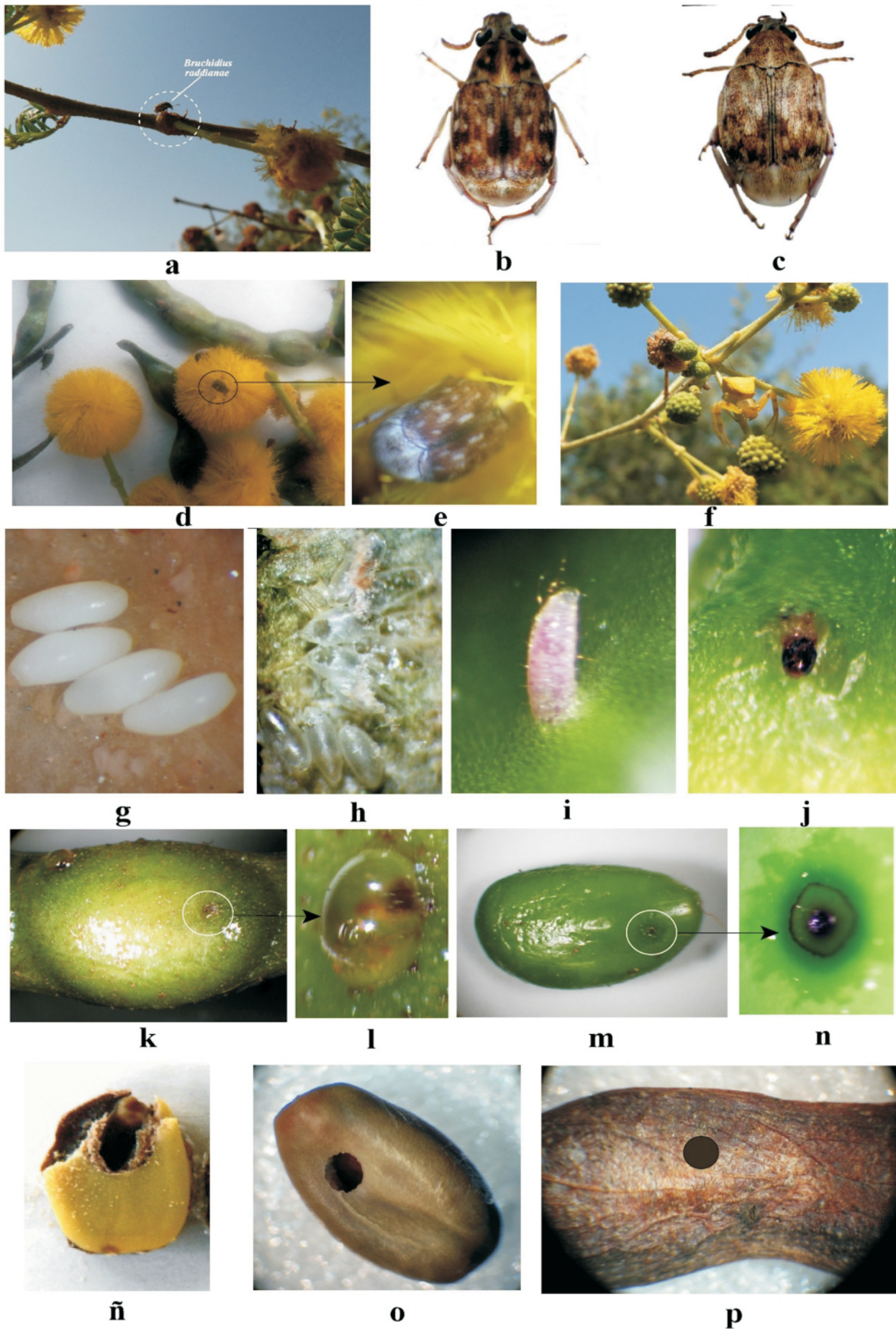


Fig 1. *Bruchidius raddianae* en *Acacia karroo*. **a:** Imago en rama de acacia; **b:** imago macho; **c:** imago hembra; **d-e:** imago en inflorescencia de acacia; **f:** *Thomissus* sp. en inflorescencia de acacia; **g:** puesta; **h:** huevos eclosionados; **i:** larva I penetrando a través de la vaina; **j:** cápsula cefálica de la larva I en galería de entrada; **k:** cicatriz de penetración en la vaina; **l:** gota de goma en agujero de penetración; **m-n:** cicatriz de penetración en la semilla; **ñ:** cámara larval de la larva IV; **o:** agujero de emergencia de la semilla; **p:** agujero de emergencia de la vaina.

Tabla II. Fenología de *Acacia karroo* (2007-2008)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-	-	H1	H1	H1	(H1)	-	-	-	-	-	-
H2	(H2)	-	-	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2
-	-	-	-	-	YF	YF	YF	(YF)	(YF)	-	-
-	-	-	-	-	FL	FL	FL	(FL)	(FL)	(FL)	-
-	-	-	-	-	(F1)	F1	F1	F1	(F1)	(F1)	-
-	-	-	-	-	-	(F2)	F2	F2	(F2)	(F2)	(F2)
-	-	-	-	-	-	-	(F3)	F3	F3	(F3)	(F3)
-	-	-	-	-	-	-	(F4)	F4	F4	F4	(F4)
-	-	-	-	-	-	-	-	(F5)	F5	F5	F5
F6	-	-	-	-	-	-	-	-	(F6)	F6	F6
F7	F7	(F7)	-	-	-	-	-	-	-	-	F7
F8	F8	F8	F8	-	-	-	-	-	-	-	(F8)

H1: Primeras hojas	F3: Frutos grandes verdes, semillas grandes
H2: Hojas definitivas	F4: Frutos grandes parcialmente marrones
YF: Yemas florales	F5: Frutos grandes totalmente marrones
FL: Flores	F6: Frutos grandes secos y cerrados
F1: Frutos pequeños	F7: Frutos grandes secos y abiertos
F2: Frutos grandes verdes, semillas pequeñas	F8: Frutos y semillas caídos al suelo

Tabla I. Especies citadas de huéspedes de *B.raddiana*e

- <i>Acacia ehrenbergiana</i>	- <i>Acacia raddiana</i>
- <i>Acacia farnesiana</i>	- <i>Acacia senegal</i>
- <i>Acacia gerrardii</i>	- <i>Acacia seyal</i>
- <i>Acacia gerrardii negevensis</i>	- <i>Acacia sieberiana</i>
- <i>Acacia hockii</i>	- <i>Acacia tortilis</i>
- <i>Acacia nilotica</i>	- <i>Acacia tortilis raddiana</i>
- <i>Acacia nilotica tomentosa</i>	- <i>Dichrostachys cinerea</i>

larvas, o simplemente confusiones con otras especies próximas a *B. raddiana*e. De hecho, Anton y Delobel (2003) mencionan que numerosas muestras de *A. senegal*, *A. sieberiana* and *D. cinerea* recolectadas en Senegal, no dieron lugar a imagos de la especie *B. raddiana*e tras un periodo de incubación.

