

## Selección de parasitoides de la polilla europea del brote del pino (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) para el control biológico en Chile

A. HUERTA, F. ROBREDO, J. DIEZ, J. A. PAJARES

Se estudió el complejo de parasitoides de *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) en España para su aplicación en el control biológico en Chile, mediante estudios de campo y laboratorio. En total se identificaron nueve especies de parasitoides en los últimos estados de desarrollo de la plaga, cinco en las orugas de últimos estadios (*Orgilus obscurator* Nees, *Cremastus interruptor* Grav., *Campoplex ramidulus* Brischke, *Ephialtes ruficollis* Grav. y *Angitia* sp.) y cuatro en las crisálidas (*Pimpla turionellae* L., *Pimpla* sp., *Bethylus* sp. y *Tetrastichus turionum* Htg.). El análisis sobre las características y el comportamiento de cada uno de los parasitoides identificados condujo a seleccionar como candidato para ser estudiado con mayor profundidad al eulófido *T. turionum*, dado que reunió todos los atributos de un candidato prometedor: alta capacidad de localización de sus hospedantes, gran plasticidad ecológica, ausencia de cleptoparasitismo, buena sincronización con el ciclo de vida de *R. buoliana*, independencia de hospedantes alternativos y elevada fecundidad.

A. HUERTA. Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Av. Santa Rosa 11.315. La Pintana. Casilla 9206-Santiago-Chile. E-mail: ahuerta@uchile.cl

F. ROBREDO. José Abascal, 46. 2°C. 28003- Madrid- España.

J. DIEZ, J. A. PAJARES. Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid. Av. de Madrid 44, E-34071, Palencia-España. E-mail: jdiez@pvs.uva.es, jpajares@pvs.uva.es

**Palabras clave:** *Rhyacionia buoliana*, *Pinus* sp., complejo de parasitoides, control biológico, parasitismo.

### INTRODUCCIÓN

*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lep.: Tortricidae) ha sido una plaga importante en Europa durante varios siglos (ARTHUR y JUILLET, 1961). Los daños suelen ser muy característicos: disminución del crecimiento y deformaciones en las extremidades de las ramas (DAJOZ, 1980). Estos daños son debidos a las roeduras y galerías que hace la oruga en las yemas y brotes para procurarse alimento (ROMANYK y CADAHÍA, 2002).

*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 (JUILLET, 1959; ARTHUR y JUILLET, 1961; SYME, 1970). Por tanto, su complejo de parasitoides ha sido ampliamente investigado y bien documentado (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 *R. buoliana* se ha convertido en la principal plaga del *Pinus radiata* D. Don., cuya superficie supera el 1.400.000ha (INFOR, 2001). Al detectarse en 1985 la presencia de este insecto se inició una selección de posibles entomófagos para ser introducidos en dicho país como parte de un programa de control biológico, el cual se concretó con la introducción de *O. obscurator* (LANFRANCO *et al.*, 1991). Esta plaga ha colonizado todas las zonas productoras de pino en Chile, a pesar de la presencia de *O. obscurator* (ROJAS, 2005). Si bien los resultados de la evaluación del parasitismo logrado al año 2003 han demostrado el éxito del programa de control biológico con este parasitoide (BALDINI *et al.*, 2005), aún no ha sido suficiente el control en las zonas más septentrionales de su distribución. 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). Este estudio planteó incursionar en el complejo de parasitoides nativos que atacaran a un estado diferente al que actúa *O. obscurator* (orugas de primeros estadios), es decir, orugas de últimos estadios y principalmente crisálidas a fin de complementar el actual programa de control biológico de la plaga en el país, con énfasis en la zona norte de colonización a través de una selección de parasitoides candidatos. Ante la ausencia de una base teórica definitiva que permita determinar si una especie de parasitoide será efectiva al ser introducida en otro ecosistema para el control de una plaga (EHLER, 1990), se procedió a la selección de parasitoides tomando en consideración una serie de

características que permitan suponer que dicha especie reúne los requisitos necesarios para cumplir satisfactoriamente con su función biocontroladora: capacidad de localización de sus hospedantes, plasticidad ecológica, ausencia de cleptoparasitismo, sincronización con el ciclo de vida del hospedante, independencia de hospedantes alternativos y fecundidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestras de los parasitoides

Para conocer el complejo de parasitoides nativos de *R. buoliana* en España durante las últimas fases de desarrollo de la plaga se realizaron una serie de muestreos periódicos en la época de primavera-verano en las temporadas de 1997 y 1998. Se seleccionó zonas representativas del ataque de la plaga en distintas repoblaciones jóvenes de *Pinus* a través de reconocimientos previos de campo (Cuadro 1). Los muestreos consistieron en el examen de los brotes atacados en los que se recolectaron orugas de los últimos estadios y principalmente crisálidas de *R. buoliana* que pudieran haber sido parasitadas naturalmente en las distintas localidades.

Todo el material biológico recogido en el campo fue trasladado al Laboratorio de Plagas y Enfermedades de la E.T.S. Ingenierías Agrarias de Palencia (U. de Valladolid) y mantenido bajo condiciones controladas de laboratorio (20 °C, H.R. 60%, Fotoperíodo 14:10). En 1997 las orugas de últimos estadios (con un pequeño brote) y las crisálidas se introdujeron individualmente en tubos de plástico transparente, de 1cm de diámetro y

Cuadro 1. Antecedentes sobre las localidades y muestreos llevados a cabo.

