

Ciclo de vida de *Tetrastichus turionum* Htg. (Hy.: Eulophidae), un parasitoide de crisálidas de polilla del brote del pino (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lep.: Tortricidae)) para el control biológico en Chile

A. HUERTA¹; J. A. PAJARES², F. ROBREDO³

Se estudió el ciclo de vida de *Tetrastichus turionum* Htg., un endoparasitoide de crisálidas de polilla del brote del pino (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.) en España para su aplicación en el control biológico en Chile, mediante estudios de laboratorio y campo. *T. turionum* presentó dos generaciones anuales sobre la misma generación hospedante, una hibernante, con desarrollo detenido en diapausa desde mediados del verano hasta mediados de primavera del año siguiente y otra del año, de desarrollo rápido. Esta última generación corta, emergió y realizó sus puestas en verano, produciendo una progenie que hibernó como larva del cuarto estadio dentro del hospedante. Ambas generaciones aparecieron fuertemente sincronizadas con la presencia de crisálidas de la población hospedante. Los bioensayos de laboratorio mostraron que *T. turionum* no realizó puestas sobre larvas de *R. buoliana* ya parasitadas por *O. obscurator*. Los resultados confirmaron la idoneidad de *T. turionum* como parasitoide complementario de *O. obscurator* para su introducción y aplicación en el control biológico de *R. buoliana* en Chile.

¹ Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Avda. Santa Rosa 11.315. La Pintana. Casilla 9206-SANTIAGO-CHILE. E-mail: ahuerta@uchile.cl

² Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura, E.T.S de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid, 57. 34004-PALENCIA-ES-PAÑA. E-mail: jpajares@pvs.uva.es

³ José Abascal, 46. 2º C. 28003- MADRID- ESPAÑA.

Palabras claves: *Tetrastichus turionum*, *Rhyacionia buoliana*, parasitoide, parasitismo, control biológico.

INTRODUCCIÓN

La polilla del brote del pino, *Rhyacionia buoliana* ha sido una plaga importante en Europa durante varios siglos. Los daños suelen ser muy característicos: disminución del crecimiento y deformaciones en las extremidades de las ramas. Estos daños son debidos a las roeduras y galerías que hace la oruga en

las yemas y brotes para procurarse alimento (DAJOZ, 1980; ROMANYK y CADAHÍA, 1992).

R. buoliana se introdujo en Norteamérica a inicios del siglo pasado, llegando a ser una plaga importante de las plantaciones de pino, y numerosos estudios se han dirigido hacia un control biológico efectivo. Por tanto, su complejo de parasitoides ha sido ampliamente investigado y bien documen-

tado (WATSON y ARTHUR, 1959; SYME, 1970) y se han realizado varias evaluaciones de especies como agentes de control en Norteamérica (JUILLET, 1959; ARTHUR y JUILLET, 1961).

En Chile este insecto se ha convertido en la principal plaga del *Pinus radiata* D. Don (PAREDES *et al.*, 1998), cuya superficie asciende en la actualidad a 1.462.500 ha (INFOR, 2000). Al detectarse en 1985 la presencia de *R. buoliana* se inició una selección de posibles entomófagos para ser introducidos en el país como parte de un programa de control biológico, el cual se concretó con la introducción de *Orgilus obscurator* (Hy.: Braconidae) (LANFRANCO *et al.*, 1991). Si bien la acción de *O. obscurator* sobre *R. buoliana* en las extensas masas de *P. radiata* constituye un ejemplo para el control biológico forestal de esta plaga, no es suficiente para combatirla en los distintos hábitats donde se ha ido desplazando hoy en día. Así, OJEDA y AHUMADA (1999), señalan que este braconido no registra altos niveles de parasitismo en la VII y VIII Región (sur de Chile), posiblemente debido a problemas de desadaptación del parasitoide. Por tanto no es posible comprometer el control biológico de *R. buoliana* a un único regulador, dado que difícilmente será capaz de actuar eficientemente a lo largo de todos los nichos ecológico donde está presente en Chile. Una solución potencial a este problema puede ser la introducción de una segunda especie de parasitoide que ataque a un estado diferente del hospedante (DEBACH, 1977).

El complejo de parasitoides de *R. buoliana* de los últimos estados de desarrollo de la plaga se estudió en España (HUERTA, 2000). El análisis de las distintas características de cada parasitoide, tales como especificidad del hospedante, fecundidad, habilidad para localizar hospedantes, adaptación ecológica, etc., condujo a seleccionar al parasitoide de crisálidas *Tetrastichus turionum* Htg. (Hy.: Eulophidae) como el candidato más promisorio, compatible con *O. obscurator*, para ser introducido en Chile.

T. turionum fue especialmente importante en Alemania, Austria y Bélgica (ARTHUR y JUILLET, 1961). No obstante, en un estudio realizado en el norte de Alemania apareció como una especie moderadamente constante y muy rara dentro del complejo de *R. buoliana* (SCHRÖDER, 1974). En otro estudio más reciente, también en el país germano, se señaló a *Pimpla turionellae* (Hy., Pimplinae) y a *T. turionum* como los parasitoides responsables de la mortalidad de las crisálidas de *R. buoliana* (HÄUBLER, 1990).