Con todo, es evidente, a partir de los datos disponibles, que *B. raddiana*e muestra una especial preferencia por especies de *Acacia* en general, lo que encaja con la característica oligofagia de los brúquidos, restringida generalmente a taxones a nivel de género. En el presente estudio confirmamos esta tendencia al demostrar que esta especie depreda semillas de otra especie de acacia no señalada hasta la presente fecha en su dieta: la acacia sudafricana (*Acacia karroo*), una especie arbustiva, originaria de Sudáfrica e importada como arbusto ornamental, o bien para formar setos vivos en algunos países del Mediterráneo, si bien hace tiempo que se reproduce espontáneamente en el medio natural de la Península Ibérica. Lo llamativo de esta nuevo fitohuésped es el hecho de que *B. raddiana*e no existe en Sudáfrica, patria de *Acacia karroo*, y por tanto no es un depredador natural de esta acacia, lo que demuestra la afinidad natural de esta especie por las *Acacia* en general. La especie estudiada, *A. karroo*, constituye pues un recurso nutritivo que la especie ha hallado en una región no habitual (Europa) donde no existen (o son escasas) otras especies más frecuentadas, como *A. tortilis* subsp. *raddiana*, como también ha sucedido con otros brúquidos, como el ya estudiado caso de *Pseudopachymerina spinipes* (Erichson), especie del Nuevo Mundo importada a Europa, donde utiliza especies como la *Acacia farnesiana* como sustituto de su planta huésped habitual (*A. aroma* Hook & Arn.) (Yus Ramos et al., 2007).

No obstante, tenemos conocimiento de la existencia de ejemplares de *Acacia tortilis raddiana* igualmente importa-

dos en nuestro país con fines ornamentales en esta región, por lo que no descartamos la posibilidad de que *B. raddiana*e sea hallada en otras especies de *Acacia* importadas, especialmente la *A. tortilis* subsp. *raddiana*e. Del mismo modo, tampoco descartamos la posibilidad de que este brúquido se encuentre también en arbustos de *A. karroo* importados en países de Africa como Marruecos, Argelia, Túnez, etc., incluso disponiendo de su planta huésped habitual, *A. tortilis* subsp. *raddiana*.

Fenología de *Acacia karroo*

Dada la asociación brúquido-acacia, hemos considerado conveniente realizar observaciones sobre la fenología de la planta huésped (*Acacia karroo*) en el sur de la Península Ibérica, dato que tendremos en cuenta en la posterior descripción del ciclo biológico de *B. raddiana*e. De este modo, durante el año 2007-2008 hemos ido anotando la evolución de los órganos vegetales de esta planta a lo largo de las cuatro estaciones en dos localidades (Cádiz y Málaga), obteniendo el resultado que se muestra en la Tabla II.

Resumiendo los datos señalados en la Tabla II, la acacia sudafricana empieza su floración a finales de la primavera (junio), dando unas inflorescencias a modo de cabezuelas esféricas con aroma intenso, apareciendo sus primeros frutos al mes siguiente, pero no alcanzan la madurez hasta finales del verano, endureciéndose durante el otoño y abriéndose ya en invierno (Fig. 2). Sin embargo, este proceso se produce escalonadamente, empezando por las partes altas, siguiendo luego por el resto de la planta, produciendo sucesivas cabezuelas a lo largo de un largo periodo que ocupa todo el verano y parte del otoño, en que sólo quedan cabezuelas en la parte superior, por lo que los frutos correspondientes van apareciendo y madurando igualmente de manera escalonada. Cuando se forma el fruto, la cabezuela empieza a marchitarse, oscureciéndose y finalmente desprendiéndose, a veces ayudada por el viento, dejando los pedúnculos florales sólo con el fruto. El fruto es una legumbre dehiscente, de superficie lustrosa y pringosa por la secreción de una goma. Esta legumbre es derecha al principio, pero que pronto toma forma de hoz, curvándose progresivamente a medida que va creciendo. Al principio las semillas apenas se distinguen exteriormente, pero a medida que



Acacia karroo de Torre del Mar (Málaga)



Acacia karroo de Carr. Campano (Cádiz)



Hojas y espinas



Inflorescencias y frutos verdes



Frutos maduros



Enero



Febrero



Marzo



Abril



Mayo



Junio



Julio



Agosto



Septiembre



Octubre



Noviembre



Diciembre

Estados fenológicos



Yema



Hoja-1



Hoja-1



Hoja-1



Hoja-1



Hoja-2



Hoja-2



Hoja-3



Hoja-3



Botón



Cabezuela



Legumbre-1



Legumbre-2



Legumbre-3



Legumbre-4



Legumbre-5



Legumbre-6



Semillas

Fig. 2. Fenología de *Acacia karroo*.

Tabla III. Evolución anual de *Br. raddianae* (2007-2008)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-	-	-	SA ²	SA ²	-	-	-	EM ¹	EM ²	-	-
-	-	-	EM ²	EM ²	EM ²	EM ²	IM ²	IM ¹	IM ²	-	-
-	-	-	IM ²	IM ²	IM ²	IM ²	HU ¹	HU ²	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	EC ¹	EC ²	EC ²	-	-
-	-	-	-	-	-	-	L1 ¹	L1 ²	L1 ²	-	-
-	-	-	-	-	-	-	L2 ¹	L2 ¹	L2 ²	L2 ²	-
-	-	-	-	-	-	-	L3 ¹	L3 ¹	L3 ²	L3 ²	L3 ²
L4 ²	-	-	-	-	-	-	L4 ¹	L4 ¹	L4 ²	L4 ²	L4 ²
PP ²	PP ²	-	-	-	-	-	PP ¹	PP ¹	PP ²	PP ²	PP ²
PU ²	PU ²	PU ²	-	-	-	-	PU ¹	PU ¹	PU ²	PU ²	PU ²
HI ²	HI ²	HI ²	-	-	-	-	-	-	HI ²	HI ²	HI ²
2º Ciclo						1º Ciclo			2º Ciclo		
IM: Imago (IM ¹ =1ª generación;IM ² =2ª generac.) HU: Huevo EC: Eclosión L1: Larva 1ª (instar 1) L2: Larva 2ª (instar 2) L3: Larva 3ª (instar 3)						L4: Larva 4ª (instar 4) PP: Prepupa PU: Pupa EM: Emergencia del imago HI: Hibernación del imago SA: Salida del imago					

madura la legumbre se hacen más gruesas, con estrangulamientos entre ellas. Cuando se seca se abre por la sutura de las valvas y éstas se retuercen, ayudando con ello al desprendimiento de las semillas, que caen directamente al pie de la planta, por que suponemos que la estrategia de diseminación de la planta se basa en la ingesta de semillas por micromamíferos. Aunque esta acacia se comporta como caducifolia en su patria de origen (Sudáfrica) en las dos localidades observadas al sur de la Península Ibérica la planta no pierde la hoja, aunque bien avanzado el invierno se observa que se recurvan y decoloran en las puntas (Fig. 2), pero no caen al suelo, a no ser por el viento y la lluvia, pero el árbol nunca se queda completamente áfido. A partir de la primavera aparecen las primeras yemas de las hojas nuevas, hasta renovar toda la copa, persistiendo muchas de las hojas del año anterior.