Localidad	Comunidad Autónoma	Hospedante	Año de evaluación
Santa Pola (Alicante)	Valenciana	<i>P. halepensis</i>	1998
Guardo (Palencia)	Castilla y León	<i>P. sylvestris</i>	1997, 1998
Huelva (Huelva)	Andalucía	<i>P. halepensis</i>	1998
Rueda (Valladolid)	Castilla y León	<i>P. pinea</i>	1997, 1998
Tordesillas (Valladolid)	Castilla y León	<i>P. pinea</i>	1997, 1998, 1999
Valle de Mena (Burgos)	Castilla y León	<i>P. radiata</i>	1997, 1998
Zaragoza (Zaragoza)	Aragón	<i>P. halepensis</i>	1998

7,5cm de longitud. Éstos se cerraron con algodón, permitiendo de este modo su aireación y evitando la salida de los adultos una vez emergidos. Los tubos se dispusieron verticalmente en bandejas plásticas, se etiquetaron y se evaluó periódicamente la emergencia de los parasitoides asociados.

En la localidad de Tordesillas en 1998 se recolectaron semanalmente orugas de último estadio y en su mayoría crisálidas parasitadas por el agente ya seleccionado con el fin de conocer su comportamiento en condiciones naturales. Este material se introdujo individualmente dentro de pequeñas bolsitas de 3x2 cm, construidas con una malla plástica de trama muy fina. Estos embolsamientos se dispusieron en los árboles, en grupos de a cinco y se registraron las emergencias.

En la temporada de 1999, para comprender el comportamiento de la población de *R. buoliana* y de sus parasitoides directamente en campo (Tordesillas), se realizaron muestreos de 100 brotes atacados en cada ocasión, cada uno proveniente de un árbol distinto para poder captar la mayor variación posible en la población y representar mejor la situación existente en cada momento. 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). Esta actividad se efectuó semanalmente desde el inicio de las emergencias hasta su ausencia. Por último, en forma paralela se realizó un seguimiento semanal en campo a los parasitoides (orugas y crisálidas parasitadas). Este material parasitado se introdujo dentro de tubos eppendorf, previamente perforados para facilitar su aireación que se dispusieron en los árboles mediante un alambre. De este modo se realizó el seguimiento de las emergencias de los parasitoides en forma natural y se relacionó con la evolución de los estadios en la población del hospedante para analizar su sincronización.

#### **Identificación taxonómica de los parasitoides**

Los parasitoides emergidos en los muestreos se identificaron taxonómicamente con

la ayuda de una lupa estereoscópica y el uso de claves de reconocimiento, y por comparación con la colección de parasitoides facilitada por el Dr. Robredo. Los ejemplares recolectados se agruparon taxonómicamente de acuerdo a su orden, familia, género y especie, si era posible.

#### **Selección de candidatos**

La selección de un parasitoide con buenas posibilidades biorreguladoras en Chile y compatible con *O. obscurator* se basó en el análisis sobre el parasitismo, su abundancia, capacidad de localización del hospedante, plasticidad, sincronización con *R. buoliana* y necesidad de hospedantes alternativos de los parasitoides identificados a partir de los datos obtenidos en este estudio, junto a antecedentes bibliográficos.

Para conocer la localización del hospedante por parte del parasitoide, se asumió que la tasa de ataque del parasitoide actúa como un indicador de esta capacidad (SCHRÖDER, 1974). De este modo, utilizando los valores de abundancia (%) de cada parasitoide con respecto al total de material biológico evaluado de las distintas procedencias y años, pudieron clasificarse según este atributo.

Para analizar la plasticidad, es decir, su capacidad para dispersarse y establecerse en hábitats distintos, se establecieron una serie de categorías en función del número de localidades en las que cada parasitoide fue detectado (las localidades de Tordesillas y Rueda se consideraron una sola debido a su similitud ecolimática). De este modo, si un parasitoide apareció en todas las localidades se consideró con una plasticidad muy alta. Si fue detectado en cinco, cuatro, tres, dos o en una sola, se clasificó con una plasticidad alta, alta/media, media/baja, baja o muy baja, respectivamente.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Evaluación del parasitismo en las localidades**

De las cuatro zonas estudiadas en 1997, en las cuales se examinaron 422 individuos, se

Cuadro 2. Evaluación del parasitismo en los últimos estadios de *R. buoliana*, principalmente en crisálidas, en distintas localidades en 1997.

Localidad	Hospedante	Nº individuos muestreados			Nº individuos emergidos		% Parasitismo
		Oruga	Crisálida	Total	Adulto <i>R. buoliana</i>	Parasitoide	
Guardo	<i>P. sylvestris</i>	3	97	100	76	24	24,0
Rueda	<i>P. pinea</i>	5	158	163	127	36	22,0
Tordesillas	<i>P. pinea</i>	6	137	143	122	21	14,7
Valle de Mena	<i>P. radiata</i>	0	16	16	2	14	87,5
Total		14	375	422	327	95	
Promedio							22,5

obtuvo un nivel similar de parasitismo (más de 20%) en las localidades de Guardo y Rueda, y ligeramente inferior en Tordesillas. En Valle de Mena este valor se elevó considerablemente (87,5%), debido a un sesgo en el muestreo, ya que éste se realizó algo tardíamente (12 de junio), cuando la mayoría de la población de *R. buoliana* ya había emergido y únicamente permanecían en los árboles unas pocas crisálidas, en su mayoría parasitadas. En esta zona, con clima suave de influencia atlántica, el desarrollo de *R. buoliana* se adelanta con relación a la meseta. Cabe destacar que el nivel de *R. buoliana* en estas repoblaciones de Valle de Mena era muy bajo, revelando que los árboles encontraban condiciones aptas para un desarrollo vigoroso (Cuadro 2).

