

PROGRAMA DE PROMOCION  
RECEPCIONADO 27-1-05  
N° INGRESO 012



GOBIERNO DE CHILE  
CORPORACION NACIONAL  
FORESTAL



GOBIERNO DE CHILE  
FUNDACION PARA LA  
INNOVACION AGRARIA

# CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS FORESTALES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN CHILE



**Aida Baldini U.**

**Gabriel Cogollor M.**

**Angelo Sartori R.**

**Jaime Aguayo S.**

© 2005, Aida Baldini U., Gabriel Cogollor M., Angelo Sartori R., Jaime Aguayo S.  
Inscripción N°144.923, Santiago de Chile.

Ninguna parte de este libro, incluido diseño de la portada,  
puede ser reproducida, transmitida o almacenada, sea por  
procedimientos mecánicos, ópticos, químicos o  
electrónicos, incluidas las fotocopias,  
sin permiso escrito de los autores.

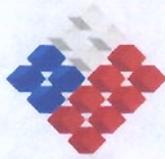
ISBN XXX XXXX

Texto compuesto en tipografía *Times* 12 / 11

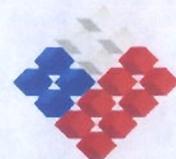
Se terminó de imprimir esta  
PRIMERA EDICIÓN  
de 500 ejemplares,  
en los talleres de Carlos Cipriano Mora Díaz,  
Eloy Rosales 4859 – Quinta Normal,  
Santiago de Chile,  
en Febrero de 2005.

Cubierta  
*Angelo Sartori R.*

IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE



GOBIERNO DE CHILE  
CORPORACION NACIONAL  
FORESTAL



GOBIERNO DE CHILE  
FUNDACION PARA LA  
INNOVACION AGRARIA

## **CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS FORESTALES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN CHILE**

### **AUTORES:**

**Aida Baldini U.  
Gabriel Cogollor M.  
Angelo Sartori R.  
Jaime Aguayo S.**

### **COLABORADORES:**

**Alejandro Torres P.  
Rosa Ramos A.**

**2005**

FIA-PR-L-2004-1-F-001

## CREDITOS

La elaboración y publicación de este documento fue apoyada financieramente por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y desarrollado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en el marco del Programa de Promoción a la Innovación Agraria, Convocatoria Especial, denominada “Control Biológico de Plagas Forestales de Importancia Económica en Chile”, código FIA-PR-L-2004-1-F-001.

Santiago de Chile  
Febrero 2005

ISBN XXX – XXXX – X  
Registro de Propiedad Intelectual  
Inscripción N° 144.923  
Corporación Nacional Forestal  
Fundación para la Innovación Agraria

## **PRESENTACION**

Con el objetivo de dar a conocer las experiencias de control biológico de plagas forestales en Chile, la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) estimó oportuno impulsar la elaboración y publicación de un documento que reúna toda esta información. Fue así como a través del Programa de Promoción de la innovación se aprobó la propuesta para la elaboración del presente documento presentado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), a través de la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este libro agradecen a las instituciones y empresas que colaboraron con la entrega de información y documentación para la preparación y elaboración de este libro.

En ese sentido valoramos la importante participación del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Instituto Forestal (INFOR), Bioforest S.A., Controladora de Plagas Forestales S.A. (CPF S.A.) y Bosque Ingeniería Ltda.

De igual forma se agradece a las personas que colaboraron en la entrega de información y material fotográfico. Destacan nuestros agradecimientos a los profesionales Ernesto Cisternas A., Claudio Goycoolea P., Gabriel Cogollor H., William Ciesla M., Rodrigo Ahumada N., Marcos Bèche C., Sandra Ide M., Pablo González E., Ariel Sandoval C., Osvaldo Ramírez G., Luis Cerda M., Allan Rojas N. y Patricio Parra S.

También queremos agradecer la colaboración de los Sres. Juan Carlos Castillo I. y Rodrigo Azolas P., quienes participaron en la revisión de los textos.

Finalmente, agradecemos al Gerente de Desarrollo y Fomento Forestal, Sr. Juan Claudio Rodríguez A., y al Jefe del Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, Sr. Fernando Bascuñán P., por el constante apoyo entregado a la ejecución de este proyecto.

## INDICE

### INTRODUCCION

#### CAPITULO I

##### CONCEPTOS GENERALES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Ecosistemas forestales y su interacción con insectos

El manejo integrado de plagas

Control biológico de plagas forestales como parte de un esquema de manejo integrado

Análisis económico

#### CAPITULO II

*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae), "POLILLA DEL BROTE DEL PINO"

Antecedentes generales

Antecedentes biológicos

Dinámica de ataque

Dispersión y crecimiento poblacional

Daños

Control

Control legal

Control silvicultural

Control químico

Control biológico

*Orgilus obscurator* Ness (Hymenoptera: Braconidae)

Dinámica de parasitismo de los biocontroladores que actúan sobre *Rhyacionia buoliana*

Protocolo de producción del biocontrolador *Orgilus obscurator*

Establecimiento del parasitoide

Evaluación del parasitismo

#### CAPITULO III

*Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), "AVISPA TALADRADORA DE LA MADERA"

Antecedentes generales

Antecedentes biológicos

Dinámica de ataque

Daños

Control

Control silvicultural

Control biológico

*Ibalia leucospoides* Hochenwarth (Hymenoptera: Ibalidae)

*Megarhyssa nortoni nortoni* (Cresson) y *Rhyssa persuasoria persuasoria* (Linnaeus) (Hymenoptera: Ichneumonidae)

*Beddingia (Deladenus) siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae)

Producción de inóculos del biocontrolador *Beddingia siricidicola*

Inoculación de *Beddingia siricidicola*

## Evaluación del parasitismo

### CAPITULO IV

*Phoracantha semipunctata* Fabricius y *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera, Cerambycidae), "TALADRADOR DEL EUCALIPTO"

Antecedentes generales

Antecedentes biológicos

Dinámica de ataque

Daños

Control

Control silvicultural

Cortas sanitarias

Tratamiento de control mediante árbol cebo

Tratamiento de control mediante árbol cebo con insecticida

Control biológico

*Syngaster lepidus* Brullé, *Callibracon limbatus* Brullé y *Jarra* spp. (Hymenoptera: Braconidae)

*Trogodendron fasciculatum* (Schreibers) (Coleoptera: Cleridae)

*Avetianella longoi* Siscaro (Hymenoptera: Encyrtidae)

Protocolo de producción del biocontrolador *Avetianella longoi*

### CAPITULO V

*Ctenarytaina eucalypti* Maskell (Hemiptera: Psyllidae), "PSILIDO DEL EUCALIPTO" o "PULGON DEL EUCALIPTO"

Antecedentes generales

Antecedentes biológicos

Dinámica de ataque

Daños

Control

Control químico

Control silvicultural

Control biológico

*Psyllaephagus pilosus* Noyes (Hymenoptera: Encyrtidae)

Protocolo de producción del biocontrolador *Psyllaephagus pilosus*

Liberación del parasitoide

Repique de *Psyllaephagus pilosus*

Evaluación del parasitismo de *Psyllaephagus pilosus*

### CAPITULO VI

*Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), "GORGOJO DEL EUCALIPTO"

Antecedentes generales

Antecedentes biológicos

Dinámica de ataque

Daños

Control

Control legal

Control químico  
Control silvicultural

**Protocolo de producción de *Anaphes nitens***

## **CAPITULO VII**

***Glycaspis brimblecombei* MOORE (Hemiptera: Psyllidae), “PSILIDO DE LOS EUCALIPTOS ROJOS” o “CONCHUELA DEL EUCALIPTO”**

**Antecedentes generales**

**Antecedentes biológicos**

**Dinámica de ataque**

**Daños**

**Control**

Control químico

Control silvicultural

Control biológico

*Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera: Encyrtidae)

**Protocolo de producción *Psyllaephagus bliteus***

## **CAPITULO VIII**

***Tremex fuscicornis* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), “AVISPA DE LA MADERA DE LATIFOLIADAS”**

**Antecedentes generales**

**Antecedentes biológicos**

**Dinámica de ataque**

**Daños**

**Control**

Control legal

Control silvicultural

Control biológico

**Abreviaturas de unidades**

**Indice de figuras y tablas**

**Indice de figuras**

**Indice de tablas**

**Indice de especies**

**Bibliografía**

## INTRODUCCION

El sector forestal en Chile constituye una importante fuente de desarrollo económico para el país, siendo una de las áreas de la economía nacional con mayor dinamismo en términos de producción, generando durante el año 2004 exportaciones del orden de los tres mil doscientos millones de dólares. Con un recurso forestal que abarca en la actualidad 2,2 millones de ha de plantaciones forestales, donde un 75% de esta superficie corresponde a *Pinus radiata* D. Don, un 18% a plantaciones del género *Eucalyptus* spp. y un 0,2% al género *Populus* spp. El porcentaje restante pertenece a géneros como *Atriplex*, *Prosopis*, *Pseudotsuga* y otras especies de *Pinus*.

Un factor importante para el desarrollo exitoso de las plantaciones forestales fue la condición de "isla biogeográfica", que permitió al país mantenerse relativamente exento de agentes biológicos dañinos. La excelente sanidad del recurso, en comparación con otros países de vasta experiencia forestal, permitió ahorros de hasta un 30% de los costos silviculturales. Sin embargo, debido al creciente intercambio comercial y turístico, la presión por la introducción de agentes dañinos al país se ha incrementado, poniendo en riesgo el valor económico, social y ambiental de los bosques.

Actualmente la protección fitosanitaria se considera como parte fundamental en la cadena silvícola y de la producción forestal. El punto de inicio de este nuevo concepto en el manejo forestal en Chile, fue la introducción y establecimiento de *Rhyacionia buoliana* Den et Schiff, (Lepidoptera: Tortricidae), insecto que atacó la totalidad de las plantaciones de *P. radiata*, con daños que alcanzaron hasta un 40% de pérdida en volumen de madera. El problema fue abordado aplicando el modelo de Manejo Integrado de la Plaga (MIP), fuertemente basado en el manejo del bosque y el control biológico, el cual se desarrolló mediante la introducción y reproducción de *Orgilus obscurator* Ness (Hymenoptera: Braconidae), a objeto de mantener la población de *R. buoliana* bajo el umbral de daño económico. Sin embargo, en Chile ya existían las bases para la aplicación del MIP, las que fueron desarrolladas en el control de *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae), insecto con el cuál se comenzó a analizar la población de la plaga en forma holística, considerando diversos factores de influencia, tales como; el manejo de los bosques de *Eucalyptus* spp., selección de sitio, optimización de los ciclos de corta, todo con el objeto de disminuir la susceptibilidad y el daño ocasionado por el insecto. Posteriormente, se introdujo un biocontrolador natural, en este caso *Avetianella longoi* Siscaro (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoide de *Phoracantha* spp.

En el último tiempo ingresó al país *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae), especie menos agresiva que *P. semipunctata*, constituyendo una nueva amenaza que contribuye al deterioro de las plantaciones de *Eucalyptus* spp. Otras especies dañinas de hábito defoliador presentes en Chile son: *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), *Ctenarytaina eucalypti* Maskell (Hemiptera: Psyllidae) y *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae), sobre cuyas poblaciones se han aplicado diversas técnicas de control, desde métodos químicos a biológicos, siendo éstos últimos los que presentan una mejor relación costo - beneficio, además de ser benignos con el medio ambiente y perdurables en el largo plazo.

La detección de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), implicó el desarrollo de un intenso programa de erradicación en las zonas comprometidas, lo que ha permitido ejecutar un programa de mejoramiento de plantaciones a través del manejo forestal, beneficiando directamente a pequeños y medianos productores forestales.

Otra plaga de importancia económica es *Tremex fuscicornis* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), que ataca especies arbóreas latifoliadas caducifolias, siendo sus principales hospederos las pertenecientes al género *Populus* spp.

Entre las instituciones y empresas que cumplen un rol importante en la producción de biocontroladores, destaca la Corporación Nacional Forestal (CONAF), institución que en 1994 crea el Centro de Semillas, Genética e Investigaciones Entomológicas, lugar donde se han desarrollado programas de control de plagas a través de la crianza, reproducción y liberación de parasitoides, dando una respuesta económica, ambiental y social a las necesidades específicas de pequeños y medianos propietarios, siendo un importante avance en la protección fitosanitaria forestal del país. Dentro de los biocontroladores producidos en este Centro de Investigación, destaca la multiplicación de *O. obscurator*, *A. longoi* y de *Psyllaephagus pilosus* Noyes (Hymenoptera: Encyrtidae), parásito de *C. eucalypti*.

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en convenio con la Controladora de Plagas Forestales S.A. (CPF S.A.) han llevado a cabo programas de control biológico forestal, tales como la introducción, crianza y multiplicación de *A. longoi*, *Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoide de *G. brimblecombei* y *Anaphes nitens* (Girault) (Hymenoptera: Mymaridae), biocontrolador de *G. scutellatus*. Además de la multiplicación en laboratorio de *Beddingia siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae) y *Megarhyssa nortoni nortoni* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) para el control de *S. noctilio* en Argentina, de manera de disminuir la presión de ingreso hacia Chile. Estas dos instituciones también introdujeron *Megarhyssa percellus*, parasitoide de *T. fuscicornis*. Ambas instituciones han participado en diversos proyectos para la multiplicación, liberación y establecimiento de *O. obscurator*.

Otro parasitoide introducido para el control de *T. fuscicornis* ha sido *Ibalia jakowlewi* Jacobs (Hymenoptera: Ibalidae), a través de un proyecto entre el Instituto Forestal (INFOR) y el SAG.

Por su parte Bioforest S.A., empresa perteneciente al grupo Arauco S.A., ha multiplicado y liberado los biocontroladores *O. obscurator*, *Coccygomimus fuscipes* (Brullé) (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *A. nitens*, siendo los dos primeros parasitoides de *R. buoliana*.

A esto se debe sumar la línea de investigación desarrollada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) e INFOR, en el tema de la protección fitosanitaria y específicamente en el control de plagas forestales mediante el control biológico.

En este contexto, la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), dependiente del Ministerio de Agricultura, ha apoyado económicamente a la CONAF para elaborar el documento “Control Biológico de Plagas Forestales de Importancia Económica en Chile”, texto recopilatorio de las principales plagas de importancia económica para el sector forestal, controladas mediante parasitoides biológicos.

La realización de un documento de este tipo, está fuertemente relacionado con las líneas de desarrollo estratégico que posee CONAF, la que tiene como función primordial administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector, considerando dos líneas estrategias fundamentales:

- Lograr que campesinos y propietarios agrícolas vean la actividad forestal como una opción productiva rentable, a objeto de optimizar la comercialización e industrialización obteniendo el máximo valor agregado para el sector forestal.
- Recuperar y proteger el patrimonio natural de Chile, minimizando el deterioro de los ecosistemas forestales.

Ambas líneas de desarrollo estratégico tienen una profunda vinculación con la realización de un documento técnico de esta naturaleza, puesto que la prevención y control de plagas son actividades fundamentales para el cumplimiento de ambos objetivos. En este sentido, es un deber de la CONAF realizar acciones de divulgación fitosanitaria, para así aumentar la eficacia y eficiencia en la detección y control de plagas, que puedan afectar la producción forestal.

Este documento sistematiza y entrega las experiencias desarrolladas en el control biológico de plagas forestales en el país, a objeto de constituirse en una importante fuente de información para empresas forestales, universidades, institutos de investigación científica y particulares, potenciando el desarrollo social, ambiental y económico del sector.

## **CAPITULO I**

### **CONCEPTOS GENERALES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**

#### **ECOSISTEMAS FORESTALES Y SU INTERACCION CON INSECTOS**

Toda población de organismos vivos posee un crecimiento que varía alrededor de ciertos límites, existiendo por parte del ecosistema una regulación natural que mantiene las poblaciones en equilibrio.

Los factores del medio ambiente que actúan sobre poblaciones naturales son categorizados de distintas formas, tales como bióticos y abióticos; dependientes o independientes de las densidades poblacionales; condiciones climáticas, hábitat, alimento y otros animales; entre otros (Apablaza, 2000). Estas clasificaciones por lo general buscan agrupar a todos aquellos factores tanto inertes como vivos, que influyen en alguna medida sobre los organismos vivos de un lugar. Este complejo sistema de factores se resume en el concepto de ecosistema.

Los organismos de un ecosistema están en constante interacción, existiendo casos en que una especie es beneficiada y otra perjudicada, otros en que dicha relación favorece a una especie sin afectar a la otra, e incluso algunas en que ambas especies se ven favorecidas (Martínez, 1999). Para el caso de los factores físicos del medio, su influencia se aprecia sobre los individuos, las interacciones entre éstos y las poblaciones, siendo los más importantes la temperatura, la humedad, la luz, el viento, las condiciones del suelo y agua, y el alimento (Price y Waldbauer, 1990; Apablaza, 2000).

En consecuencia, las poblaciones de insectos no crecen infinitamente, sino que se regulan de una forma u otra, cambiando su distribución y abundancia en el espacio y tiempo (Coulson y Witter, 1990).

El control de plagas, en sus distintas formas, consiste básicamente en un manejo de ecosistemas que busca alterar las tasas de mortalidad y natalidad de las poblaciones deteriorando sus posibilidades de sobrevivencia (Gastó, 1979). Esto a fin de evitar que la población de los agentes de daño aumente numéricamente hasta llegar a la capacidad de carga del ecosistema (Universidad Nacional de Colombia, 2004).

#### **EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**

Los insectos se transforman en plagas cuando son lo bastante numerosos para causar pérdidas económicas (Huffaker y Messenger, 1992a). Dicho término es una designación antropocéntrica utilizada cuando ciertos organismos afectan valores ecológicos, económicos y sociales relacionados con árboles forestales y urbanos. Desde este punto de vista, el término plaga no tiene una base en los principios ecológicos (Coulson y Witter, 1990).

Sin embargo, el concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) se basa en los principios ecológicos básicos. Esto porque el MIP está estrechamente ligado a las innumerables relaciones fundamentales entre insectos fitófagos, los hospedantes vegetales de éstos, las características del sitio forestal y las prácticas de manejo de los rodales (Coulson y Witter, 1990).

Waters, (1974); citado por Coulson y Witter (1990), define al MIP como una herramienta que “consiste en mantener a niveles tolerables los agentes destructores, mediante el uso planificado de tácticas y estrategias preventivas, supresoras o reguladoras que sean ecológica y económicamente eficientes, además de socialmente aceptables”.

Según Kennedy (2000), las características fundamentales de un MIP son: 1) que debe estar conceptual y operacionalmente ligado a la totalidad del sistema de producción; 2) debe ser flexible y dinámico debido a los constantes cambios en las condiciones de la economía, las oportunidades de mercado, las políticas y regulaciones gubernamentales, avances tecnológicos y la introducción de nuevas plagas; 3) debe ser específico para cada zona en que se aplica; 4) debe constituir un esfuerzo multidisciplinario de conocimientos y colaboración entre expertos; 5) debe ser capaz de generar información de una manera intensiva, por lo que requiere desarrollar habilidades para generar, procesar y actuar ante dicha información en tiempo real; 6) debe ser eficiente en la estructura de costos y 7) debe ser evaluado constantemente, ya que no existen tecnologías o tácticas en el control de plagas que permanezcan para siempre, principalmente por el desarrollo de resistencia por parte de los agentes de daño a través del tiempo.

Por su parte, Coulson y Witter (1990), determinaron que los siete principios fundamentales de un MIP son:

- 1- Existe un recurso que debe ser protegido contra plagas.
- 2- Periódicamente diversos organismos se vuelven plagas.
- 3- La importancia real o potencial de una plaga se determina al evaluar su impacto sobre el recurso.
- 4- Con frecuencia se pueden utilizar técnicas de supresión para disminuir las poblaciones de estos organismos.
- 5- Los criterios finales para la toma de decisiones se basan en un análisis costo - beneficio.
- 6- El manejo de plagas es un componente fundamental del manejo de los recursos forestales.
- 7- La vigilancia y evaluación de las poblaciones de plagas y las condiciones del rodal, deben obtenerse a partir de varios tipos de inspecciones forestales.

Para Ciesla (1998), el MIP está constituido de dos elementos básicos: un proceso de decisión, que considera los aspectos poblacionales de una plaga, los objetivos de manejo del recurso y las consecuencias económicas, ecológicas y sociales de las distintas tácticas de control disponibles, siendo por lo general el elemento más complejo en la elaboración de un MIP; y un proceso de acción, que consiste en dos tipos de estrategias, la prevención y el control directo (supresión). La prevención incluye tácticas regulatorias, culturales y genéticas. Por su parte la supresión se constituye fundamentalmente del uso de biocontroladores, de químicos y técnicas de control mecánico.

La estructura del modelo conceptual general de un sistema de manejo integrado de plagas forestales es presentado por Waters y Cowling, (1976); citados por Coulson y Witter (1990), en la figura 1.

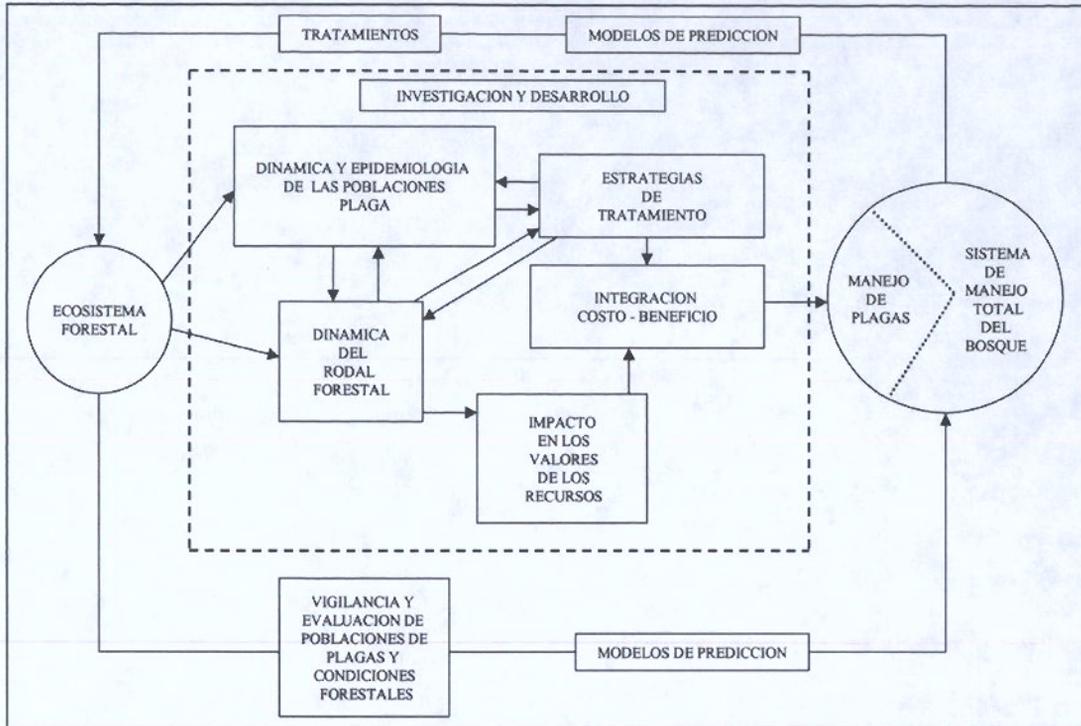


Figura 1: Estructura del modelo conceptual general de un sistema de manejo de plagas forestales (Fuente: Waters y Cowling, 1976; citados por Coulson y Witter, 1990).

En el contexto de dicha estructura, las cuatro áreas fundamentales de un programa de protección fitosanitaria son prospección, detección, evaluación y control (Cogollor, 2000). La detección de plagas y enfermedades, consiste en descubrir los daños en las etapas iniciales de infestación. Las prospecciones son la forma para realizar la detección y evaluación de la colecta de antecedentes y datos fitosanitarios del bosque. Estas son actividades operacionales de tipo terrestre, aérea y / o de sensores remotos. La evaluación tiene como objetivo determinar la necesidad de control, considerando las etapas de evaluación biológica, física y económica. Finalmente, para realizar el control de una población de plagas, se debe tener siempre como objetivo la reducción a niveles que no produzcan un impacto sobre los valores ambientales, sociales y económicos. El control preventivo, maneja en forma anticipada los tratamientos para evitar que se produzcan brotes de la plaga; mientras que el control de tipo curativo, tiene como fin reducir las poblaciones de insectos u hongos, si su nivel aumenta perjudicando el crecimiento y calidad de los árboles. Asimismo, los tipos de control pueden clasificarse en control físico – mecánico, silvicultural, químico, biológico y genético (Cogollor, 2000).

## CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS FORESTALES COMO PARTE DE UN ESQUEMA DE MANEJO INTEGRADO

Toda población dentro de un ecosistema natural está bajo un constante proceso de regulación, término conocido como control natural. De Bach (1992), define control natural como “el mantenimiento de la densidad de una población más o menos fluctuante de un organismo, dentro de ciertos límites superiores e inferiores definibles sobre un período de tiempo por la acción de factores abióticos y / o bióticos ambientales”.

Este concepto ha sido la base del desarrollo de las técnicas de control biológico utilizadas en la actualidad. En la práctica, nace de observaciones de factores bióticos principalmente parásitos entomófagos, depredadores y patógenos, que poseen la capacidad de controlar agentes de daño en cultivos agrícolas y forestales, previniendo daños a éstos y sus productos finales (Huffaker y Messenger, 1992b).

La tendencia actual al uso de biocontroladores en el manejo de plagas tiene su origen en el abuso del control químico luego de la Segunda Guerra Mundial, fenómeno que en la década de los sesenta produjo un cuestionamiento al uso de estos productos, básicamente por la resistencia a insecticidas presentada por algunas plagas, el resurgimiento de las poblaciones tratadas, el incremento negativo de plagas no importantes, la aparición de residuos tóxicos en productos comestibles, la destrucción de fauna benéfica, los riesgos para la salud humana y animal, además de gastos excesivos por concepto de aplicaciones innecesarias (Apablaza, 2000). No obstante, el uso de productos químicos sigue teniendo un rol protagónico dentro de un esquema de manejo integrado, fundamentalmente en las técnicas de supresión de poblaciones, cuando se requiere implementar medidas de control en un corto espacio de tiempo y por lo general en superficies no muy extensas. Además, antes de iniciar un programa de control biológico, es necesario disminuir las poblaciones de la plaga, siendo el uso de químicos la estrategia utilizada comúnmente.

Desde el punto de vista del manejo de plagas, De Bach (1992), define el control biológico como “el estudio y utilización de parásitos, predadores y patógenos en la regulación de las densidades de las poblaciones del hospedero”. Para el autor, el control biológico es una fase del control natural, no obstante este último es un término aún más amplio que incluye la acción de todos los factores ambientales, tanto físicos como biológicos, en la ordenación, determinación o gobierno de los promedios de las densidades de población.

Existen tres métodos básicos para programas de control biológico: el biológico clásico, el de incremento y el de conservación.

Un control biológico clásico implica la importación y establecimiento de enemigos naturales para proveer un control a largo plazo de plagas exóticas, y ocasionalmente nativas (Hoy, 1993; Gilstrap, 1997; Wiedenmann, R. *et al.*, 1997; citados por Hoy, 2000).

El control biológico de incremento, considera el esfuerzo de aumentar las poblaciones o los efectos beneficiosos de enemigos naturales, liberándolos periódicamente para causar un efecto inmediato o posterior sobre las poblaciones de plagas. Este método incluye también la manipulación del medio ambiente, incluyendo la provisión de hospederos o presas

alternativas, la provisión de alimento o lugares de anidamiento, y la modificación de prácticas de manejo, a favor de los enemigos naturales (Hoy, 2000).

El control biológico de conservación consiste en preservar y mantener los enemigos naturales mediante técnicas de manejo, que reducen los efectos perjudiciales sobre éstos (Coulson y Witter, 1990). La conservación se lleva a cabo por lo general alterando el uso de los patrones en la aplicación de pesticidas, para preservar enemigos naturales e incrementar su efectividad. Otra técnica enmarcada dentro de la conservación es la estimulación, referida al uso de técnicas de manejo que incrementan la longevidad y reproducción de los enemigos naturales, o bien que aumentan lo atractivo de un área para los enemigos naturales (Stehr, 1982; citado por Coulson y Witter, 1990).