No obstante, este esquema fenológico puede sufrir cambios según eventos climatológicos locales. Así, por ejemplo, en Cádiz se observó que a mediados del mes de septiembre del 2007 se produjeron las primeras lluvias otoñales, provocando la desaparición de prácticamente la totalidad de las flores y la germinación de las semillas que estaban en el suelo, algunas aún picadas por larvas de brúquidos. Además, en la zona de Cádiz los vientos son más intensos que en Málaga, hecho que provoca una cierta aceleración de la facies invernal de la planta respecto de la observada en Málaga.

Como otras especies de *Acacia*, la acacia sudafricana posee diversos mecanismos de defensa contra la herbivoría. Por una parte, sus largas espinas características (Fig. 2) representan un importante freno para el labio de los mamíferos herbívoros, protegiendo así sus hojas. Respecto a los brúquidos, aparte de las defensas químicas (sustancias aleloquímicas), hemos detectado al menos tres mecanismos de defensa: a) El largo periodo de maduración de la semilla; b) La secreción de goma en la superficie de la vaina, que impide una adecuada adhesión de los huevos; y c) La dehiscencia y caída de las vainas, expulsando las semillas al suelo. Como veremos, estas barreras han sido superadas por *B. raddianae*, hecho que le permite desarrollarse con gran éxito en esta planta.

Ciclo biológico de *B. raddianae*

Con objeto de determinar el desarrollo del insecto a lo largo del año, hemos realizado un seguimiento continuo en la naturaleza, y paralelamente hemos realizado observaciones de precisión en el laboratorio para completar las realizadas en el campo, empezando las observaciones en julio del año 2007 y terminando en el mismo mes del año 2008 en dos localidades (Cádiz y Málaga). Como resultado, hemos obtenido dos ciclos anuales en condiciones naturales, por lo que *B. raddianae* debe ser considerada una especie multivoltina, que desarrolla un ciclo corto, rápido y completo en el verano y el segundo lo interrumpe en fase de pupa a finales del verano, reanudándolo en primavera, siendo a mediados de abril cuando aparecen los primeros imagos hibernantes de la segunda generación o las primeras emergencias de imagos de la segunda generación, procedentes de larvas o de pupa igualmente hibernantes de la misma generación (Tabla III).

En agosto se obtuvieron los imagos resultantes de un ciclo anterior. Estos imagos se aparearon y pusieron huevos al poco tiempo (había flores para madurar sus gónadas). La larva I penetró en las vainas verdes avanzadas (L3). En este estado se recolectaron las vainas y se llevaron al laboratorio en la última semana de agosto y, una vez allí, emergieron adultos en tan sólo tres semanas (mediados de septiembre), por lo que contando con una semana de desarrollo en el campo podemos decir que este insecto ha completado un ciclo completo en tan sólo un mes (Fig. 3). A continuación, los adultos emergidos en septiembre se reproducen y ponen huevos antes de que bajen las temperaturas, de modo que la larva I penetre en las semillas y, como sucede en el ciclo seguido en Túnez sobre *Acacia raddiana* (Derbel *et al.*, 2007), se mantenga en la semilla en estado de latencia (hibernación), o bien avance hasta la fase de pupa, deteniéndose en este estado hasta la llegada de la siguiente primavera, en que proseguiría el desarrollo hasta dar los primeros adultos entre abril y mayo.

En la Tabla IV se representa la duración aproximada de los diferentes estadios de desarrollo durante el 1º ciclo, según observaciones en condiciones de laboratorio, entre agosto y septiembre del 2007. Como se ha indicado anteriormente, este ciclo tiene aproximadamente treinta días de

Tabla IV. Duración aproximada de los distintos estadios de desarrollo del 1º ciclo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H	H	H	H	H	H	H	L ¹	L ¹	L ¹	L ¹	L ²	L ²	L ²	L ²	L ³	L ³	L ³	L ³	L ⁴	L ⁴	L ⁴	L ⁴	P ^p	P	P	P	P	P	I

I = Imago; H = huevo; L¹ = Larva I; L² = Larva II; L³ = Larva III; L⁴ = Larva IV; P^p = Prepupa; P = Pupa

duración, de forma que la incubación se produce en un promedio de siete días, tras lo cual se produce la eclosión y a continuación van apareciendo los distintos estadios larvales, aproximadamente con unos cuatro días de duración cada uno. Hacia el 24 de este mes van apareciendo prepupas y en solo un día se transforman en pupas. La pupación transcurre durante un promedio de unos cinco días, al término de la cual se produce la emergencia del adulto.

Más complicada es la secuenciación y temporalización del 2º ciclo, que transcurre desde septiembre del año en curso hasta agosto del año siguiente, ya que se produce una interrupción invernal que atrapa al insecto en diferentes estadios, dada la forma escalonada en que se produjo la puesta. En efecto, desde septiembre hasta octubre se inicia el ciclo con una puesta escalonada, hecho que provocará también una diversificación en las formas de hibernación, de modo que las eclosiones más precoces llegarán a dar imagos al final de este periodo, refugiándose para pasar un amplio periodo de hibernación en diversos refugios, para salir entre abril y mayo. Y las eclosiones más tardías, en cambio, detendrán el desarrollo larval en diferentes estadios, no reanudándolo hasta el comienzo de la primavera, para emerger entre abril y mayo, juntándose con otros imagos hibernantes de la misma generación.

Comportamiento reproductor

A mediados de septiembre, coincidiendo con las primeras lluvias otoñales (que en el 2007 se adelantaron), y la práctica desaparición de todas las flores, dejan de verse imagos sobre las acacias, bien porque mueren o porque se refugian en escondrijos, donde hibernan. Durante todo el invierno no aparecen imagos en el fitohuésped.

En el mes de abril emergen los primeros ejemplares incubados en las condiciones de laboratorio, pero los primeros que aparecen en la naturaleza sobre el fitohuésped lo hace a finales de mayo, coincidiendo con la salida de las primeras inflorescencias. Desde la aparición de estos primeros adultos de la segunda generación del año anterior, sean hibernantes o bien procedentes de la culminación de las últimas fases de la metamorfosis (interrumpida en el periodo invernal), hasta el momento del apareamiento, hay un lapsus de al menos dos meses en que no se producen encuentros para el apareamiento en la naturaleza.