En Tordesillas y Rueda, localidades bastante homogéneas en sus condiciones ecológicas y con el mismo hospedante (*P. pinea*), la proporción de orugas encontradas en la fecha de muestreo (18 junio) no superó el 3 o 4% de la población, la cual estaba compuesta mayoritariamente de crisálidas (sobre el 96%). Puede observarse que se produce un cierto retraso en el desarrollo en las localidades de Tordesillas y de Rueda. Cabe agregar que ambas repoblaciones de *P. pinea* representaban niveles de ataque por *R. buoliana* elevados (Cuadro 2).

En Guardo, donde las condiciones climáticas del páramo alto son más frías y el hospedante es *P. sylvestris*, se percibe que también la proporción de crisálidas recogidas fue alta (97%) y su nivel de parasitismo aso-

ciado fue el mayor de todas las de la meseta (24%). El grado de ataque de *R. buoliana* en esta repoblación de pino silvestre era intermedio (Cuadro 2).

Durante la temporada 1998 se repitieron los muestreos en las localidades anteriores, con la incorporación de tres nuevas localidades, todas ellas constituidas por un nuevo hospedante, *P. halepensis*, que reflejaban condiciones ecológicas anteriormente no representadas: mediterráneas (Alicante), subatlánticas (Huelva) y del Valle del Ebro (Zaragoza). En total se examinaron 577 individuos, con un rango entre 33 (Guardo) -190 (Zaragoza). Los resultados (Cuadro 3) mostraron una esperada variabilidad en los niveles de parasitismo de las localidades, aunque tendieron a agruparse en dos clases, una con niveles de parasitismo bajos, algo más del 10 % (Alicante, Huelva y Rueda) y otra con niveles medios-altos, entre el 40-60% de parasitismo (Zaragoza, Valle de Mena, Tordesillas y Guardo).

En la mayoría de las localidades, la población de *R. buoliana* en la fecha de muestreo estaba constituida casi exclusivamente por crisálidas, con porcentajes respecto al total de la población superiores al 90% en Alicante, Zaragoza, Guardo, Rueda y Tordesillas. En Valle de Mena la población de *R. buoliana* aún presentaba más de la cuarta parte en estado de oruga, mientras que en Huelva casi toda la población estaba constituida por orugas. Así, los niveles de parasitismo encontrados, reflejan casi exclusivamente el parasitismo sobre crisálidas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación del parasitismo en los últimos estadios de *R. buoliana*, principalmente en crisálidas en distintas localidades en 1998.

Localidad	Hospedante	Nº individuos muestreados			Nº individuos emergidos		% Parasitismo
		Oruga	Crisálida	Total	Adulto <i>R. buoliana</i>	Parasitoide	
Alicante	<i>P. halepensis</i>	5	109	114	102	12	10,5
Guardo	<i>P. sylvestris</i>	2	31	33	12	21	63,6
Huelva	<i>P. halepensis</i>	51	8	59	52	7	11,9
Rueda	<i>P. pinea</i>	2	45	47	39	8	17,0
Tordesillas	<i>P. pinea</i>	3	68	71	29	42	59,2
Valle de Mena	<i>P. radiata</i>	18	65	83	47	36	43,4
Zaragoza	<i>P. halepensis</i>	16	174	190	116	74	39,0
Total	Total	103	473	577	377	227	
Promedio							39,3

En Guardo, el nivel de parasitismo encontrado fue el más alto (63,6%), muy superior al obtenido el año anterior (24%), si bien como refleja el bajo número de crisálidas encontrado, el muestreo fue realizado tres semanas más tarde que el año anterior, cuando muchas de las crisálidas no parasitadas ya habían dado lugar a adultos y no fueron, incluidas en la muestra. Lo mismo puede decirse de Tordesillas, donde únicamente se recogieron la mitad de crisálidas de *R. buoliana* que el año anterior, lo que ofreció porcentajes de parasitismo mucho más elevados (59,2% frente a 14,7%). El nivel de población de *R. buoliana* en ambas localidades continuaba similar al del año anterior, intermedio en Guardo y alto en Tordesillas (Cuadro 3).

En Valle de Mena, se encontró un nivel de parasitismo muy alto (43,4%) junto con una baja densidad de población de *R. buoliana*. En Rueda, donde el nivel de plaga se mantenía bastante alto, el porcentaje de parasitismo encontrado resultó ligeramente inferior al año anterior (Cuadro 3).

En las localidades con *P. halepensis* como hospedante de *R. buoliana*, los niveles de parasitismo difirieron entre el Valle del Ebro y las zonas costeras. En Zaragoza, sobre casi 200 individuos muestreados, se obtuvo un alto porcentaje de parasitismo (39%), con nivel de plaga intermedio, mientras que en Alicante y Huelva los porcentajes de parasitismo apenas superaron el 10%. En esta últi-

ma localidad los muestreos se realizaron con adelanto (Cuadro 3). Los datos obtenidos permiten suponer que los niveles de parasitismo de crisálidas pueden llegar a ser considerables y eliminar más de la mitad de la población en dicho estado.

#### Abundancia de los parasitoides

*Tetrastichus turionum* Htg. (Hy.: Eulophidae) ocupó el primer lugar en orden de abundancia, con un parasitismo medio del 16,3%, y un rango de variación entre los valores muy bajos de Santa Pola (Alicante) (1,8%) y bastante altos en Zaragoza (37,4%), ambos con el mismo hospedante de *R. buoliana*, pino carrasco. Merece destacar el alto nivel de parasitismo encontrado en Valle de Mena, sobre *P. radiata*, afectando a casi una cuarta parte de las crisálidas. En segundo lugar, y bastante alejado de *T. turionum*, aparece *Pimpla turionellae* L. (Hy.: Pimplinae) con un porcentaje de parasitismo del 5,8% y un rango entre 0,5 y 14,4%. *Ephialtes ruficollis* (Grav.) (Hy.: Pimplinae) desciende ya a un nivel de parasitismo del 2,8 % (máximo 10%), mientras que los restantes parasitoides apenas llegan al 1% (Cuadro 4).