Aunque algunas características biológicas de *T. turionum* han sido estudiadas en laboratorio, ningún detalle se ha publicado acerca de su ciclo de vida bajo condiciones de campo. Por tanto, este estudio se diseñó para conocer su ciclo de vida y estudiar su habilidad como biocontrolador y fortalecer el programa de control biológico de *R. buoliana* abordado en Chile, compatible con la presencia de *O. obscurator*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio de campo se desarrolló en una repoblación joven de *Pinus pinea* L. injertados, localizada en Tordesillas en la Provincia de Valladolid (Comunidad de Castilla y León). Esta parcela albergó una alta densidad de población de *R. buoliana*. Ésta se convirtió en la zona de seguimiento intensivo y permanente a lo largo de los tres años de estudio. Durante las temporadas de primavera -verano de 1997-1999 se realizaron una serie de muestreos periódicos que consistieron en el examen de los brotes atacados en los que se recolectaron orugas de los últimos estadios y principalmente crisálidas de la plaga que pudieran haber estado parasitadas. En la temporada de 1999 esta investigación se centró en Tordesillas, con algunos muestreos en la zona próxima de Campaspero (Valladolid). Parte del material colectado fue usado en los ensayos de laboratorio y el resto en los experimentos de campo.

Se hizo un seguimiento diario de las emergencias de *T. turionum* en laboratorio durante 1998-1999. En 1998, las crisálidas parasitadas fueron colocadas individualmente dentro de bolsas pequeñas (3 x 2 cm), construidas con una malla plástica de trama muy fina y fueron dejadas sobre los árboles en el campo. Un total de 15 bolsas fueron distribuidas en el campo, cinco por árbol, y se registró semanalmente la emergencia de los adultos parasitoides. Los muestreos se iniciaron a mediados de junio, y se continuaron hasta finales de julio, y posteriormente se reanudaron en la primavera siguiente (mayo) con el seguimiento de las crisálidas que pasaron por diapausa.

Durante 1999 se llevaron a cabo dos series de embolsamientos en Tordesillas. Este material parasitado se introdujo dentro de tubos eppendorf. En la primera de ellas se recogieron en Campaspero (Valladolid) durante la segunda semana de mayo, 15 crisálidas de *R. buoliana* con individuos del parasitoide que habían invernado en diapausa (cuarto estadio larvario). Las crisálidas parasitadas fueron transportadas a Tordesillas y colocadas en los tubos en los que se procedió al seguimiento semanal de las emergencias hasta su término, a fines de junio. La segunda serie de embolsamientos se realizó a partir de crisálidas de *R. buoliana* parasitadas durante ese año, recolectadas entre junio y julio. De forma similar a la anterior, el seguimiento se realizó semanalmente hasta el término de la emergencia (mediados de agosto).

La sincronización entre *T. turionum* y su estado hospedante se estudió en 1999 comparando la información procedente de los muestreos semanales de 100 brotes atacados en cada ocasión, cada uno proveniente de un árbol distinto. En cada uno de estos brotes se observó la presencia de orugas de último estadio y de crisálidas sanas y parasitadas y/o emergencias de adultos de *R. buoliana* (exuvias).

Para estudiar la interacción entre *T. turionum* y *O. obscurator* en 1999 se realizó

un seguimiento de las emergencias del parasitoide *O. obscurator* en Tordesillas. Para ello, se introdujeron orugas de los últimos estadios de *R. buoliana* aparentemente parasitadas (escasa movilidad) en tubos eppendorf en los que se había incorporado un pequeño brote. La emergencia de *O. obscurator* fue evaluada cada semana. De este modo fue posible conocer la evolución en campo de adultos de este braconido, y comparando con el periodo de actividad de los adultos de *T. turionum* se pudo analizar el solapamiento entre ambos parasitoides en campo y deducir la posibilidad de cleptoparasitismo.

Por último, para conocer la discriminación que pudiese ejercer *T. turionum* entre hospedantes intactos o previamente parasitados por *O. obscurator* se realizó un bioensayo, utilizando distintos hospedantes de *R. buoliana*. Para ello se utilizaron cápsulas petri de 9 cm de diámetro, preparadas como arena de ensayo, en cuyo interior se introdujo papel filtro humedecido periódicamente con agua destilada y en cuyas tapas superiores se realizó un orificio de 1 cm de diámetro que se cubrió con una malla de trama muy fina. Se mantuvieron condiciones de humedad entre 50-60%, y de temperatura entre 20-25 °C, en el interior de una cámara de cría de insectos. Este bioensayo consistió en tres ensayos, cada uno de los cuales contenían tres orugas del 5º estadio de *R. buoliana*, parasitadas previamente por *O. obscurator*. Además de tres orugas del 5º estadio sanas para el primer ensayo; tres crisálidas sanas para el segundo ensayo y tres crisálidas sanas más tres orugas del 5º estadio sanas para el tercero. Dentro de cada una de estas cápsulas se introdujeron seis hembras y seis machos de *T. turionum*. Al cabo de cuatro días se retiraron los adultos del parasitoide y transcurrido un mes, se procedió a la disección del material, con el fin de observar la presencia o ausencia de larvas del parasitoide, es decir, de oviposición efectiva. Cada uno de estos ensayos se repitió tres veces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia de los adultos de *T. turionum*

El seguimiento de las crisálidas de *R. buoliana* parasitadas en Tordesillas durante 1998, mostró que el periodo de emergencia de los adultos de *T. turionum* en campo se inició en la primera semana de julio y se prolongó a lo largo de todo este mes (Fig. 1). Del total de crisálidas embolsadas ($n = 15$) emergieron el 80%, quedando el resto en

diapausa durante el verano e invierno siguientes y emergiendo a mediados de mayo de 1999.