A diferencia de otros brúquidos, esta especie no se registra nunca sobre otras plantas, con o sin flores, de los alrededores del fitohuésped, sino únicamente sobre su fitohuésped, pero solamente cuando éste tiene desarrolladas al menos algunas cabezuelas. En este estado, se advierte que los imagos recorren la copa del fitohuésped (Fig. 1-a), visitando las cabezuelas florales y nutriéndose del néctar (Fig. 1-d,e). Para observar con detalle este comportamiento, se llevaron varios ejemplares del insecto, dejándolos en ayunas un par de días y luego se les introdujo cabezuelas recién cortadas, observándose que inmediatamente hundían el cuerpo en ellas hasta llegar a la base de la inflorescencia, donde suponemos accedían a los nectarios. Comprobamos

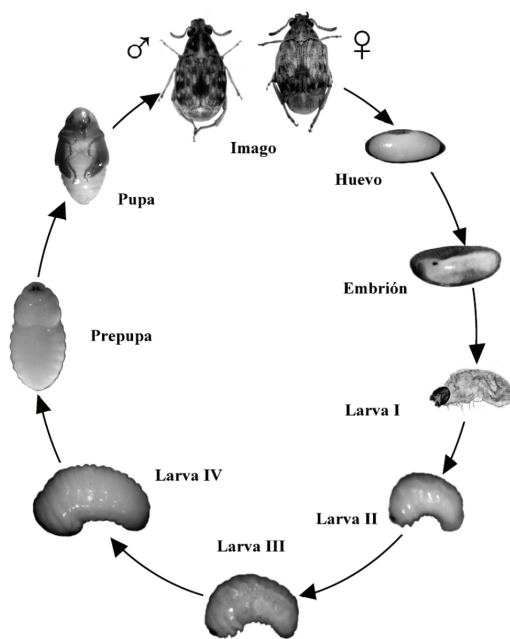


Fig. 3. Esquema del ciclo biológico de *Bruchidius raddianae*.

además que los requerimientos hídricos no los cubrían con gotitas de agua que se les proporcionaba al efecto, por lo que suponemos la obtienen de las secreciones vegetales.

Así pues, incluso en condiciones de laboratorio, durante un tiempo no se observan parejas apareando. Esto lo interpretamos inicialmente como la posible exigencia de ciertos componentes de la planta huésped para la maduración de sus gónadas, hecho que es sobradamente conocido en muchas especies de brúquidos. Sin embargo, dado que este requerimiento no es universal, hicimos en pequeño experimento consistente en poner juntas varias parejas recién emergidas (y por tanto en ayunas), en una placa que tenía solo vainas, con objeto de ver si necesitan comer de las flores para madurar sus gónadas. Aunque en otros experimentos demostraron gran avidez por las flores, todo parece indicar que pueden pasar sin ellas. Pero si tienen oportunidad se alimentan de otros órganos de la misma planta, pues en otro experimento en que se introdujeron imagos con vainas abiertas, éstos se dirigieron al interior de las vainas y mordisquearon la pulpa o la goma que hay entre la pared interna y la semilla. En todos estos casos se observó que se apareaban y hacían la puesta con toda normalidad. Luego la causa de esta dependencia del imago por la planta en flor posiblemente sea resultado de una adaptación, frecuente en la mayoría de los insectos fitófagos, en la que se han sincronizado las fenologías de depredador y fitohuésped.

En libertad, estos insectos son de movimientos rápidos, levantando el vuelo muy rápidamente. Como otros brúquidos, su sistema de defensa habitual es la huida con un rápido levantamiento de vuelo, pero cuando están acosados

simulan la muerte, si bien en este caso las patas posteriores no están tan fuertemente replegadas como en la muerte real. Si el acoso persiste, entonces tratan de huir de cualquier forma.

No hemos realizado observaciones sobre sus posibles relaciones interespecíficas, pero hemos hallado caparazones en las telas de algunos arácnidos, la actividad de depredadora de alguna especie de *Thomyssus* sp. (Fig. 1-f) y hemos observado a determinadas aves insectívoras picotear en los tallos de esta acacia, por lo que suponemos que éstos son los principales depredadores naturales de este insecto. Sin embargo, en este estudio hemos encontrado la emergencia de determinados himenópteros parasitoides que surgen de las semillas, por lo que, al igual que otros brúquidos, esta especie posiblemente sea objeto de depredación por algunos parasitoides en la fase de huevo o de larva. En el suelo, la semilla, infestada o no, suele ser objeto de depredación por micromamíferos, lo que posiblemente afecte también a la población de este brúquido. Finalmente, en condiciones de laboratorio son los ácaros de tipo Pyemotidae los que causan mayores estragos sobre los estadios pre-imaginales, hecho observado por Johnson (1967) en brúquidos del Nuevo Mundo.

a.-Apareamiento

En condiciones de laboratorio hemos podido comprobar que el apareamiento tiene lugar por las noches (parece que este insecto tiene costumbres nocturnas, al menos en estas condiciones). El apareamiento tiene lugar del modo usual en los brúquidos: tras un reconocimiento (en el que suponemos deben ejercer estímulos visuales, olfativos y táctiles), el macho se coloca en la parte superior de la hembra y eyecta su edeago, con el que golpea el ápice del pigidio de la hembra, la cual eyecta el ovopositor y facilita con ello el acoplamiento de ambos aparatos genitales. La cópula es corta y enseguida intentan separarse, lo que a veces no logran debido al engarzamiento de las genitalias (seguramente actuarán aquí los escleritos de ambos aparatos).

Sin embargo, hemos visto en algún caso un comportamiento algo diferente. A veces veíamos que durante el amplexo uno de los sexos queda tendido con el vientre hacia arriba y el otro con el vientre hacia abajo. La interpretación más lógica sería considerar que ello se debe a que quedan engarzados por sus armaduras genitales durante la cópula, y que al intentar desengancharse quedarán con esta atípica postura. Sin embargo, observamos, al menos en algunos casos, que era la hembra la que, con sus antenas, solicitaba al macho golpeándole en su pigidio, hecho que provocaba la elevación y apertura del mismo, momento que aprovechaba la hembra para introducir su ovopositor, buscando el edeago del macho, para lo cual se daba la vuelta, con el vientre hacia arriba, para facilitar esta operación.

b.-Puesta

La hembra de la primera generación hace la puesta a mediados del mes de agosto, y la de la segunda generación lo hace a mediados del mes de septiembre, poniendo huevos elípticos pegados a la superficie del sustrato. En el ciclo univoltino descrito por Derbel *et al.* (2007) en *Acacia tortilis raddiana*, hay una sola puesta en otoño. Los huevos son de color blanquecino recién puestos (Fig. 1-g), haciéndose poco a poco más cremosos, coincidiendo con el desarrollo

del embrión. La incubación transcurre en unos siete días (un caso observado transcurrió desde el 16 al 23 de agosto), aunque a veces se retrasa algunos días más.