En el éxito de un programa de control biológico es fundamental que el enemigo natural cumpla con ciertos requisitos. Coulson y Witter (1990), afirman que para que un biocontrolador sea eficaz, siendo este nativo o exótico, debe cumplir con los siguientes criterios: 1) compatibilidad ecológica, 2) sincronización de ciclos de vida, 3) alta capacidad de búsqueda, aún con bajas densidades poblacionales de la plaga, 4) alta capacidad de dispersión, 5) carencia de hiperparásitos u otros enemigos secundarios y 6) facilidad de cultivo. Sin embargo, es muy difícil que algún depredador o parásito cumpla con todos los criterios de un enemigo natural efectivo (Coulson y Witter, 1990).

Los desafíos del control biológico hacia el futuro son: la incorporación de técnicas moleculares que permitan identificar especies o biotipos de enemigos naturales y plagas; conducir estudios sobre los efectos de enemigos naturales importados sobre especies secundarias (Hoy, 2000); incorporar el manejo de hábitat en los programas de MIP, para realzar la sobrevivencia y el desempeño fisiológico y / o de comportamiento de los enemigos naturales (Landis *et al.*, 2000), incorporar el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y posicionamiento global (GPS), que permitan la captura, almacenamiento, manipulación, recuperación, y despliegue gráfico de grandes cantidades de información con atributos georeferenciados y espacialmente interrelacionados en capas con contenido geográfico (Ellsbury *et al.*, 2000).

En la actualidad, el manejo integral de plagas debe ser incorporado a toda la cadena productiva forestal. Además, es primordial la educación ambiental en el ámbito del MIP, enfocándose básicamente al segmento de los pequeños productores, incluyendo transferencia técnica en manejo, control biológico, uso de pesticidas, resistencia de plantas, tratamientos silviculturales y costos, considerando el impacto de un MIP sobre valores ecológicos, sociales y ambientales.

Por otra parte se hace indispensable la cooperación internacional en materias de control biológico (De Bach, 1992; Hoy, 2000). Esto principalmente porque las plagas y los enemigos naturales no reconocen fronteras políticas (De Bach, 1992). En la actualidad existe el Código de Conducta para la Importación y Liberación de Agentes de Control Biológico Exóticos. Este identifica las responsabilidades de los gobiernos, importadores y exportadores de enemigos naturales. Al ser un código de adopción voluntaria por parte de los países, este crea una oportunidad para establecer de manera armónica procedimientos de

seguridad para la introducción de enemigos naturales, para que el intercambio de material e información sea beneficioso para todos (Hoy, 2000).

## ANALISIS ECONOMICO

Uno de los elementos fundamentales en un MIP es la evaluación del impacto de las plagas en ecosistemas forestales, plantaciones y bosques urbanos (Coulson y Witter, 1990). Esto porque los agentes de daño producen un impacto en los aspectos ecológicos, económicos y sociales.

El impacto económico es el efecto de insectos fitófagos, enfermedades y otros agentes perjudiciales sobre el valor de bienes y servicios derivados de la producción forestal (Stark, 1979; citado por Coulson y Witter, 1990), produciendo cambios en algún producto forestal útil para la sociedad, en algún elemento de uso social necesario para la producción forestal o en la distribución e ingresos derivados de la comercialización de dichos productos (Leuschner, 1980; citado por Coulson y Witter, 1990). Estos impactos económicos pueden clasificarse como primarios o secundarios. Un impacto primario se produce por la acción directa del agente, como por ejemplo la muerte de un árbol, mientras que un impacto secundario se presenta como resultado del primario, como lo son por ejemplo el impacto sobre los recursos hidrológicos, sobre las actividades recreacionales del ser humano, entre otros.

Según Cogollor (2000), la evaluación económica para un programa de control de plagas forestales, es la transformación de unidades físicas de producto perdido en el árbol y rodal, a valores financieros o económicos, según corresponda. De acuerdo a este autor, estos valores permitirán analizar y justificar la necesidad de control, comparando el valor del producto perdido con el costo del control y la necesidad de regulaciones de la población plaga a futuro.

Para Stark, (1979); citado por Coulson y Witter (1990), en una evaluación financiera los parámetros más importantes a considerar son: 1) el tipo de propietario o grupos de usuarios interesados en la operación; 2) los hechos impredecibles relacionados con el mercado de árboles forestales; 3) los reglamentos o leyes de impuestos; 4) los objetivos y flexibilidad de propietarios y administradores; 5) los efectos en rodales residuales bajo manejo; 5) la inversión; y 6) los costos de acciones futuras.

Para un análisis de este tipo se han creado dos importantes conceptos: umbral de tolerancia y límite económico de daño. De acuerdo a Cogollor (2000), el umbral de tolerancia, es la densidad promedio de una población de insectos u hongos en un período largo, en el cual se producen daños económicamente permisibles. Esto se explica básicamente por el hecho de que la mayoría de las plantas pueden tolerar cierto grado de destrucción sin efectos aparentes en la condición fisiológica (Metcalf y Luckmann, 1990). Por su parte, el límite o umbral económico de daño es la densidad más baja de la población, que causa daños de importancia económica. Según Stern *et al.* (1959); citados por Metcalf y Luckmann (1990), este término se define como “la densidad a la que se deben aplicar medidas de control con el fin de evitar el aumento en la población de plagas impidiendo así que llegue al nivel de

daño económico”, por lo tanto es aquel que justificará el costo de las medidas artificiales de control (Cogollor, 2000). Este valor variará según el sitio, la edad del bosque, el periodo en análisis y los valores económicos que fije el hombre (Cogollor, 2000). Según Headley (1990), el concepto de umbral económico implica la idea que cuando una población de plaga alcanza cierto nivel, es ventajoso reducirlo por medio de un control. No obstante, el costo del control escogido debe ser menor que el valor de los daños que evite.

Según la Universidad Nacional de Colombia (2004), el establecimiento del umbral de daño económico es una herramienta básica para la toma de decisiones en cualquier programa de manejo de plagas. Este puede determinarse de manera subjetiva u objetiva. Los métodos subjetivos, se determinan con base en la opinión de los expertos. El uso de los umbrales de acción calculados objetivamente, se basan en criterios medidos tal como el nivel de daño económico, y han tenido un efecto importante sobre la calidad del ambiente, especialmente en aquellos cultivos que tradicionalmente se han manejado casi exclusivamente con plaguicidas tradicionales, reduciendo en algunos casos el uso indiscriminado de químicos hasta en un 50%.

El más simple de los análisis económicos es el de la relación costo - beneficio (Headley, 1990), que se basa en el principio de que un productor invierte en control de plagas hasta que el ingreso marginal iguale al costo marginal, es decir que cociente costo / beneficio sea igual a 1. Si dicho cociente es inferior a 1, no convendría considerar medidas de control (Apablaza, 2000). De esta manera, se aplicará una determinada estrategia de tratamiento, sólo si los costos de implementación no superan la pérdida económica provocada por la plaga, cuando no se aplica tratamiento alguno (Delgado, 2002).

Según Coulson y Witter (1990), dentro de la estructura básica del MIP, los beneficios deben estimarse de acuerdo al nivel de daño que ocurrirá sin el programa y luego estimar la proporción de esos perjuicios que el programa eliminará. Según Apablaza (2000), no es difícil controlar si se enfrenta a una situación de ataque de plagas claves, o un ataque intenso de plagas ocasionales. No obstante, la estimación de beneficios en casos intermedios es algo más complicada, ya que se requiere conocer la cantidad de daño físico que pueden causar diversas intensidades de ataque de la plaga en los distintos estados fenológicos de la especie afectada; los precios de los productos a obtener con distintos grados de daño; la cantidad de daño físico que puede impedirse con la aplicación del control y el valor monetario del producto que todavía está en condiciones de ser comercializado (Apablaza, 2000). El análisis de costos es generalmente más fácil, ya que la mayoría de estos consisten en mano de obra o materiales, de los cuales el productor tiene registro (Coulson y Witter, 1990).

Otra metodología utilizada para un análisis económico, se basa en el valor presente neto (VPN), el que consiste básicamente en traer al presente con una determinada tasa de descuento, todos los costos en que se incurrirán para el control de la plaga y todos los ingresos a obtener al momento de la cosecha. Para el análisis, se compara el resultado del VPN para las situaciones “con” y “sin” proyecto de control de plagas, determinándose de esta forma la decisión económica más adecuada. Además es posible comparar diferentes estrategias de control. No obstante, la metodología posee algunas desventajas, debido a que se basa en una serie de supuestos como la estimación de los volúmenes y precios a obtener

al momento de la cosecha por tipo de producto; el nivel de daño del agente, el cual debe ser expresado en la baja de rendimiento y / o calidad del producto cosechado; y los costos de los tratamientos de control a realizar.

Según Delgado (2002), los supuestos utilizados pueden provocar ciertas distorsiones en algunos resultados, por lo que propone realizar de manera constante este tipo de evaluación a modo de determinar con mayor precisión los montos de las pérdidas, que en definitiva constituirán la guía para una mejor toma de decisiones en cuanto al nivel de control que se requiere aplicar.

## CAPITULO II

### ***Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae), “POLILLA DEL BROTE DEL PINO”**

#### **ANTECEDENTES GENERALES**

La polilla del brote del pino, *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae), es una plaga primaria del género *Pinus*, que tiene como lugar de origen Europa y el norte de Asia. El insecto ataca preferentemente árboles jóvenes, causando la muerte de yemas y brotes, producto de la alimentación de la larva. El daño se traduce en una deformación fustal, consecuencia de la pérdida continua de las guías terminales y de las ramillas laterales.

Su ingreso a América del Norte, se registra el año 1914, mientras que en América del Sur fue detectada en Uruguay el año 1936 y en Argentina en 1939. En estos países, la plaga ha limitado y excluido las plantaciones de *P. radiata* (Convenio INIA / CONAF, 1993).

En Chile fue reportada por el SAG en 1985 en la localidad de Ensenada, X Región, afectando plantaciones de *P. radiata* y *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco. Sin embargo, la sintomatología observada evidenciaba la presencia de la plaga desde al menos 1979 (Pérez *et al.*, 1999). En la actualidad su distribución coincide con la totalidad de la superficie de plantaciones de pino insigne en el territorio nacional, desde las regiones V a X.

La importancia de la plaga no radica en la mortalidad de individuos, sino más bien en las pérdidas económicas que ocasiona a la industria de la madera aserrada por efecto de las deformaciones, torceduras y disminución del crecimiento en altura que sufren las plantaciones. Los árboles menores de 8 años, son los más susceptibles, debido a que se encuentran en la etapa de formación de las dos primeras trozas, siendo estas las que concentran el mayor valor económico en el árbol.

#### **ANTECEDENTES BIOLÓGICOS**

La polilla es un insecto holometábolo, completando todo su ciclo de vida sobre árboles del género *Pinus*, con los siguientes estados de desarrollo:

**Huevo:** Es de pequeño tamaño, de forma oval, con un diámetro de 1 a 1,4 mm, convexo en la parte superior y aplanado en la inferior. Difícil de visualizar a causa de su tamaño y tonalidad, que es parecida a las yemas y vainas de las acículas. Esta coloración va cambiando gradualmente desde blanco amarillento hasta grisáceo poco antes de eclosionar.

La postura de los huevos es realizada por la hembra de *R. buoliana* en las brácteas de las yemas, siendo dispuestos en forma aislada o en pequeños grupos de 3 o 4 sobre las yemas o

acículas del año (Figura 2). La hembra ovipone entre 50 a 150 huevos durante el transcurso de su vida, dependiendo de las condiciones del medio.

**Larva:** De tipo eruciforme, emerge unos doce a quince días después de la oviposición del huevo. Presenta 6 estadios (Figura 3) a través de los cuales experimenta cambios en su longitud y color. En el primer estadio, la larva tiene una longitud aproximada entre 2,2 a 3,4 mm, en el tercer estadio logra una longitud cercana a los 4,3 mm, para alcanzar en el último estadio unos 14 mm aproximadamente.

Con respecto a su coloración, los dos primeros estadios son de color pardo pálido con cápsula cefálica y escudete torácico negro. Conforme a su desarrollo, la larva se va oscureciendo en forma gradual hasta llegar al último estadio.

**Pupa:** De tipo obtecta, se caracteriza por ser de color pardo rojizo claro, que se vuelve más oscuro poco antes de emerger el adulto. Su longitud promedio es de 8,5 mm. Se caracteriza además, por presentar largas fundas que protegen las alas, a través de las que se observan las manchas rojizas de éstas (Figura 4).

**Adulto:** Polilla de pequeño tamaño, con una longitud aproximada de 10 a 20 mm de expansión alar. Presenta la cabeza de color crema al igual que el tórax y las patas, las alas anteriores son de color rojizo con líneas transversales plateadas, mientras que las posteriores son de color gris pardo con una franja más clara en los bordes (Pérez *et al.*, 1999). Posee antenas filiformes, compuestas de 55 a 60 antenómeros y espiritrompa (Figura 5 y 6). Generalmente el macho es de menor tamaño que la hembra. El tiempo de vida del adulto oscila entre los 11 y 30 días, dependiendo de las condiciones ambientales.

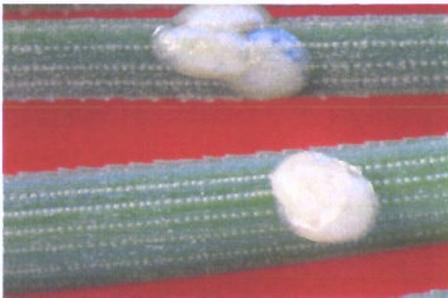


Figura 2: Huevos de *R. buoliana* en acículas de pino (A. Torres).

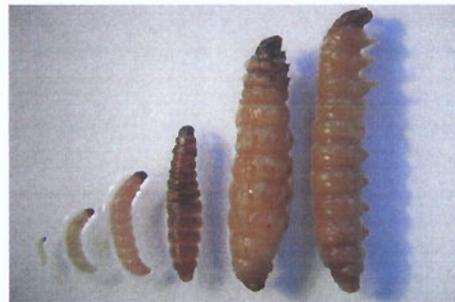


Figura 3: Los 6 estadios larvales de *R. buoliana* (L4 se observa de tonalidad más oscura por efecto de la fotografía) (A. Torres).



Figura 4: Pupas de *R. buoliana* (A. Torres).



Figura 5: Adulto de *R. buoliana* sujeto a acícula (A. Torres).



Figura 6: Hembra de *R. buoliana* (G. Cogollor).

El ciclo de vida varía de acuerdo a la latitud en que se encuentre, con grandes diferencias en el período de vuelo del adulto, que es mayor a medida que avanza hacia el norte del país, por efectos de una mayor temperatura. Según Pinar (2001), el mayor período de vuelo se determinó para la Provincia de Cardenal Caro en la VI Región (Figura 7).

En la Figura 8 se presenta el ciclo de vida determinado por el SAG en 1989 para las regiones IX y X, apreciándose su calidad de especie univoltina. Asimismo, Artigas (1994) determinó el ciclo de vida para la polilla los años 1985 – 1986, donde se aprecia esta misma condición (Figura 9).

Es probable que en condiciones de mayores temperaturas (días grados), el insecto pueda lograr más de una generación anual (Cogollor y Poblete, 1990).

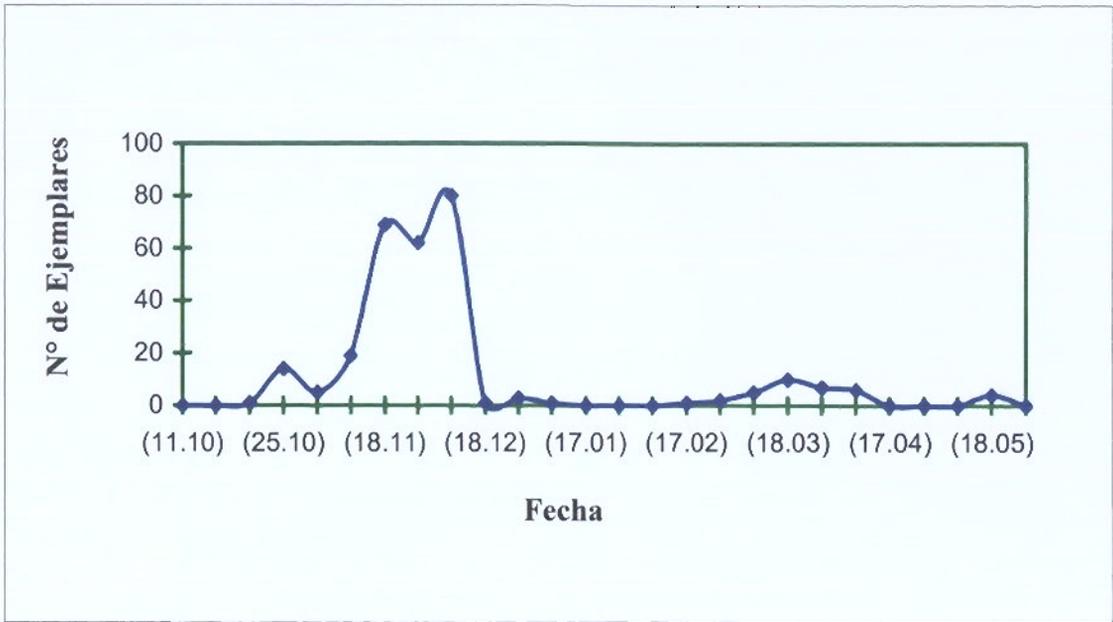


Figura 7: Ciclo de vuelo del adulto de polilla del brote para la comuna de Paredones, provincia de Cardenal Caro, VI Región, para la temporada 1999 – 2000 (Pinar, 2001).

**ADULTO**



**PUPA**



**LARVA**



**HUEVO**



J A S O N D E F M A M J

Figura 8: Ciclo de vida de *R. buoliana* para la IX y X Región, determinado el año 1989 (SAG, 1990).

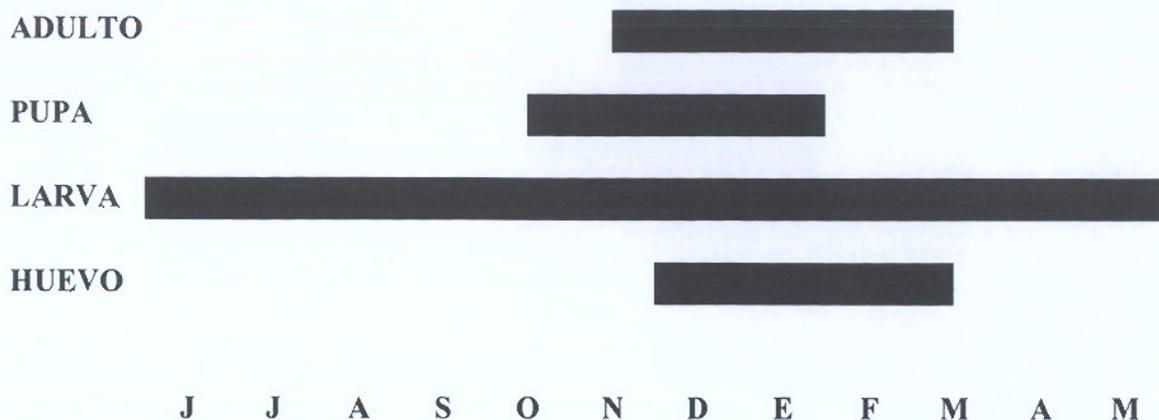


Figura 9: Ciclo de vida de *R. buoliana* para la X Región, para la temporada 1985 – 1986 (Artigas, 1994).

### DINAMICA DE ATAQUE

Una vez ocurrida la emergencia de los adultos, el macho localiza a la hembra a través de la feromona sexual que ésta segrega. La cópula se produce 24 horas después de la emergencia del adulto.

La postura de huevos se realiza en forma aislada sobre las acículas de *P. radiata*, sobre el tejido tierno de las yemas y acículas de los árboles. Al emerger la larva, esta construye un tubo de seda en la axila de la acícula perforando los tejidos del brote. Esta se alimenta de la base de la acícula, provocando una secreción de resina de color blanquecino fácilmente perceptible. Debido a este daño, se produce un amarillamiento inicial de la acícula y su posterior muerte, adquiriendo un color café rojizo, evento considerado como el primer síntoma producido por el ataque de este insecto.

En el tercer estadio la larva se traslada hacia las yemas adyacentes, penetrando en ellas, tejiendo un tubo sedoso que la protegerá de la exudación de la resina. Al realizar la perforación de la yema, alcanza hasta la pared opuesta de ésta, sin traspasarla, dirigiéndose hacia su base para formar una cámara mayor, donde alcanza su cuarto estadio, período en el cual no se alimenta debido a que entra en un letargo invernal (Figura 10 y 11).

La migración de la larva se produce a principios de primavera, alimentándose en algunas ocasiones de los brotes que encuentra en su recorrido, no penetrando totalmente en ellos, siendo posible observar heridas superficiales de varios centímetros de largo (Pérez *et al.*, 1999).

En la nueva yema construye un tubo de seda, alimentándose hasta alcanzar el sexto estadio (Artigas, 1994), provocando un grumo de resina que se desarrolla entre las yemas y en ocasiones entre las yemas y las acículas como respuesta a la penetración de la larva.

En el sexto estadio construye la cámara pupal, debilitando la base de la yema, produciéndose un quiebre en esa zona por el crecimiento del ápice y el efecto del viento. La pupa se protege en la cámara, la que alcanza hasta 4 cm de largo y esta revestida internamente con seda y exteriormente con resina. Esta ha sido preparada previamente por la larva al aproximarse el período de pupación, para luego emerger el adulto (Pérez *et al.*, 1999).



Figura 10: Grumo de resina provocado por la construcción de la cámara de hibernación (A. Rojas).



Figura 11: Cámara larval de 4 estadio (A. Rojas).

## DISPERSION Y CRECIMIENTO POBLACIONAL

Desde su detección en Ensenada en el año 1985, la polilla del brote mantuvo una dispersión natural constante hacia el norte del país, ayudada principalmente por los vientos predominantes de sur a norte, permitiéndole cubrir la totalidad de las plantaciones de *P. radiata* en un lapso de 11 años (Tabla 1).

Tabla 1: Dispersión de *R. buoliana* en el país, desde la temporada 1985 a 1996.

| Temporada   | Dispersión   |
|-------------|--|
| 1985        | Ensenada (X Región)                                    |
| 1985 - 1986 | Puerto Montt (X Región) a Loncoche - Pucón (IX Región) |
| 1986 - 1987 | Puerto Montt a Pitrufquén (IX Región)                  |
| 1987 - 1988 | Puerto Montt a Temuco (IX Región)                      |
| 1988 - 1989 | Puerto Montt a Temuco (IX Región)                      |
| 1989 - 1990 | Puerto Montt a Angol (IX Región)                       |
| 1990 - 1991 | Puerto Montt a Los Ángeles (VIII Región)               |
| 1991 - 1992 | Puerto Montt a Cabrero (Bulnes) (VIII Región)          |
| 1992 - 1993 | Puerto Montt a Linares (VII Región)                    |
| 1993 - 1994 | Puerto Montt a San Fernando (VI Región)                |
| 1994 - 1995 | Puerto Montt a Santiago (Región Metropolitana)         |
| 1995 - 1996 | Puerto Montt a Valparaíso (V Región)                   |

Según R. Ahumada (com. pers.) la tasa de crecimiento de las poblaciones de polilla del brote en plantaciones jóvenes, alcanzó rangos de 13 y 34 veces para las regiones X y VIII, respectivamente.

En la Tabla 2 se aprecia el porcentaje de la superficie de rodales cubiertos por polilla del brote, según región y año de colonización, siendo posible observar un continuo y fuerte aumento de la presencia de la plaga. Los porcentajes de colonización registrados para las regiones IX y X resultan ser muy altos, explicándose esto en que la detección fue tardía.

Tabla 2: Incremento porcentual de la presencia de polilla del brote en rodales de la VI a X Región.

| Año<br>Colonización | Porcentaje de la superficie de un rodal con presencia de polilla<br>Región |      |            |               |      |      |
|---------------------|--|------|------------|---------------|------|------|
|                     | X  | IX   | VIII Costa | VIII Interior | VII  | VI   |
| Colonización        | 20,2   | 20,2 | 3,0        | 14,4          | 3,0  | 3,0  |
| 1°                  | 59,3   | 59,3 | 21,8       | 54,5          | 21,8 | 21,8 |
| 2°                  | 88,6   | 88,6 | 49,4       | 72,4          | 49,4 | 49,4 |
| 3°                  | 94,6   | 94,6 | 67,5       | 71,4          | 67,5 | 67,5 |

## DAÑOS

La importancia económica del daño radica en que este se centra en el ápice principal del árbol, responsable del crecimiento en altura y de la formación de un fuste recto para la producción maderera.

El mayor número de brotes infestados se concentra en el estrato medio. Esta ha sido una conducta generalizada y que se ha observado durante largo tiempo en varias localidades (Lanfranco y Aguilar, 1988, 1989; Lanfranco *et al.*, 1990, 1991; citados por Lanfranco *et al.*, 1991). Respecto a la infestación apical, las variaciones son una consecuencia de la densidad poblacional (a mayor densidad poblacional mayor número de brotes y ápices infestados) y de la edad de los árboles (árboles de menor edad, en consecuencia, de menor altura, tienen una alta probabilidad de ser atacados a nivel apical, ya que la oferta general de brotes es también menor) (Lanfranco *et al.*, 1991).

Debido a su hábito de atacar brotes tiernos y yemas, la plaga causa daños clasificados de moderados a severos en rodales jóvenes de *P. radiata*, produciendo malformaciones que deterioran su rendimiento (Ramírez *et al.*, 1981). El daño económico puede causar pérdidas superiores al 40% del volumen total de madera en la cosecha del rodal (Álvarez *et al.*, 1991; citados por Paredes *et al.*, 1998). Se han verificado pérdidas de hasta un 75% del valor comercial por hectárea de pino, en rodales atacados a temprana edad y sin aplicación de métodos de control de la plaga.

La plaga reduce el crecimiento y deforma el fuste de los árboles, lo que deprecia y transforma el uso de la madera, aumenta los costos y reduce el valor del material obtenido del raleo y cosecha final (Comité Nacional de Sanidad Forestal, 1993).

Cogollor y Poblete (1990), describieron cuatro categorías para calificar el daño provocado por *R. buoliana*, explicadas a continuación:

*Poda apical:* El ápice del árbol atacado presenta clorosis y adquiere una coloración entre amarillo a café rojizo, a causa del ataque de la larva. Posteriormente el ápice se dobla y se quiebra produciéndose la poda apical. Por lo general no se observa recuperación del ápice con yemas nuevas.

*Multiflecha:* En este caso existe una recuperación del ápice que presentó poda apical, observándose varias yemas en distinto estado de desarrollo, las que pueden ser desde una a siete, por lo que no existe liderazgo de ninguna de las yemas o flechas por el crecimiento apical.

Dentro de esta categoría se denomina bifurcación cuando se observan dos flechas principales, producidas por la muerte de la yema apical (Pérez *et al.*, 1999).

*Deformación:* En esta categoría ingresan los árboles de *P. radiata*, cuando no existe una flecha de recuperación recta que reemplace a las torcidas, calificando para la evaluación sanitaria el árbol como deformado (Figuras 12 y 13).



Figura 12: Deformación temprana de *P. radiata* por efecto del ataque de polilla del brote (A. Baldini).



Figura 13: Severa deformación fustal por ataque a los 2 años de edad del árbol (A. Baldini).



Figura 14: Rodal de 14 años con daño fustal por ataque de polilla del brote (A. Sartori).



Figura 15: Árbol recuperado por toma de dominancia de una flecha (A. Baldini).

La deformación en el tallo del árbol, sin un control oportuno que permita el reemplazo por un ápice líder recto, produce un árbol con un reducido volumen maderable ocasionando importantes pérdidas económicas (Figura 14).

*Recuperación:* Posterior a la poda apical y a la multiflecha, uno de los brotes presenta un crecimiento superior al resto, desplazándose en altura y tomando el liderazgo del crecimiento ápical en el eje del tallo (Figura 15).

Esta condición es la más deseable al llevar a cabo el control mecánico de polilla en bosques de alto valor.