#### Sincronización de los parasitoides con su hospedante

Al inicio del muestreo (primera semana de junio) la proporción de orugas y crisálidas

Cuadro 4. Abundancia (%) de los parasitoides de *R. buoliana* en distintas localidades durante las temporadas de 1997 y 1998. Porcentajes con respecto al total de individuos hospedantes muestreados. N.R.: No registrado.

Parasitoides	Alicante 1998	Guardo 1997-8	Huelva 1998	Rueda 1997-8	Tordesillas 1997-8	Valle de Mena 1997-8	Zaragoza 1998	Media	Orden de abundancia
<i>P. turionellae</i>	7,9	9,8	N.R.	4,3	3,7	14,4	0,5	5,8	2º
<i>E. ruficollis</i>	0,9	5,3	N.R.	0,5	2,3	10,0	0,5	2,8	3º
<i>Angitia</i> sp.	N.R.	N.R.	N.R.	0,9	N.R.	N.R.	N.R.	0,1	7º
<i>C. ramidulus</i>	N.R.	3,8	N.R.	3,3	0,9	N.R.	N.R.	1,1	4º
<i>C. interruptor</i>	N.R.	5,3	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	0,8	5º
<i>Bethylus</i> sp.	N.R.	N.R.	N.R.	0,5	0,9	N.R.	N.R.	0,2	6º
<i>T. turionum</i>	1,8	8,2	11,9	10,9	20,1	24,2	37,4	16,3	1º
Sin identificar	Ninguno	1,8	Ninguno	Ninguno	Ninguno	2,0	0,5	0,6	

sanas se acercaba a la igualdad (50%), y en las dos siguientes semanas la proporción de crisálidas va aumentando hasta alcanzar su valor máximo, el 70% de la población, durante la tercera semana de junio. A partir de este momento la presencia de crisálidas en la población va disminuyendo lentamente hasta la primera semana de junio (60% de la población) y desde aquí se reduce rápidamente hasta que a fines de julio ya no se encuentran crisálidas sanas (Fig. 1).

Los vuelos de los adultos de la plaga comenzaron a producirse a partir de la segunda semana de junio y se prolongaron hasta fines del mes siguiente. La frecuencia de orugas parasitadas fue baja y se recogieron desde el inicio del muestreo hasta fines de junio. La frecuencia y distribución temporal de las crisálidas parasitadas fueron mayores que en las orugas, si bien los muestreos precisamente se enfocaron a este último estado de *R. buoliana*. Su distribución se extendió desde los ini-

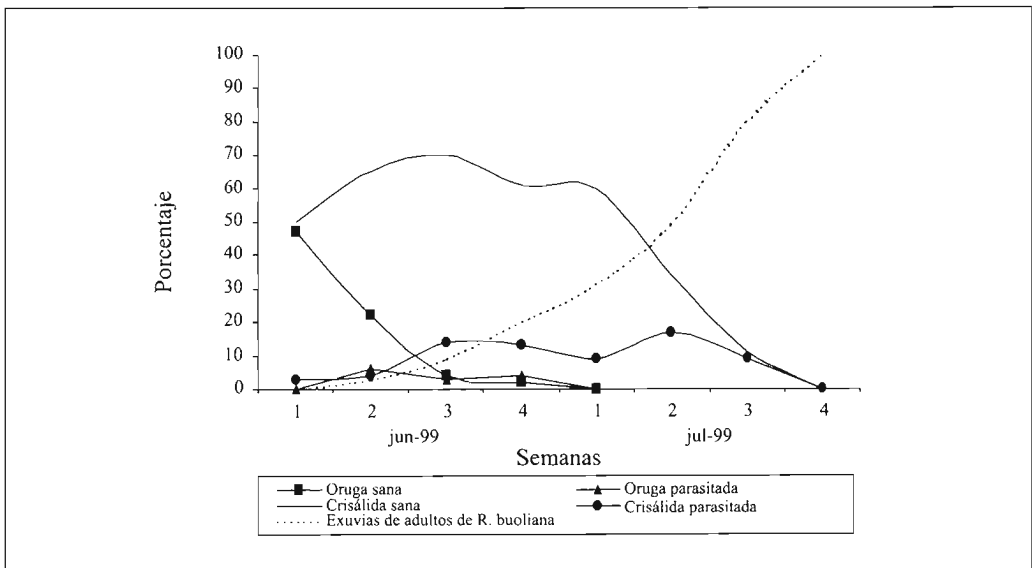


Figura 1. Seguimiento de *R. buoliana* en campo en Tordesillas durante 1999.

cios del muestreo hasta fines de julio y su proporción media alcanzó el 12% del total de individuos muestreados. Estos resultados permiten analizar más fiablemente la sincronización que existe ente los parasitoides de *R. buoliana* y sus estados hospedantes.

La importancia relativa de cada uno de los parasitoides, de un total de 72 individuos hospedantes recolectados puede observarse en la Fig. 2, donde se representa la emergencia acumulada de los parasitoides obtenida directamente del seguimiento en campo (Tordesillas). Se observa claramente el predominio de *T. turionum* sobre el resto de agentes registrados, alcanzando en total casi el 55% de todos los hospedantes parasitados al que hay que añadir la proporción de hospedantes, crisálidas parasitadas que entraron en diapausa y no produjeron adultos de *T. turionum* hasta el año siguiente, un 22% del total, lo que representa en conjunto casi las tres cuartas partes. Sus emergencias se distribuyeron a partir de la segunda semana de junio y se prolongaron hasta la primera quincena de agos-

to, con máximos entre fines de junio y principios de julio. La emergencia acumulada ha sido calculada considerando que en cada hospedante parasitado se obtiene un individuo, lo cual sucede con los otros parasitoides pero no es el caso con *T. turionum*).