Durante las primeras observaciones del ciclo nos llamó la atención el hecho de que hubieran cicatrices de entrada de la larva I (puntos de color negro) sobre la vaina, pero no existiera ningún huevo en este punto. La mayoría de los brúquidos eclosionan por debajo del huevo, sin salir al exterior, y penetran a través de las paredes de la vaina, en busca de la semilla. El hecho de que normalmente los huevos se peguen fuertemente a la superficie de la vaina tiene sentido para este tipo de brúquidos, pues de este modo el techo del huevo puede servir de palanca para presionar sobre el suelo y penetrar por la pared de la vaina. Además, se ha dicho que la función de la placa pronotal de la larva I es la de realizar una primera incisión en el tejido del corion para iniciar la emergencia.

Nos llevó un tiempo comprender que, a diferencia de otros brúquidos, en el medio natural estos huevos no son puestos necesariamente sobre la superficie lisa de la vaina, sino que la hembra recorre toda la vaina con el ovopositor eyectado buscando insistentemente el lugar adecuado según las exigencias de la especie. Finalmente acaba poniéndolos en lugares diversos, no asociados a la presencia de semillas, tales como el peciolo del fruto, entre los restos de la flor que quedan adheridos a la pegajosa vaina, e incluso en los folíolos más cercanos al fruto. En un experimento de laboratorio pudimos comprobar que la hembra muestra preferencia por superficies escabrosas, como grietas, oquedades, etc. antes que la superficie lisa de la vaina o de la semilla. De este modo, cuando se realizan algunos cortes sobre la superficie de la vaina, la hembra aprovecha inmediatamente estos resquicios y ponen gran cantidad de huevos de una vez. En estas condiciones, una hembra puede llegar a poner de 20-25 huevos y no necesariamente aislados, sino que a veces los coloca en pequeños grupos, un comportamiento también diferente de otros brúquidos (que tienden a dispersar los huevos para que no compitan entre sí las larvas). Como se indicará más adelante, este comportamiento tiene que ver con la forma de penetración de la larva neonata en la semilla, también diferente.

Aún así, los huevos quedan bien pegados a la superficie del sustrato (contribuye a ello la superficie pegajosa de la vaina), pero seguramente sólo sea para que no se desprendan ya que por la forma de penetración de la larva neonata, no se requiere que estén fuertemente adheridos y recubiertos por una secreción de la hembra, como en otros brúquidos. Estas observaciones no han sido señaladas por Derbel *et al.* (2007) que se limitan a indicar, en *Acacia tortilis raddiana*, que los huevos son puestos aisladamente en el epicarpo de las vainas verdes cuando aún son jóvenes y que la larva I corta el corion y sale del huevo para a continuación hacer una galería de acceso a la semilla. Por otra parte, no hemos apreciado que los huevos aumenten de tamaño paralelamente al engrosamiento de las semillas, tal como señalan dichos autores.

c.-Eclosión y penetración

Al cabo de unos 7-10 días de la puesta, periodo en el que estimamos se produce la incubación de los huevos, se produce la eclosión. Aunque sean de la misma puesta los huevos no eclosionan todos a la vez, sino que lo hacen escalonadamente.

nadamente, posiblemente influidos por algún factor del medio, como puede ser los cambios de temperatura.

A diferencia de otros brúquidos, que eclosionan por la parte inferior del huevo y con ello penetran en el fruto sin salir al exterior, la larva I de *B. raddianae* sale al exterior haciendo un agujero de salida en el corion siempre por un extremo del huevo (Fig. 1-h), quedando éste traslúcido al estar vacío. Luego deambula con gran agilidad por la superficie de la vaina, a veces recorriendo una distancia considerable, hasta encontrar un punto donde penetrar en la misma. Esta agilidad en sus movimientos tiene su base anatómica en un desarrollo algo más largo de las patas que en otras especies que no salen al exterior, y posiblemente también tenga su relación la posición y desarrollo de la cápsula cefálica, que en lugar de quedar embutida en el protórax sobresale claramente de éste. Hemos observado que siempre utiliza la parte más convexa, en la penetración en la vaina, lo que coincide con la presencia de semilla, lo que interpretamos como un reflejo innato que asocia la convexidad con el sustrato nutritivo. Este comportamiento ovipositor correspondería al tipo IV descrito por Johnson y Romero (2004), que son brúquidos cuya larva neonata eclosiona y sale del huevo por la parte externa y es la que elige el punto de entrada para buscar la semilla.

La larva I se introduce en el interior del fruto cuando aún tiene vainas verdes con semillas engrosadas. Una vez elegido el punto de acceso a la semilla, la larva empieza a roer la superficie de la vaina, aparentemente sin ingerir cantidades significativas de la misma, pues va dejando unos restos de esta operación en el exterior (Fig. 1-i, j). Debe señalarse aquí la considerable potencia de sus mandíbulas, que hemos comprobado en el laboratorio al observar que lograba roer una lámina de metacrilato. Este detalle nos condujo a sospechar que pudiera tener capacidad de acceder a semillas secas. Para comprobarlo, dispusimos un experimento con semillas secas y huevos del brúquido y, efectivamente, tras la eclosión, la larva I se dirigió a la semilla y procedió a su penetración, echando hacia fuera la viruta resultante del taladro. Este dato lo interpretamos como una adaptación propia de especies multivoltinas, ya que en el segundo ciclo la larva dispone sólo de semillas muy maduras o secas y no verdes como en la primera generación.

El agujero de entrada en la vaina se detecta bien por la presencia, en la superficie de la misma, de un pequeño círculo negruzco, en cuyo centro hay un poro por donde a veces rezuma goma (Fig. 1-k, l), imaginamos que como mecanismo rápido de la planta para cerrar la herida realizada por la larva, ya que esta secreción no impide a la larva seguir su operación de penetración hacia la semilla. Este círculo a veces está rodeado de otro con un verde diferente del resto de la vaina.

La larva I prosigue su camino, sin mudar, haciendo una galería cilíndrica de sección ajustada a la anchura de su propio cuerpo, atravesando los tejidos de la vaina primero y luego la testa (aún blanda) de la semilla verde, donde igualmente deja un diminuto poro que aparece decolorado en su contorno (Fig. 1-m, n). Finalmente accede a los cotiledones de la semilla, muy cerca del centro de la misma. Según Derbel *et al.* (2007), en *Acacia tortilis raddiana*, la larva I emplea unas 7 horas en labrar la galería de acceso a la semilla. El resultado es una galería de unos 0,05 mm de diámetro, uniforme en todo su recorrido, una longitud total

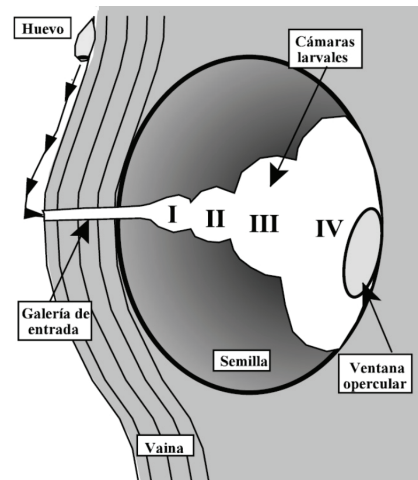


Fig. 4. Esquema de penetración y desarrollo endófito de larvas de *B. raddianae*.

variable de 2-2,5 mm, y las paredes revestidas de un tejido necrosado más oscuro, pardusco.