En laboratorio, las crisálidas parasitadas recogidas en Tordesillas durante 1997 y 1998 mostraron una curva de emergencias que comenzó desde principios de julio y se prolongó hasta fines de ese mes, con un máximo de emergencias en la tercera semana (Fig. 2). En ambos años la emergencia resultó similar y únicamente se produjo la emergencia en el 60% (1997, $n = 15$) y 50%

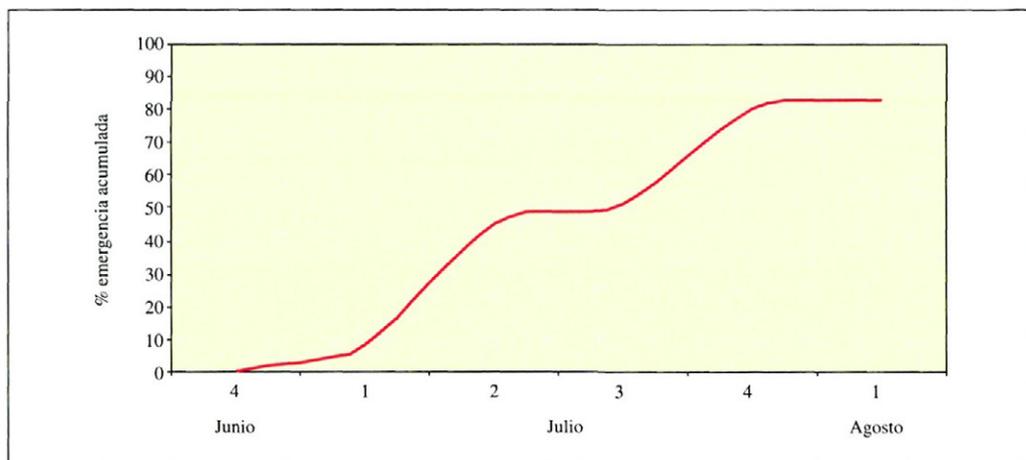


Fig. 1.—Emergencia acumulada (%) de *T. turionum* en 1998 provenientes de crisálidas de *R. buoliana* parasitadas.

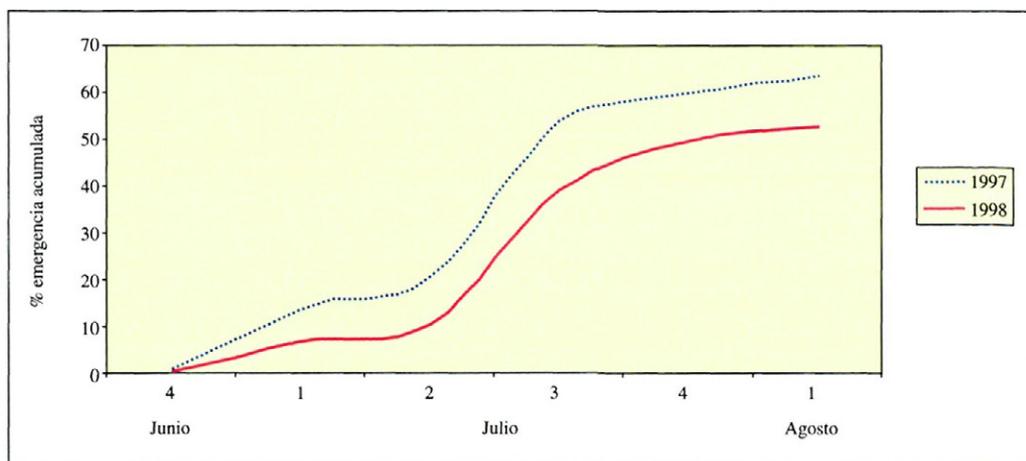


Figura 2. Emergencia acumulada (%) de *T. turionum* en laboratorio en 1997 y 1998 provenientes de crisálidas de *R. buoliana* parasitadas.

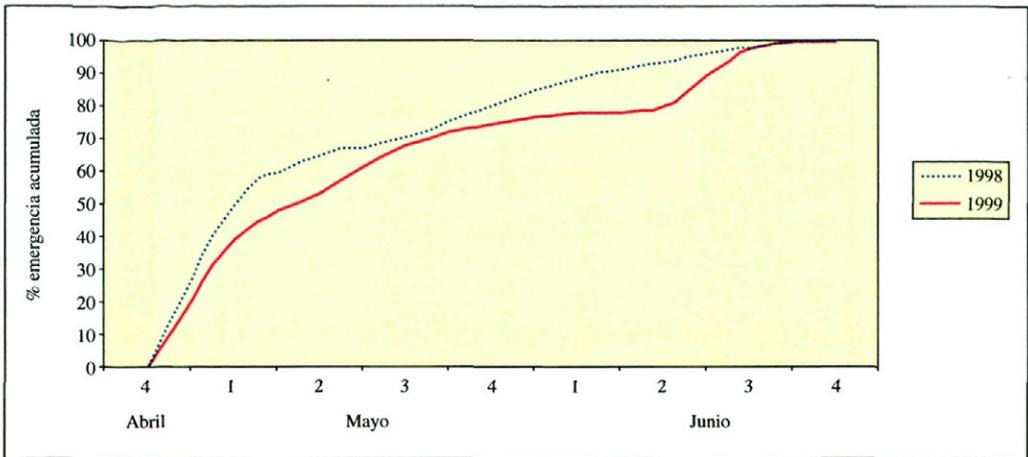


Fig. 3.—Emergencia acumulada (%) de *T. turionum* en laboratorio en 1998 y 1999 proveniente de crisálidas de *R. buoliana* parasitadas en 1997 y 1998 que entraron en diapausa.