El conjunto de los otros parasitoides registrados (cuatro), representó sólo la cuarta parte del total, predominando *P. turionellae* con un 11,1% de emergencia acumulada, seguido de *E. ruficollis* con un 8,3%, *Campoplex ramidulus* Brischke (Hy.: Ophioninae) con un 5,5% y muy por debajo *Pimpla* sp. con un escaso 1,4%. Sus frecuencias presentaron un comportamiento similar, con pocos representantes distribuidos entre julio y la primera quincena de agosto (Fig. 2).

La sincronización de *T. turionum* con *R. buoliana* puede examinarse en la Fig. 3. Se observa que las máximas emergencias de este parasitoide coincidieron con la presencia más elevada de crisálidas vivas. Con esto se puede deducir que existe una marcada sincronía entre la presencia de crisálidas de *R.*

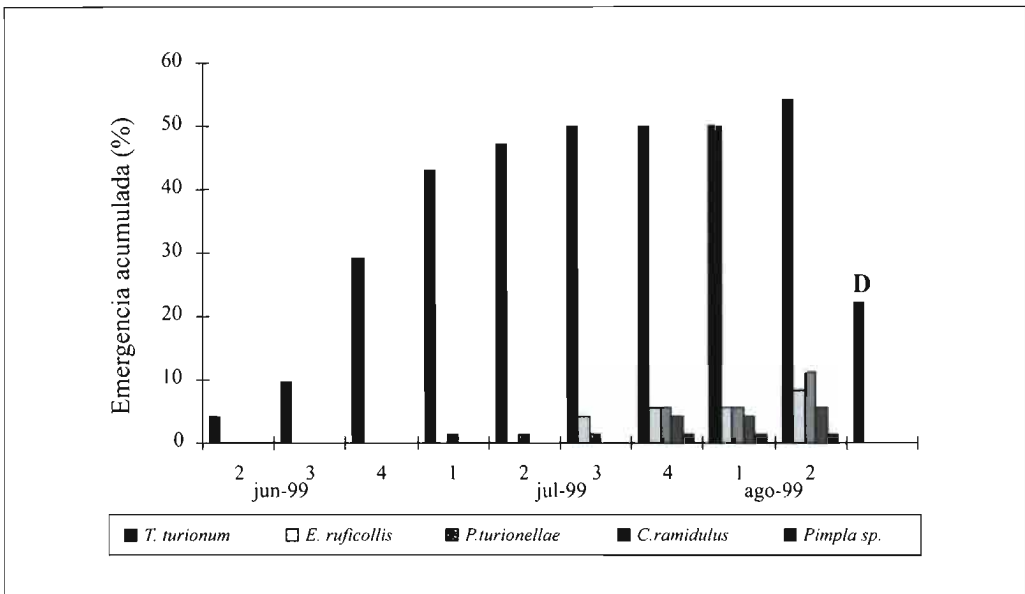


Figura 2. Emergencia acumulada (%) de los parasitoides registrados en Tordesillas en 1999. D: Crisálidas parasitadas por *T. turionum* en diapausa.

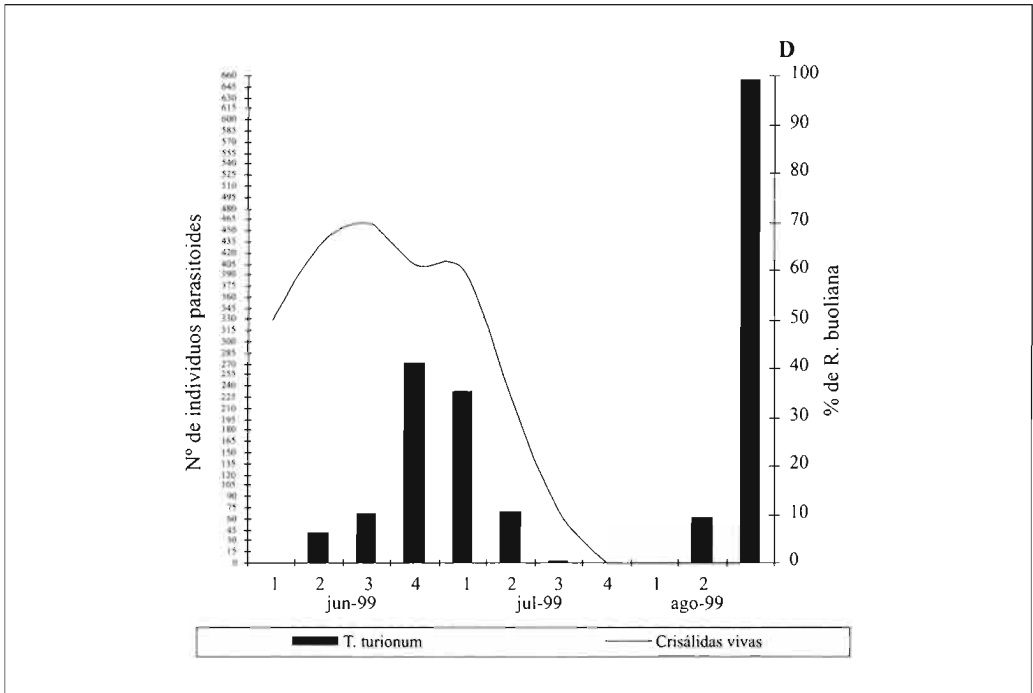


Figura 3. Sincronización de *T. turionum* con *R. buoliana*. D: Estimación del número de larvas en diapausa.