## CONTROL

Debido a la presencia del insecto en la totalidad de la superficie de plantaciones de pino insigne, hacia el año 1993 se implementó una estrategia de control a nivel nacional basada principalmente en el control biológico de la plaga, complementando el manejo con tácticas de control químico y mecánico, además de un fuerte incentivo a la aplicación de técnicas silviculturales y recuperación de forma de los árboles atacados. En el corto plazo, los objetivos para disminuir las poblaciones de *R. buoliana* fueron lograr la dispersión y el establecimiento del parasitoide en toda la distribución de la polilla. El objetivo a largo plazo fue mantener las poblaciones del insecto bajo el umbral de daño económico, mediante la acción de parasitismo del biocontrolador *O. obscurator*. Los principios básicos del

control de la polilla del brote se basan en el MIP, considerando las variables económicas, biológicas, ambientales y sociales.

Con este marco de acción, diversos estudios han tenido como objetivo conocer los aspectos biológicos de la plaga, su distribución en el país, la dinámica poblacional, la sintomatología del daño, cuantificación de daños físicos y económicos, además de la evaluación de los resultados en terreno de los diversos métodos de control utilizados, de manera de determinar los recursos a destinar para la supresión de la plaga, además de establecer cuando y como controlarla.

### *Control Legal*

En el año 1985, al detectarse el insecto en Chile, se determinó su inmediata cuarentena mediante la Resolución N°1403 del 31 de Octubre de 1985 del SAG. Dicha resolución declaró el control obligatorio de la plaga en el país, dictándose una serie de disposiciones legales regulatorias entre los años 1986 y 1991 (SAG, 1992).

Con el apoyo de estas disposiciones, fue posible establecer barreras camineras durante los períodos en que normalmente hay un flujo de plantas y parte de estas como en la víspera de Navidad, disminuyendo el riesgo de dispersión (SAG, 1992).

Dentro de estas medidas destaca la quema total de un bosque de pino de 7 años de edad, ubicado en la ribera sur del río Toltén el año 1987, debido a los altos niveles de infestación que presentaba y el riesgo de mayor dispersión hacia el norte.

Además, se desincentivo la plantación de *P. radiata* en algunas zonas donde se había establecido la plaga. Para ello CONAF rebajó los valores de la bonificación, correspondiente al establecimiento de *P. radiata*, fijados en la Tabla de Costos del Decreto Ley 701 los años 1994 y 1995 en las regiones IX y X. Dicha medida fue promulgada dado que en ese período no se contaba con el conocimiento de una herramienta de control efectiva. Posteriormente se reestableció el costo normal del incentivo.

### *Control Silvicultural*

Consiste en realizar prácticas de manejo u ordenación del bosque, con el objetivo de disminuir su susceptibilidad al ataque de la plaga. Estas medidas deben ser consistentes con los requerimientos productivos del rodal. Para disminuir el efecto de *R. buoliana* sobre el bosque, se practicaron diversos esquemas de manejo que contemplaron varias densidades de plantación y esquemas de raleo y poda. Asimismo, se intento desarrollar una línea de mejoramiento genético, que buscó seleccionar árboles resistentes al ataque del agente. No obstante, los resultados de aquellos estudios no fueron concluyentes.

En caso que exista bifurcación o multiflecha, la poda formativa constituye una de las intervenciones más utilizadas (Figura 16). Su objetivo es favorecer el crecimiento de un sólo ápice principal, mediante la eliminación de los brotes laterales. La recuperación del

árbol se produce en los crecimientos sucesivos. Luego de aproximadamente tres a cuatro no se aprecian signos externos de la deformación (Figura 17).



Figura 16: Poda formativa en árbol joven con multiflecha (A. Baldini).



Figura 17: Recuperación fustal después de un año de efectuada la poda formativa (A. Baldini).

Una alternativa es considerar plantaciones mixtas. Estas consisten en establecer un rodal con varias especies forestales, evitando la existencia de grandes superficies de monocultivo. Por razones de costo esta técnica no se practicó, dando lugar al cambio de especies en sectores muy específicos. En Valdivia, X Región, se debió cortar completamente una plantación de pino afectada por el hongo *Dothistroma septospora* (Dorog.) Morelet, el cual dejaba susceptible a los árboles al ataque de la polilla, debiendo ser sustituida por *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth (Figura 18). Asimismo, en la zona de arenas, Cholgúan, VIII Región, dado los altos niveles poblacionales se optó por la corta del bosque y reposición en otro sector.



Figura 18: Vista de una plantación de *A. glutinosa* que sustituyó una plantación de *P. radiata* con severo daño apical (A. Baldini).

Para pequeñas superficies, una técnica factible de utilizar es el control mecánico. Esta técnica permite alcanzar dos propósitos: bajar la población del insecto mediante la corta y eliminación de brotes atacados y recuperar la forma de los árboles afectados. El método se

aplica en árboles con una altura manejable máxima de 2 m en rodales de 2 a 3 años y es posible de complementar con podas formativas. Este tipo de control se puede realizar en todos los niveles de infestación, alcanzando hasta un 90% de reducción de la población de *R. buoliana* y sin provocar daños ambientales. La principal deficiencia de este tipo de control es su bajo rendimiento, que para plantaciones de 2 años a una densidad de 1.200 árboles / ha es en promedio de 2 a 3 jornadas por hectárea.

### *Control Químico*

El control químico, fue utilizado como complemento al control biológico, permitiendo una disminución de las poblaciones del insecto antes de la liberación de ejemplares del parasitoide, a manera de aumentar la eficiencia de control. En la actualidad no se utilizan productos químicos, debido a los buenos resultados que entrega el control biológico.

La época de aplicación de químicos es desde fines de Octubre hasta Febrero, dependiendo de la fase de desarrollo que se desee controlar, por lo que se debe hacer en conjunto con el monitoreo de la plaga. Además, requiere de medidas de seguridad en el uso y manejo de los productos, lo que hace necesario la asesoría de técnicos en la materia (Pérez *et al.*, 1999).

Los niveles de aplicación de estos productos han ido disminuyendo paulatinamente. El año 1985 el SAG aplicó insecticidas de contacto en una superficie de 42.088 ha. Posteriormente, hasta el año 2000, sólo las empresas forestales continuaron con aplicaciones químicas aéreas, no superando las 20.000 ha, a un costo aproximado de US\$ 15 por ha.

### *Control Biológico*

El control biológico de la plaga es el que presenta mayores beneficios en el largo plazo, en términos de eficiencia de niveles de control poblacional y menores costos.

Desde 1986 se investiga un complejo de biocontroladores nativos, que en una conducta oportunista parasitan a la polilla, destacando: *Coccygomimus fuscipes* Brullé (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Anacis rubripes* Spinola (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Neocryptopterix hypodyneri* Porter (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Incamyia chilensis* Aldrich (Diptera: Tachinidae) y *Prorocera casanuevai* Cortés (Diptera: Tachinidae).

La distribución natural de estas especies sobrepasa el área distribucional de *P. radiata*, encontrándose desde Coquimbo a Magallanes y son consideradas especies comunes de la entomofauna nativa chilena (Arretz *et al.*, 1985; Caltagirone, 1953; Cortés y Hichins, 1969; Lanfranco, 1974, 1980; Lanfranco y Cerda, 1986; Porter, 1967, 1970, 1987; Tornes, 1969; citados por Lanfranco *et al.*, 1991), por lo que podrían cumplir una función importante en el control de la plaga en zonas geográficas fuera de la actual distribución del pino insigne.

El control de *R. buoliana* por estos biocontroladores nativos corresponde a una conducta que depende de una alta población de la plaga, no pudiendo basarse la estrategia de control

biológico sólo en estas especies por lo poco predecible de su comportamiento. Sin embargo, se han realizado multiplicaciones y liberaciones de algunas de estas especies, como apoyo al accionar del biocontrolador *O. obscurator*. Estas liberaciones deben realizarse mientras los parasitoides nativos no presenten una desventaja para el establecimiento y reproducción del biocontrolador específico.

Según Lanfranco y Cerda (1986), la primera especie parasitoide nativa identificada fue *C. fuscipes* (Figura 19), la que corresponde a un endoparásito pupal. Aún cuando los porcentajes de parasitismo no superan por lo general el 15%, su amplia distribución en Chile ha concitado el interés por esta especie. Es así como se han efectuado estudios acerca de su biología reproductiva y de sus hospederos nativos (Lanfranco, 1995; citado por Lanfranco e Ide, 1996). En base a estos antecedentes Bioforest S.A., ha realizado liberaciones de *C. fuscipes* en plantaciones de *P. radiata*, en numerosos predios desde la VII a la X Región.

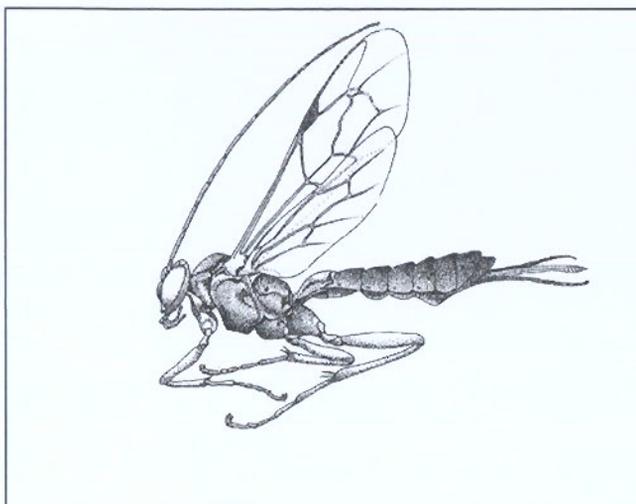


Figura 19: Dibujo de *C. fuscipes* (C. Rodríguez).

Los individuos de *C. fuscipes* fueron reproducidos en el Laboratorio de Control Biológico de Bioforest S.A., durante Julio y Diciembre de 1995, utilizando como hospedante alternativo a *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) (Bravo y Smith, 1996).

Otro enemigo natural de la polilla es *Venturia* spp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), la que ha alcanzado niveles de parasitismo entre un 20 y 30%. Se desconoce si la especie presente en Chile es nativa o exótica, pero se están realizando esfuerzos para su pronta identificación, debido a que compite con *O. obscurator* por las larvas de *R. buoliana*. *Venturia* spp. parasita a la plaga en estadios larvales posteriores a *O. obscurator*, emergiendo en estos casos el ichneumonido. Esto podría tener como consecuencia la disminución de las poblaciones de *O. obscurator*.

También se han desarrollado biopesticidas basados en la avispa *Trichogramma nerudai* Pintureau & Gerding (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y en hongos entomopatógenos. Para *T. nerudai* se ha desarrollado una técnica consistente en la producción de cápsulas dispensadoras de gelatina biodegradable, denominadas BIOCAP, tecnología desarrollada en Alemania y Brasil. En Chile, la técnica ha sido adaptada por la Universidad de Concepción. La aplicación consiste en poner las cápsulas bajo el dosel de *P. radiata*. Estas contienen huevos de *T. nerudai* con distintas edades para que los adultos emerjan en forma progresiva. Esto simula liberaciones consecutivas, algo impracticable en el sector forestal por su alto costo. Una característica importante de la cápsula, es que posee una ranura que permite la salida de los himenópteros, pero no el ingreso de hormigas, principal depredador

de los diversos estadios de desarrollo de *T. nerudai*, siendo los resultados de este tipo de control, entre un 80 y un 85% (C. Goycoolea, com. pers.).

Otro biopesticida desarrollado a través de un proyecto FONTEC, CPF S.A e INIA, es en base a hongos entomopatógenos. La metodología utilizada fue la evaluación de la mortalidad de larvas en el tercer estadio, con 302 cepas de hongos entomopatógenos provenientes de la colección INIA Quilamapu y de las colectas en terreno de larvas y adultos de la plaga. De estas cepas más de un 70% causó algún grado de mortalidad en larvas, siendo 15 cepas altamente patogénicas, destacando entre los hongos más agresivos *Beauveria* sp. Un factor importante es que los hongos entomopatógenos seleccionados no afecten a los biocontroladores *O. obscurator* y *T. nerudai*.

Dado los promisorios resultados de esta experimentación, se está desarrollando una técnica para la formulación de un biopesticida de largo efecto residual y capaz de proteger al entomopatógeno contra la desecación y radiación ultravioleta (CPF S.A. *et al.*, 2003 ).

### ***Orgilus obscurator* Ness (Hymenoptera: Braconidae)**

Al detectarse la plaga en Chile, se inició la selección de entomófagos posibles de ser introducidos al país. De varios parasitoides evaluados, *O. obscurator* (Figura 20 y 21) fue el que presentó mejores resultados sobre *R. buoliana* (Paredes *et al.*, 1998). Este parasitoide ha demostrado la mayor eficacia en Europa y América del Norte. Además, experiencias desarrolladas en Canadá y Estados Unidos entre los años 1925 y 1958, demostraron que el biocontrolador más efectivo era *O. obscurator*, luego de introducir entre 14 a 16 especies del complejo parasítico de *R. buoliana* presente en Europa.



Figura 20: Hembra adulta del parasitoide *O. obscurator* (A. Torres).



Figura 21: Macho adulto del parasitoide *O. obscurator* (A. Torres).

*O. obscurator* es un endoparásito solitario que ataca los primeros estados larvarios de la plaga, presenta una generación al año (univoltino) y alcanza una alta eficiencia de parasitismo cuando la densidad de la plaga comienza a disminuir. Además posee gran adaptación a diversas condiciones climáticas, hembras longevas y un alto potencial biótico

con un excelente grado de sincronización con la plaga. La especie tiene una alta capacidad de competencia con otros parasitoides, permitiendo una buena efectividad (Cisternas y Villagra, 1991; 1994; 1995; Cisternas, 1996; citados por Paredes *et al.*, 1998).

Estudios realizados por Ide y Lanfranco (1997), determinaron que si los adultos de *O. obscurator* se alimentan de las especies; *Achillea millefolium* L. (millenramas), *Conium maculatum* L. (cicuta), *Daucus carota* L. (zanahoria silvestre), *Prunella vulgaris* L. (hierba mora) e *Iberis amara* L. (amara) aumentan su longevidad.

Desde 1986 a 1993, el INIA y el SAG desarrollaron el programa de control biológico de la polilla del brote. Posteriormente, la reproducción masiva y determinación de nuevos métodos de crianza y liberación fueron asumidas también por CONAF. A partir de los años 1992 y 1993, trece empresas forestales reforzaron la reproducción del parasitoide con la instalación de 4 nuevos laboratorios de reproducción biológica.

La introducción de *O. obscurator* fue realizada entre los años 1986 y 1992. Para esto se realizaron colectas en España, Austria, Hungría, Inglaterra, Francia y Checoslovaquia, lo que ha permitido el establecimiento de varios ecotipos del parasitoide, que han cubierto distintas localidades y condiciones climáticas de las regiones VII, IX y X (Cisternas y Villagra, 1991; 1994; 1995; Cisternas, 1996; citados por Paredes *et al.*, 1998).

### **DINAMICA DE PARASITISMO DE LOS BIOCONTROLADORES QUE ACTUAN SOBRE *Rhyacionia buoliana***

Los parasitoides se pueden clasificar en endoparásitos y ectoparásitos (Tabla 3). Los primeros viven y se desarrollan al interior de su hospedero, mientras que los ectoparásitos se desarrollan en la superficie externa de su huésped.

En la evolución de los parasitoides ha sido clave el desarrollo de las estrategias idiobionte y la koinobionte, términos propuestos por Askew y Shaw (1986). Los parasitoides idiobiontes paralizan completamente el desarrollo de sus hospedadores en el momento de la parasitación y sus larvas consumen un recurso alimentario inmóvil e indefenso. Por lo general atacan larvas de insectos que viven en situaciones en las que poseen un cierto grado de protección frente al ambiente externo. Los parasitoides koinobiontes adoptan una estrategia que no paraliza a su hospedero. A diferencia de los idiobiontes, permiten que la larva de su hospedero continúe su desarrollo (hasta los últimos estadios larvales e incluso pupas), mientras se alimenta de sus órganos no vitales (Figura 22). La mayoría de los koinobiontes son endoparásitos y atacan larvas de insectos que viven en situaciones más expuestas



Figura 22: Larva de *R. buoliana* parasitada por *O. obscurator* (A. Baldini).

al ambiente externo. Esta es una de las estrategias reproductivas más evolucionadas y exitosas de los parasitoides (Gauld y Bolton, 1988; Askew y Shaw, 1986; citados por Lanfranco *et al.*, 1991).

Tabla 3: Probables estados de desarrollo en que los biocontroladores parasitan a *R. buoliana* (Modificado de Lanfranco *et al.*, 1991).

| Biocontrolador       | Estado de desarrollo de <i>R. buoliana</i> en que es parasitada. | Parasitoide                |
|----------------------|--|----------------------------|
| <i>T. nerudai</i>    | Huevo  | Endoparásito - Idiobionte  |
| <i>O. obscurator</i> | Larva (L2 - L3)  | Endoparásito - Koinobionte |
| <i>Venturia sp.</i>  | Larva (L3 - ?)   | Endoparásito - Koinobionte |
| <i>A. rubripes</i>   | Larva (L3 - L4)  | Ectoparásito - Koinobionte |
| <i>I. chilensis</i>  | Larva (L4 - L5)  | Endoparásito - Koinobionte |
| <i>P. casanuevai</i> | Larva (L4 - L5)  | Endoparásito - Koinobionte |
| <i>N. hypodyneri</i> | Larva (L6)   | Ectoparásito - Koinobionte |
| <i>C. fuscipes</i>   | Prepupa - Pupa   | Endoparásito - Idiobionte  |

Observaciones realizadas para la interacción biológica entre los agentes nativos de control anteriormente citados, parecen indicar que estos no compiten directamente por el recurso, a excepción de *Venturia sp.* En efecto, la coexistencia de las especies en el sistema puede explicarse por una “repartición del recurso” que implica utilizar como hospedero a larvas de diferentes estadios, o bien, por una “discriminación del hospedero”, que incursiona en la habilidad de la hembra para diferenciar entre hospederos parasitados y no parasitados. Los efectos directos de la competencia sobre la dinámica poblacional de los sistemas hospedero - parasitoide han acaparado la atención de los investigadores en la década de los ochenta (Mackauer, 1990; citado por Lanfranco *et al.*, 1991).

Otros enemigos naturales que contribuyen al control de *R. buoliana* en Chile son algunas aves, como *Carduelis barbata* Molina (Passeriformes: Fringillidae), “jilguero”, *Leptasthenura aegithaloides* Kittlitz (Passeriformes: Furnariidae) “tijeral” y *Curaeus curaeus* Molina (Passeriformes: Icteridae), “tordo”. Aunque la acción individual de estos no es importante, como grupo de enemigos naturales pueden contribuir con algún grado al control de la polilla del brote (CONAF, 1996).

### PROTOCOLO DE PRODUCCION DEL BIOCONTROLADOR *Orgilus obscurator*

El protocolo de producción de *O. obscurator* fue desarrollado por el INIA a través del proyecto “Control biológico de la polilla del brote”.

La CONAF, a partir de 1995 inicia el programa de producción de *O. obscurator* en el Laboratorio Entomológico de Chillán, incrementando la producción del biocontrolador.

Para la reproducción de parasitoides en laboratorio, se debe tener una adecuada provisión de brotes de pino insigne infestados con larvas de *R. buoliana*. Los brotes colectados deben estar libre de ácaros, contener un pequeño número de larvas muertas de *R. buoliana*,

encontrarse limpios y sin desechos. Su longitud debe ser de 3 a 4 cm, de modo de minimizar el volumen de biomasa vegetal a trasladar.

En los inicios del programa de reproducción, un 60% de los brotes colectados en terreno se encontraban con larvas de *R. buoliana*, mientras que en el año 2004 este porcentaje no superó el 35%. Esta considerable disminución se explica producto de la efectividad de los controles utilizados para disminuir la población de esta plaga, siendo necesario reproducirla en laboratorio y disponer durante todo el año de los diferentes estados parasitables.

Siguiendo la línea de abastecimiento externo, posterior a la recepción de los brotes atacados, se procede a la extracción de las larvas de *R. buoliana*. Esta actividad puede realizarse en forma manual o mediante la extracción por calor, en una cámara a una temperatura entre los 22 – 24°C con un 60% de humedad, disponiendo los brotes infestados sobre bandejas de mallas metálicas, en estantes especializados (Figura 23). La extracción manual se utiliza sólo cuando el número de larvas colectadas por calor no es suficiente para abastecer en forma adecuada las cámaras de parasitación, debido a que es una técnica lenta, con alto riesgo de dañar la larva extraída.

En la cámara de extracción por calor, la deshidratación de los brotes hace que la larva de *R. buoliana* busque otro nicho más acorde con sus necesidades biológicas, saliendo de este. La luminosidad en la cámara debe ser lo suficientemente intensa como para atraer las larvas, por su fototactismo positivo. La recolección de ellas (Figura 24) debe ser constante, ya que en caso contrario pueden morir por el calor emitido por los focos, o atrapadas en las rejillas de éstos. Para la continuidad del proceso productivo, es importante adicionar semanalmente brotes de *P. radiata*.



Figura 23: Estante con brotes infestados para la colecta de larvas de polilla del brote (A. Sartori).



Figura 24: Recolección diaria de larvas de polilla del brote (A. Sartori).

Colectadas las larvas, estas deben alimentarse mediante una dieta artificial (Figura 25), consistente en un concentrado compuesto por agar más polen con aminoácidos esenciales y ácidos grasos, desarrollado por Laboratorios Bioserv Inc. El propósito de la dieta es favorecer el crecimiento, la hidratación y vigorización para realizar su transporte y posterior implante

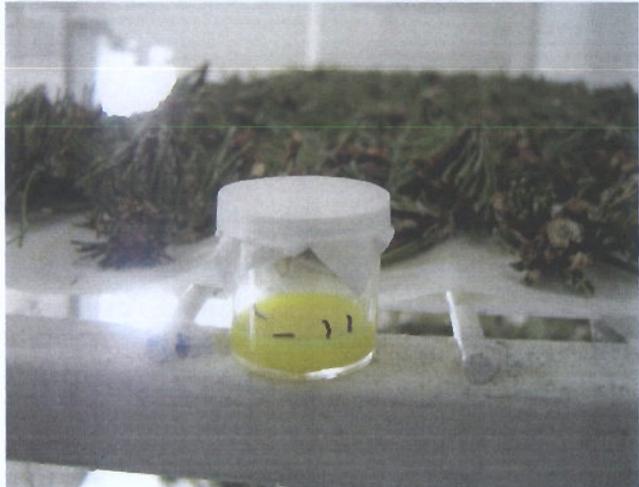


Figura 25: Larvas de *R. buoliana* en dieta artificial después de su extracción desde los brotes de pino (A. Sartori).

Las larvas destinadas a parasitación deben ser restringidas en su crecimiento debido al pequeño tamaño de las hembras de *O. obscurator*, recomendándose no parasitar estadios superiores a L3, principalmente por la pérdida de vitalidad de la larva, que comienza su período de hibernación. Por otra parte, las larvas de *R. buoliana* de mayor desarrollo, se defienden del biocontrolador, pudiendo incluso llegar a herir a las hembras del parasitoide.

El suplemento alimenticio se dispone en frascos de 20 mL, colocando como máximo cinco larvas por frasco, teniendo especial cuidado con la proliferación de hongos, ya que las condiciones de temperatura y humedad son ideales para su desarrollo. Además, es un medio de cultivo rico en proteínas y azúcares lo que fomenta la aparición de agentes patógenos. En el proceso, los hongos de mayor ocurrencia son tipo saprófitos y entomopatógenos, destacando: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Verticillium* y *Paecilomyces*. Además, se ha detectado la presencia de bacterias, virus y protozoos no identificados (Cisternas *et al.*, 1993).

Las larvas pueden permanecer entre siete a catorce días en la solución nutritiva, la que debe ser sustituida cada cuatro días. En caso de ataque severo de hongos, es necesario limpiar las larvas con una solución de hipoclorito de sodio al 2% o alcohol de 70%, antes de depositarlas en la nueva dieta.

Las larvas de *R. buoliana* se adaptan mejor a su dieta natural de brotes de pino insignes. Sin embargo, pocas veces se utiliza este tipo de alimento, debido a lo difícil de su inspección y la necesidad de estandarizar las actividades que implica la producción del parasitoide.

En forma paralela se deben desarrollar las actividades de producción de hembras de *O. obscurator*. Los insectos pueden llegar a vivir hasta 30 días en estado adulto, de los cuales están capacitados para parasitar durante 20 días, oviponiendo en promedio 10 huevos diarios, completando de esta forma su capacidad reproductiva estimada entre 180 y 200 huevos. El rendimiento del período de parasitismo, tiene una curva en forma de distribución normal (Figura 26), con un inicio y un término con bajo nivel de parasitismo de larvas. En

un comienzo el rendimiento de ovipostura es bajo debido a que existe un tiempo de aprendizaje de parasitación del insecto y en el período final disminuye como consecuencia de la pérdida de su potencial reproductivo.

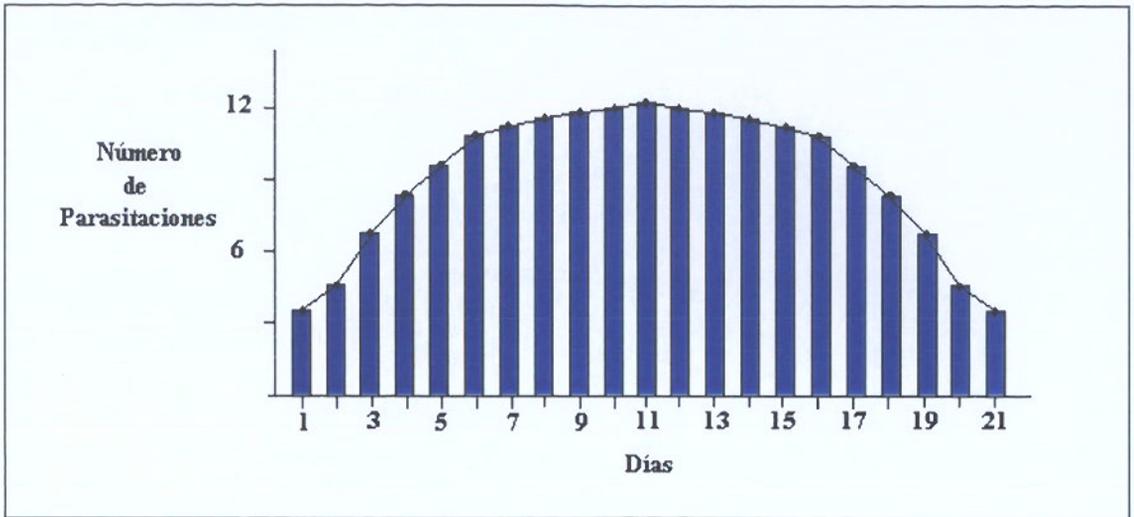


Figura 26: Curva normal teórica de rendimiento del parasitismo.

Las hembras de *O. obscurator* son alimentadas con una mezcla de agua y miel dispuesta en un algodón, ubicada en una cámara relojera sin tapa. Este complemento nutritivo debe ser limpiado diariamente, al igual que las fecas y residuos de las larvas e insectos presentes, para evitar el desarrollo de hongos.

Una vez obtenidas las hembras y machos de *O. obscurator*, se comienza con el proceso de apareamiento (Figura 27), el cual se lleva a cabo en las mismas cámaras donde ocurrirá el parasitismo de las larvas de *R. buoliana*. El apareamiento se dispone en una relación sexual 1 : 2 entre hembras y machos, que son mantenidas en las cámaras durante un día. Se debe enfatizar que para cumplir con la efectividad del apareamiento, basta que las hembras se apareen una sola vez.



Figura 27: Apareamiento de macho y hembra de *O. obscurator* en cámara de parasitación (A. Sartori).

Al juntarse las hembras vírgenes con los machos, estos las ubican mediante movimientos de antenas. Al encontrarse ocurre la cópula en forma inmediata, la cual tiene una duración entre 40 a 90 segundos. Una vez concluida, la hembra realiza vuelos cortos, limpiando de vez en cuando su oviscapto, alas y antenas, además de alimentarse de la solución nutritiva (Cisternas *et al.*, 1993).