(1998, $n = 28$) de los individuos recolectados, quedando las restantes crisálidas con *T. turionum* en diapausa prolongada hasta la primavera siguiente. La emergencia de estos individuos diapausantes en laboratorio, un año más tarde a partir de su colecta, mantuvo una tendencia parecida en ambos años. La aparición de los adultos comenzó desde la primera semana de mayo hasta mediados de junio, es decir, siete semanas más tarde (Fig. 3).

Durante 1999, se estudió el desarrollo del vuelo de *T. turionum* en el campo, a través de la emergencia de las crisálidas de *R. buoliana* parasitadas en 1998 (como larvas de cuarto estadio hibernantes) y a través de crisálidas parasitadas del año (Fig. 4). La emergencia de la generación hibernante comenzó desde la tercera semana de mayo y continuó hasta la tercera de junio. Estos adultos realizaron sus puestas sobre las crisálidas de *R. buoliana* disponibles, dando origen a una segunda generación en el año. La aparición de los adultos provenientes de crisálidas parasitadas en el año, comenzó en la segunda semana de junio y se extendió por cinco semanas, hasta la mitad de julio (aunque la emergencia de una crisálida ocurrió un mes más tarde), con la mayoría del vuelo concentrado en 10 días (fines de

junio/principios de julio) (Fig. 4.A). Del conjunto, cerca del 70% de las crisálidas del año produjeron adultos en ese verano, con el remanente quedando en diapausa hasta el año próximo. Así, ambas generaciones, hibernantes y del año, mostraron vuelos consecutivos, aunque superpuestos durante la segunda y tercera semana de junio, siguiendo la presencia de puestas de las hembras de *T. turionum* por un periodo de al menos ocho semanas (desde mediados de mayo hasta mediados de julio).

En la Fig. 4.B puede observarse la sincronización entre la emergencia de los adultos de las crisálidas del año y la presencia del estadio de crisálida en la población del hospedante. En Tordesillas, *R. buoliana* mostró un periodo muy extendido de ocurrencia del estado de crisálida de la población, desde mediados/finales de la primavera hasta mediados del verano, el cual fue cubierto completamente por ambos vuelos de *T. turionum*. Más aún, la máxima emergencia de *T. turionum* coincidió con una presencia de crisálidas muy elevada en la población y la mayoría de los adultos del año aparecieron cuando la presencia del estado de crisálida en el hospedante fue la más alta, más de la mitad de la población de *R. buoliana*.