Aunque la larva I no penetra en el fruto directamente desde el huevo (sin salir al exterior) como hacen otros brúquidos, que para ello pegan fuertemente los huevos, pero, curiosamente, sí conserva una placa pronotal o *ruptor ovis*, un detalle anatómico cuya función se ha relacionado con la penetración estándar de la larva neonata (contribuye a iniciar la penetración), lo cual en esta especie posiblemente sea un simple residuo evolutivo pues aquí no tiene funcionalidad.

d.-Desarrollo endófito

Los mencionados estudios de Derbel *et al.* (2007), en *Acacia tortilis raddiana* afirman que solamente se desarrolla una larva por cada semilla. Sin embargo, nuestras observaciones en *Acacia karroo* difieren de esta aseveración pues, como se mostrará más adelante, la existencia de semillas con dos o incluso (muy raramente) tres agujeros de emergencia del imago, nos indica que es factible el desarrollo de más de una larva, si bien lo más común es que se desarrolle una o dos larvas por semilla, por lo que el patrón de cámaras larvales es diferente del descrito por dichos autores.

Una vez en el centro de la semilla, la larva I roe circularmente creando una pequeña cámara, pero al poco tiempo muda, dando lugar a la larva II, de mayor tamaño, que igualmente roe circularmente el tejido de la semilla, creando una cámara más grande, y lo mismo la larva III y finalmente la larva IV, cuya cámara es ya de gran tamaño, proporcionada a su envergadura (Fig. 4). En esta fase la larva IV ya está próxima a la testa de la semilla, por lo que se dirige hacia ésta y roe todos los tejidos de la semilla inmediatamente debajo de un área circular de tamaño proporcional al grosor del futuro imago. De este modo, externamente se puede advertir un área circular despigmentada, llamada ventana opercular, cuya función es mantener cerrada la cámara larval IV durante la pupación (Fig. 1-ñ). En el primer ciclo, la pupación es relativamente rápida y el imago sólo tiene que empujar la ventana opercular para dejar abierto un agujero de salida o de emergencia, para salir al exterior, siguiendo un procedimiento generalizado en casi todas las especies de brúquidos.

Tabla V. Evolución de longitud y masa corporal en estadios pre-imaginales de *B. raddianae*

	Larva				Pupa
	I	II	III	IV	
Longitud (mm)	0,08	1,5	2,6	2,9	4,1
Masa (mg)	0,0015	1,0	2,5	3,0	4,0

Para determinar el ritmo de crecimiento de los estadios pre-imaginales, se procedió a tomar unas medidas de longitud y masa corporales, cuyos datos se proporcionan en la Tabla V.

Para visualizarlos mejor, en la Fig. 5 se muestra una representación gráfica de dichos datos. Como se puede comprobar, el ritmo de crecimiento del periodo pre-imaginal es de carácter exponencial entre la larva I y la larva III, disminuyendo de manera notable entre la larva III y la larva IV, momento en que adquiere su máximo desarrollo. El crecimiento continúa en la fase de pupa, pero en la fase de imago sólo se mantiene la tendencia en el parámetro de la masa corporal, disminuyendo en el de la longitud, un fenómeno normal en los coleópteros, como resultado de la contracción corporal sufrida en la fase final de su metamorfosis. Estos datos coinciden prácticamente con los aportados por Derbel *et al.* (2007) en su estudio sobre esta especie en Túnez. Una característica destacable del desarrollo larval de esta especie, que le aparta algo de la generalidad de otras especies de brúquidos, es la escasa reducción de sus patas en las fases curculionoides (III-IV). Después de la larva I (tipo crismeloide), la siguiente larva (tipo curculionoides) tiene las patas bastante reducidas a muñones, pero en las dos siguientes fases (también curculionoides) alcanza progresivamente una longitud destacable, pasando de 0,02 (relación pata/cuerpo de 0,008) a 2 mm de longitud (relación pata/cuerpo de 0,6), aunque no son necesarias para la vida endófito que tienen en este periodo.

Emergencia del imago

Entre los meses de junio a agosto se observan eclosiones sucesivas de adultos, hasta alcanzar incluso el mes de septiembre. Este periodo de emergencia, retrasado según los brúquidos autóctonos, pero mucho más prolongado en el tiempo que éstos, lo interpretamos como resultado del largo periodo de floración de la planta huésped en el sur de la Península Ibérica, lo que permite alimentar a adultos que vayan emergiendo escalonadamente durante un periodo prolongado. Este hecho es responsable de que la puesta también se produzca en distintos momentos a lo largo de un periodo igualmente prolongado y por tanto las emergencias se produzcan en un ritmo similar en el año siguiente.

Las vainas atacadas, al abrirse, dejan caer semillas al suelo, pero las semillas atacadas de estas vainas suelen quedarse pegadas en la planta, al parecer por la propia goma que segregó la planta durante la construcción de la galería de entrada. A veces se observa una huella circular de la semilla en el lado interno de la vaina, por donde ha estado pegada la semilla, y por donde a veces sale el adulto haciendo el agujero de emergencia.

Las vainas también pueden caer al suelo, pero allí solo liberan las semillas no infestadas, quedando las infestadas envueltas aún por la vaina seca, aunque hay casos en que las semillas también quedan sueltas en el suelo. En el primer

caso, el imago debe salir de la semilla empujando el opérculo realizado por la larva IV (Fig. 1-o) y luego hacer un agujero de salida en la vaina seca (Fig. 1-p), esta vez con sus propias mandíbulas. En muy raras ocasiones el imago puede quedar trabado en medio del agujero de emergencia de la larva IV y fallecer allí por inanición.

Como se ha indicado anteriormente, a juzgar por el número de agujeros de emergencia de las semillas encontradas en el suelo, una semilla puede ser atacada por una o más larvas (Fig. 6). Las semillas más frecuentes son de un solo agujero (una sola larva), seguidas de aquellas que tienen dos agujeros y en un caso excepcional hasta tres agujeros. Estos agujeros de emergencia marcan el número máximo de larvas que pueden desarrollarse por semilla, lo cual está lógicamente relacionado con la cantidad de recurso que dispone la semilla. El patrón de emergencia más frecuente del tipo 1 es el 1-a y del tipo 2 es el 2-a, pero suelen darse otros casos atípicos. Así, en el tipo 1 el agujero puede situarse en medio o lateralmente; en el tipo 2 los dos agujeros suelen estar en una misma cara y, menos frecuentemente, uno en cada cara, dándose diferentes casos de aproximación de los dos agujeros, hasta llegar a solaparse ambos y dejar un agujero más grande. Ello podría indicar la tendencia de dos larvas de evitar la entrada en las cámaras larvales de su vecina, lo cual también podría ser una estrategia para evitar el canibalismo entre larvas vecinas, una interacción que sí se ha observado en otras especies.