Una dificultad en la producción del biocontrolador, es la condición partenogénica de las hembras, lo que hace necesario la fecundación de los huevos para evitar una descendencia compuesta sólo de machos, fenómeno muy perjudicial para el control de la polilla. Dentro

de los factores que afectan la partenogénesis están la alimentación de la hembra, temperatura y humedad del ambiente y la relación entre los sexos, asociada a la presencia de machos. Si la hembra percibe una baja población de machos tiende a procrear una mayor cantidad de éstos (E. Cisternas, com. pers.).

Los machos son eliminados o liberados al medio ambiente, debido a que entorpecen el accionar de la hembra durante la parasitación. Las hembras deben ser “entrenadas” para el proceso de parasitación mediante la estimulación con el uso de un pincel, sobre el cual se coloca tela de larva de *R. buoliana* y meconio, correspondiente a las primeras fecas larvales.

En la cámara de parasitación se colocan entre 50 y 100 hembras de *O. obscurator*, las que logran parasitar diariamente unas 500 larvas, actividad que ocurre a una temperatura de 20°C (Figura 28). Las hembras se mantienen en la cámara de parasitación hasta su muerte, de manera de aprovechar su máximo potencial reproductivo. Un factor que se observó en laboratorio, a diferencia de lo que señala la bibliografía es que las hembras de *O. obscurator* parasitan más de una vez una misma larva, por lo que larvas ya parasitadas deben ser retiradas de la cámara.



Figura 28: Cámara de parasitación con hembras apareadas de *O. obscurator* (A. Baldini).

Cuando ocurre la parasitación, el oviscapto forma un ángulo de 90° en relación con el abdomen. Luego la hembra retorna su oviscapto a la posición inicial para el aseo y reacomodo de sus valvas (Cisternas *et al.*, 1993).

Otro factor a considerar para el adecuado funcionamiento de la cadena productiva, es la provisión de brotes de *P. radiata* utilizados para la crianza de las larvas parasitadas de *R. buoliana*, de las cuales emergerán los adultos de *O. obscurator*. Los brotes deben tener un largo entre 12 a 15 cm (Figura 29), poseer varias yemas suculentas y un grosor suficiente como para ser insertados en las agujas de la cámara fakir.



Figura 29: Brotes de *P. radiata* a utilizar en la masificación de *O. obscurator* (A. Sartori).

Los brotes son lavados en una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 10 min, enjuagados tres a cuatro veces, para posteriormente ser secados a una temperatura de 20°C durante 24 h mediante el uso de un ventilador, que favorece la circulación del aire. Una vez secos, se colocan en la cámara fakir, consistente en una caja con una base desmontable provista de clavos que

apuntan hacia arriba, en donde se insertan los brotes de *P. radiata* y una tapa de tela con un marco para facilitar su aireación. (Figura 30 y 31)



Figura 30: Base desmontable de cámara fakir (A. Sartori).



Figura 31: Cámara fakir con brotes instalados para la mantención de larvas parasitadas de *O. obscurator* (A. Baldini).

En una primera etapa se colocan 81 brotes de *P. radiata*, los que se insertan en las agujas dispuestas en la cámara, con una separación mínima de 1 cm. Posteriormente se procede a depositar las larvas parasitadas sobre los brotes, con la ayuda de un pincel. En total se colocan 200 larvas para 81 brotes, con un promedio de dos a tres larvas por brote. Luego de esta operación se realizan tres repiques, los que se efectúan con una frecuencia semanal.

En el primer repique se procede a revisar la cámara fakir, se limpia el meconio y se examina si existen brotes atacados por hongos. En caso de que esto ocurra, se retira el brote y se limpia la zona afectada con alcohol al 70%, esperando que se seque para la instalación de un nuevo brote. Además, se inspecciona que las larvas de *R. buoliana* se hayan establecido en los brotes. Para favorecer este proceso, se adicionan entre ocho a quince brotes a la cámara fakir. Para el segundo repique se repiten las operaciones anteriores, adicionando por lo general entre dos a tres brotes a la cámara fakir.

A la tercera semana se realizan las mismas actividades que en los recambios anteriores, sin embargo no se agregan más brotes de *P. radiata* a la cámara fakir, quedando en la cámara 100 a 102 brotes de pino aproximadamente. Para esta inspección, generalmente los brotes de *P. radiata* ya se encuentran bastante secos y las larvas de *O. obscurator* comienzan a pupar, necesitando humedad, debiendo rociar con agua en forma de llovizna día por medio, disminuyendo diariamente la frecuencia luego de la cuarta a quinta semana de establecida la cámara.

Las cámaras fakir se instalan en una sala de crianza donde los brotes están como promedio dos meses, a una temperatura entre los 22 y 24°C y 65% de humedad relativa. A las cinco semanas emergen los adultos machos de *O. obscurator*, mientras que las hembras comienzan a emerger la semana siguiente. La efectividad del proceso es que por cada 200 larvas, emerge un 20% de *O. obscurator*, de los cuales el 50% son hembras. Para la colecta

de los adultos del parasitoide se rocían los brotes con agua, acción que hace volar al biocontrolador.

Una vez obtenidas las hembras adultas, se procede a su apareamiento en una relación sexual de dos machos por hembra. Posteriormente, las hembras en un número de 5 a 20, son colocadas en frascos plásticos de 150 cc con trozos de viruta en su interior, que cumple la función de plataforma para que se pose el parasitoide (Figura 32).

Los adultos de *O. obscurator* deben trasladarse a la cámara de apareamiento, cuando hayan completado su proceso de emergencia, caracterizado por el completo desarrollo de sus alas, antenas, oviscapto y patas, además de la pérdida de coloración amarilla de las pleuras abdominales (Cisternas *et al.*, 1993).



Figura 32: Frascos plásticos con hembras apareadas de *O. obscurator* para liberación (A. Sartori).

### *Establecimiento del Parasitoide*

El establecimiento de *O. obscurator* en terreno puede llevarse a cabo mediante el implante de las larvas parasitadas o por medio de la liberación de hembras adultas de *O. obscurator*.

La técnica de implante desarrollada por E. Cisternas (com. pers.), consiste en llevar a terreno larvas parasitadas de *R. buoliana*, con el objetivo de aumentar la población del parasitoide en períodos donde no se realizan liberaciones. En un inicio la técnica favoreció el aumento de la población del biocontrolador en momentos en que un pequeño incremento en los niveles de parasitismo de *O. obscurator* era muy valorado.

El implante se efectúa entre los meses de Marzo y Abril, y luego entre Agosto y Septiembre, dependiendo de la región donde se realice. En las regiones ubicadas más al norte, es posible realizar el implante de las larvas antes que en las regiones del sur del país.

El transporte de las larvas a implantar debe realizarse en neveras refrigeradas, teniendo cuidado de que estos no tengan contacto directo con los frascos en los que se transportan las larvas de *R. buoliana*.

El implante se realiza colocando la larva de *R. buoliana* en un tubo de microcentrifugado, el cual es insertado en un brote lateral de *P. radiata* (Figura 33), fijándolo con un alfiler. De esta forma la larva no queda atrapada al interior del tubo y puede elegir el brote donde

desea instalarse, lo que además favorece el retiro posterior del tubo a la semana siguiente. Los implantes son factibles de ser realizados sólo cuando los árboles no superan los 2 m de altura.

Las larvas implantadas en terreno presentan un 90% de mortalidad producto del estrés del implante o por factores bióticos y abióticos. De 400 larvas implantadas, número equivalente a un punto de implante, sólo emergen 40 adultos del biocontrolador de los cuales un 50% corresponde a machos, lo que equivale a liberar 20 adultos hembras del parasitoide.



Figura 33: Implante en tubos de microcentrifugado de larvas de *R. buoliana* parasitadas por *O. obscurator* (A. Sartori).

Para evaluar el éxito del implante se procede a determinar el porcentaje de larvas que ha penetrado la yema de *P. radiata*, lo que se conoce como porcentaje de instalación o de prendimiento.

En la actualidad no se realiza la actividad de implante de larvas, debido a la alta mortalidad que presentan y a que operativamente es más lento y caro.

La liberación ocurre fundamentalmente entre los meses de Diciembre y primera semana de Febrero, aunque al igual que en el caso anterior, la región en la cual se realice es fundamental para establecer la fecha límite. Para el caso de la VI Región, se ha liberado el biocontrolador incluso en el mes de Mayo.

E. Cisternas (com. pers.) desarrolló una técnica de liberación mínima basada fundamentalmente en la capacidad del biocontrolador de localizar al huésped en bajas poblaciones. Se determinó que la liberación de cinco hembras fecundadas por punto de liberación, permite establecer y distribuir el parasitoide en un mayor número de localidades y abarcar un mayor radio.

Para el transporte de hembras de *O. obscurator* se deben tomar las mismas precauciones que se consideran para el traslado de las larvas a implantar.

El nivel de parasitismo se evalúa dos años después de la liberación o implante, mediante un muestreo donde se colectan 130 a 140 brotes, de 3 a 4 cm de longitud, asegurando la existencia de 40 larvas de *R. buoliana* en el punto seleccionado. Posteriormente, en laboratorio se procede a la extracción de las larvas de polilla en forma manual, las que son disectadas en busca del parasitoide. Luego son depositadas en un frasco con alcohol al 75%, rotulado con el predio y punto de recolección.

Para el éxito del protocolo de producción de *O. obscurator*, se debe ser sumamente riguroso en la supervisión de la cadena productiva del parasitoide, desde el abastecimiento de brotes con larvas de la plaga, la reserva de hembras de *O. obscurator* para parasitar, la

disponibilidad de brotes para ser instalados en la cámara fakir y la sincronización tanto del implante como de la liberación de *O. obscurator* al ambiente (Figura 34). Además, para desarrollar este protocolo en forma adecuada, es fundamental mantener estrictas medidas de asepsia del laboratorio y material biológico.

Otra metodología utilizada para la dispersión de *O. obscurator* es el repique, que consiste en recolectar larvas parasitadas en forma natural desde bosques que presentan parasitismos sobre un 80%. Para ello se corta el brote atacado, se extrae la larva de polilla en forma manual y se traslada a sectores con bajos niveles de parasitismo, realizando el mismo procedimiento descrito para la implantación de larvas de *R. buoliana*.

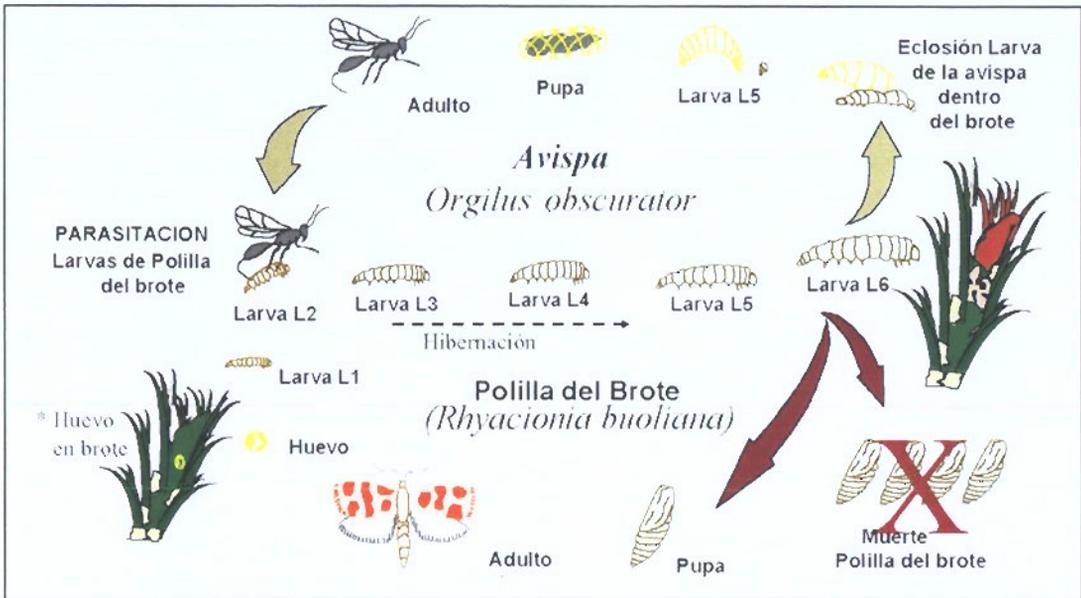


Figura 34: Ciclo biológico de *O. obscurator* (CPF S.A.).

## EVALUACION DEL PARASITISMO

Los resultados obtenidos al año 2003 demuestran el éxito alcanzado por el programa de control biológico de *R. buoliana* con el biocontrolador *O. obscurator* en Chile. En la Tabla 4 se puede apreciar la evolución del porcentaje de parasitismo a contar de 1998, donde el incremento que registra cada una de las regiones es proporcional al año en el cual se comienzan a realizar las liberaciones e implantes del parasitoide.

Las regiones VIII, IX y X presentan un parasitismo del 100%. No obstante, el control de la plaga se considera cuando estos porcentajes alcanzan un 80%, resultado presente en 4 regiones. La VI Región es la única que aún no alcanza este nivel, ya que las liberaciones del parasitoide comenzaron el año 1999, siendo esperable lograr su control para el año 2004 (Figura 35).

Tabla 4: Niveles de parasitismo regional alcanzados por *O. obscurator*.

| Niveles de Parasitismo Alcanzado por <i>O. Obscurator</i> |       |      |      |       |       |       |
|---|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Región  | 1998  | 1999 | 2000 | 2001  | 2002  | 2003  |
| VI  |       | 2.08 | 1.73 | 2.71  | 7.73  | 50.03 |
| VII   | 1.5   | 2.2  | 7.41 | 27.98 | 47.38 | 81.37 |
| VIII  | 3.38  | 2.45 | 18.2 | 51.75 | 83.55 | 100   |
| IX  | 38.89 | 46.4 | 55.2 | 73.6  | 93.84 | 100   |
| X   | 50.75 | 68.4 | 91.4 | 84.94 | 100   | 100   |

Con estos resultados se dará por concluido el Proyecto de “Control integrado de la polilla del brote”, manteniéndose sólo una producción mínima del biocontrolador en laboratorio, que será utilizado en caso de nuevas plantaciones que cubran una superficie muy amplia, a objeto de acelerar el control de la plaga y evitar pérdidas económicos

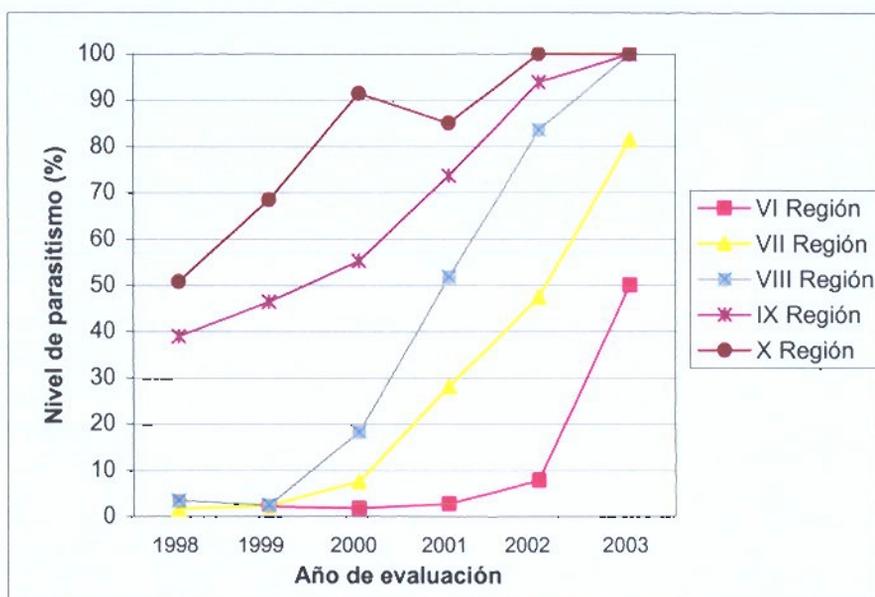


Figura 35: Gráfico de los niveles de parasitismo regional de *O. obscurator* sobre *R. buoliana*.

### CAPITULO III

#### *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), “AVISPA TALADRADORA DE LA MADERA”

##### ANTECEDENTES GENERALES

*Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), es una especie endémica de Eurasia y Norte de África, que se desarrolla en maderas de coníferas de los géneros *Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea* y *Abies*.

Según Rebuffo (1990), las especies del género *Pinus* descritas como hospederos del sirícido son *P. canariensis* Chr. Sm. ex DC; *P. echinata* Miller; *P. elliottii* Engelman; *P. halepensis* Miller; *P. palustris* Miller; *P. patula* Schiede ex Schlechtendahl & Chamisso; *P. pinaster* Aiton; *P. pinea* L.; *P. ponderosa* Dougl. Ex Laws; *P. radiata* y *P. taeda* L. En Chile sólo se ha detectado para *P. radiata*.

La agresividad y capacidad de vuelo de *S. noctilio* la han transformado en un importante agente de daño económico sobre plantaciones comerciales de coníferas, especialmente en aquellos sitios con presencia de árboles suprimidos o estresados, ya sea por condiciones de sitio o manejo, como suelos con deficiencias nutricionales, prácticas silviculturales inadecuadas o condiciones climáticas adversas (Valle, 1997). Sus hospedantes, en especial los árboles del género *Pinus*, son susceptibles a su ataque por encontrarse en condiciones de monocultivos extensivos.

Como todos los sirícidos, el insecto es descrito como primitivo, con hábitos típicamente solitarios, parasitando árboles debilitados. Esto hace que a bajas densidades sea en apariencia beneficioso, ya que ejerce un efecto de raleo natural (Rawlings y Wilson, 1949).

A pesar de ser considerada una plaga secundaria en su país de origen, *S. noctilio* constituye una seria amenaza para las plantaciones de *Pinus* sp., lo que ha sido ratificado en varios países donde fue introducida accidentalmente, como Nueva Zelanda, Australia, Uruguay, Argentina y Brasil (Iede *et al.*, 1992). En Europa, *S. noctilio* se encuentra presente en Alemania, Austria, Bélgica, España, Francia, Inglaterra, Grecia, Italia, Noruega, Portugal, Checoslovaquia, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Hungría, Polonia y Rumania. (Quintana *et al.*, s / f).

En su zona de origen se desarrolla normalmente en árboles dañados o muertos por factores bióticos y abióticos, tales como: fuego, viento, insectos, nevazones, operaciones mecánicas u otros. Sin embargo, en los países que ha sido introducido, su dinámica poblacional muestra aumentos repentinos, lo que provoca un riesgo para el recurso forestal, pudiendo incluso atacar árboles sanos.

En países como Nueva Zelanda los programas de control se iniciaron en 1920, obteniendo resultados sólo en 1974, cuando la plaga disminuyó su población a niveles bajo el umbral económico de daño. En Australia se desarrolló uno de los dos mayores programas de

control biológico que se conocen en el mundo, iniciando los trabajos luego que se detectara en Tasmania en 1952, destinando gran cantidad de recursos (Iede *et al.*, 1992).

En Chile, el SAG detectó por primera vez la presencia de la plaga en Enero del 2000, en bosquetes y cortinas cortaviento de *P. radiata* localizados en la comuna de San Esteban, Provincia de Los Andes, V Región (SAG, 2004).

En el 2001 fueron detectados ejemplares del sirícido en el sector El Taique, comuna de Puyehue, X Región (Forest Mundo Forestal, 2004). Consecutivamente el 18 de Abril del año 2002, se detectaron poblaciones en la localidad de Curarrehue, IX Región.

A fines del año 2004 se logró la erradicación de la avispa en la V Región, encontrándose actualmente sólo en focos de las regiones IX y X.

La plaga también se encuentra presente en Argentina, específicamente en zonas limítrofes con Chile como Bariloche, Neuquén y Río Negro, por lo que se están realizando importantes esfuerzos técnicos y económicos en materias de manejo y control, para disminuir su presión de ingreso al territorio nacional. Asimismo se destinan gran cantidad de recursos en medidas de detección y control de mercancías y productos provenientes de áreas que poseen la plaga y tienen un alto intercambio comercial con Chile como Europa, Asia, Australia y Nueva Zelanda.

## ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

El comportamiento de *S. noctilio* en Chile es univoltino, es decir presenta una generación al año, pudiendo variar de acuerdo a las condiciones climáticas y características del árbol atacado.

En condiciones ambientales muy favorables, como es el caso de Brasil, se han observado generaciones cortas (ciclo de verano), de aproximadamente 3 a 4 meses, desarrolladas en árboles de diámetro pequeño (menores a 12 cm) o en los ápices de árboles más vigorosos. En condiciones adversas el ciclo biológico se puede extender hasta dos años (Baldini e Iede, 1993), dependiendo del tamaño del árbol atacado, la temperatura y la luz recibida (Fernández y Corley, 2004).

Las principales características de los estados de desarrollo de este insecto holometábolo son:

**Huevo:** Es de forma alargada, color blanco, de superficie lisa y suave. Mide aproximadamente entre 1,35 a 1,56 mm de largo por 0,30 a 0,35 mm de ancho. El período de incubación varía desde 16 a 28 días, aumentando con temperaturas bajas. Los huevos son puestos en forma individual o de a dos bajo la corteza, usualmente dentro del segundo anillo anual del cambium (Cogollor, 1988).

En conjunto con los huevos, la avispa deposita esporas de un mucus fitotóxico, además de un hongo simbiótico, *Amylostereum areolatum* (Fries: Fries) Boidin (Russulales: Stereaceae), el cual comienza su desarrollo en la madera adyacente al lugar de postura,

reduciendo el contenido de humedad a niveles favorables para la eclosión del huevo y causando una pudrición blanca en la madera, lo que facilitaría la penetración de la larva (Coutts, 1965; Coutts y Dolezal, 1965; Parkin, 1942; Gilmour, 1965; King, 1966; citados por Neumann *et al.*, 1987). En condiciones desfavorables, los huevos pueden permanecer en dormancia varios meses (Neumann *et al.*, 1987).

**Larva:** Es de color blanco - crema, posee 3 pares de patas torácicas vestigiales, fuertemente pigmentadas, mandíbulas dentadas (Cogollor, 1988), con una longitud de hasta 30 mm y una espina supra - anal esclerosada de color marrón - oscuro a negro, localizada distalmente, que mantiene a través de todas sus etapas (Aguilar y Lanfranco, 1988; citados por Neumann *et al.*, 1987). Sus antenas tienen tres segmentos y entre el postcorno y el ano presentan cerdas similares al resto del cuerpo (Pérez y Hernández, 2001) (Figura 36).

La emergencia de las larvas se produce aproximadamente entre 14 y 28 días después de la postura, durante el verano e inicios de otoño. El número de estadios larvales varía entre 3 y 12, con una media de 7, dependiendo de las condiciones climáticas, especialmente de la temperatura (Cogollor, 1988).

Toda la vida larval ocurre en el interior del tronco, pudiendo incluso desarrollarse en los tocones de *P. radiata* que permanecen en el terreno, luego del volteo del árbol infestado por el sirícido (Neumann *et al.*, 1987). En los primeros estadios la larva penetra la madera en galerías transversales, luego al término de la tercera etapa la larva alcanza una longitud de 6 a 8 mm y ha avanzado entre 15 y 20 mm a través de la madera. En la cuarta etapa larval, la galería se orienta hacia el centro del árbol, mediante un sistema de galería serpenteante, que posteriormente en los últimos estadios larvales, cercano al estadio de prepupa, toma una forma longitudinal que se aproxima a la superficie del fuste, donde construye una cámara para pupar.

**Pupa:** Inicialmente es de color blanquizo y se va oscureciendo hasta alcanzar la coloración del adulto. Su tamaño promedio alcanza los 25 mm (Aguilar y Lanfranco, 1988; Neumann *et al.*, 1987), de tipo exarata, presenta un tegumento fino y transparente (COSAVE, 2000; citado por Delgado, 2002) (Figura 37).

La pupación ocurre en el interior de la madera, para lo cual la larva construye una cámara pupal muy cerca de la superficie del fuste a 50 mm aproximadamente. Es posible encontrar esta fase a partir de fines de primavera y durante todo el verano. Este estado de desarrollo tiene una duración entre 20 a 28 días y está precedido de un período pre - pupal, que comúnmente dura de 2 a 4 semanas, dependiendo de las condiciones ambientales (Cogollor, 1988).

**Adulto:** Posee forma de avispa, pero con la unión entre el tórax y el abdomen no pedicelado, más ancho de lo común, otorgándole una forma casi cilíndrica.

*S. noctilio* presenta un dimorfismo sexual acentuado. El macho es de color azul metálico (Figura 38), mide hasta 18 mm de longitud, tiene la cabeza de color negro, antenas filiformes, con 19 a 22 segmentos de color oscuro, alas de color ámbar y abdomen rojo amarillento (del tercer al sexto segmento), siendo los dos primeros y los dos últimos de

color azul metálico. Presenta una espina (cerco), en la parte distal del abdomen. Las patas son de color rojizo exceptuando las posteriores que son de color negro y más engrosadas (Pérez y Hernández, 2001).

La hembra es de mayor tamaño que el macho, midiendo hasta 36 mm. Posee un color azul metálico oscuro con patas rojizas y una vaina que protege al ovipositor, que se proyecta 2 a 3 mm desde el abdomen (Neumann *et al.*, 1987). Su cabeza es de color negro con antenas filiformes con más de 16 segmentos de color oscuro. Sus alas son de color ámbar y el abdomen es azul metálico (Pérez y Hernández, 2001). Presenta un cerco en el último segmento del abdomen, al igual que el macho (Figura 39). En la base del ovipositor existe un par de micangios, órganos que contienen al hongo basidiomycete simbiote obligado *A. aerolatum*. Además, cerca de estos órganos se encuentran un par de glándulas productoras del mucus fitotóxico (Aguilar y Lanfranco, 1988).

Los antecedentes reportados para Argentina y Uruguay indican que los adultos de *S. noctilio* emergen entre Enero y Mayo. No obstante pueden ocurrir variaciones debido a las condiciones climáticas. Incluso se ha detectado un segundo período de emergencia en los meses de otoño. En Brasil se observó que la mayoría de los adultos emergen entre Noviembre y Abril, aumentando en los meses de Noviembre y Diciembre. En Australia el aumento en la emergencia ocurre de Diciembre a Enero (COSAVE, 2000; Artigas, 1994; citados por Pérez *et al.*, 2001).

Luego de la emergencia, el insecto sale del fuste a través de agujeros circulares de entre 2,5 a 7,6 mm de diámetro realizados en la corteza. Se ha observado que existe un período de descanso de 15 min para las hembras y 30 min para los machos luego de completar su ciclo biológico (Morgan y Stewart, 1966).

Los machos emergen aproximadamente una semana antes que las hembras (protandria), para luego volar formando enjambres alrededor de las copas de los árboles más altos. Las hembras al emerger se incorporan a los enjambres y se aparean en las partes altas del follaje (Pérez y Hernández, 2001). Los machos normalmente realizan vuelos cortos, mientras que las hembras vuelan distancias superiores a los 100 m, pudiendo llegar a 30 km al año, según estudios realizados en Victoria, Australia (Iede *et al.*, 1992).

El sexo de la progenie es determinado por la fertilización de los huevos. El insecto tiene la capacidad de generar sólo machos de los huevos no fecundados (partenogénesis), y ambos sexos de los huevos fecundados. El número de huevos que es capaz de poner la hembra de *S. noctilio*, varía con el tamaño y longevidad del insecto, fluctuando entre 50 y 500 huevos por hembra (Aguilar y Lanfranco, 1988; citados por Delgado, 2002).

Los insectos no se alimentan en la fase adulta, dependiendo exclusivamente de las reservas que guardan en el cuerpo, viviendo sólo entre 10 y 12 días. Sin embargo, existen estudios que determinaron que en promedio el adulto hembra alcanza a vivir 5 días, mientras que los machos vivirían 12 días (Neumann *et al.*, 1987).

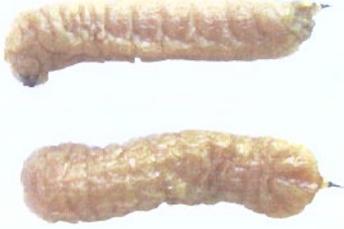


Figura 36: Estado larval de *S. noctilio* (G. Cogollor).



Figura 37: Pupa de *S. noctilio* (A. Torres).



Figura 38: Macho adulto de *S. noctilio* (G. Cogollor).



Figura 39: Hembra adulta de *S. noctilio* (G. Cogollor).