*buoliana* y la de los adultos de *T. turionum*, que precisamente parasitan este estado de desarrollo de la plaga. En el gráfico se ha registrado la cifra real de adultos de *T. turionum* obtenidos en campo, en vez de las crisálidas parasitadas, obteniéndose un resultado similar, con máximos de emergencia en las mismas fechas. El número de larvas que entraron en diapausa (656), se estimó multiplicando el número de crisálidas parasitadas por el promedio de 41 individuos de *T. turionum* por crisálida (HUERTA *et al.*, 2002).

La sincronización de *P. turionellae* con su hospedante fue variable (Fig. 4A), puesto que la primera emergencia (principios de julio) se produjo cuando la disponibilidad de crisálidas hospedantes de *R. buoliana* era alta. No obstante, conforme transcurrió el mes de julio y comenzó el de agosto las probabilidades de parasitar a *R. buoliana* de la mayoría de los adultos emergentes fueron nulas, por lo que es razonable suponer el

empleo de algún hospedante alternativo para que este pimplino pudiese continuar con la nueva generación, tal como lo indicaron BERRY (1939) y ARTHUR y JUILLET (1961).

La sincronización del otro pimplino, *E. ruficollis* (Fig. 4B) con *R. buoliana*, en este caso fue nula, dada la ausencia de orugas de últimos estadios de la plaga en las fechas en que se produjeron las emergencias de este parasitoide, por lo que el requisito de otro hospedante alternativo (ARTHUR y JUILLET, 1961) para proseguir con una nueva generación resulta altamente probable.

Finalmente, la sincronización con *C. ramidulus* (Fig. 4C) presumiblemente debió ser muy alta, puesto que cuando se produjeron las emergencias de este parasitoide, la población de *R. buoliana* seguramente estaba constituida principalmente por orugas de los primeros estadios de la plaga, aptas para ser parasitadas por este ofiónido (SCHRÖDER, 1974). La curva de primeros estadios



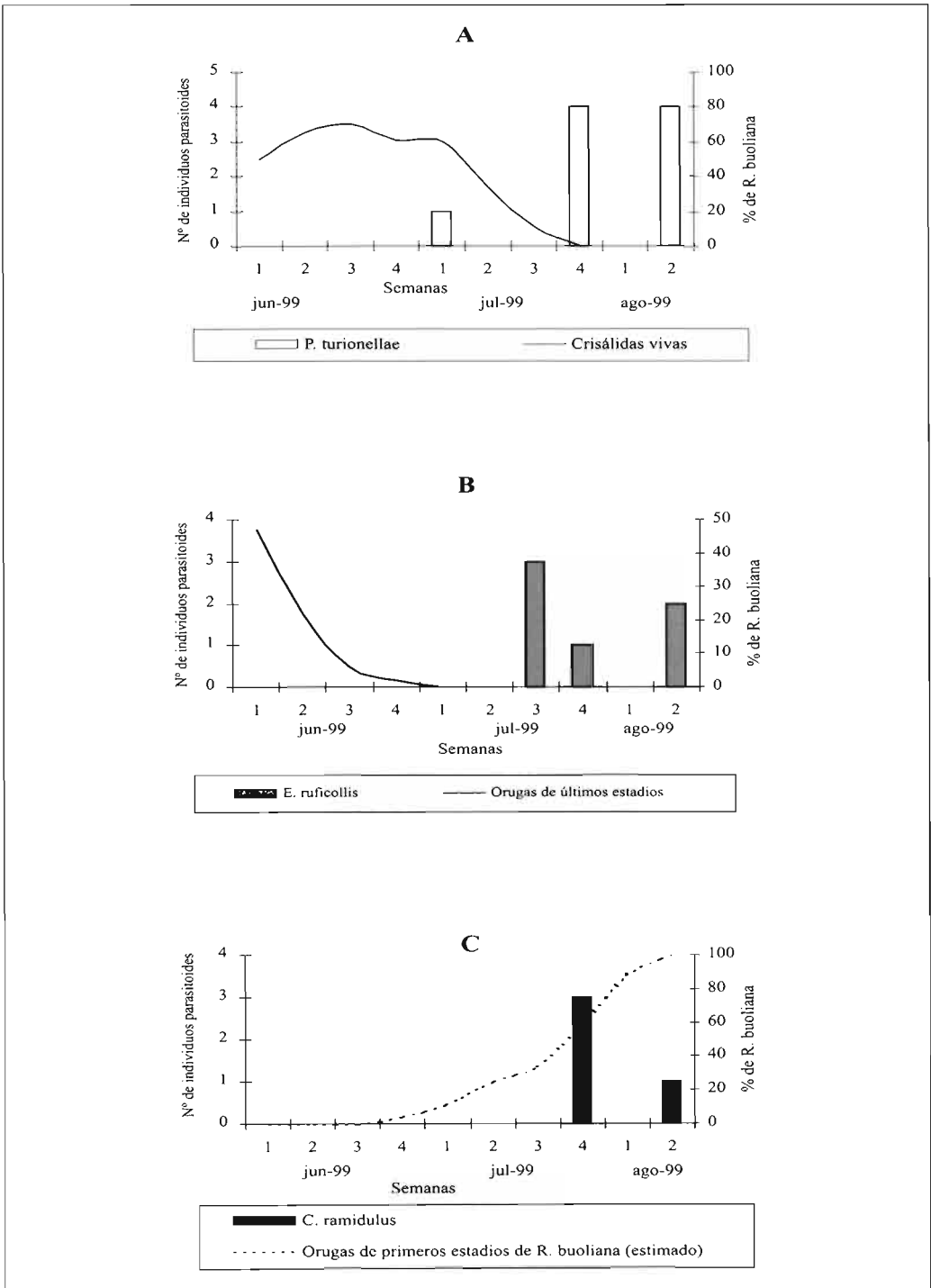


Figura 4. Sincronización de *R. buoliana* con: A. *P. turionellae*, B. *E. ruficollis*, C. *C. ramidulus*.

se ha estimado desplazando dos semanas la curva de emergencia acumulada de los imágos de *R. buoliana* (vuelo de puesta y eclosión).