Implicaciones para la gestión forestal

B. raddianae es un insecto espermófito, desarrollándose a expensas de los tejidos internos de las semillas de diversas especies del género *Acacia*, de modo que sea con un individuo, dos o incluso tres, todo el tejido de reserva de los cotiledones es destruido en gran parte, a menudo imposibilitando con ello la germinación de la semilla. No obstante, hemos comprobado que semillas infectadas pueden germinar si la larva aún está en sus primeros estadios y en algún caso hemos apreciado que semillas seriamente dañadas inician la germinación, deteniéndose al poco tiempo por falta de recurso.

Por otra parte, esta especie ha demostrado alcanzar un gran éxito reproductivo en las distintas especies de acacias estudiadas. Así, Derbel *et al.* (2007) encontraron tasas de infestación del orden del 25,9 al 79,9% de las semillas de cada árbol (*Acacia tortilis raddiana*), siendo considerada una plaga muy seria para la vegetación forestal de este parque y una seria amenaza para las acacias de latitudes más bajas, del entorno del Sahel, donde estos árboles a menudo representan un papel crucial en la lucha contra la desertización y suministran alimento al ganado, además de ser una apreciada fuente de energía biomásica y para la construcción de útiles y viviendas (Miller, 1996).

Aunque la acacia sudafricana (*Acacia karroo*) es una especie importada, que carece de interés forestal en el contexto biogeográfico de la Península Ibérica y tampoco parece tener las características de otras especies invasivas, que alteran el equilibrio de los ecosistemas naturales autóctonos, no se deben obviar las implicaciones fitosanitarias. *B. raddianae* es una especie que ha demostrado tener un gran éxito reproductivo en las localidades estudiadas, con tasas de infestación por encima del 20 al 40% de las semillas. Por

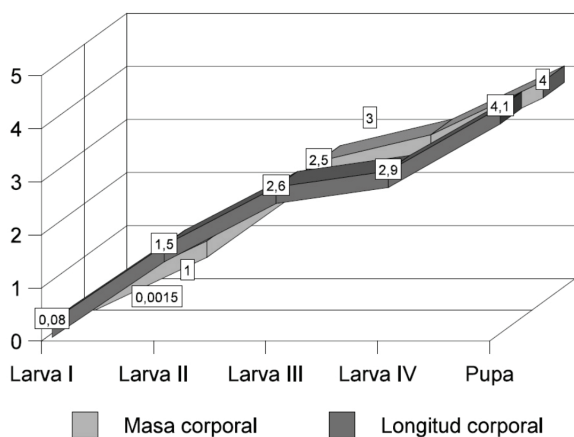


Fig. 5. Desarrollo corporal de los estadios preimaginales de *B. raddianae*.

otra parte, como se ha señalado esta especie se reproduce bien en otras especies del género *Acacia*, y por lo que hemos comprobado, aún no está cerrado todo su espectro alimentario. Aunque en la Península Ibérica diversas especies de *Acacia* se han utilizado preferentemente con fines ornamentales, hay muchos parajes, especialmente los secos y sometidos a desertización, donde las acacias se han sembrado para frenar la erosión. De este modo, debe establecerse, a partir de este estudio, el estatus de “plaga” para esta especie, y tener presente, para su posible control, las características bionómicas descritas en el presente estudio.

Desde una perspectiva diametralmente opuesta, estos brúquidos podrían realizar un buen servicio para la gestión de los recursos forestales. En efecto, la acacia sudafricana constituye una planta invasiva en otros países, creando importantes desequilibrios en los ecosistemas naturales autóctonos, como sucede de hecho en Australia y Nueva Zelanda. En estos países existe una dilatada experiencia en la introducción de brúquidos para controlar la expansión de determinadas especies invasivas. Sin embargo, el desconocimiento de la existencia de esta plaga en la acacia sudafricana ha impedido usarla para el control biológico de dicha planta. Así pues, el presente estudio establece las bases para la utilización de *B. raddianae* para el control biológico de la acacia sudafricana (*Acacia karroo*) en los países donde dicho arbusto cree problemas ecológicos.

Conclusiones

B. raddianae es una especie de brúquido nuevo para la fauna europea, al demostrarse que su presencia en el sur de la Península Ibérica no es puntual, sino que está plenamente asentada, desarrollándose espontáneamente con un gran éxito reproductivo sobre la acacia sudafricana (*Acacia karroo*), una planta espinosa que se introdujo con fines ornamentales y para formar setos vivos. La alta tasa de depredación de semillas la convierte en una seria plaga para esta planta, al tiempo que, desde otra perspectiva, este brúquido constituye un agente biológico de primer orden para el control biológico de esta planta en países donde se comporta como invasiva.

Según nuestras observaciones, esta especie es multivoltina, pues, al menos en nuestro estudio, ha mostrado tener dos ciclos al año. El primer ciclo es muy corto, de

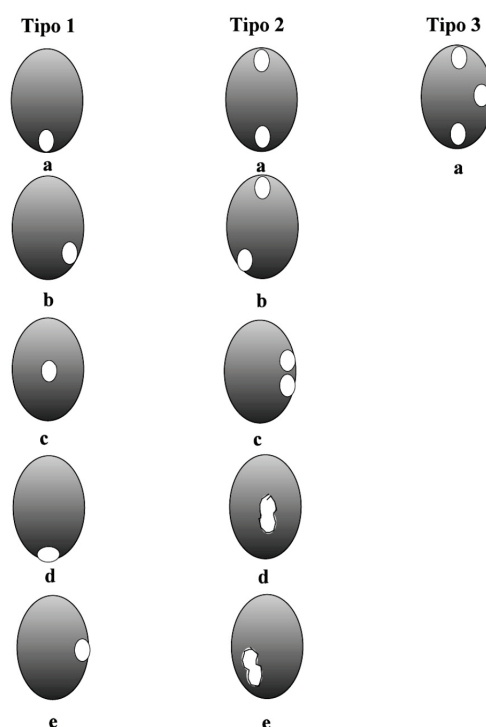


Fig. 6. Tipologías de agujeros de emergencia del imago de *B. raddianae* en semilla de *A. karroo*.

aproximadamente un mes de duración, y tiene lugar exclusivamente en verano (agosto-septiembre). El segundo se inicia al final de verano y se interrumpe durante el otoño en fase de pupa hasta la primavera, en que emergen los imagos hibernantes, si bien no empiezan a reproducirse hasta bien entrado el verano (agosto), momento en el que inician el primer ciclo. La hibernación pueden realizarla las larvas o pupas del segundo ciclo, o imagos emergidos precozmente, que normalmente buscan la hojarasca del suelo, las grietas de la corteza y otros escondrijos siempre cercanos a su fitohuésped, sobreviviendo si las condiciones ambientales no son extremas.