## DINAMICA DE ATAQUE

Los árboles debilitados por condiciones de sequía, daño por viento, incendios, deficiencia nutricional, daño por insectos u hongos, competencia, alta densidad poblacional (Figura 40), daño mecánico producido por faenas mal ejecutadas, entre otros, son por lo general los más susceptibles al ataque de la avispa taladradora de la madera. Sin embargo, independiente del manejo y daño presente en los rodales, se ha observado que la

susceptibilidad es mayor entre los 10 y 15 años de edad (Neumann *et al.*, 1987; Aguilar y Lanfranco, 1988; Haugen *et al.*, 1990; Baldini e Iede, 1993; citados por Pérez y Hernández, 2001), o con un diámetro a la altura del pecho (DAP) inferior a los 10 cm (Cogollor, 1988).



Figura 40: Rodal de 14 años con una densidad de 2.500 árboles / ha atacado por *S. noctilio* (A. Baldini).

Para Neumann *et al.*, (1987) los árboles más susceptibles, entran en una “fase de predisposición”, la que lleva consigo los siguientes efectos biológicos en el individuo:

- Baja tasa de división celular en el cambium, asociado a altas tasas de transpiración y respiración.
- Alto potencial hídrico (debido al estrés hídrico) en el sistema vascular, asociado a un bajo turgor y una baja presión de resina de la madera.
- Baja presión osmótica en el floema.
- Alta permeabilidad de la corteza, con una alta tasa de emisión de sustancias volátiles atractivas para el insecto, como hidrocarburos monoterpénicos.

Se ha determinado que el 95% de los compuestos volátiles no acuosos, que emanan de las trozas de pinos recién cortadas, se componen de 11 hidrocarburos monoterpénicos y el 5% restante de cetonas y alcohol transpirocarveol. De este amplio rango de compuestos, los valores de cetona, el alcohol y algunos monoterpénos despertaron mayores respuestas en las antenas de las hembras de *S. noctilio* produciendo sustancias capaces de estimular el sistema nervioso del insecto. También se ha demostrado que la hembra del sirícido tiende a evitar la madera con mayor contenido de humedad, lo que fue probado en forma experimental al ofrecer simultáneamente trozas con contenido de humedad del 100% y 200% a avispas enjauladas, observándose que éstas se mostraron reacias a atacar la troza más húmeda y oviponían repetidamente en la troza de menor contenido de humedad (Quintana *et al.*, s / f).

La hembra detecta estos árboles en “fase de predisposición” activando su sistema nervioso. La avispa ataca al individuo insertando su ovipositor a una profundidad cercana a los 12 mm a nivel del cambium, depositando en un comienzo mucus fitotóxico. Éste se transporta rápidamente a las acículas, produciendo una destrucción de la clorofila. Asimismo, deposita un huevo y esporas del hongo simbiote *A. aerolatum*, el cual se encuentra almacenado en un par de glándulas micangiales localizadas en la base del ovipositor. Éste comienza su desarrollo en la madera, adyacente al lugar de postura, favorecido por la pérdida de

humedad en la madera. Las larvas son de hábitos alimentarios del tipo micoófago, por lo cual se alimentan de las hifas del hongo (Cogollor, 1988). No obstante, estas barrenan la madera, no ingiriendo celulosa. Aparentemente la larva extrae los nutrientes del micelio del hongo, disolviéndolos con su saliva. La secreción salivar y los nutrientes son ingeridos y los fragmentos de la madera regurgitados (Pérez y Hernández, 2001), por lo que las galerías al interior del fuste presentan una gran cantidad de aserrín compacto.

En cada lugar de oviposición los insectos pueden perforar hasta cuatro cámaras, con un promedio de 2,2 huevos en cada una. De estas perforaciones aparecen gotas de resina que escurren hacia el exterior, quedando el tronco con manchas de aspecto blanquizco.

Si bien aisladamente, ni el hongo, ni el mucus fitotóxico causan la muerte del árbol, la combinación de ellos es letal. En algunos casos la hembra inyecta sólo la mezcla del hongo, *A. aerolatum* con el mucus fitotóxico, con el propósito de debilitar el árbol para futuras oviposturas (Pérez y Hernández, 2001).

## DAÑOS

*S. noctilio* es esencialmente una plaga secundaria oportunista, por lo que la prevención a través del manejo silvicultural es esencial. Por ello, se debe mantener una constante vigilancia y aplicación de tratamientos silviculturales tendientes a vigorizar las plantaciones.

Sin embargo, cuando la población de la plaga aumenta, el insecto ataca a árboles más vigorosos. El daño es producto del desarrollo de las larvas al interior del tronco, por la construcción de galerías en sentido transversal y posteriormente en sentido longitudinal (Pérez y Hernández, 2001), para finalmente emerger en estado adulto a través de orificios de salida. La barrenación reduce considerablemente el valor de la madera, incluso inutilizándola completamente. Además la degradación por parte de *A. aerolatum*, crea condiciones para la entrada de otros agentes patógenos que dañan la madera como hongos de los géneros *Ceratocystis* y *Botryodiplodia*.

Los síntomas de ataque, comienzan a aparecer conforme las poblaciones del insecto aumentan, aconteciendo esto fundamentalmente en los meses de Noviembre y Diciembre, siendo más visibles a partir de Mayo. Los síntomas externos corresponden a una progresiva clorosis de la copa que va adquiriendo un tono marrón; marchitez inicial de las acículas más viejas y luego de las jóvenes, con una posterior caída del follaje; gotas de resina debido a las perforaciones realizadas por la hembra durante la oviposición, la que fluye sobre el fuste adquiriendo una coloración blanquecina; además de la desecación con desprendimiento de la corteza del árbol atacado.

También se producen síntomas internos, tales como: manchas de un tono marrón a lo largo del cambium, característica de la oviposición de la hembra, con uno o más orificios en el centro; galerías hechas por las larvas con aserrín compacto en su interior; galerías vacías cerca de la corteza; madera seca sin resina y orificios de emergencia de los adultos (Figuras 41 y 42).

En los países donde la avispa se ha establecido, ha ocasionado significativas pérdidas económicas. En Nueva Zelanda las pérdidas fueron estimadas en más del 30% de los árboles en crecimiento en una superficie de 120.000 ha (Rawlings y Wilson, 1949) y en Tasmania se registró hasta 40% de mortalidad en plantaciones de *P. radiata* (Taylor, 1981). Las pérdidas registradas en Australia entre los años 1987 - 1989 fueron superiores a los 10 millones de dólares, como consecuencia de un severo rebrote de la plaga (Quintana *et al.*, s / f).

En países del cono sur como Uruguay, el año 1985 se registraron mortalidades de un 60% en plantaciones de *P. taeda* y *P. elliotii* (Pérez y Hernández, 2001). En Brasil se evaluaron los daños donde *S. noctilio* se detectó por primera vez en un área de 176 ha, con un nivel de mortalidad de 9,8% en Febrero de 1988; 30% en Agosto de 1988 y 60% en Agosto de 1989, siendo necesario el corte a tala rasa de la plantación al año siguiente (Iede *et al.*, 1992). En este país existen cerca de 200.000 ha de pinos atacadas por la avispa de la madera, la mayoría con bajos índices de mortalidad, estimándose las pérdidas en 3 millones de dólares durante el año 1995 (Quintana *et al.*, s / f).

En Chile el nivel de ataque es bajo, en parte debido a la estrategia de erradicación implementada para mantener estables los niveles poblacionales de la plaga. Esta considera la eliminación de aproximadamente 20 árboles atacados o sospechosos de estarlo por rodal



Figura 41: Orificios de emergencia en árbol muerto por ataque de *S. noctilio* (A. Baldini).

de detección (Figura 43). Al año 2004 se han detectado menos de 200 focos, comprometiendo una superficie de aproximadamente 450 ha. Estos en su gran mayoría han sido controlados mecánicamente en forma inmediata, mediante corta y destrucción de la madera (Figura 44).

La susceptibilidad de las plantaciones de *P. radiata* en Chile, alcanza a un 52% de la superficie total del recurso, considerando esta cifra como plantaciones que están dentro del rango de edad de ataque. De ese monto, un 42% se encuentra en la categoría de alta susceptibilidad debido a la sequía que se produce en el periodo estival. Las regiones VII y VIII son las que presentan mayor riesgo, con más de 500.000 ha en este rango de edad, de las cuales 291.365 ha se pueden clasificar de alta vulnerabilidad.



Figura 42: Troza de *P. taeda* con orificios de emergencia de *S. noctilio* (A. Baldini).



Figura 43: Raleo sanitario ejecutado por el SAG en esquema de erradicación de la plaga (A. Baldini).



Figura 44: Quema de árboles producto del raleo sanitario en el esquema de erradicación (A. Baldini).

## CONTROL

El monitoreo de esta plaga se realiza mediante parcelas cebo, las que consisten en inyectar un herbicida a un grupo de 5 árboles de *P. radiata*, buscando su debilitamiento y estrés, de manera que sean atractivos para la oviposición de la avispa, concentrándose el ataque en ellos. Posteriormente estos árboles son cortados y analizados, para verificar la presencia del himenóptero.

La técnica se complementa con la instalación de una red de trampas de embudos, trampas funnel (atravesantes) y prospecciones visuales, destinadas todas ellas a la detección precoz de la avispa barrenadora (SAG, 2004).

Para un adecuado y eficiente control de *S. noctilio*, se deben integrar medidas con bases en la silvicultura y el manejo forestal, a modo de mejorar el vigor de las plantaciones, complementando esto con el uso de controladores biológicos. De esta forma es posible disminuir la población de *S. noctilio* bajo el umbral de daño económico, tolerable desde el punto de vista económico, social y ambiental.

El plan de erradicación de la plaga en Chile contempla una estricta vigilancia fitosanitaria y un activo fomento al manejo de las plantaciones de *P. radiata*, disminuyendo la susceptibilidad de éstas a la plaga. Paralelamente, y considerando que los brotes detectados en las regiones IX y X tienen su origen en las poblaciones de *S. noctilio* de las zonas colindantes con Argentina, el año 2002 se inició un proyecto de control biológico en estas zonas, cuyo objetivo es disminuir la presión de ingreso de la plaga, en el marco de un Plan de Acción Binacional suscrito entre el SAG y el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de Argentina (SENASA), financiado a través del Fondo SAG para el Mejoramiento del Patrimonio Fitosanitario. Dicho proyecto sigue vigente al año 2004, y durante su ejecución se ha introducido el nemátodo *Beddingia siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae) en las Provincias de Río Negro y Neuquén, Argentina, contemplándose además la introducción de dos insectos parasitoides, *Megarhyssa nortoni nortoni* (Cresson) y *Rhyssa persuasoria persuasoria* (Linnaeus) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (M. Beèche, com. pers.). Junto a *Ibalia leucospoides* Hochenwarth (Hymenoptera: Ibalidae), biocontrolador presente en el país asociado a *Urocetus gigas* Linnaeus (Hymenoptera: Siricidae).

### *Control Silvicultural*

Cumming *et al.*, (1952); Morgan, (1968); citados por Iede *et al.*, 1992 sugieren que en el control de *S. noctilio* es clave la utilización de medidas silviculturales adecuadas, en armonía con factores climáticos, edáficos y bióticos.

Para Taylor (1981), el ataque de la plaga se minimiza, localizando las plantaciones en sitios de buena calidad y con un manejo adecuado, a objeto de mantener el vigor de las plantas, reduciendo de esta forma el índice de mortalidad en los estados iniciales de ataque.

La prevención al ataque de la avispa a través de la utilización de prácticas silviculturales ha sido ampliamente recomendada (Madden, 1975; Neumann, 1979; Taylor, 1981; citados por Neumann *et al.*, 1987). Estas prácticas deben incluir medidas de monitoreo y prospección en las plantaciones.

Neumann *et al.*, (1987) recomiendan las siguientes medidas de prevención y control:

- Realizar raleos a fin de reducir la competencia entre árboles y permitir la remoción de árboles dominados, bifurcados, deformados o dañados. Esta actividad se debe evitar cuando el adulto de *S. noctilio* esté pronto a emerger o se encuentre activo, especialmente en los meses de verano.
- Evitar el establecimiento de plantaciones en terrenos de baja fertilidad, o en los que se dificulte la realización de prácticas silviculturales.
- Realización de podas en épocas adecuadas, para aumentar el vigor y la resistencia de los árboles, esta actividad al igual que el raleo, se debe evitar en los meses de verano.
- Minimizar las lesiones de los árboles durante la realización de prácticas silviculturales.

Una técnica que se utiliza para controlar al sirícido es denominada “parcela cebo”, que consiste en estresar árboles con el objeto de hacerlos atractivos a la ovipostura de la avispa.

La metodología recomendada para la instalación de la “parcela cebo” considera los siguientes aspectos:

- Definir la localización y el número de parcelas que serán instaladas. Cada parcela se constituye por 5 árboles cercanos, preferentemente con un diámetro inferior al diámetro medio del rodal.
- Se debe instalar una parcela cebo cada 15 ha.
- Eliminar árboles muertos dentro de la “parcela cebo”.
- Marcar con un número el grupo de árboles seleccionados como "trampa" preferentemente aquellos que deberán ser extraídos en el raleo. También se deben identificar de la misma forma cada una de las parcelas.
- Retirar las ramas de la parte inferior del árbol para facilitar la operación.
- Los árboles deben ser estresados mediante un corte con machete en la base del fuste, en un ángulo de 45° (anillamiento). En árboles de DAP inferior a 30 cm, se debe aplicar con una jeringa común 2 mL del herbicida Dicamba (Banvel 480), cada 10 cm de circunferencia. En árboles de DAP superior a 30 cm, se deben aplicar 2 mL cada 8 cm de circunferencia. Es necesario registrar: la fecha, el lugar de instalación, el DAP de los árboles tratados, etc.
- La instalación de las parcelas cebo se debe realizar en el mes de Noviembre, cortándose los 5 árboles que la constituyen en Septiembre del año siguiente.
- El proceso de instalación de “árboles cebo” debe repetirse anualmente, debido a que los árboles pierden su atracción a la avispa para el ciclo siguiente.

### *Control Biológico*

El control biológico de *S. noctilio* con himenópteros se inició en Nueva Zelanda en 1927, luego de colectas realizadas en Europa (Chrystal, 1930; citado por Hanson, 1939).

Entre las especies colectadas e introducidas en los países donde la avispa barrenadora de la madera se estableció, destacan por su alto nivel de parasitismo: *I. leucospoides leucospoides*, *M. nortoni nortoni* y *R. persuasoria persuasoria*.

Otro de los parásitos de *Sirex* descritos en Nueva Zelanda es *Guiglia schauinslandi* (Ashmead) (Hymenoptera: Orussidae), aunque por lo general los hospederos de este parásito son las larvas del gorgojo *Psepholax* sp. y el escarabajo *Stenopotes pallidus* Pascoe (Coleoptera: Cerambycidae). Además, se ha identificado a *Rhyssa lineolata* (Kirby) (Hymenoptera: Ichneumonidae), insecto nativo de Norte América, descubierto en Nueva Zelanda en 1955, el cual probablemente entró al país accidentalmente en madera infestada por alguna avispa taladradora (Nuttall, 1980).

A su vez el nemátodo *B. siricidicola* ha mostrado ser el agente de control más eficiente del sirícido, pudiendo ser encontrado en la naturaleza dentro de huevos, larvas, pupas y adultos de la plaga o en la madera que contenga el hongo *A. areolatum*.

La dinámica de parasitación de los principales biocontroladores de la plaga y el estado de desarrollo en que parasitan a la plaga se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Biocontroladores de *S. noctilio*, según estado de desarrollo.

| Biocontrolador                      | Estado de desarrollo de <i>S. noctilio</i> en que es parasitada | Parasitoide                 |
|-------------------------------------|---|-----------------------------|
| <i>B. siricidicola</i>              | Huevo   | Endoparásito                |
| <i>I. leucospoides leucospoides</i> | Huevo / Larva (L1 - L2)   | Endoparásito / Ectoparásito |
| <i>R. persuasoria persuasoria</i>   | Larva (L6 - L7)*  | Ectoparásito                |
| <i>M. nortoni nortoni</i>           | Larva (L6 - L7)*  | Ectoparásito                |

\* Asumiendo que el estado larval de *S. noctilio* consta de siete estadios de desarrollo.

A continuación se describirán los principales parasitoides que forman parte del complejo de control de *S. noctilio*.

### ***Ibalia leucospoides leucospoides* Hochenwarth (Hymenoptera: Ibalidae)**

Se han descrito dos sub especies para este biocontrolador, *Ibalia leucospoides leucospoides* Hochenwarth e *Ibalia leucospoides ensiger* Hochenwarth (Hymenoptera: Ibalidae). La primera sub especie es nativa de Europa, mientras que la segunda es endémica de Norteamérica. A continuación se entrega una descripción morfológica de cada una:

*I. leucospoides leucospoides* posee un abdomen café oscuro y la cabeza, el tórax, las patas y las antenas son de color negro. El largo de su cuerpo varía entre los 5 y los 16 mm aproximadamente. La envergadura alar fluctúa entre los 8 y los 23 mm. La característica más notoria en ambos sexos es su abdomen, el cual es tan plano en los costados que visto desde arriba se asemeja al borde afilado de un cuchillo. Sin embargo, el abdomen del macho visto desde el costado es menos angulado que el de la hembra. Además, el macho posee una pequeña muesca hacia el lado externo de cada antena, en el lugar donde se une a la cabeza (Nuttall, 1980).

*I. leucospoides ensiger*, posee la misma forma y tamaño que *I. leucospoides leucospoides*, pero su abdomen es café claro. Las hembras poseen una marca oscura hacia la punta de la parte trasera del abdomen. La progenie producto de la hibridación con *I. leucospoides leucospoides* por lo general carecen de dichas diferencia de colores (Nuttal, 1980).

Las larvas de *Ibalia* spp. son blancas y lisas, sin patas ni cola y con una mandíbula pequeña y horizontal.

*I. leucospoides*, es un biocontrolador presente en el país, asociado a *U. gigas*. Este parasitoide ha sido reproducido en laboratorio por diversas instituciones del país, con el objetivo de aumentar el control de este sirícido. El biocontrolador se ha detectado parasitando huevos y larvas del primer y segundo estadio de ambas avispa.

El parasitoide es predominantemente univoltino, sin embargo, algunos individuos emergen dos y hasta tres años después de la oviposición. Su ciclo está sincronizado con el de la plaga, encontrándose en su época de vuelo desde mediados de verano a mediados de otoño (Neumann *et al.*, 1987).

*I. leucospoides* presenta cuatro períodos larvales; los dos primeros y parte del tercero se desarrollan de manera endoparásita, completando lo que resta del tercero como ectoparásito (Fernández y Corley, 2003). Durante el cuarto estadio permanece en alguna de las galerías realizadas por la avispa taladradora, sin alimentarse. Una vez finalizada la fase larval comienza la fase de pupa cerca de la corteza del árbol atacado. Este último tiene una duración de aproximadamente 2 meses. Una vez completada la fase pupal, el parasitoide realiza un orificio en la corteza del árbol de 0,5 a 3 mm de diámetro para su emergencia en estado adulto (Figura 45).

La fase adulta del insecto dura aproximadamente entre 10 a 15 días, período en el cual se alimenta de néctar y exudados vegetales (Fernández y Corley, 2003), pudiendo también alimentarse de excreciones de áfidos. Sin embargo, se ha observado que el alimento no presenta influencia significativa en su longevidad y fecundidad (Quintana *et al.*, 2004).

La localización de *S. noctilio* por el parasitoide es un proceso clave para reducir las poblaciones de la plaga. Se sabe que las hembras de *I. leucospoides* se sienten atraídas por la presencia de *A. aerolatum* en los agujeros de oviposición realizados por la plaga (Pérez y Hernández, 2001). Una vez escogido el árbol, el patrón de búsqueda consiste en el examen sistemático de la corteza y de todos los recovecos del árbol con sus antenas. Cuando la hembra del parasitoide



Figura 45: Hembra de *I. leucospoides* (G. Cogollor).

encuentra un agujero de oviposición de la plaga, inserta ambas antenas en él y lo inspecciona. Luego, baja el abdomen y con la punta de este comienza a inspeccionar las inmediaciones del agujero hasta que finalmente inserta su ovipositor, parasitando todos los hospederos que se encuentran dentro del orificio. La elección de un árbol altamente atacado, redundante en una buena eficiencia de parasitismo, es decir, el parasitoide es capaz de localizar todas las larvas y huevos de *S. noctilio*, ocultos dentro de la madera (Fernández y Corley, 2003).

Las hembras de *I. leucospoides* perforan el huevo o larva de *S. noctilio*, depositando un sólo huevo, el cual es incubado durante un período que varía de 6 meses a 1 año (Neumann *et al.*, 1987).

Los machos del parasitoide generalmente emergen antes que las hembras. Este desfase permite que los machos esperen cerca de los árboles la aparición de las hembras para la cópula. El macho mueve sus antenas en las grietas o hendiduras de la corteza donde es posible detectar la presencia de una hembra que está por emerger. La cópula es precedida por un cortejo elaborado, aunque por tratarse de avispa, el apareamiento no es fundamental para la reproducción, esto porque las hembras sin fecundar son capaces de colocar huevos que darán origen a machos (Fernández y Corley, 2003).

De acuerdo a Fernández y Corley (2003), en plantaciones del norte de la Patagonia Argentina, se han observado niveles de parasitismo de un 40%. Según el autor, la diferencia observable entre el parasitismo a esta escala y aquel al interior de los pinos, se asocia a los mecanismos involucrados en localizar árboles con ataque de la plaga.

La eficiencia de *I. leucospoides*, está dada fundamentalmente por la capacidad de acompañar la dispersión del hospedero y la tasa de reproducción que presente, dependiendo de la zona geográfica (Quintana *et al.*, 2001; citados por Delgado, 2002).

### ***Megarhyssa nortoni nortoni* (Cresson) y *Rhyssa persuasoria persuasoria* (Linnaeus) (Hymenoptera: Ichneumonidae)**

Los ichneumonídeos *M. nortoni nortoni* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *R. persuasoria persuasoria* (Linnaeus) (Hymenoptera: Ichneumonidae) presentan un largo ovipositor, pudiendo parasitar larvas de *S. noctilio* en estadios más avanzados de desarrollo (Baldini e Iede, 1993). Nuttall, (1980); Penteadó e Iede; (1992); citados por Delgado (2002), indican que tanto pupas como adultos pueden ser atacados poco antes de la emergencia.

A continuación se describen morfológicamente ambas especies (Nuttall, 1980):

*R. persuasoria persuasoria* tiene cuerpo negro con puntos blancos en la cabeza, tórax y abdomen, los que varían en tamaño y número según el ejemplar. Las patas son de un color café rojizo, y las antenas son completamente negras. El cuerpo de las avispas varía entre los 9 mm para los machos más pequeños y los 35 mm para las hembras de mayor tamaño. El ovipositor es ligeramente más larga que el cuerpo de la hembra y cuando no está en su uso

se proyecta hacia fuera por la parte posterior entre dos vainas protectoras. El macho posee un abdomen alargado ligeramente hinchado hacia la parte posterior.

*M. nortoni nortoni* es café, negra y amarilla, y tiene una corrida de puntos ovalados de color amarillo a cada lado del abdomen, las patas son por lo general amarillas o café claro, y las antenas son en su totalidad negras. La longitud de su cuerpo varía entre los 15 a los 45 mm. Su ovipositor es aproximadamente el doble del tamaño de su cuerpo. El abdomen del macho es normalmente largo y estrecho, pero en los especímenes más pequeños se aprecia un pequeño hinchamiento de este.

Las larvas de *Rhyssa* y *Megarhyssa* son de un color blanco o blanco amarillento, un poco ahusadas hacia cada extremo, sin patas ni cola, y una estructura color café con forma de V bajo la boca.

Los parasitoides insertan su ovipositor aleatoriamente en la madera hasta encontrar una larva de *S. noctilio*, inyectándoles un veneno paralizante. La oviposición ocurre sobre la larva de la avispa taladradora pudiendo eclosionar dos días después. Inicialmente, la larva del parasitoide se alimenta externamente del hospedero (ectoparásito). Una vez completado su ciclo larval (2 a 5 semanas), el parasitoide pupa en las galerías construidas por la avispa (cerca del 20% de la población), o bien, entra en diapausa larval (cerca del 80% de la población), pudiendo en este caso extender el ciclo hasta dos años (Quintana *et al.*, 2001). Aquellas larvas que no entran en diapausa, pupan directamente para emerger a inicios del verano (Iede *et al.*, 2000; citados por Pérez y Hernández, 2001). Estos adultos se alimentan de excreciones de pulgones y néctar. Sin alimento pueden vivir hasta 9 días, sin embargo con alimento disponible, aumenta significativamente su longevidad (hasta dos meses) y fecundidad (Quintana *et al.*, 2001).

*M. nortoni nortoni* posee un ovipositor más largo que *R. persuasoria*, por lo que no existe competencia por la misma larva hospedante (Penteado e Iede, 2001; citados por Delgado, 2002).

El complejo de los parasitoides *I. leucospoides* y *R. nortoni nortoni* pueden llegar a eliminar hasta un 70% de la población de *S. noctilio* en determinadas localidades (Nuttall, 1980, citado por Iede *et al.*, 1992). Sin embargo, por lo general controlan sólo hasta un 40% de la población, porcentaje considerado insuficiente para prevenir los brotes poblacionales de la plaga.

La CPF S.A. informó que *M. nortoni nortoni*, se introdujo a Chile, mediante un proyecto financiado por el fondo SAG – CPF S.A., con el objetivo de implementar un plan de control biológico en las provincias de Neuquén y Río Negro, Argentina.

Para la introducción de este biocontrolador se viajó a Nueva Zelanda en el mes de Abril del 2004. Además, se contactaron especialistas de Australia, Brasil y Nueva Zelanda para conocer experiencias acerca del protocolo de producción de *M. nortoni nortoni*.

En Nueva Zelanda, se examinaron árboles con ataque de *S. noctilio*, los que se trozaban para verificar la existencia de las larvas del sirícido parasitadas por el ichneumónido.

Las larvas de *S. noctilio* parasitadas fueron trasladadas a Chile al interior de las trozas, ya que esto disminuye la mortalidad de los individuos. Éstas fueron cuidadosamente limpiadas de manera de evitar internar cualquier agente no deseado al país. Posteriormente fueron envueltas con tres tipos de materiales; un primer envoltorio de plástico de embalaje resistente, luego con una malla metálica y por último una malla plástica de tejido trenzado.

Se realizaron paquetes con las trozas colectadas, de un tamaño que permitiera un fácil traslado por dos personas, lo anterior con el objetivo que los envoltorios fueran abiertos únicamente al interior de la sala de cuarentena del SAG en lo Aguirre.

Una vez recibidas las trozas en la sala de cuarentena se crió el material internado, para obtener luego de aproximadamente un año los primeros adultos del parasitoide. Los adultos emergidos en cuarentena se liberaron en la Provincia de Neuquén y Río Negro, en sectores de alto ataque de la plaga.

Para determinar su establecimiento y porcentaje de parasitismo, las trozas de pino atacadas se colocaron en jaulas, evaluándose el número de insectos plaga y parasitoides emergidos. En la cuarentena de post entrada han emergido adultos de *M. nortoni nortoni* y se han visto oviponer en trozas atacadas por *S. noctilio*, lo que es un buen precedente, para el control de la avispa. Además, como medida complementaria, se pretende realizar una nueva introducción de *M. nortoni nortoni* desde la zona norte de Nueva Zelanda, ampliando el pool genético presente en Chile.

### ***Beddingia* (*Deladenus*) *siricidicola* (Nematoda: Neotylenchidae)**

El nemátodo *Beddingia siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae) fue descubierto en Nueva Zelanda en 1962, siendo más tarde encontrado en Europa, de donde se cree es originario. Cabe señalar que *B. siricidicola* no causa ningún daño a la madera, ni a los parasitoides de *S. noctilio*. En Australia, el parasitoide se encontró ampliamente distribuido en los lugares que la plaga estaba presente, mostrando una alta eficiencia en su control.