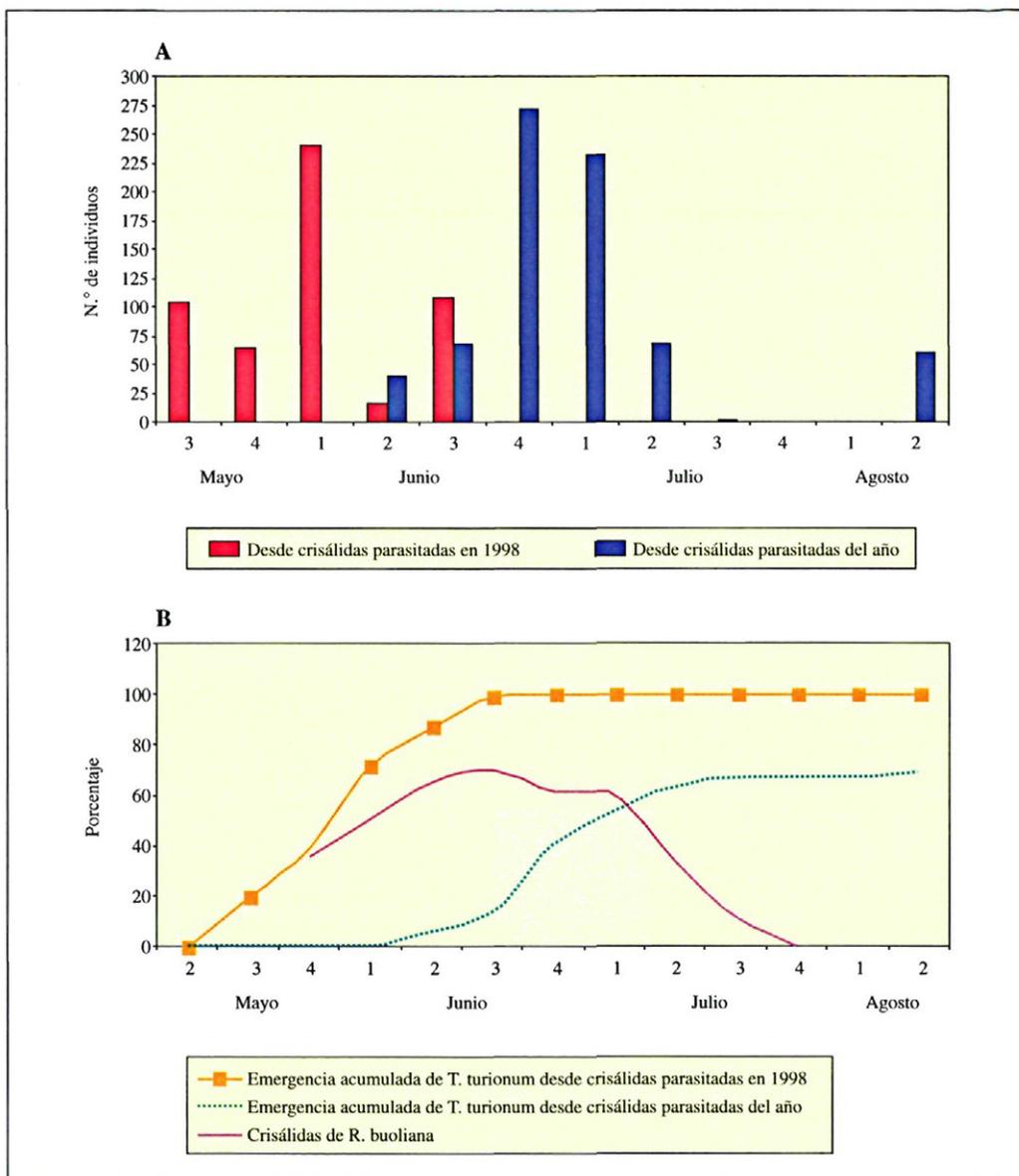


Fig. 4. A. Emergencia semanal de *T. turionum* en 1999 provenientes de crisálidas de *R. buoliana* parasitadas en 1998 (diapausa) y desde crisálidas parasitadas del año. B. Emergencia acumulada (%) de *T. turionum* provenientes de ambas series de crisálidas parasitadas y porcentaje de pupas de *R. buoliana* en la población.

Ciclo vital

Se indicó con anterioridad (JUILLET, 1959) que *T. turionum* hiberna como larva del cuarto estadio en diapausa dentro de su

hospedante. Nuestras observaciones sobre crisálidas parasitadas hibernantes en 1998 y 1999, confirmaron esto en todos los individuos estudiados. Esta generación hibernante reanudó su desarrollo en primavera y conti-

nuó la aparición de los adultos, los cuales en Tordesillas se desarrollaron e hicieron sus puestas sobre las crisálidas de *R. buoliana* durante cinco semanas, desde la tercera semana de mayo hasta aproximadamente la tercera de junio. De esta manera los adultos procedentes de la generación hibernante parasitaron las primeras crisálidas de *R. buoliana* y dieron lugar a una progenie que se desarrolló rápidamente (generación del año).

El desarrollo de la generación de ciclo corto pasa a través de cuatro estadios larvales sucesivos, definidos por el tamaño de su cuerpo y cabeza y por la morfología de las mandíbulas (descritas en detalle por JUILLET, 1959). Las hembras colocan varios huevos en un mismo hospedante resultando la emergencia de muchos adultos desde cada crisálida parasitada. Nuestros resultados obtenidos a partir de 45 crisálidas parasitadas mostraron un promedio de 41,4 (1, 82) adultos de *T. turionum* por hospedante, con una razón sexual de 1:2,6, fuertemente sesgada

hacia la producción de hembras. Otras cifras proporcionadas por ARTHUR y JUILLET (1961), son de 23 y 1:7, respectivamente. La duración del desarrollo desde el estado de huevo hasta el adulto fue bastante corta, cerca de tres semanas. Así, en Tordesillas los primeros adultos del año aparecieron en la segunda semana de junio, tres semanas más tarde que la emergencia de los primeros adultos de la generación hibernante. El desarrollo y oviposición de los adultos del año continuó por cinco semanas (hasta mediados de julio), parasitando crisálidas de *R. buoliana* aún disponibles en gran cantidad. La progenie producida por estos adultos se desarrolló en pocos días, hasta el cuarto estadio larval que entró en diapausa y no terminó su desarrollo hasta la primavera siguiente.

Así, *T. turionum* presentó un ciclo de vida bivoltino (Fig. 5), con dos generaciones anuales, una de desarrollo rápido o ciclo corto y otra, invernante, con desarrollo dete-