El análisis de la sincronización en campo de *R. buoliana* y de sus parasitoides ha permitido verificar y ampliar el conocimiento sobre este crucial requisito de los candidatos, para ser seleccionados como agentes capaces de ejercer un eficiente control de la plaga y poder proponer su introducción en Chile.

### Otras características de los parasitoides de *R. buoliana*

Otro aspecto importante a considerar corresponde a la plasticidad del candidato. Es decir, su habilidad de dispersión (COULSON y WITTER, 1984), y de adaptación a distintos hábitats. En el Cuadro 5 se han clasificado los parasitoides en función de su plasticidad ecológica, a partir de los resultados obtenidos en los muestreos de diversas localidades durante 1997 y 1998 (Cuadro 4). Puede verse que los parasitoides que presentan mejores perspectivas son los icneumonidos *P. turionellae* y *E. ruficollis* y el eulófido *T. turionum*, que demostraron ser capaces de establecerse en casi todas las localidades estudiadas. Hay que resaltar que estas localidades comprendían un amplio rango de condiciones ecológicas, incluyendo las zonas costeras y áridas del sudeste, áreas de fuerte continentalidad con climas más o menos extremado, y localida-

des de influencia atlántica y clima suave y húmedo. El rango de hospedantes de *R. buoliana* también ha sido amplio, con cuatro especies de pinos, incluyendo *P. radiata* que es la especie plantada extensivamente en Chile. Puede suponerse que estos parasitoides podrían presentar una elevada capacidad de adaptación en zonas como el sur de Chile, y por tanto podría existir una alta compatibilidad ecológica.

La posibilidad de cleptoparasitismo es una característica desfavorable que desaconseja la introducción de un parasitoide cuando ha de ser compatible con otro ya establecido. Por ello, el parasitoide *Cremastus interruptor* Grav. (Hy.: Ophioninae) debe quedar eliminado de la selección al presentar un comportamiento cleptoparasítico con *O. obscurator* (JUILLET, 1960; ARTHUR *et al.*, 1964; SCHRÖDER, 1974) que resulta contraproducente puesto que la hembra de *C. interruptor* tiende a ovipositar sobre o,ugas de *R. buoliana* que ya han sido parasitadas por *O. obscurator* y de este modo frena la acción como biorregulador de este último, ya establecido en Chile (Cuadro 5).

La sincronización con el ciclo de vida de su hospedante (Cuadro 5) es otra característica fundamental a la hora de seleccionar a un parasitoide (COULSON y WITTER, 1984). En nuestro estudio destacó el eulófido *T. turionum* por su muy alta correlación con *R. buoliana*, mientras que los ofiónidos *C. ramidulus* y *C. interruptor*, presentaron una

Cuadro 5. Características de los parasitoides de *R. buoliana* identificados para su selección como candidatos a ser introducidos en Chile.

Parasitoides	Plasticidad	Presencia de cleptoparasitismo	Sincronización con <i>R. buoliana</i>	Necesidad de hospedante alternativo	Fecundidad	Facilidad de cría
<i>Angitia sp.</i>	Muy baja	s. a. *	s. a.	s. a.	s. a.	s. a.
<i>E. ruficollis</i>	Muy alta	No	Media/Baja	Sí	Relativ. baja	Baja
<i>P. turionellae</i>	Muy alta	No	Alta/Media	Sí	Relativ. alta	Alta
<i>C. ramidulus</i>	Baja	No	Alta	No	s.a.	s.a.
<i>C. interruptor</i>	Muy baja	Sí	Alta	No	Alta	Alta
<i>Bethylus sp.</i>	Muy baja	s.a.	s. a.	s. a.	s. a.	s. a.
<i>T. turionum</i>	Muy alta	No	Muy alta	No	Muy alta	Muy alta

\* s. a.: Sin antecedentes.

sincronización simplemente alta. Sin embargo, los pimplinos *P. turionellae* y *E. ruficollis* tuvieron una sincronización variable, el primero de ellos entre alta y media y el segundo entre media y baja, dejando en evidencia la utilización de algún hospedante alternativo, tal como lo señalaron ARTHUR y JUILLET (1961).

A este respecto, la necesidad de hospedantes alternativos (Cuadro 5) es otro factor a tener en cuenta puesto que en el caso de seleccionar un parasitoide con esta característica, sería imprescindible incorporar al hospedante alterno también. Los resultados de nuestros estudios confirman la necesidad de un hospedante alternativo para los pimplinos *P. turionellae* (Fig. 4A) y *E. ruficollis* (Fig. 4B) que permita completar su ciclo biológico, lo cual supone un serio inconveniente para su selección como candidatos. En cuanto a *C. interruptor* (JUILLET, 1959) y *C. ramidulus* (Fig. 4C) la presencia de un hospedante alternativo no resulta imprescindible y *T. turionum* claramente no lo requiere.