Según Bedding (1972), el nemátodo presenta dos ciclos de vida: una forma libre, micetófago, en la cuál se alimenta de *A. aerolatum* y un ciclo de vida parasítico, que transcurre dentro de larvas, pupas y adultos del himenóptero. Ambos tipos de ciclos de vida son independientes entre sí y pueden continuar indefinidamente por separado (Figura 46). El ciclo micetófago se extiende por algunas semanas, mientras que el ciclo parasítico puede durar aproximadamente un año, debido a su sincronía con el ciclo de *S. noctilio* (Neumann, 1987).

Al emerger del fuste un ejemplar macho adulto de la avispa puede contener miles de nemátodos en sus testículos. Sin embargo, la capacidad reproductiva del macho no es perjudicada, ya que los espermios pasan a las vesículas seminales antes de que los testículos sean invadidos por el nemátodo. *B. siricidicola* no puede pasar a través de los finos conductos seminales, por lo que no es transferido a la hembra de *S. noctilio* durante la cópula (Nuttall, 1980).

Para el caso de las hembras, el parasitismo en la pupa trae como consecuencia una reducción del tamaño del ovario, atrofiándose su sistema reproductor, provocando la esterilidad de la hembra adulta. Luego de la oviposición, los nemátodos salen de los huevos, reintrociéndolos al sistema, alimentándose en un comienzo del hongo dejado por la hembra de la avispa (Nuttall, 1980).

Los estados juveniles del nemátodo tardan aproximadamente 14 días en convertirse en adultos, y entrar al período de apareamiento. Las hembras pueden vivir durante varias semanas y producir más de 1000 huevos cada una. El tiempo que demoran en incubar los huevos varía generalmente entre 4 a 5 días.

El nemátodo se extiende por todas las zonas del árbol que posean la presencia del hongo. El ciclo puede repetirse en tanto exista la presencia de *A. aerolatum* en la madera (Nuttall, 1980), o hasta que localice una larva de *S. noctilio*, cambiando a su forma de vida parasítica.

El uso del nemátodo tiene una serie de ventajas sobre otros parasitoides de la avispa, ya que al presentar un ciclo de vida libre, puede ser criado y multiplicado en condiciones de laboratorio, utilizando cultivos corrientes con el hongo *A. aerolatum*.

## **PRODUCCION DE INOCULOS DEL BIOCONTROLADOR *Beddingia siricidicola***

La elaboración de inóculos en Chile es realizada en los laboratorios de la CPF S.A., que cuentan con la debida autorización del SAG, y acreditación en Argentina, por el SENASA. La cooperación entre estas instituciones nace el año 2001, con el envío de 170 dosis, que el año 2004 se incrementaron a 500. En la actualidad toda la producción es utilizada en plantaciones ubicadas en Argentina.

La producción del nemátodo se realiza en su forma de vida libre o micetófago, utilizando el hongo *A. areolatum* como base de su alimentación. El sustrato utilizado para la multiplicación del hongo es trigo, el cual se deposita en matraces de vidrio (Figura 47). Para la preparación de la dosis de inoculación, se recuperan los nemátodos a través de un lavado con agua. Cada dosis de aproximadamente 20 cc puede contener hasta 1.000.000 de nemátodos.

Las dosis en agua pueden durar hasta siete días a temperaturas de 8 a 10°C, siendo lo ideal utilizarlas al quinto día, con el objeto de no afectar su sobrevivencia. El transporte de los nemátodos debe ser llevado a cabo cuidadosamente, ya que altas temperaturas provocan

altas mortalidades. Como medio de transporte se utiliza una preparación de gelatina neutra, que además servirá de soporte de los nemátodos en la madera.

El proceso de inoculación se lleva a cabo golpeando el fuste con un martillo neozelandés (Figura 48), generando un pequeño orificio. Dentro de este se coloca la gelatina que contiene a los nemátodos, los que se dispersan a través de los canales resiníferos del árbol. Una vez preparado el inóculo, se debe utilizar en su totalidad durante el día, de lo contrario se debe eliminar. La temperatura de trabajo debe encontrarse entre los 7 y 24°C.

#### Inoculación de *B. siricidicola*

La inoculación del nemátodo considera los siguientes pasos:

- 1) Búsqueda de un árbol con sintomatología de presencia de larvas de *S. noctilio*, cuyos troncos no presenten orificios de emergencia. Más eficiente resulta la preparación de 5 árboles cebos, a objeto de concentrar la ovipostura de la avispa e inocular el conjunto de árboles.
- 2) Volteo de los árboles hacia sectores con sombra durante todo el día, dejando un tocón de no más de 20 cm.
- 3) Ejecución de los orificios de inoculación con el martillo neozelandés. La distancia entre cada orificio debe ser de 30 cm para los fustes de hasta 20 cm de diámetro y para los superiores a este diámetro, se realizan dos orificios en 45°, con respecto a los ejes del árbol.
- 4) Aplicación del inóculo en el orificio realizado en el tronco, evitando bolsas de aire.



Figura 47: Matraces con trigo para la multiplicación de *A. aerolatum* (A. Sartori).



Figura 48: Martillo neozelandés para realizar el orificio de inoculación (A. Baldini).

Tabla 7: Evaluación de inoculación de *B. siricidicola* en la Provincia de Río Negro, Argentina, Temporada 2003 - 2004 (CPF S.A.).

|            |         |                 | <i>Adultos de S. noctilio</i> |                 |                  |                 |
|------------|---------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Localidad  | Especie | Inoculo         | Hembras                       |                 | Total            |                 |
|            |         |                 | Individuos                    | Parasitismo (%) | Total Individuos | Parasitismo (%) |
| Pilcaniyeu | P       | INTA            | 3                             | 0,0             | 14               | 42,9            |
| Pilcaniyeu | P       | SAG             | 12                            | 83,3            | 26               | 84,6            |
| Pilcaniyeu | P       | SAG             | 4                             | 75,0            | 6                | 50,0            |
|            |         |                 |                               |                 |                  |                 |
| El Bolsón  | C       | SAG             | 44                            | 0,0             | 77               | 0,0             |
| El Bolsón  | C       | SAG             | 14                            | 14,3            | 37               | 5,4             |
|            |         | <b>SubTotal</b> | <b>58</b>                     | <b>3,4</b>      | <b>114</b>       | <b>1,8</b>      |
|            |         |                 |                               |                 |                  |                 |
| Bariloche  | C       | INTA            | 51                            | 21,6            | 182              | 18,1            |
| Bariloche  | C       | INTA            | 52                            | 1,9             | 91               | 1,1             |
| Bariloche  | C       | INTA            | 64                            | 18,8            | 189              | 9,0             |
|            |         | SubTotal        | 167                           | 14,4            | 462              | 11,0            |
|            |         |                 |                               |                 |                  |                 |
| Bariloche  | P       | SAG             | 44                            | 100             | 206              | 99,0            |
|            |         |                 |                               |                 |                  |                 |
|            |         | <b>Total</b>    | <b>269</b>                    | <b>26,0</b>     | <b>782</b>       | <b>32,9</b>     |
|            |         | INTA            | 167                           | 14,4            | 462              | 11,0            |
|            |         | SAG             | 102                           | 45,1            | 320              | 64,4            |

Tabla 8: Evaluación de establecimiento de *B. siricidicola* en la Provincia de Neuquén, Argentina, Temporada 2003 - 2004 (CPF S.A.).

|                    |           |                 | <i>Adultos de S. noctilio</i> |                 |                  |                 |
|--------------------|-----------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Localidad          | Predio    | Especie         | Hembras                       |                 | Total            |                 |
|                    |           |                 | Individuos                    | Parasitismo (%) | Total Individuos | Parasitismo (%) |
| Junín de los Andes | Larminat  | C - P           | 45                            | 17,8            | 253              | 23,3            |
| Junín de los Andes | Larminat  | C               | 18                            | 77,8            | 82               | 63,4            |
|                    |           | <b>SubTotal</b> | <b>63</b>                     | <b>34,9</b>     | <b>335</b>       | <b>33,1</b>     |
|                    |           |                 |                               |                 |                  |                 |
| Junín de los Andes | CORFONE   | C               | 90                            | 83,3            | 257              | 75,5            |
|                    |           |                 |                               |                 |                  |                 |
| Villa La Angostura | Pedregoso | C               | 38                            | 15,8            | 109              | 16,5            |
|                    |           | <b>Total</b>    | <b>191</b>                    | <b>53,9</b>     | <b>701</b>       | <b>46,1</b>     |

## EVALUACION DEL PARASITISMO

El programa se ha concentrado en las provincias de Río Negro y Neuquen, Argentina, inoculando entre los años 2001 al 2003 un total de 1.596 y 2.931 árboles, respectivamente.

La evaluación del parasitismo se realiza con hembras que emergen desde los árboles inoculados, lo que permite identificar las fallas en el proceso. El método más utilizado consiste en hacer trozas de 1 m de largo, provenientes de árboles inoculados, que se colocan en una cámara de crianza a la espera que emerja el adulto. Estos insectos son fijados en alcohol y enviados a Chile para su disección, actividad que se realiza en los laboratorios del SAG y en la CPF S. A., para la comparación de los resultados.

Las Tablas 6 a 9 presenta los resultados de la evaluación de la temporada 2003 –2004, realizada por la CPF S.A. en las diferentes provincias argentinas donde se lleva a cabo el programa de control biológico. En ellas es posible apreciar que todas las inoculaciones se realizaron en las especies *Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws. (P) y *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud. (C), presentándose niveles de parasitismo desde nulo hasta 99%. Los resultados se consideran exitosos si los porcentajes de parasitismo sobrepasan el 70%, situación que aún no se da como promedio en ninguna de las localidades evaluadas. Además, se considera como muestra válida un número superior a 30 individuos.

Tabla 6: Evaluación de inoculación de *B. siricidicola* en la Provincia de Neuquén, Argentina, Temporada 2003 – 2004 (CPF S.A.).

| Localidad          | Especie | Inoculo | Adultos de <i>S. noctilio</i> |                  |                  |                  |
|--------------------|---------|---------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                    |         |         | Hembras                       |                  | Total            |                  |
|                    |         |         | Individuos                    | Parasitación (%) | Total Individuos | Parasitación (%) |
| Villa La Angostura | C       | SAG     | 7                             | 0,0              | 17               | 0,0              |
| Junín de los Andes | P       | INTA    | 78                            | 19,2             | 198              | 20,2             |
| Junín de los Andes | P – C   | INTA    | 30                            | 0,0              | 54               | 0,0              |
| Junín de los Andes | C       | SAG     | 105                           | 64,8             | 330              | 67,0             |
| Junín de los Andes | P       | SAG     | 30                            | 86,7             | 127              | 83,5             |
| Junín de los Andes | P       | SAG     | 15                            | 80,0             | 78               | 80,8             |
| <b>SubTotal</b>    |         |         | <b>180</b>                    | <b>58,9</b>      | <b>589</b>       | <b>66,2</b>      |
| <b>Total</b>       |         |         | <b>258</b>                    | <b>46,9</b>      | <b>787</b>       | <b>54,6</b>      |
| INTA               |         |         | 108                           | 13,9             | 252              | 15,9             |
| SAG                |         |         | 150                           | 70,7             | 535              | 72,9             |

Tabla 9: Evaluación del establecimiento de *B. siricidicola* en la Provincia de Río Negro, Argentina, Temporada 2003 – 2004 (CPF S.A.).

|                  |               |                 | <b>Adultos de <i>S. noctilio</i></b> |                        |                         |                        |
|------------------|---------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| <b>Localidad</b> | <b>Predio</b> | <b>Especie</b>  | <b>Hembras</b>                       |                        | <b>Total</b>            |                        |
|                  |               |                 | <b>Individuos</b>                    | <b>Parasitismo (%)</b> | <b>Total Individuos</b> | <b>Parasitismo (%)</b> |
| Bariloche        | El Cóndor     | C               | 9                                    | 0,0                    | 28                      | 0,0                    |
| Pilcaniyeu       | San Ramón     | P               | 37                                   | 81,1                   | 99                      | 79,8                   |
| Pilcaniyeu       | San Ramón     | P               | 61                                   | 83,6                   | 184                     | 74,5                   |
|                  |               | <b>SubTotal</b> | <b>98</b>                            | <b>82,7</b>            | <b>283</b>              | <b>76,3</b>            |
| El Bolsón        | Los Repollos  | C               | 77                                   | 20,8                   | 157                     | 20,4                   |
| Bariloche        | El Cóndor     | C               | 46                                   | 8,7                    | 103                     | 5,8                    |
|                  |               | <b>Total</b>    | <b>221</b>                           | <b>45,7</b>            | <b>543</b>              | <b>46,8</b>            |

En Chile sólo se han encontrado dos hembras de *S. noctilio* portando *B. siricidicola*, las que probablemente provienen de Argentina. Todas las hembras de sirícido capturadas en el territorio nacional son analizadas para determinar la presencia del nemátodo.

## CAPITULO IV

### *Phoracantha semipunctata* Fabricius y *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera, Cerambycidae), "TALADRADOR DEL EUCALIPTO"

#### ANTECEDENTES GENERALES

El taladrador del eucalipto, *Phoracantha* spp., es un insecto nativo de Australia, encontrándose en los bosques naturales de *Eucalyptus* spp., donde no es considerado plaga, a diferencia de lo que ocurre en la mayoría de los países donde ha sido introducido. Esto se explica por el equilibrio del ecosistema, el cual muestra a las especies arbóreas creciendo en sitios edafoclimáticamente inadecuados, provocándoles estrés, haciéndolos susceptibles al ataque, favoreciendo la selección natural (Cogollor, 1986).

Dentro de las especies del género *Phoracantha*, las de mayor importancia corresponden a: *P. impavida* (Newman), *P. solida* (Blackburn), *P. synonyma* (Newman), *P. acanthocera* (Macleay), *P. mastersi* (Pascoe), *P. odewahni* (Pascoe), *P. frenchi* (Blackburn), *P. semipunctata* Fabricius y *P. recurva* Newman. (Beèche *et al.*, 2003). En Chile sólo se encuentran presentes las dos últimas especies mencionadas.

*P. semipunctata* emigró de su hábitat original, colonizando el Sur de África. A partir de esta primera invasión, alcanza las plantaciones de Lesotho, Mozambique, Islas Mauricio y Rodríguez. Posteriormente, se detecta en plantaciones de Oceanía, particularmente en las islas de Papua - Nueva Guinea y Nueva Zelanda (Duque, 1983), varios países orientales, para luego instalarse en el área del Mediterráneo en Israel, Egipto, Turquía, Italia, Chipre y Túnez, colonizando las islas de Córcega y Cerdeña, para finalmente establecerse en Portugal y España (Cadahía y Rupérez, 1983). En 1917 fue hallado por primera vez en Argentina, desde donde se expandió a Uruguay y más tarde a Brasil (Duque, 1983).

En Chile, *P. semipunctata* habría sido introducido el año 1957 (FAO, 1958; citado por Contreras, 1993), sin embargo, sólo el año 1973 sería reconocida su existencia en el país en una sesión de la Sociedad Chilena de Entomología, estableciéndose su detección cerca de San Felipe, V Región. No obstante, se encontró un espécimen depositado en el Museo de la Universidad de Concepción (MZUC), colectado en Enero de 1931 en La Pampa (Artigas, 1994). *P. semipunctata* tiene como principal huésped en Chile a *E. globulus* Labill., ocasionando según las condiciones de sitio en que se ubique el bosque, muerte por anillamiento en un período de uno a dos años (Cogollor, 1984). En la actualidad el cerambycido se encuentra entre la III y IX Región (Artigas, 1994).

Por su parte, *P. recurva* se expandió desde su país de origen, Australia, a Papua - Nueva Guinea (Pérez y Pinar, 1999), Nueva Zelanda, Sudáfrica, Malawi, Zambia, Estados Unidos (California) y Uruguay (Monné *et al.*, 2002).

En Chile, en el año 1997, el SAG reportó la presencia de *P. recurva* en la ciudad de

Santiago, en el Parque Metropolitano, encontrándose actualmente distribuida en varias localidades de las regiones V y Metropolitana (Beèche *et al.*, 2003), afectando principalmente rodales de *Eucalyptus globulus* Labill.

Las especies de eucaliptos más susceptibles al ataque de *P. semipunctata* son: *E. globulus*, *E. grandis* Hill. Ex Maiden, *E. diversicolor* F. V Muell (Karry), *E. viminalis* Labill., *E. nitens* Deane & Maiden y *E. saligna* Smith. Entre las más resistentes destacan: *E. trabuttii* A. Vilm. ex Trab., *E. citriodora* Hook, *E. dalrympleana* Maiden, *E. sideroxylon* A. Cunn, *E. camaldulensis* Dehnh., *E. cladocalyx* Muell. y *E. robusta* Smith

*P. recurva* afecta principalmente a: *E. blakelyi* Maiden, *E. camaldulensis*, *E. cinerea* F. Muell. Ex Benth., *E. cladocalyx*, *E. globulus*, *E. gomphocephala* DC., *E. grandis*, *E. intermedia* R.T. Baker, *E. lehmanni* Preiss ex Schau., *E. maculata* Hook., *E. maidenii* F. Mueller, *E. melliadora* Cunn. ex. Schauer, *E. nova - anglica* Deane & Maiden, *E. ovata* Labill., *E. polyanthemos* Schauer, *E. sideroxylon*, *E. tereticornis* Smith y *E. viminalis* (Pérez y Pinar, 1999).

En ambientes con características climáticas de tipo mediterráneo las especies arbóreas sufren una fase crítica en el período estival por efecto de la sequía que estimula la acción destructiva del insecto. Esto porque el ciclo de desarrollo de este último es favorecido por las condiciones térmicas. La predisposición de un árbol a ser atacado por los barrenadores se relaciona básicamente con el debilitamiento que produce el aumento de la presión osmótica a nivel de las células parenquimáticas de la pared cortical en situaciones de estrés hídrico (Contreras, 1993).

Debido a esto, el daño se presenta en forma más severa en la zona centro y norte del país, aunque excepcionalmente en los últimos años se han observado ataques en toda el área de distribución de los eucaliptos. Por ejemplo se ha registrado el ataque del barrenador en la comuna de Angol, IX Región, lugar donde ha afectado zonas bajas de los rodales sin problemas hídricos, pero que aparentemente muestran estrés por heladas. Además, la vulnerabilidad de las plantaciones se ha acentuado, debido a la detección en 1998 de *G. scutellatus*, escarabajo que debilita a los árboles por efecto de la defoliación que ocasionan larvas y adultos, favoreciendo el ataque del taladrador, sin necesidad de que exista estrés hídrico (Beèche *et al.*, 2003).

*Phoracantha* sp. detecta cualquier debilitamiento de los árboles, aunque sea extremadamente ligero e inapreciable para el ser humano. De esta manera el insecto asegura la alimentación y sobrevivencia de las larvas sin que éstas sean afectadas por la abundante secreción de savia que es capaz de emitir un árbol en buen estado fitosanitario (Leyva, 1969).

## ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

Cogollor (1986), entrega una descripción de los diferentes estados de desarrollo de *P. semipunctata*, caracterización que será utilizada para describir también a *P. recurva*, debido a las similares características fenotípicas que presentan ambos insectos en su desarrollo, mencionando sus diferencias en cada estado de la metamorfosis cuando sea necesario.

Ambos insectos presentan una metamorfosis completa o del tipo holometábola, con los estados de huevo, larva, pupa y adulto.

**Huevo:** Mide aproximadamente 2,5 mm de longitud y 1 mm de diámetro (Cogollor y Ojeda, 1981), de color marfil amarillento, oscureciéndose a medida que se acerca al momento de eclosión, con forma ovalada y un extremo redondeado y el otro lanceolado (Cogollor, 1986) (Figura 49). Están constituidos por una sustancia blanda, gelatinosa, sin estructuras definidas y sin corión aparente. Próximas a eclosionar, se hinchan tomando una forma cilíndrica (Chararas, 1969). La incubación del huevo demora entre 10 y 15 días (Artigas, 1994).



Figura 49: Huevos de *P. semipunctata* (A. Sartori).

En general, la hembra de *P. semipunctata* deposita sus huevos en prácticamente todas las especies de eucaliptos, observándose ataques en árboles pequeños de 2 cm de diámetro y de 2,5 m de altura, incluso registrándose su presencia en árboles de 1 m de altura (Poblete, 1981; citado por Contreras, 1993). El coleóptero ubica los huevos en una sola capa, aislados o en grupos de 30 a 40, colocando entre 15 a 120 huevos (Artigas, 1994), completando un total de 180 a 300 huevos (Cogollor, 1986). En Chile la ovipostura es efectuada preferentemente entre Octubre y Mayo, al atardecer, en condiciones de temperaturas superiores a 16°C (Artigas, 1994), ubicando los huevos preferentemente en la unión de las ramas con el tallo y en las heridas o fisuras de la corteza. Muchas veces aparecen los huevos aplanados por la postura en lugares estrechos, debido a que la hembra introduce el oviscapto entre las grietas, siendo frecuentemente influenciada por el tigmotactismo (Cogollor, 1986).

La forma de la corteza es importante para la postura, ya que en especies de corteza fibrosa, los huevos se depositan entre las fisuras, mientras que en especies de corteza lisa los ubican en depresiones poco profundas, entre la corteza verde y la corteza antigua semidesprendida (Cogollor, 1986).

Chararas (1969); citado por Cogollor (1986), encontró que un 95% de las incisiones realizadas en la corteza de troncos de eucaliptos eran utilizadas para posturas. Además, se ha observado que el color de la corteza no tiene una incidencia de importancia en la atracción hacia la postura.

La hembra de *P. recurva* deposita sus huevos en las partes más altas del tronco principal y en las ramas, oviponiendo normalmente donde la corteza es suave y se desprende anualmente. Los huevos se depositan en forma aislada, en hilera formando masas de 60

huevos aproximadamente. Un gran porcentaje de huevos parece ser estéril, o se secan por el calor antes de la emergencia larvaria (Pérez y Pinar, 1999).

**Larva:** De tipo cerambyciforme, color blanco amarillo pálido, algo lustrosa, con la porción saliente de la cabeza negra, excepto el cípeo, labro, maxilas, labios, palpos y antenas que son de color castaño (Cogollor, 1986).

El tegumento es grueso y está cubierto en casi toda su extensión por finas setas o pelos rubios de distinta longitud, pero que son más abundantes y más largas en las zonas laterales de cada segmento (De Santis, 1945; citado por Cogollor, 1986).

Presenta un total de seis estadios de desarrollo. El primer estadio larval ocurre al interior del huevo y mide de 1,5 a 2 mm de longitud. Los restantes ocurren después de eclosada la larva, llegando a medir hasta 35 mm de largo con un ancho de protórax de 10 mm (Friz, 1994; citado por Beèche *et al.*, 2003) (Figura 50 y 51).

La larva es de forma cilíndrica ovalada, dorsoventralmente aplanada y ápodas. El ancho es mayor en la zona del protórax, con una dimensión de 8,5 mm (en una larva preadulta), estrechándose gradualmente hacia la parte posterior (Cogollor, 1986), donde mide 5,5 mm en el séptimo segmento, el más ancho de esa región (Chararas, 1969).

La larva de *P. recurva*, es muy similar a la descripción anterior, presentando como diferencias un lente ocular oval o subcircular y un seno en el margen del hypostoma (Pérez y Pinar, 1999).

La temperatura es el factor climático que incide en mayor medida en la actividad y desarrollo del insecto, observándose que a los 10°C la actividad de las larvas es casi nula, de los 12°C a los 17°C aumenta en forma notoria y entre los 22°C a 28°C, es muy activa (Chararas, 1969).



Figura 50: Larvas de *P. semipuctata* en L2 (A. Sartori).



Figura 51: Larvas de *P. semipuctata* en L6 (A. Sartori).

**Pupa:** Se encuentra protegida en la cámara pupal, ubicada en el interior de la madera entre 6 a 10 cm desde la corteza. Es del tipo exarada, de un color blanco crema, levemente aplanada, similar a la forma y tamaño del adulto, entre 20 y 30 mm de longitud y 9 mm de ancho, presenta el tegumento finamente estriado (Figura 52). Posee una consistencia gelatinosa, con una cubierta transparente y frágil, que va cambiando hasta adquirir el color y dureza del adulto, cuando se aproxima a cambiar de estado de desarrollo (Cogollor, 1986). El período pupal tiene una duración entre 8 a 12 días (Artigas, 1994).



Figura 52: Estado pupal de *P. semipunctata* (A. Sartori).

**Adulto:** Es subcilíndrico, de márgenes subparalelos y con un aplanamiento dorso ventral (Chararas, 1969), mide entre 14 a 30 mm de largo y 10 mm de ancho. El cuerpo es de un color café oscuro y brillante, con una banda transversal café amarillenta en la mitad de los élitros y dos puntuaciones semicirculares, del mismo color, al final de ellos (Figura 53). Sus antenas son filiformes, bastante más largas que el cuerpo y con una espina en cada artejo. Las antenas son notoriamente más largas en los machos que en las hembras (Cogollor, 1986).



Figura 53: Adulto de *P. recurva* (A. Sartori).

La cabeza, incluyendo los dos primeros artejos de las antenas, el protórax, la coloración de fondo de los élitros y la faz ventral, son de un color castaño oscuro, con un tono casi negro en la cabeza, protórax y en la porción anterior de los élitros. Además, el clipeo, palpos, flagelo de las antenas y patas poseen un color testáceo - rojizo con setas o pelos rubios. Los élitros presentan franjas blanco - amarillentas distribuidos del siguiente modo: dos bandas grandes irregulares en el tercio anterior a ambos lados de la línea de separación, dos bandas más pequeñas, también irregulares, ubicados lateralmente por debajo de la línea media, una franja ancha mediana transversal, de márgenes sinuosos y dos zonas subelípticas al término de los élitros (Chararas, 1969).

Los machos adultos de *P. recurva*, tienen una longitud que puede variar entre 15 a 28,8 mm y en la hembra entre 19,5 a 29,2 mm. Las antenas y patas poseen un degradé de color café amarillento a café rojizo, similar a la cabeza que posee una tonalidad entre café rojizo a

café rojizo oscuro. Los élitros poseen un color amarillo pálido y café amarillento, teniendo unas marcas café rojizas: una banda incompleta en zigzag antes del centro (en la mayoría de los casos, reducida a una pequeña mancha en cada élitro) y una ancha franja bajo el centro del ala, la que disminuye su tamaño desde el eje axial hacia los márgenes (Pérez y Pinar, 1999).

Las antenas son casi dos veces el largo del cuerpo del macho y levemente mayor que el cuerpo de la hembra; el encaje de la antena longitudinalmente tiene unos largos y densos pelos dorados, que surgen desde la parte inferior de cada segmento, la espina del segmento tres se encuentra curvada hacia el interior, mientras que el resto de las espinas son rectas (Pérez y Pinar, 1999).

En la Tabla 10 se entregan las diferencias más notorias entre los adultos de ambas especies, siendo posible observarlas en la figura 54.

Los adultos de *Phoracantha* sp. realizan su actividad reproductiva durante la noche, permaneciendo ocultos en el día entre las cortezas secas semidesprendidas o en las hendiduras del tronco. El imago vive entre 40 a 80 días dependiendo de la estación del año en que se desarrollen (Contreras, 1993).

En general, los adultos no son nocivos para los árboles y se encuentran frecuentemente sobre las plantas, alimentándose del polen de las flores o comiendo la pulpa de los frutos maduros. Las hembras, dependiendo de la especie, ponen los huevos en ramas o troncos de las plantas hospederas vivas, muertas o recién apeadas (Monné *et al.*, 2002).

Tabla 10: Principales diferencias entre *P. semipunctata* y *P. recurva* (Pérez y Pinar, 1999).

| <i>P. semipunctata</i>   | <i>P. recurva</i>   |
|--|---|
| Antenas con baja cantidad de vellosidades, prácticamente glabras.                                | Posee gran cantidad de vellosidades doradas, bajo la superficie de los segmentos de las antenas.                          |
| Las espinas de todos los segmentos son rectas.   | La espina del segmento tres de la antena se encuentra curvada hacia adentro.  |
| Coloración café oscura.  | Color amarillento, debido a la ausencia de coloración oscura en la parte superior de los élitros (al llegar a la cabeza). |
| Mancha en forma de zigzag al centro de los élitros.  | Mancha en forma de un punto al centro de cada uno de los élitros.   |
| Manchas en forma de ocelo en la parte baja de los élitros, de un pequeño tamaño, bien definidas. | Manchas en forma de ocelo en la parte baja de los élitros, de un mediano tamaño, no encontrándose bien definidas.         |
| Ausencia de una pequeña espina en la parte posterior del fémur ubicada en la parte dorsal.       | Presenta una pequeña espina en la parte posterior del fémur ubicada en la parte dorsal.                                   |



El ciclo biológico de *P. semipunctata* presenta  
 Figura 54: Estado adulto de *P. semipunctata* (izquierda) y de *P. recurva* (derecha) (C. Pérez).

diferencias según la región del país en que se encuentre, siendo influenciado principalmente por la temperatura y los factores de predisposición del sitio, especialmente disponibilidad nutricional, determinando que un rodal sea de mayor o menor susceptibilidad al daño del insecto (Cogollor, 1986).