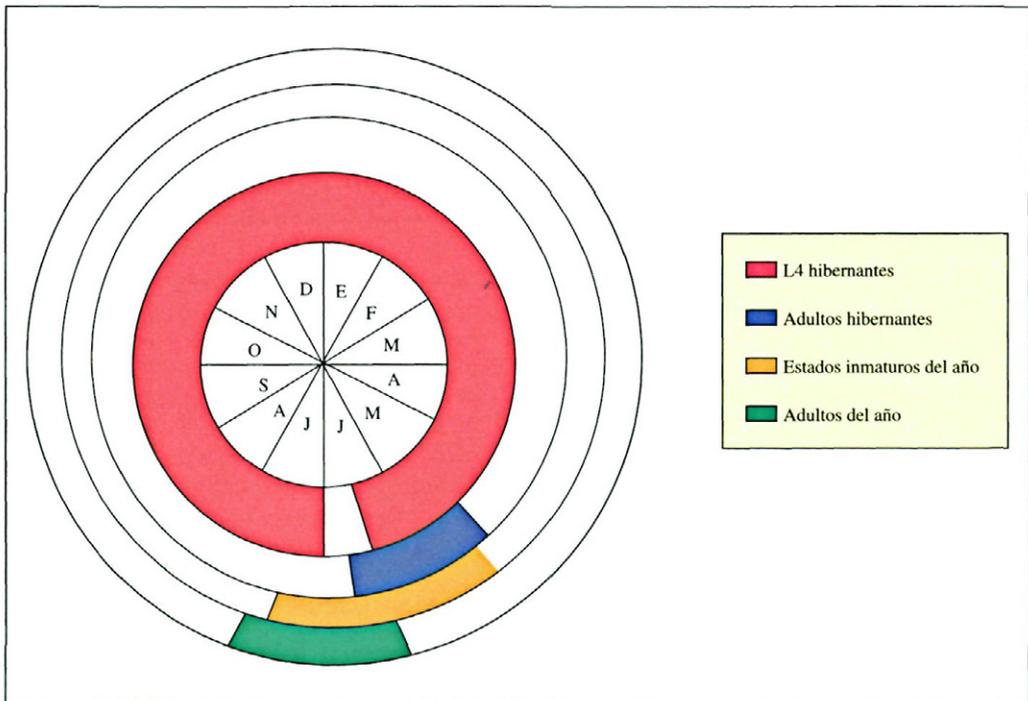


Fig. 5.—Ciclo de vida de *T. turionum* en Tordesillas según las observaciones durante 1998 y 1999.

nido en diapausa desde mediados de verano hasta mediados de primavera. Sin embargo, ARTHUR y JUILLET (1961), indicaron una generación al año para este parasitoide en Norteamérica. Las observaciones de estos autores sobre 94.000 brotes infestados por *R. buoliana* provenientes de Austria y de Alemania mostraron que cerca del 11% de los individuos de *T. turionum* emergieron durante el mismo año que fueron recolectados, mientras que el remanente pasó el invierno como larva madura dentro de la crisálida del hospedante, pero la mayoría de éstos fueron recolectados desde brotes infestados por la generación previa de *R. buoliana*. En nuestro caso, *T. turionum* tuvo claramente dos generaciones que actúan sobre la misma generación de *R. buoliana*. Los resultados de este estudio mostraron que una parte de la población de *T. turionum* muestreada en verano sufrió diapausa y la emergencia de adultos no tuvo lugar hasta la primavera siguiente. Es destacable la buena adaptación del parasitoide al hospedante, con una continua presencia de hembras ovipositoras, cubriendo completamente el largo periodo de disponibilidad del estado hospedante. De hecho muchos individuos de ambos sexos emergieron al mismo tiempo desde un mismo hospedante a la vez. Esto sugiere que es posible que *T. turionum* pueda mantenerse aún a bajas poblaciones del hospedante por lo que se requeriría de relativamente pocos hospedantes. Estas características de bivoltinismo, sincronismo y productividad por hospedante refuerzan su aptitud como un buen candidato para el control biológico de la polilla del brote en nuevas áreas.

Interacción con *O. obscurator*

Un requisito fundamental en la selección de un nuevo parasitoide para el control de *R. buoliana* en Chile es su compatibilidad con los enemigos naturales existentes, en este caso con el parasitoide anteriormente introducido, *O. obscurator*. Las hembras de este braconido realizan sus puestas sobre los pri-

meros estadios y el parasitoide se desarrolla endoparasíticamente en el interior de las orugas de *R. buoliana* hasta que éstas completan su quinto estadio. A través de todo el desarrollo del parasitoide hay también desarrollo de la oruga hospedante. Por último, la muerte de la oruga hospedante se produce durante su sexto estadio y entonces la larva del braconido sale al exterior y teje su capullo de pupación.

T. turionum es un parasitoide cuyas hembras oviponen preferentemente sobre las crisálidas de *R. buoliana*, aunque también pueden hacerlo sobre los últimos estadios de las orugas que se encuentran dentro de los brotes atacados cubiertos con resina (HUERTA, 2000; ROBREDO, F., *com.pers.*). Esto podría permitir que las hembras de *T. turionum* pudieran acceder a orugas de *R. buoliana* previamente parasitadas por *O. obscurator*, aunque antes de la emergencia del braconido, abriendo entonces la posibilidad de cleptoparasitismo por parte de *T. turionum* sobre *O. obscurator*. Para analizar tal posibilidad, primero se estudió si había algún solapamiento temporal entre las hembras de *T. turionum* y las orugas de *R. buoliana* ya parasitadas por *O. obscurator*. El periodo de emergencia de los adultos de *O. obscurator* en campo (Fig. 6) se extendió desde la última semana de junio hasta la segunda de agosto, con una tasa de emergencia máxima a finales de julio. Así, *O. obscurator* parece estar altamente sincronizado con la ocurrencia de orugas jóvenes en la población hospedante, las cuales comienzan a aparecer a mediados de junio aunque son especialmente abundantes desde mediados hasta finales de julio (MOZO, 1998). Esta elevada adaptación de *O. obscurator* con su estado hospedante ha sido observada también en otras áreas más frías (JUILLET, 1960; ROBREDO, F., *com.pers.*).