Para lograr este éxito reproductivo, el insecto consigue sortear diversos mecanismos de defensa que dispone esta acacia contra la herbivoría. Por un lado, logra desactivar los componentes aleloquímicos repelentes y tóxicos que dispone la semilla, en virtud a mecanismos metabólicos no determinados aún, pero posiblemente semejantes a los estudiados en otras especies de brúquidos. En segundo lugar, la secreción de goma en la superficie de la vaina impide la adhesión de los huevos, pero el insecto sortea este problema haciendo la puesta en otros lugares cercanos y eclosionando lateralmente y saliendo al exterior para luego buscar la zona de penetración por sus propios medios, en lugar de hacerlo verticalmente, sin salir al exterior, como hacen otros brúquidos. En tercer lugar, el alargamiento del periodo de maduración del fruto, que nace en julio y no madura hasta ocho meses después, es superado por el insecto retrasando el apareamiento y puesta hasta que el fruto está maduro. Esto es una muestra de la perfecta adaptación a la fenología de la planta, logrando obtener el máximo de recursos durante el largo periodo de floración y fructificación de la planta. Con este fin logra un primer ciclo rápido, que multiplica la población, dando tiempo para que la siguiente generación

inicie un segundo ciclo con suficientes recursos alimenticios. Pero como en cada generación la semilla se encuentra en diferente estado fenológico, la larva I muestra una perfecta adaptación para la penetración tanto en las vainas verdes (recursos del primer ciclo) como en las vainas maduras y secas (recursos del segundo ciclo).

El ciclo biológico de este insecto presenta algunas diferencias en esta localidad con planta huésped nueva, respecto del ciclo previamente estudiado en Túnez (Derbel *et al.*, 2007) sobre otra acacia (*Acacia tortilis raddiana*). En ambos ciclos, el estudio de la fenología de la planta huésped y del brúquido nos muestra un perfecto acoplamiento entre brúquido y planta huésped, adaptándose el brúquido a las características fenológicas de la planta huésped elegida; lo que se demuestra por su distinto comportamiento y duración de las distintas fases de su ciclo, según las diferencias fenológicas entre la acacia de Túnez (*Acacia tortilis raddiana*) y la acacia de este estudio (*Acacia karroo*). Entre las diferencias encontradas destacamos el hecho de que en *Acacia karroo* se dan dos ciclos anuales de este brúquido frente a un solo ciclo en *Acacia tortilis raddiana*; por otra

parte las semillas de *Acacia karroo* pueden ser depredadas por más de una larva, mientras que las de *Acacia tortilis raddiana* son parasitadas por tan sólo una larva. Finalmente, se demuestra que la larva I es capaz de penetrar no solo en vainas verdes como solo lo hace en *Acacia tortilis raddiana*, sino también en vainas maduras y secas, siendo ésta la explicación del inicio de un segundo ciclo en *Acacia karroo*. La explicación de estas diferencias podría estar en la fenología de ambas especies de *Acacia*, pues mientras que *Acacia tortilis raddiana* florece sólo en agosto-septiembre; el fruto no madura hasta la primavera siguiente, manteniéndose en el árbol hasta el mes de julio, en el caso de *Acacia karroo* el periodo de floración es más amplio, desde finales de mayo hasta septiembre-octubre, proporcionando frutos verdes escalonadamente durante un largo periodo, permitiendo así el desarrollo de dos ciclos. En cualquier caso, en los brúquidos se han dado otros casos de paso del univoltinismo al multivoltinismo cuando las condiciones (ambientales y nutricionales) son favorables, y éste podría ser el caso de *B. raddianae*.

Referencias bibliográficas

- ANTON, K. W. & A. DELOBEL 2003. African species of the *Bruchidius centromaculatus* group with "eyed" female pygidium. *Genus*, **14**(2): 159-190.
- CASTROVIEJO, S. (Coord.). 1999. Leguminosae (partim) (in: *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*, vol. VII (I)). Real Jardín Botánico (CSIC), Madrid.
- DERBEL, S., A. NAOUMI, K. W. ANTON & M. CHAIEB 2007. Life cycle of the coleopteran *Bruchidius raddianae* and the seed predation of the *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* in Tunisia. *Comptes Rendues Biologies*, **330**: 49-54.
- ERNST, W. H. O., J. E. DECELLE, D. J. TOLSMA. & R. A. VERWEIJ 1990. Life cycle of the bruchid beetle *Bruchidius uberatus* and its predation of *Acacia nilotica* seeds in a tree savanna in Bostwana. *Entom. exp. appl.*, **57**: 177-190.
- JOHNSON, C. D. 1967. Notes on the Systematics, Host Plants, and Bionomics of the Bruchid Genera *Merobruchus* and *Stator* (Coleoptera: Bruchidae). *The Pan-Pacific Entomologist*, **43**(4): 264-271.
- JOHNSON, C. D. & J. ROMERO-NÁPOLES 2004. A review of evolution of oviposition guilds in the Bruchidae (Coleoptera). *Revista Brasileira de Entomologia*, **48**(3): 401-408.
- MILLER, M.F. 1996. *Acacia* seed predation by bruchids in a African savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, **33**(5): 1137-1144.
- PALMER, B. 1999. Plant Population Ecology and Biological Control: *Acacia nilotica* as a case Study. *Biological Control*, **16**(2): 230-239
- QUEESLAND GOVERNMENT 2008. Thorny karroo weed controlled on Darling Downs. The State of Queensland (Department of the Premier and Cabinet). Wednesday, May 28, 2008. URL: <http://www.cabinet.qld.gov.au/MMS/StatementDisplaySingle.aspx?id=58273>
- SUASA, W., P. SOMMARTYA & S. JAITUI 2004., Evaluation of seed-feeding bruchids, *Acanthoscelides* species, as biological control agents for *Mimosa pigra* in Thailand (in: Julien, M; Flanagan, G. Eds. *Research and Management of Mimosa pigra* p.122-125
- SYRETT, P., S. V. FOWLER, E. M. COOMBS, J. R. HOSKING, G. P. MARKIN, Q. E. PAYNTER & A. W. SHEPPARD 1999. The potential control of Scotch broom (*Cytisus scoparius*) (Fabaceae) and related weedy species, *Biocontrol News and Information*, **20**(1): 17-34
- YUS RAMOS, R., J. L. FERNÁNDEZ & E. FERNÁNDEZ 2007. Sobre la presencia del gorgojo de las acacias, *Pseudopachymerina spinipes* (Erichson, 1833) en la Península Ibérica (Coleoptera: Bruchidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **40**: 511-522
- YUS RAMOS, R. & P. COELLO GARCÍA 2008. Un nuevo brúquido de origen africano para la fauna ibero-balear y europea: *Bruchidius raddianae* Anton y Delobel, 2003 (Coleoptera: Bruchidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **42**: 413-424.