En las partes más australes de su distribución (ambientes con baja temperatura) el insecto posee una generación al año, en cambio en las más septentrionales, como por ejemplo en la ciudad de La Serena, IV Región, llega a tener 1 o 2 generaciones anuales, dependiendo de las condiciones ambientales locales (Santa Cruz, 1977). En la zona central del país se determinó que tiene una generación anual (Campus Antumapu de la Universidad de Chile, Región Metropolitana) (Cogollor y Ojeda, 1981). Para la VIII Región, el ciclo biológico de *P. semipunctata* es de un año. Los huevos están presentes desde Octubre hasta fines de Abril, en tanto las larvas se observan todo el año y la emergencia se concentra entre Agosto a Mayo (Artigas, 1994) (Figura 55).

Considerando que en el clima mediterráneo se encuentran las temperaturas óptimas para la actividad del insecto, sumado a la existencia de períodos de sequía que debilitan las plantaciones de eucalipto, el insecto alcanza niveles poblacionales de plaga fácilmente (Cogollor, 1986).

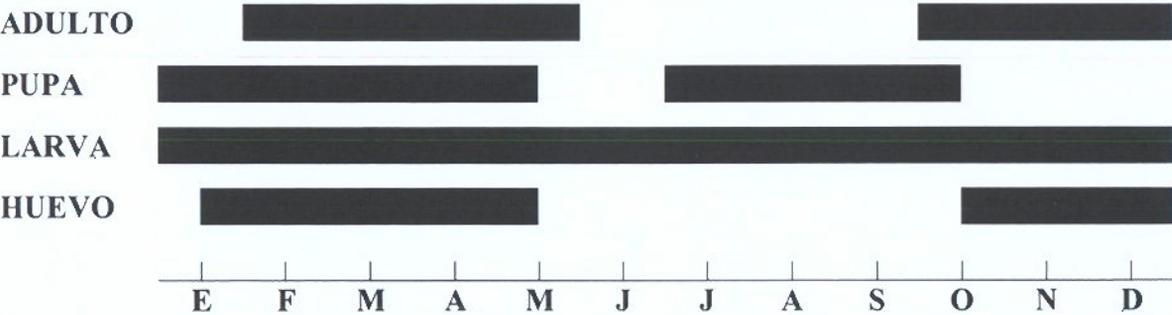


Figura 55: Ciclo de vida para *P. semipunctata* para la VIII Región (Artigas, 1994).

### DINAMICA DE ATAQUE

Las hembras oviponen en árboles decadentes, enfermos, en tocones y ramas o troncos cortados, con corteza aún ligeramente verde; depositando los huevos en las grietas bajo la corteza, en las axilas de las ramas y aún sobre la corteza, débilmente adheridos (Artigas, 1994).

Si el árbol infestado presenta una buena condición de vigor, responderá al daño con exudación de savia (kino) que fluye por las galerías o heridas, provocando la muerte de las larvas. La secreción es un síntoma que permite detectar árboles atacados durante el período de invierno en la zona central y sur de Chile, encontrándose marcas a lo largo del tronco que se inician en la zona de perforación de las larvas (Cogollor, 1986).

El daño en el árbol comienza desde el momento en que eclosionan las larvas, las que perforan el tejido donde ocurrió la postura, tanto en grietas, bordes de nudos, heridas o entre la corteza nueva y antigua semidesprendida. La actividad de las larvas comienza con la construcción de entre 10 y 16 galerías, las que nacen del punto de oviposición y divergen levemente (Artigas, 1994). Estas se nutren del conjunto de la corteza, cambium y floema, especialmente de la savia elaborada (Chararas, 1969). La alimentación continua con el corte de los conductos de traslocación de savia, produciendo anillamiento y muerte del árbol. La muerte es gradual, detectándose en un inicio el ataque por la sequedad o clorosis de las hojas en el ápice (Cogollor, 1986).

En el floema las larvas se nutren de glúcidos solubles en la savia elaborada, adquiriendo gran parte de sus reservas y tejidos adiposos, permitiéndoles penetrar posteriormente hacia el interior de la madera, donde no sería posible la sobrevivencia, si no fuera por las reservas acumuladas. En árboles vigorosos y ricos en glúcidos, las larvas logran un desarrollo adecuado (20 a 24 mm de longitud, con un peso estable entre 980 y 1.120 mg) con 4 a 6 g por 100 cc de savia elaborada, mientras que en árboles degradados el desarrollo y la actividad nutricional de las larvas es más lenta (Chararas, 1969).

Posteriormente, las larvas construyen galerías que comprometen igual cantidad de xilema que de floema. La realización de estas dura de 4 a 6 meses, aumentando su tamaño hasta alcanzar 7 a 10 mm de diámetro (Figuras 56 y 57). Al principio, las galerías pueden ser rectas hasta 40 cm o variar repetidamente su dirección sin un plan regular, profundizando en la madera 3 a 10 mm. Con frecuencia retornan sobre sí mismas, produciendo amplios espacios llenos de aserrín. Además es posible observar en su interior grandes cantidades de excremento. Cuando la larva está madura, construye una galería de profundización de 6,0 mm de ancho por 0,3 cm de alto y de 6 a 15 cm hacia el interior, dependiendo del diámetro del trozo, para luego elaborar, usualmente en el floema, una celda en forma vertical para iniciar la pupación, tapando el agujero de ingreso con aserrín. Al término de



Figura 56: Galería larval llena de aserrín compacto (A. Baldini).



Figura 57: Galerías de larvas de *P. semipunctata* en madera aserrada (A. Baldini).

este período, el adulto emerge y efectúa una galería de salida, con un orificio al exterior de forma elíptica (Artigas, 1994) de 7 a 10 mm de largo y 4 a 5 mm de ancho.

El número de larvas que se alimentan del eucalipto y la resistencia al ataque por parte del árbol, son factores decisivos en la rapidez de su muerte. Estudios realizados en rodales localizados en Central Carena, Curacaví, Región Metropolitana, indican que al primer año de infestación mueren los árboles más débiles. Al cabo del segundo año, incluso mueren los árboles que habían resistido al primer ataque (Cogollor y De Ferari, 1979; citados por Poblete, 1981).

## DAÑOS

En 1977 la CONAF informó que aproximadamente el 80% de las plantaciones de eucaliptos se encontraban afectadas por *P. semipunctata* (Santa Cruz, 1977; citado por Contreras, 1993). En 1980 se evaluó la acción destructiva del insecto sobre una superficie aproximada de 31.000 ha. Se estudiaron 268 predios, distribuidos entre las regiones IV y IX, registrando un valor promedio de infestación de 4,81% en un rango de 0% a 64,71%. Se logró verificar diversos grados de ataque, siendo los factores determinantes en su presencia, la posición espacial de las plantaciones, la precipitación y la temperatura (Poblete, 1981).

El taladrador ataca árboles en pie, de preferencia individuos débiles y sometidos a condiciones de sequía permanente o por largos períodos. En los bosques de eucalipto es notable el ataque selectivo, siendo en las regiones con más de cuatro meses de sequía el principal enemigo de estos árboles. La madera dañada pierde sus propiedades mecánicas por efecto de las múltiples galerías, afectando también productos que exigen una alta calidad y perfección, no pudiendo estar atacados por este insecto ni en una mínima proporción. El daño se inicia sólo en madera verde o recién cortada, de manera que no es una plaga que prospere en la madera seca.

Las galerías ejercen un efecto de “anillamiento” en los árboles, comenzando a perder vigor en forma gradual, decolorándose el follaje desde la copa y los ápices más tiernos hasta las raíces, produciéndose el secamiento de la planta por interrupción del flujo savial, confundiéndose a menudo tal efecto con los provocados por la sequía. Los árboles secos pueden presentarse en forma aislada o agrupada, de un color amarillento fácilmente distinguibles de los árboles sanos; tal condición dependerá de la gravedad e intensidad del ataque (Santa Cruz, 1977).

Los árboles que sufren la infestación del cerambycido y logran sobrevivir al anillamiento y muerte, quedan debilitados y altamente susceptibles a ser reinfestados. La posibilidad que un árbol reinfestado pueda sobrevivir es muy remota. (De Ferari, 1981; González, 1984; Cogollor, 1986; citados por Contreras, 1993).

La infestación produce una sintomatología clara, dependiendo del número de larvas que se hospedan en el árbol y el grado de desarrollo que alcancen, observándose pequeñas

manchas en la zona de postura de los huevos. Si las larvas logran penetrar en la corteza y desarrollarse, se produce secreción de resina, síntoma inequívoco de la presencia de la plaga que se manifiesta sobre el fuste de los árboles como manchas oscuras que tienen la forma de las galerías larvales (Cogollor, 1986; González, 1984; citados por Contreras, 1993).

Al descortezar un árbol atacado, se observan galerías paralelas, llenas de aserrín compacto, las cuales parten de un punto común que corresponde al lugar de postura de los huevos. Estas galerías terminan en forma abrupta, dejando un orificio tapado con aserrín hacia el interior de la madera y con un tamaño mayor que en sus inicios, siendo además posible visualizar desechos alimenticios de las larvas y orificios de salida de los adultos.

El árbol anillado por el insecto muere en forma gradual pero rápida, detectándose sequedad y clorosis del follaje desde el ápice, llegando en muchos casos a producirse el descopamiento, aún cuando el árbol esté completamente verde (Drinkwater, 1974). Los fustes muertos tienen la capacidad de producir rebrotes de cepa, de manera que es característico encontrar los árboles con el follaje seco y con abundante regeneración en la base del fuste (Cogollor, 1986).

Contreras (1993), determinó que las plantaciones de eucaliptos presentan mayor resistencia a la plaga cuando se desarrollan en suelos arcillosos (74,16% de individuos sanos), a diferencia de los establecidos en suelos francos (4,49% de individuos sanos), franco arcillosos y arenosos (18,18% de individuos sanos). Además, bosques con riego presentan menores grados de infestación. El insecto ocasiona daño en árboles con alturas entre los 2,5 m a los 47 m y en diámetros entre los 2 cm hasta los 219 cm. Con respecto a la edad, por lo general sus hospederos están por sobre 4 años (Contreras, 1993).

En Sudáfrica, no se han detectado ataques de *P. recurva* a árboles vivos, lo que al parecer se debe al lugar de oviposición que corresponde a las partes más altas del tronco principal y en las ramas. Esto a diferencia de *P. semipunctata* que ovipone un 68,6% de sus huevos en la parte baja del tronco principal (Pérez y Pinar, 1999).

Según Chararas (1969) los principales síntomas producto del ataque de *Phoracantha* sp. corresponden a:

- Resinación en el fuste, producto de la penetración de las larvas.
- Galerías en el fuste.
- Ramas, follaje y ápices decolorados o secos.
- Retoñación abundante en la base del árbol.
- Orificios de salida de insectos adultos.

Los principales signos presentes en el ataque de *Phoracantha* sp. (Chararas, 1969) son:

- Presencia de los diferentes estados de desarrollo del taladrador.
- Huevos en grietas naturales de la corteza, bajo ésta o en la inserción de las ramas.
- Larvas en el fuste.
- Pupas en el interior del árbol.
- Adultos en el interior del árbol o fuera del tronco, en hojas, ramas o corteza.
- Restos del insecto en cualquiera de sus estados.

## CONTROL

El principal problema para controlar el insecto se debe a que desarrolla gran parte de su vida protegido bajo la corteza de los eucaliptos, por lo que las medidas de control para llegar a él son de alto costo.

Los tratamientos más aplicados se dirigen a reducir la población, atrayendo a las hembras a ovipositar en “trampas cebo” de eucalipto, posteriormente eliminándolas mediante la utilización del fuego o de insecticidas (Cogollor, 1986). Sin embargo, la utilización de parasitoides es el método de control que ha presentado mejores resultados tanto económica como técnicamente en el largo plazo.

Para disminuir la susceptibilidad de los árboles a la acción de la plaga se deben evitar plantaciones debilitadas por condiciones ambientales adversas, ecológicamente mal ubicadas (en suelos pobres o deficientes) o con escaso manejo sanitario, debiéndose realizar actividades que favorezcan el fortalecimiento de las plantaciones, lo que sumado a la resistencia ambiental limitan considerablemente el potencial reproductivo del insecto.

### *Control Silvicultural*

En el cultivo de eucaliptos, la ubicación de la plantación debe ser en sitios análogos al lugar de origen en Australia. Por ello la introducción de especies tiene que ser rigurosa evitando la instalación de potenciales hospedantes del insecto (Cogollor, 1986).

El clima, especialmente en lo que se refiere a cantidad y distribución de la precipitación es una de las variables más importantes a considerar en el establecimiento de plantaciones, debido a la susceptibilidad que presentan los eucaliptos a la falta de agua. No obstante, con el incremento de la distribución poblacional del insecto hacia el sur del país, se ha determinado que cualquier factor que provoque un estrés en los árboles es suficiente para disponerlos al ataque del cerambycido. El aspecto nutricional del suelo también se relaciona con la posibilidad de incrementar la susceptibilidad de la plantación al ataque del insecto.

La mejora del crecimiento del rodal realizando cortas de limpieza, clareos y raleos, contribuirán a concentrar la resistencia en los árboles de mayor valor, siendo el control de tipo preventivo el que determina las condiciones para que un bosque no sea infestado (Cogollor, 1986).

Se debe considerar el riego suplementario con una frecuencia regular durante los períodos secos prolongados, en especial si la estación de lluvia ha sido más baja de lo normal. Es importante no detener el riego a árboles que han sido regados regularmente, para evitar el estrés y disminuir la susceptibilidad al ataque.

### *Cortas Sanitarias*

Como medida curativa es posible aplicar cortas sanitarias una vez detectado un foco, debiéndose observar los árboles buscando síntomas y signos de la presencia del insecto, principalmente árboles secos, con marchitez en los ápices, orificios de emergencia en la corteza, agrietamiento y levantamiento de corteza, además de retoñación en la base del árbol. Los árboles con daño se deben cortar y retirar del rodal, evitando que el insecto quede en el bosque o en áreas donde encuentre su hospedante. Si la infestación es muy alta, los árboles se deben chipear o enterrar, antes de la primavera siguiente. En Chile un método práctico ha sido convertir los árboles infestados en carbón vegetal.

Los troncos para leña, ramas y árboles muertos son sitios de crianza del insecto, por esto se recomienda el descortezamiento inmediato o llevar la madera a un lugar asoleado bajo un plástico resistente a los rayos ultravioleta por lo menos 10 semanas. Esto previene nuevos ataques y la residencia de insectos cerca de eucaliptos vivos (Pérez y Pinar, 1999). Durante el invierno cuando el insecto se encuentra en estado larval, se debe proceder a la corta y destrucción de aquellos árboles secos o moribundos en una plantación.

Algunas recomendaciones de Cogollor y Ojeda (1981), para eliminar y evitar la dispersión del insecto en el bosque, son:

- Retirar y quemar todos los desechos de la cosecha.
- Cortar y quemar todo árbol con presencia de daño por el insecto.
- La madera destinada a cercos y construcción debe ser descortezada, ya que los antecedentes indican que las hembras de *Phoracantha* sp. son capaces de oviponer en ella en menos de 24 horas después de cortada.
- Las épocas de cortas del material infestado no debe coincidir con la época de emergencia de los adultos.

### *Tratamiento de Control Mediante "Árbol Cebo"*

El método del "árbol cebo" consiste en simular la condición de atracción natural que ejerce un árbol debilitado hacia las hembras del insecto, concentrando las posturas de huevos en árboles seleccionados, los cuales deben ser eliminados posteriormente mediante el uso del fuego u otra técnica. Esto puede llevarse a cabo alterando la fisiología de un árbol sano, a

fin de debilitarlo o cortando árboles sanos en diferentes trozos para que emitan sustancias volátiles, que son atractivas para el insecto (Chararas, 1969). Esta técnica se utiliza en la época de vuelo de los adultos.

Existen varios métodos para la instalación de “árboles cebo”, presentándose en este documento aquel que ha mostrado los mejores resultados en el control del taladrador del eucalipto.

La técnica consiste en cortar un número de árboles sanos de eucalipto con un diámetro basal mínimo de 15 cm, que permita obtener de ellos alrededor de 15 trozas de aproximadamente de 2,20 m de largo para su aprovechamiento industrial en las plantas de celulosa. Sin embargo, también pueden obtenerse trozas de un 1 m de largo, en caso que el objetivo final de la madera sea leña. Lo importante es que la trampa de “árbol cebo” alcance un volumen suficiente, para que de esta forma la hembra del insecto se sienta atraída a oviponer sus huevos.

Deben descartarse siempre que sea posible, trozas con diámetros inferiores a 10 cm, ya que el éxito de atracción de un cebo depende, entre otros factores, directamente del volumen de madera utilizado. Por ello se recomienda un volumen que oscile entre un mínimo de 0,2 y un máximo de 0,6 m<sup>3</sup> de madera. Contreras (1993), determinó que el volumen óptimo corresponde a 0,3 m<sup>3</sup>, siendo este el que consigue una adecuada atracción de la hembra, y además disminuye los costos de instalación y manejo. Estas trozas sin descortezar, se extienden sobre el suelo, para luego proceder a un doble “chaspeado” superficial sobre las trozas en dirección casi paralela al eje de las mismas, a una distancia entre 20 a 30 cm. Este tiene como objetivo favorecer el tigmotactismo en el “árbol cebo”, condición que hace a la hembra del insecto poner sus huevos en las marcas y facilitar la salida de atrayentes químicos emitidos por las trozas que incitan la oviposición de ésta. El sistema requiere de una renovación periódica de los “árboles cebo” durante la fase en que exista el adulto en terreno. Los trozos que se retiran deben ser quemados o enterrados para eliminar las larvas que se desarrollen en ellos (Contreras, 1993).

La máxima atracción de los “árboles cebo” es durante los primeros 6 a 10 días, ya que con el desecamiento de la corteza la eficiencia disminuye progresivamente hasta ser nula entre los 25 y 30 días. Sin embargo, en invierno las trozas cebo pueden mantener su propiedad atractiva durante tres meses (Chararas, 1969). El número de “árboles cebo” que se utilicen por hectárea, depende del grado de infestación del bosque y la densidad de la población de adultos en cada momento (De Ferari, 1981).

Para favorecer la mantención de la humedad en las trozas de eucalipto que componen el “árbol cebo”, se deben cubrir con ramas y hojas de los árboles que han sido derribados.

### *Tratamiento de Control Mediante "Árbol Cebo" con Insecticida*

Muy similar procedimiento anterior, sólo difiere en que una vez instaladas las trozas, estas se espolvorean con una mezcla de talco inoloro y un insecticida de contacto como Lindano o Carbaryl al 2%, lo que provoca la mortalidad de los insectos adultos de la plaga presentes en el cebo. Se recomienda el control químico durante todo el período de emergencia de adultos, siendo más efectivo en los meses en que este es máximo. Se debe evitar la aplicación de dosis superiores a las descritas, ya que se puede provocar el efecto de rechazo al cebo por parte del adulto (Junta de Andalucía, s / f).

Según González (1984), experimentos realizados en el sur oeste de España, han mostrado que el producto más eficaz en el control de la plaga ha sido el Lindano al 2%. La dosis empleada ha sido de 75 a 100 g de producto por cada cebo, evitando en cualquier caso aplicar dosis superiores (González, 1984).

### *Control Biológico*

Varios depredadores y parasitoides causan mortalidad significativa a adultos, larvas y huevos del taladrador, destacando la actividad de los parasitoides, *Syngaster lepidus* Brullé (Hymenoptera: Braconidae), *Bracon* spp. (Hymenoptera: Braconidae) y *Doryctes* sp. (Hymenoptera: Braconidae), y los escarabajos depredadores, *Trogodendron fasciculatum* (Schreibers) (Coleoptera: Cleridae) y *Aeschyntelus* sp. (Coleoptera: Bothrideridae).

Himenópteros de la familia Braconidae descritos como biocontroladores son *Iphiaulax rubriceps* Froggatt, *I. phoracanthae* Froggatt, e *I. morleyi* Froggatt, *Trichiohelcon phoracanthae* (Froggatt) y *Acanthodoryctes* sp.

Otro parasitoide es *Platystasius transversus* Thomson (Hymenoptera: Platygasteridae) fue obtenido de los huevos de *P. semipunctata* en Marruecos (Fraval y Haddan, 1988, citados por Millar *et al.*, 1998). Por su parte el biocontrolador *Cleonymus* spp. (Hymenoptera: Pteromalidae) se encuentra en estudio para analizar su eficacia como parasitoide.

En Sudáfrica se han encontrado biocontroladores como: *Iphiaulax pictus* Brullé, *Tanycoryphus sulcifrons* Cam., *Dorylus* spp., *Hectarthum simplex* Murria, *Gyponyx nr. chinensis* F, *Dymnochila varia* F. y *Beauveria bassiana* (Pérez y Pinar, 1999). En Argentina se ha observado dos coleópteros depredadores, *Pelonium amoenum* Guer. y *Temnochilia steinheili* Reitter (De Santis, 1945; citado por Artigas, 1994).

Entre los controladores biológicos encontrados en Chile, destacan las hormigas, las que predan los huevos, larvas y pupas del insecto e incluso adultos al momento de emerger. Estas perforan la corteza para llegar hasta las larvas y alimentarse. Los porcentajes de mortalidad de larvas por predación de hormigas alcanzaron un 36% y 28% en la zona de Vallenar, III Región y en la zona de Curacaví, Región Metropolitana respectivamente, sobre una base de evaluación de 20 fustes en cada caso (Cogollor *et al.*, 1989).

Además, el picaflor gigante, *Patagona gigas gigas* (Vieillot), perfora el tapón de fibra de madera que dejó la larva antes de pupar, extrayendo la larva, prepupa o pupa (Cogollor, 1986).

A continuación se describirán los principales parasitoides del taladrador del eucalipto originarios de Australia, con énfasis en *A. longoi*, himenóptero introducido en Chile desde Sudáfrica.

*Syngaster lepidus* Brullé, *Callibracon limbatus* Brullé y *Jarra* spp. (Hymenoptera: Braconidae)

Corresponden a avispas que taladran bajo la corteza de los árboles para alimentarse de las larvas de *Phoracantha* sp. En su accionar, las hembras paralizan el desarrollo larvario y poniendo uno o más huevos en las larvas del barrenador. Los huevos del parasitoide se incuban hasta la eclosión de la larva, la que se alimenta del interior del huésped, provocando su muerte. El adulto emerge luego de un desarrollo larval de 6 semanas luego de construir una galería de salida del tronco para buscar nuevas larvas huéspedes.

Los biocontroladores *S. lepidus* y *C. limbatus* son de similar apariencia y tamaño, alcanzando entre 6 - 13 mm de longitud (Austin *et al.*, 1994; citados por Hanks *et al.*, 2001). Además, presentan actividad a lo largo de todo el año, pero con un mayor dinamismo en el período de verano. La duración de su desarrollo entre el período de huevo y adulto es de aproximadamente un mes (Millar *et al.*, 1998).

Las especies son parte importante del complejo biológico que controla la población del barrenador, además, son parasitoides específicos, y poseen una amplia distribución en Australia (Austin *et al.*, 1994, citados por Millar *et al.*, 1998), adaptándose a una amplia gama de condiciones ambientales.

En ambas especies, el macho generalmente surge antes que las hembras, las que se aparean inmediatamente luego de la emergencia. La duración del acoplamiento es muy breve, durando sólo unos segundos (Millar *et al.*, 1998).

Por otra parte, las hembras adultas son altamente eficientes en localizar a *Phoracantha* sp., discriminando entre los troncos de eucalipto que contienen larvas del cerambycido, lo que provoca la agregación de los adultos del parasitoide sobre troncos infestados (Hanks *et al.*, 2001). Estudios realizados en Australia revelaron que la hembra de *S. lepidus* y *C. limbatus* se encuentran activamente buscando larvas en la superficie de la corteza, las que localizan por la emisión de un sonido similar a un crujido producto de la acción de las mandíbulas de las larvas sobre los tejidos leñosos. En troncos altamente infestados dichos sonidos son claramente audibles por seres humanos a varios metros de distancia (Hanks *et al.*, 1998).

Además, se observó que *C. limbatus* se encontraba en altas poblaciones en los troncos que contenían larvas más grandes del barrenador, mientras que *S. lepidus* era más abundante en troncos con larvas más pequeñas, sugiriendo que los dos parasitoides se dividen las larvas disponibles, detectándose también que *S. lepidus* controlaba árboles con la corteza

ligeramente más gruesa que los que intervenía *C. limbatus*, asociado al ovipositor más largo de *S. lepidus* (Hanks *et al.*, 1998).

Los parasitoides gregarios *Jarra maculipennis* y *Jarra phoracantha*, completan su desarrollo desde huevo a estado adulto en cuatro semanas, no mostrando distinción de preferencias por el tamaño del hospedero. Sin embargo, el tamaño del biocontrolador está relacionado con el tamaño de la larva de *Phoracantha* sp. Además, se ha observado que la proporción sexual está fuertemente sesgada hacia el sexo femenino (Millar *et al.*, 1998).

#### *Trogodendron fasciculatum* (Schreibers) (Coleoptera: Cleridae)

*T. fasciculatum* se distribuye en toda la parte sur de Australia (Hanks *et al.*, 1998). Sus huevos no han sido observados, pero probablemente son introducidos en las grietas del fuste. Las larvas se encuentran en el floema y la corteza, haciéndose camino a lo largo de las galerías realizadas por el barrenador (Pérez y Pinar, 1999).

#### *Avetianella longoi* Siscaro (Hymenoptera: Encyrtidae)

El himenóptero *Avetianella longoi* es originario de Australia y corresponde a una diminuta avispa de 1,5 y 1,6 mm de longitud, de color negro, que parasita los huevos de *Phoracantha* sp., bajo la corteza de los árboles. Las avispas adultas tienen un cuerpo aplanado que les permite desplazarse bajo la corteza suelta de los eucaliptos para alcanzar los huevos del cerambycido. Las larvas (Figura 58) se desarrollan alimentándose del interior del huevo de su huésped, para posteriormente pupar.

Una vez adulto, *A. longoi* realiza un agujero de emergencia en la cáscara del huevo, utilizando sus mandíbulas. Se ha observado que hasta 5 avispas pueden completar su desarrollo en un huevo del barrenador (Hanks *et al.*, 1996).

Estudios realizados por Hanks *et al.*, (1996) demostraron que a una temperatura de 25°C el tiempo de desarrollo de huevo a adulto del biocontrolador es de aproximadamente 16 días, teniendo los imagos un período de vida de 26 días. Las hembras de *A. longoi* tienen una fecundidad de entre 200 a 250 huevos, con una oviposición de 10 huevos por día en hembras jóvenes de entre 1 y 10 días de edad. Mientras que en hembras de más de 20 días de edad la capacidad disminuye en un 50%.



Figura 58: Larva de *A. longoi* hibernando (A. Sartori).

Según la Universidad de California (1993), la dispersión después de un año de la liberación, corresponde a 16 km, obteniéndose buenos resultados de establecimiento y dispersión,

alcanzando incluso niveles de parasitismo del 90%. *A. longoi* fue establecido en terreno utilizando trozos de eucalipto recientemente cortados, con huevos del barrenador parasitados por la avispa (Hanks *et al.*, 1996).

En Sudáfrica el año 1992, se realizó una introducción y liberación de *A. longoi*, obteniéndose tasas de parasitismo del orden del 60% (Kristen y Tribe, 1995; citados por Beèche *et al.*, 2003).