Una gran fecundidad del parasitoide resulta ser una característica muy útil si éste ha de ser utilizado a gran escala. El eulófido *T. turionum* tiene una fecundidad muy alta, basada en su hábito de oviposición gregario y en el predominio de las hembras (JUILLET, 1959; ARTHUR y JUILLET, 1961). *T. turionum* produce una media de 41 individuos adultos por cada crisálida parasitada, con una razón sexual del 72% favorable a las hembras (HUERTA *et al.*, 2002). En los restantes parasitoides, *C. interruptor* presenta una fecundidad alta (JUILLET, 1959), mientras que *P. turionellae* (BERRY, 1939) y *E. ruficollis* (JUILLET, 1959) son relativamente poco fecundos (Cuadro 5).

Por último, la facilidad de cría es otro aspecto a tener en cuenta en la selección, debido al alto coste de la labor y a que se requieren grandes cantidades de individuos para distribuir adecuadamente el material en el campo y favorecer su colonización (COULSON y WITTER, 1984). *T. turionum* se destacaría por su muy alta facilidad, mientras que

en el resto de parasitoides identificados sería simplemente alta, a excepción de *E. ruficollis*, que la tendría baja, y de *C. ramidulus*, *Angitia* sp. (Hy.: Pimplinae) y *Bethylus* sp. (Hy.: Bethylinae) de los que se carece de antecedentes (Cuadro 5).

Si se consideran todas las características anteriores en el conjunto de los parasitoides susceptibles de ser seleccionados (Cuadro 5) puede observarse que, sin lugar a dudas *T. turionum* reúne todos los aspectos que debería tener un candidato prometedor, por su alta capacidad de localización de sus hospedantes, gran plasticidad, ausencia de cleptoparasitismo, buena sincronización con el ciclo de vida de *R. buoliana*, independencia de hospedantes alternativos, elevada fecundidad y facilidad de cría.

Un segundo candidato sería *P. turionellae*, que aún las características favorables de buena localización del hospedante, gran plasticidad, ausencia de cleptoparasitismo, fecundidad relativamente alta y facilidad de cría, pero que requiere la presencia de un hospedante alternativo para completar su desarrollo (Cuadro 5). Esta característica claramente relega a este candidato a un segundo lugar, puesto que sería necesario procurar la presencia del hospedante alternativo en Chile, bien por adquisición de uno nativo, o por introducción de uno nuevo.

El otro pimplino, *E. ruficollis*, podría situarse como tercer candidato, ya que presenta el mismo inconveniente que *P. turionellae* en cuanto a la necesidad de un hospedante alternativo, y además posee inferiores aptitudes en capacidad de localización, plasticidad, fecundidad y facilidad de cría (Cuadro 5).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), por la concesión de una beca de manutención a la autora principal para estudios de doctorado 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., F. ROBREDO, J. DIEZ, J. A. PAJARES. 2006. The parasitoid complex selection of the European pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) for the biological control in Chile. *Bol. San. Veg. Plagas*, **32**: 595-607.

The parasitoid complex of the European pine shoot moth *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) was studied in Spain in field and laboratory tests aimed to its use in the biological control of this pest in Chile. The species component of the complex parasitizing late developmental stages of the pest was obtained: five parasitoids larval instars (*Orgilus obscurator* Nees, *Cremastus interruptor* Grav., *Campoplex ramidulus* Brischke, *Ephialtes ruficollis* Grav. and *Angitia* sp.) and four parasitoids of pupae (*Pimpla turionellae* L., *Pimpla* sp., *Bethylus* sp. and *Tetrastichus turionum* Htg.). The analysis of different characteristics and behavior of each parasitoid lead to the selection of the pupal parasitoid *T. turionum* as the most promising candidate: good ability to locate hosts, high ecological adaptability, absence of cleptoparasitism, high synchronizing to its host, independence of alternative hosts, and high fecundity.

**Key words:** *Rhyacionia buoliana*, *Pinus pinea*, complex of parasitoids, biological control, parasitism.

#### 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.
- ARTHUR, A. P., STAINER, J. E., TURNBULL, A. L. 1964. The interaction between *Orgilus obscurator* (Nees.) (Hymenoptera: Braconidae) and *Temelucha interruptor* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasites of the pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae). *The Canadian Entomologist*, **96**: 1030-1034.
- BALDINI, A., COGOLLOR, G., SARTONI, A., AGUAYO, J. 2005. Control biológico de plagas forestales de importancia económica en Chile. Corporación Nacional Forestal y Fundación para la Innovación Agraria, Santiago de Chile, 205 p.
- BERRY, P. A. 1939. Biology and habits of *Ephialtes turionellae* (L.), a pupal parasite of the European pine shoot moth. *Journal of Economic Entomology*, **32**(5): 717-721.
- COULSON, R., WITTER, J. 1984. Forest entomology. Ecology and management. A Wiley- Interscience Publication. 669 p.
- DAJOZ, R. 1980. Écologie des insectes forestiers. Gauthier-Villars, Paris. 489 p.
- DEBACH, P. (ed) 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 399p.
- EHLER, L. E. 1990. Introduction strategies in biological control of insect. Pp. 111-134 In: Mackauer, M., Ehler, L., Roland, J. *Critical issues in biological control*. Intercept. California.
- HUERTA, A., PAJARES, J. A., ROBREDO, F. 2002. 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. *Bol. San. Veg. Plagas*, **28**(1): 151-161.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2001. Estadísticas forestales 2000. *Boletín Estadístico (Chile)* N° 79.
- 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, M. 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 (Chile)*, **12** (2): 69-74.
- ROJAS, S. 2005. Control biológico de plagas en Chile. Historia y Avances. Colección Libros INIA N°12. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. La Cruz, V Región, Chile. 123 p.
- ROMANYK, N.; CADAHA, D. (eds) 2002. Plagas de insectos en las masas forestales españolas. Ministerio de

- Agricultura, Pesca y Alimentación. Egra, SA, Madrid. 336 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: 3 abril 2006)

(aceptación: 25 mayo 2006)