Los estadios inmaduros del parasitoide se desarrollan rápidamente en el interior de las orugas parasitadas hasta que ambos detienen su desarrollo y entran en diapausa a fines de verano. La reanudación del desarrollo del parasitoide se produce en primavera cuando

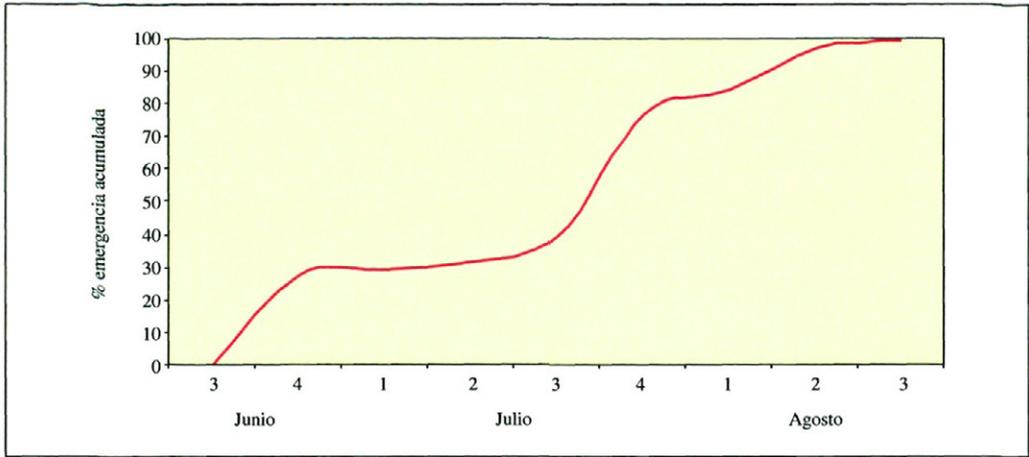


Fig. 6.—Emergencia acumulada (%) de adultos de *O. obscurator* en Tordesillas (1999).

las orugas hospedantes comienzan a alimentarse en los brotes anuales. En esta fase el desarrollo suele ser lento hasta que el hospedante alcanza su sexto estadio y muere por efecto del parasitismo. Así, durante el ciclo vital de *O. obscurator* en Tordesillas hay presencia de orugas parasitadas de *R. buoliana* de los últimos estadios desde mayo hasta la segunda o tercera semana de julio. El periodo de actividad de los adultos de *T. turionum* en dicha localidad, comprende un intervalo muy solapado con la presencia de orugas parasitadas por *O. obscurator* en los brotes del pino, de forma que la posibilidad de que los adultos de *T. turionum* puedan realizar un cleptoparasitismo sobre *O. obscurator* no puede descartarse.

Se probó la posibilidad de una discriminación negativa por parte de las hembras de *T. turionum* al existir el acceso hacia orugas de *R. buoliana* ya parasitadas por *O. obscurator*. Los resultados de las pruebas de interacción (Tabla 1) mostraron que en ningún caso las hembras de *T. turionum* ovipositaron sobre orugas de *R. buoliana* parasitadas por *O. obscurator* cuando tuvieron elección entre éstas y entre orugas sanas o entre crisálidas sanas o entre ambas a la vez. Puede verse además que *T. turionum* puede parasitar las orugas sanas de *R. buoliana* pero no se trata de un estadio hospedante preferido ya que éstas sólo fueron parasitadas en un porcentaje bajo, incluso cuando no hubo otra elección que las orugas ya parasitadas por *O.*

Tabla 1.—Resultados de la discriminación entre hospedantes sanos y parasitados

Ensayos	% de hospedantes con emergencia de adultos			Total
	<i>T. turionum</i>	<i>O. obscurator</i>	<i>R. buoliana</i>	
1.				
Oruga sana	11,1	0	88,9	100
Oruga parasitada por <i>O. obscurator</i>	0	100	0	100
2.				
Crisálida sana	66,7	0	33,3	100
Oruga parasitada por <i>O. obscurator</i>	0	100	0	100
3.				
Oruga sana	11,1	0	88,9	100
Crisálida sana	55,6	0	44,4	100
Oruga parasitada por <i>O. obscurator</i>	0	100	0	100

obscurator. Resulta evidente que *T. turionum* prefirió claramente ovipositar sobre las crisálidas de *R. buoliana* cuando éstas estuvieron disponibles, obteniéndose porcentajes de parasitismo superiores al 50%.

Así, estos resultados indican que la posibilidad de cleptoparasitismo de *T. turionum* sobre *O. obscurator* puede menospreciarse y ambos parasitoides pueden coexistir en una misma zona sin que haya interacciones negativas entre ellos. Mientras *O. obscurator* parasita desde los primeros estadios de las orugas de *R. buoliana* y está presente en el interior de su hospedante hasta que éste muda en el sexto estadio, *T. turionum* localiza y selecciona las crisálidas sanas que se encuentran en las cámaras de crisalidación en los grumos de resina de los brotes. Es razonable suponer que cuando una hembra de *T. turionum* localiza una oruga del quinto estadio parasitada por *O. obscurator*, ésta es rechazada como hospedante, e igualmente debe suceder si lo que se encuentra es una oruga muerta del sexto estadio con el capullo del parasitoide ya formado. Esta capacidad de *T. turionum* para discriminar entre hospedantes ya parasitados, también indicada por ARTHUR y JUILLET (1961), refuerza su idoneidad como candidato para ser introducido en Chile y complementar la acción biocontroladora de *O. obscurator*.

CONCLUSIONES

El estudio del ciclo biológico de *T. turionum* mostró que este parasitoide presenta: (a) Un ciclo de vida bivoltino, con dos generaciones anuales, una de desarrollo rápido o ciclo corto, y otra, invernante, con desarrollo

detenido en diapausa desde mediados de verano hasta mediados de primavera del año siguiente. Ambas generaciones actúan sobre la misma generación de crisálidas de *R. buoliana* y están estrechamente sincronizadas con la aparición del estadio de crisálida de su hospedante. (b) Una continuidad temporal mediante la diapausa experimentada durante 10 meses por las larvas del cuarto estadio dentro de la crisálida de *R. buoliana*, sin necesidad de hospedantes alternativos. Y (c) Una clara compatibilidad con el parasitoide de orugas *O. obscurator*, aunque la presencia de los adultos de *T. turionum* se solapa con la de las orugas de *R. buoliana* parasitadas por *O. obscurator*, la escasa preferencia de *T. turionum* por este estadio de su hospedante y su discriminación negativa por las orugas ya parasitadas por el bracónido permiten descartar la posibilidad de cleptoparasitismo. Todo lo anterior refuerza su aptitud, indicada por Huerta (2000) como efectivo enemigo natural de *R. buoliana*, apto para su introducción en Chile con el fin de complementar el control biológico ejercido por *O. obscurator*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), por la concesión de una beca de manutención a la autora principal y al proyecto «Control Integrado de la Polilla del Brote del pino (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.)». Ref. VA 39/99, Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación de la Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Castilla y León (España), que financió parte de esta investigación.

ABSTRACT

HUERTA A., PAJARES J. A., ROBRED F. *Bol. San. Veg. Plagas*, 28: 151-161.

The life cycle of *Tetrastichus turionum*, a pupal endoparasitoid of the European pine shoot moth *Rhyacionia buoliana*, was studied in Spain in field and laboratory tests aimed to its use in the biological control of that pest in Chile. *T. turionum* showed two annual generations acting on the same host generation. Adults from the overwintering

generation emerged and dispersed from mid to late spring and gave rise to a fast developing, current year generation. Adults of this generation emerged and oviposited in early to mid summer, producing a progeny that overwintered as fourth instar larvae inside their host. Both generations appeared highly synchronized to the presence of pupae in the host population. Laboratory bioassays showed that *T. turionum* did not oviposit on *R. buoliana* larvae already parasitized by *Orgilus obscurator*. The results reinforce the suitability of *T. turionum* as a promising parasitoid complementary to *O. obscurator* in the biological control of the European pine shoot moth in Chile.

Key words: *Tetrastichus turionum*, *Rhyacionia buoliana*, parasitoid, parasitism, biological control.

REFERENCIAS

- ARTHUR, A.P.; JUILLET, J. A. 1961. The introduced parasites of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae) with a critical evaluation on their usefulness as control agents. *The Canadian Entomologist* 93: 297-312.
- DAJOZ, R. 1980. Écologie des insectes forestiers. Gauthier-Villars. Paris. 489 p.
- DEBACH, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 399 p.
- HÄUBLER, D. 1990. Der Kiefernknospentriebwickler (*Rhyacionia buoliana* Den. & Schiff.). Institut für Forstwissenschaften Eberswalde. *Merkblatt* 48. 13 p.
- HUERTA, A. 2000. Estudio del complejo de parasitoides de *Rhyacionia buoliana* Den et Schiff. en España para su aplicación en el control biológico en Chile. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, España. 196 p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2000. Estadísticas forestales 1999. Boletín Estadístico N° 74. Santiago- Chile.
- JUILLET, J.A. 1959. Morphology of immature stages, life history and behaviour of three hymenopterous parasites of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera:Olethreutidae). *The Canadian Entomologist* 91:709-719.
- JUILLET, J.A. 1960. Immature stages, life histories, and behaviour of two Hymenopterous parasites of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera, Olethreutidae). *The Canadian Entomologist* 92: 342-346.
- LANFRANCO, D.; BÜCHNER, J.; AGUILAR, A.; HORNOS, R. 1991. Parasitoides nativos en el control de la polilla del brote del pino (*Rhyacionia buoliana*): avances en la identificación del complejo y de sus estrategias de desarrollo. *Bosque* 12 (2): 69-74.
- MOZO, S. 1998. Estudio de la época de aplicación y efectividad de tratamientos con inhibidores de la formación de cutícula frente a *Rhyacionia buoliana*. *Trabajo fin de carrera* (inéd.). Sección Ingeniería Técnica Forestal. Universidad de Valladolid. Palencia. 109 p.
- OJEDA, S.; AHUMADA, R. 1999. Desarrollo de tecnología de producción y utilización de *Coccygomimus fuscipes* Brullé para el control de *Rhyacionia buoliana* Denis & Schiffermüller. *Informe Proyecto CORFO N° 95-0657*. Bioforest S.A. Protección Fitosanitaria. Concepción-Chile. 55 p.
- PARÉDES, M.; CISTERNAS, E.; GERDING, M.; BECERRA, V. 1998. Resultados preliminares de diversidad genética en poblaciones de *Orgilus obscurator* presentes en Chile. In: Corporación Nacional Forestal. *Actas Congreso Internacional de Plagas Forestales*. Pucón, Chile. pp. 258-269.
- ROMANYK, N; CADAHÍA, D. (Eds.). 1992. Plagas de insectos en las masas forestales españolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. EGRA, S.A. Madrid. 272 p.
- SCHRÖDER, D. 1974. A study of the interactions between the internal larval parasites of *Rhyacionia buoliana* (Lep.Olethreutidae). *Entomophaga* 19(2): 145-171.
- SYME, P. 1970. Discrimination by *Hyssopus thymus* (Hymenoptera: Eulophidae) against *Orgilus obscurator* (Hymenoptera: Braconidae), an internal parasite of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Lepidoptera: Olethreutidae). *The Canadian Entomologist* 102: 1523- 1527.
- WATSON, W.; ARTHUR, A.P. 1959. Parasites of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.), in Ontario. *The Canadian Entomologist* 91: 478-448.

(Recepción: 8 enero 2002)

(Aceptación: 1 febrero 2002)