El biocontrolador *A. longoi* es un eficaz método de control para disminuir las poblaciones de *Phoracantha* sp., eliminando una alta proporción de huevos, lo que disminuye rápidamente el número de larvas del cerambycido. Posee una alta capacidad de dispersión y una gran habilidad para localizar huevos del barrenador, además debido a su alta capacidad reproductiva y corto tiempo de vida, *A. longoi* puede aumentar rápidamente su población, siempre y cuando exista un número suficiente de huevos de la plaga donde oviponer.

### **PROTOCOLO DE PRODUCCION DEL BIOCONTROLADOR *Avetianella longoi***

*A. longoi* se utiliza como controlador biológico de los huevos de *P. semipunctata*, por lo que para una adecuada producción del parasitoide, es fundamental mantener una continua provisión de huevos frescos, siendo esta actividad uno de los aspectos fundamentales en el proceso. Para cumplir con este objetivo se utilizan tres métodos:

- Crianza de *P. semipunctata* al interior de troncos de eucalipto en invernadero, para la obtención de huevos en forma controlada.
- Colecta de huevos no parasitados mediante el uso de trampa de “árbol cebo”.
- Colecta de huevos parasitados por *A. longoi* mediante el uso de trampa de “árbol cebo”.

El primer método para obtener huevos de *P. semipunctata*, es mediante su crianza en invernadero. Para esto es necesario construir trampas de “árboles cebo”, los que posteriormente serán cortados. La instalación de la trampa debe ser realizada en lugares donde existan eucaliptos en pie atacados por el barrenador y preferentemente bajo sombra.

Para la construcción de la trampa de “árbol cebo”, es necesario derribar un promedio de tres árboles, involucrando un costo para el dueño del predio donde se instalan. Debido a esto, se debe priorizar la selección de árboles que posean doble fuste, de modo que la extracción de uno de los tallos favorezca el desarrollo del árbol residual, y que en lo posible sean ejemplares deformes, sin un mayor valor comercial.

Luego de instalada la trampa de “árboles cebo”, se evalúa a la semana siguiente la postura de huevos de *P. semipunctata*, no extrayéndolos, para permitir que el huevo eclosiona y las larvas ingresen a los troncos. Verificado esto, las trozas son trasladadas al laboratorio, donde son depositadas en una cámara de crianza. Las trozas permanecen al interior de la cámara hasta que el cerambycido emerja como adulto.

Es importante señalar que los costados de los troncos deben ser sellados con parafina sólida, con el objeto de evitar la pérdida excesiva de humedad, lo que provocaría la deshidratación y posterior muerte de larvas y pupas del insecto, además en la época de invierno los troncos son dispuestos en forma vertical (Figura 59), permitiendo el escurrimiento de agua y evitando el desarrollo de hongos.

Los machos y hembras de *P. semipunctata* capturados en la cámara de crianza son puestos en una cámara de apareamiento, a una temperatura que oscila entre los 19 a 21°C, lugar donde también ocurrirá la ovipostura.

En la cámara de ovipostura, se sitúan 40 adultos del barrenador, que se disponen en una relación sexual entre machos y hembras de 3 : 2, lo que equivale a 24 machos y 16 hembras. En la cámara las hembras del insecto son alimentadas con miel y polen, sustancia que favorece el desarrollo y maduración del folículo y óvulo del aparato reproductor femenino. El apareamiento ocurre en el crepúsculo y en la noche. La hembra ovipone en promedio entre 20 a 25 huevos, observándose grupos de 5 a 50, colocándolos en la corteza de la parte baja de los troncos de eucalipto. Posteriormente, los huevos se colectan de la cámara de ovipostura procediendo a parasitarlos por *A. longoi*.

Otra manera de obtener huevos no parasitados, es mediante la construcción de una trampa de “árbol cebo”. Los huevos se colectan entre Enero y Marzo, mediante el recorte de la zona de la corteza donde han sido ovipuestos.

En los dos casos descritos, las trampas de “árboles cebo” son instaladas en zonas con un alto porcentaje de ataque de la plaga, pero sin la presencia del biocontrolador.

Luego de obtenidos los huevos del barrenador se parasitan dentro de un tubo de ensayo de 80 cc, instalándose un promedio de 200 huevos, con una relación de 3 : 1 (3 huevos por 1 adulto de *A. longoi*), aprovechando al máximo el potencial reproductivo del parasitoide. El proceso tiene una duración de 3 días a una temperatura de 20°C, no suministrando alimento a los adultos del biocontrolador durante la parasitación.

Dado el pequeño tamaño de *A. longoi*, la tarea de distinción de sexos es difícil, por lo que se asume que su relación sexual es 1 : 1, suponiendo también que el apareamiento del parasitoide ocurre en el mismo tubete de parasitación.

Resulta fundamental para la atracción del biocontrolador, que los huevos del barrenador se encuentren recién ovipuestos, los que se distinguen por presentar un tono transparente y apariencia licuada.



Figura 59: Trozas de *E. globulus* en cámara de crianza para la obtención de adultos de *A. longoi* (A. Sartori).

La tercera forma de colecta de huevos del barrenador, es mediante la instalación de un “árbol cebo” en lugares con alto nivel de parasitismo. En este caso, las trozas se deben revisar a la semana siguiente de instalados, retirando los huevos del cerambycido mediante una incisión en la corteza donde fueron ovipuestos, llevándolos posteriormente al laboratorio para verificar su parasitación.

Una vez obtenidos los huevos parasitados, independiente del método utilizado, se introducen en un tubo de ensayo de 80 cc, en los que se ingresan entre 200 y 300 huevos en el trozo de corteza en el que fueron ovipuestos. Posteriormente, se realiza la crianza a una temperatura entre los 23 y 25°C por un período promedio de 16 y 17 días, luego del cual emerge finalmente el adulto.

Es posible identificar visualmente los huevos parasitados, ya que éstos poseen un color amarillo intenso, observándose en su interior la formación de unas membranas con forma de “sacos”, que posteriormente comienzan a dividirse. Además la larva de *A. longoi* va absorbiendo el huevo de *P. semipunctata*, en forma progresiva. Por su parte, los huevos no parasitados tienen un color blanquizco y es posible observar el embrión al interior del huevo.

A medida que se desarrolla el biocontrolador al interior del huevo, este último va adquiriendo distintas tonalidades dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentre el parasitoide. En un comienzo el huevo es de un tono blanquizco, luego se torna café claro a café oscuro y finalmente negro, siendo éste último color, indicador que el parasitoide está próximo a emerger, fenómeno que se hará efectivo ese mismo día o como máximo al día siguiente.

También es posible observar que a medida que avanza el ciclo de vida de *A. longoi*, el huevo de *P. semipunctata* se va secando progresivamente, el que va adquiriendo la forma del estado de desarrollo del biocontrolador.

Cuando el parasitoide comienza a pupar (mes de Octubre y entre los 10 a 14 días posteriores a la parasitación), se debe aumentar la humedad de las cortezas de eucalipto mediante la aplicación de agua con un gotario, de modo de facilitar la emergencia de *A. longoi*, evitando una humedad excesiva que pudiera facilitar el desarrollo de hongos. Finalmente, los adultos de *A. longoi* emergen entre los meses de Diciembre y Abril - Mayo.

Una alternativa complementaria para el abastecimiento de huevos de *P. semipunctata*, es obteniéndolos de lugares altamente infestados por la plaga, llevándolos rápidamente al laboratorio para su evaluación, siguiendo las metodologías descritas, dependiendo de las características o condiciones que presente.

La duración total del proceso es entre 18 a 20 días, desglosados en 3 días para el proceso de parasitación, más 15 a 17 días, que tarda en emerger el adulto de *A. longoi*, a una temperatura entre los 22 y 24°C.

En laboratorio se ha observado que el adulto de *A. longoi*, no vive 16 días como describe la literatura, sino que su período de vida como adulto es de sólo 7 días, lo que puede ser explicado fundamentalmente por el estrés causado por las altas temperaturas.

Una vez obtenidos los adultos de *A. longoi*, estos se deben trasladar el mismo día a terreno, enviando juntos tanto a machos como hembras, asumiendo que el apareamiento ocurre previo a la liberación en el tubo de ensayo en que son transportados (Figura 60). Para estos efectos, se disponen 50 biocontroladores por tubo, liberando entre 50 y 100 adultos por punto de liberación. Esta cantidad es determinada por el grado de ataque del lugar afectado, el que entrega una prioridad para la programación de metas y la cantidad de parasitoide a producir en el laboratorio.

Al liberar adultos de *A. longoi*, no se realiza diferenciación por sexo, pero se debe corroborar la relación sexual antes de llevarlos a terreno, que generalmente es 1 : 1 (machos y hembras). En caso de liberar sólo hembras, éstas no serán fecundadas, dando origen a machos, por su condición partenogénica (C. Goycoolea, com. pers.). En general, es importante revisar la relación sexual en la producción de todos los parasitoides.

Para la alimentación de los biocontroladores, en los tubos de ensayo se dispone de agua con miel, la que se aplica como una pequeña línea con la ayuda de una aguja en la superficie interna del tubete.

Un factor a considerar en la crianza de los biocontroladores en laboratorio, es la pérdida de su capacidad de vuelo, ya que no necesitan buscar exhaustivamente los huevos de *Phoracantha* spp. (C. Goycoolea, com. pers.).

Cuando el suministro de huevos de cerambycido en laboratorio es escaso, los adultos de *A. longoi* se deben mantener en un bioclimático a una temperatura de 15°C, alimentados con miel diluida.

Es importante destacar que los tres métodos descritos para la obtención de huevos de *P. semipunctata* se complementan para aumentar la producción de adultos de *A. longoi*.



Figura 60: Tubo de ensayo con adultos de *A. longoi* preparados para su liberación (A. Baldini).

El proceso de reproducción de *A. longoi* se puede resumir en la Figura 61.

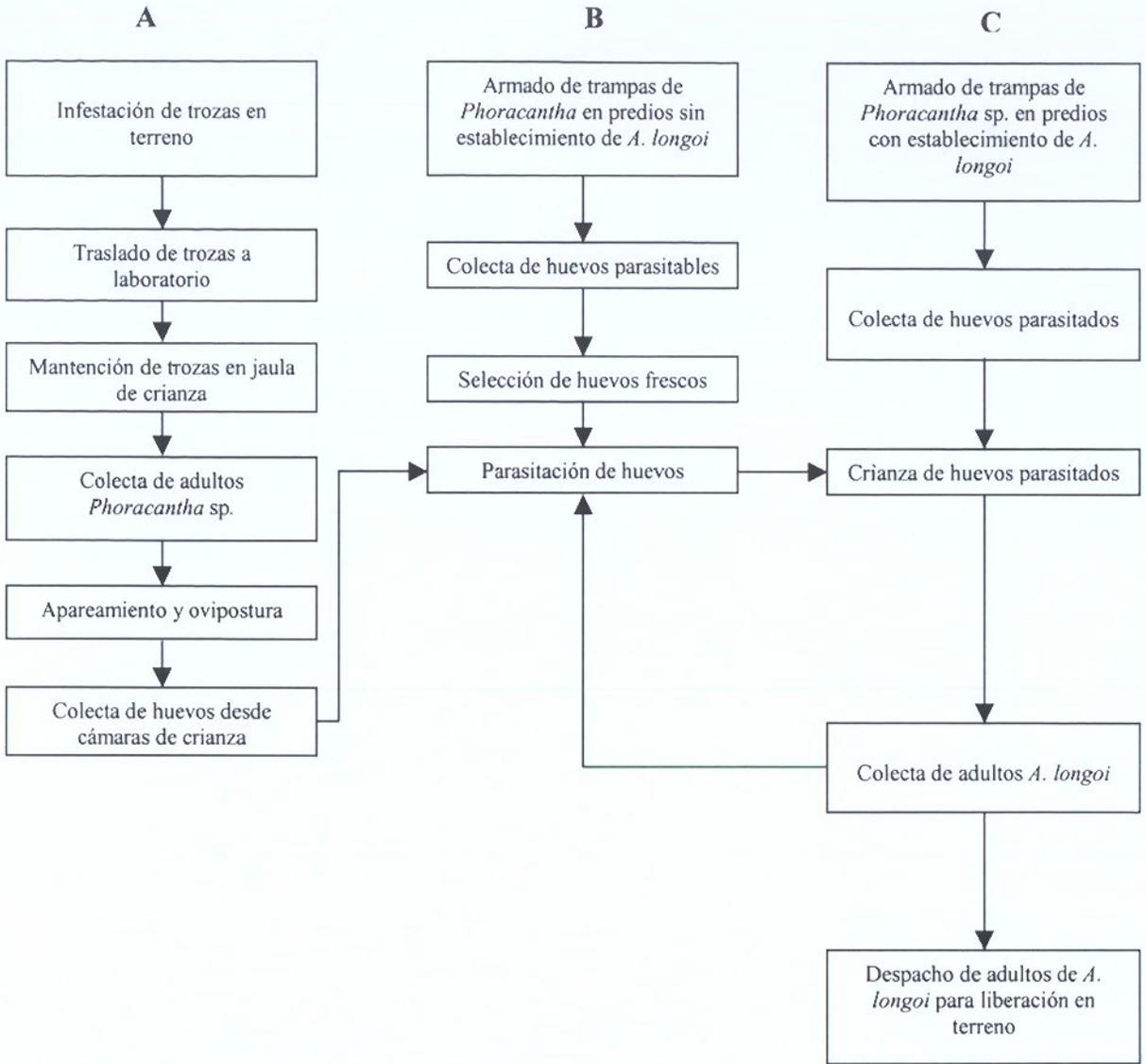


Figura 61: Esquema de reproducción de *A. longoi* (Baldini *et al.*, 2003).

## CAPITULO V

### *Ctenarytaina eucalypti* Maskell (Hemiptera: Psyllidae), "PSILIDO DEL EUCALIPTO" o "PULGON DEL EUCALIPTO"

#### ANTECEDENTES GENERALES

*C. eucalypti* Maskell (Hemiptera: Psyllidae) es un insecto originario del Sudeste de Australia y Tasmania (Froggatt, 1903; Tuthill y Taylor, 1955; Morgan, 1984; citados por Hodkinson, 1999). Sin embargo, su descripción fue hecha por Maskell a través de especímenes colectados de *E. globulus* en Nueva Zelanda (Maskell, 1980; citado por Hodkinson, 1999).

El daño provocado por el insecto se relaciona con sus hábitos alimenticios, ya que succiona la savia de hojas juveniles sésiles y brotes provocando su deformación, marchitez y desecación, llegando incluso a provocar la muerte de plantas jóvenes (Meza y Baldini, 2001b). El daño más relevante es la pérdida de plantas en viveros como consecuencia de la desecación paulatina de ápices, brotes y hojas sésiles (Goycoolea *et al.*, 2002).

En su país de origen, el daño producido por el psílido es limitado (Chauzat *et al.*, 2001) y no ha ocasionado grandes pérdidas económicas debido a que se encuentra sometido a un control biológico natural (Dahlsten *et al.*, 1998; citados por Meza y Baldini, 2001a). Diferente es la situación en otros países, en los cuales la plaga ha ocasionado serios daños en plantas jóvenes del género *Eucalyptus*, especialmente en las especies *E. maidenii* (Asenjo, 2002), *E. globulus*, *E. nitens*, *E. gunnii*, *E. pulverulenta* Sims, *E. neglecta* Maiden y *E. perriniana* F. Muell ex Benth (Goycoolea *et al.*, 2002).

En Europa *C. eucalypti* se encuentra presente en Inglaterra, Portugal, España, Italia, Francia e Irlanda. En África se ha descrito para Ceilán, África del Sur, Burundi, Tanzania y Etiopía. También se ha reportado su presencia en Sri Lanka y Nueva Zelanda (Meza y Baldini, 2001b). A los Estados Unidos ingresó en 1991, siendo detectado en el condado de Monterrey, a partir del cual se expandió por toda el área costera y valle central de California, en donde ha atacado especialmente a *E. pulverulenta*, especie utilizada en la industria del follaje ornamental (Dahlsten *et al.*, 1993), aunque también se ha encontrado en *E. globulus*, *E. cinerea*., *E. glaucescens* Maiden & Blakely, *E. camaldulensis* (C2 clon) y *E. viminalis* (Dahlsten *et al.*, 1998; citados por Meza y Baldini, 2001a).

Burckhardt *et al.*, (1999); citados por Meza y Baldini (2001a), señalan que en Sudamérica el psílido se encuentra presente en Brasil y Uruguay. En Brasil se ha detectado en plantaciones experimentales de *E. bicostata* Maiden, *E. globulus* y *E. nitens*, mientras que *E. viminalis* y *E. deanei* Maiden, especies establecidas en el mismo lugar, no han presentado síntomas de ataque. En Uruguay sus principales hospedantes son *E. globulus*, *E. maidenii* y *E. bicostata* y en menor grado *E. gunnii* (Meza y Baldini, 2001a). También se ha observado daño en plantaciones de *E. globulus* en Bolivia y Colombia (Meza y Baldini, 2001b).

En Chile *C. eucalypti* fue detectado por el SAG en 1999 en la I Región en plantaciones de *E. globulus* y *E. nitens* (Meza y Baldini, 2001a). Al año siguiente, prospecciones realizadas por este organismo en conjunto con empresas forestales, determinaron que el insecto se encontraba en forma generalizada desde la I a la VII Región. Posteriores prospecciones realizadas por la CONAF indican que su distribución, a Enero del 2001, abarca hasta la X Región siendo su límite sur la provincia de Valdivia (Meza y Baldini, 2001a).

La experiencia de aquellos países en donde ha afectado el recurso forestal sugiere la pertinencia de su control, el que se ha logrado principalmente por medio de la introducción de la avispa parasitoide *P. pilosus* (Dahlsten *et al.*, 1998; citados por Meza y Baldini, 2001b).

## ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

*C. eucalypti* presenta un ciclo de vida con metamorfosis incompleta y tres estados de desarrollo: huevo, ninfa y adulto (Goycoolea *et al.*, 2002).

**Huevo:** Sus dimensiones son en promedio de 0,4 mm de largo por 0,16 mm de ancho. Tienen forma oval, alargada y presentan un pedicelo inferior corto y cónico por el que quedan unidos a la planta. Recién puestos son de un color lechoso, brillante, presentando una consistencia aguada, ligeramente viscosa. Con su desarrollo se tornan de un tono amarillento y próximos a la eclosión se ponen de un color anaranjado, observándose a través del corión los ojos de la ninfa (Cadahía, 1980).

Los huevos son colocados en forma de racimo en la base de las hojas terminales y brotes axiales, en pequeñas ramas o en las yemas, pero principalmente en las hojas o brotes juveniles (Figura 62). A los 15 días, con temperaturas promedio de 20°C, aparecen las primeras ninfas, las que posteriormente se alimentan de las hojas cercanas al lugar de oviposición de los huevos (Dahlsten *et al.*, 1996).



Figura 62: Huevos de *C. eucalypti* (A. Sartori).

**Ninfa:** Antes de alcanzar el estado adulto (Figura 63), la ninfa pasa por cinco estadios claramente diferenciados, que se distinguen principalmente por el desarrollo de pterotecas (pteros: ala; tecas: lo que envuelve al ala). Estos fueron descritos detalladamente por Olivares (2004):

- Primer estadio ninfal: Se caracteriza por ser inmóvil, de ojos rojos, cuerpo amarillo, sin presencia de pterotecas, tibia y tarso fusionados.

- Segundo estadio ninfal: Se caracteriza por presentar movimiento, de ojos rojos, cuerpo amarillo, presencia de setas alrededor del cuerpo, ausencia de pterotecas, tibia y tarso fusionados.
- Tercer estadio ninfal: Se caracteriza por el comienzo del desarrollo de pterotecas, cuerpo amarillo con manchas púrpuras, tibia y tarso fusionados.
- Cuarto estadio ninfal: Presenta gran desarrollo de pterotecas, tibia y tarso fusionados.
- Quinto estadio ninfal: Desarrollo completo de pterotecas, gran movimiento, tibia y tarso unisegmentados.

Existe una gran diferencia entre las ninfas del primer y quinto estadio no sólo por su tamaño, sino por su coloración general. A medida que van cambiando de estadio su color se va tornando gris (Goycoolea *et al.*, 2002). Las ninfas del último estadio son las de mayor tamaño y poseen una gran movilidad, con ojos de color castaño rojizo. El tercio final del abdomen, las antenas y las alas vestigiales son de una tonalidad castaño verdoso (Meza y Baldini, 2001a).



Figura 63: Estados ninfales de *C. eucalypti* (A. Baldini).

**Adulto:** El adulto es de 1,5 a 2 mm de largo, asemejándose a una pequeña cigarra o áfido alado (Figura 64). Son insectos de rápidos movimientos combinados de salto y vuelo (Meza y Baldini, 2001a). La cabeza es ancha con ojos compuestos bien desarrollados; antenas largas con diez artejos, de color amarillo, con las puntas negras y rostro corto y trisegmentado. Su aparato bucal es del tipo succionador, con forma de un fino tubo. Su cuerpo es de color púrpura oscuro, con bandas transversales amarillas sobre la parte alta y baja del abdomen, desde el costado inferior de la cabeza y tórax. El tórax, bastante globoso, presenta dos pares de alas membranosas, siendo de mayor consistencia las anteriores que las posteriores, dispuestas en forma de tejado durante el reposo. Las patas, son de un color amarillo oscuro, presentan fémures fuertes y tibias comprimidas terminadas en cortas cerdas apicales. El abdomen es alargado y en su parte terminal posee las armaduras genitales bien diferenciadas en machos y hembras (Zondag, 1982; Ramirez *et al.*, 1992; citados por Meza y Baldini, 2001a).



Figura 64: Estado adulto de *C. eucalypti* colonizando hojas sésiles (G. Cogollor).

El comportamiento de *C. eucalypti* en Chile es polivoltino, por lo que en altas poblaciones se produce una superposición de estados y generaciones, encontrándose huevos, ninfas y adultos durante todo el año.

En condiciones promedio de 18°C y 70% de humedad, su ciclo de vida puede ser completado en un mes (Cadahía, 1980; citado por Meza y Baldini, 2001a). En las islas británicas donde el ciclo de vida es continuo, se aprecian varias generaciones superpuestas, y en California, Estados Unidos es posible observar 4 generaciones por año (Hodkinson, 1999). De acuerdo a Dahlsten (1996), este fenómeno depende fundamentalmente de las condiciones de la plantación y el clima, observándose por ejemplo que las poblaciones de la plaga disminuyen ante condiciones atmosféricas rigurosas, especialmente durante el otoño y el invierno.

En Chile la descripción de *C. eucalypti* cobra especial relevancia, dado que en 1999 se detectó otro miembro de la familia de los psílidos, *Blastopsylla occidentalis* Taylor (Hemiptera: Psyllidae), aún cuando no se ha registrado posteriormente su presencia. Esta especie también tiene como hospederos a *E. globulus* y *E. nitens*. La diferenciación entre estos insectos es difícil de realizar, siendo el rasgo más distintivo la presencia de un conjunto de cerdas apicales en la mesotibia de *C. eucalypti*, no presentes en *B. occidentalis* (Burckhardt y Elgueta, 2000; citados por Meza y Baldini, 2001b).

## DINAMICA DE ATAQUE

*C. eucalypti* es altamente específico, alimentándose sólo dentro del rango de distribución de las especies del género *Eucalyptus* (Hodkinson, 1999). El psílido se clasifica como un insecto succionador, es decir, posee las partes de su aparato bucal modificadas para ser insertadas en el tejido vascular y parénquima foliar de las hojas juveniles, a modo de obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo (Elliott y De Little, 1985; Parra y González, 1998; Ramírez *et al.*, 1992; citados por Meza y Baldini, 2001a).

La hembra deposita sus huevos en grupos cerca de los ápices en desarrollo, axilas foliares, pequeñas ramas y en particular en el interior de los ramilletes de hojas jóvenes, esta ovipone en promedio 60 huevos, con un mínimo de 20 y un máximo de 100.

En el verano el tiempo de incubación dura alrededor de una semana, mientras que en períodos fríos la eclosión se retarda. Sin embargo, los huevos pueden permanecer en dormancia durante el invierno, eclosionando cuando las temperaturas sean más favorables (Queiroz *et al.*, 1999; citados por Asenjo, 2002). En promedio la eclosión se produce al cabo de 6 a 12 días, naciendo ninfas de gran agilidad (Porcile, 1998; citado por Asenjo, 2002).

Las ninfas se desarrollan exclusivamente en ramas y hojas juveniles, produciendo una sustancia mielosa y cerosa, con secreciones en flocos. Las ninfas neonatas se concentran en colonias formadas por un gran número de individuos sobre los tallos, hojas y yemas tiernas, además del envés de las hojas (Meza y Baldini, 2001a).

Conforme van desarrollándose, cubren por completo los tallos y hojas de los brotes terminales. Con movimientos del abdomen, las ninfas secretan filamentos algodonosos, los que se hacen más largos y abundantes a partir del tercer estadio, llegando a cubrir completamente a las colonias. Además producen una melaza en forma de bolas gelatinosas

(Figura 65).



Figura 65: Masa algodonosa producida por los adultos de *C. eucalypti* (L. Cerda).

Las ninfas y los adultos se alimentan de los retoños succulentos en crecimiento de árboles jóvenes o del nuevo crecimiento de árboles más viejos. Los árboles maduros, con una mayor proporción de follaje viejo, son menos susceptibles al ataque que árboles jóvenes, por lo que el psílido del eucalipto es particularmente abundante en plantaciones recién establecidas (Hodkinson, 1999).

La razón por la cual *C. eucalypti* prefiere ovipositar en las hojas juveniles no está claramente establecida, debido a que los adultos de esta especie sobreviven bien tanto en hojas adultas como juveniles. Además, la producción de ligamaza y el comportamiento de rastreo realizado por el estilete de *C. eucalypti*, son independientes del tipo de hoja, no siendo afectado por la presencia de cera epicuticular (Brennan y Weinbaum 2001; citados por Brennan *et al.*, 2001).

Sin embargo, algunas observaciones sugieren que la supervivencia de las ninfas de *C. eucalypti* en hojas adultas es limitada, lo que podría explicar la preferencia de esta especie de ovipositar en los retoños juveniles (Brennan, 2000; citado por Brennan *et al.*, 2001). Es posible también, que las diferencias químicas y nutricionales entre los retoños juveniles y adultos, determinen la preferencia de *C. eucalypti* por las hojas sésiles (Brennan *et al.*, 2001).

Brown y Lawton, (1991); citados por Brennan *et al.*, (2001) sugieren que estos insectos son influenciados por la evolución de forma de la hoja. No obstante, en *Eucalyptus* spp. la heteroblastia se presenta más bien como una adaptación al clima que a la herbivoría (Cameron, 1970; Beadle *et al.*, 1989; Bell y Williams 1997; citados por Brennan *et al.*, 2001).

## DAÑOS

Al alimentarse de los fluidos vitales de la planta, *C. eucalypti* provoca la desecación paulatina de las hojas, las que se marchitan, retuercen y deforman, adquiriendo un color grisáceo negruzco (Cadahía, 1980; citado por Asenjo, 2002). Además, la alimentación del psílido puede causar daño agudo, como la inhibición de la formación del rebrote y la distorsión en la forma de las nuevas hojas (Dahlsten, 1996).

Los daños más severos se verifican cuando los crecimientos son más lentos y se prolonga la permanencia del follaje juvenil, especialmente en las hojas sin pecíolo. Los brotes tiernos llegan a secarse, generando bifurcaciones de las guías terminales de la planta. En la zona de ataque se produce una abundante secreción azucarada que facilita la aparición de fumagina,

hongo con aspecto de hollín que disminuye la capacidad fotosintética de la planta (Porcile, 1998; Meza y Baldini, 2001a; citados por Asenjo, 2002). Además, el insecto puede ocasionar daños indirectos a su hospedante, inyectando a través de la saliva virus, bacterias y otras enfermedades (Queiroz *et al.*, 1999).

Dadas las características del daño, los altos niveles de infestación, su alto potencial reproductivo y la capacidad de dispersión de adultos y ninfas, es que el insecto puede comprometer significativamente la calidad de la madera cuando produce daños de consideración en el brote apical (Meza y Baldini, 2001a).

Observaciones en Chile indican que *C. eucalypti* sólo puede ser considerada una plaga en las áreas de menores precipitaciones, es decir desde la VIII Región al norte. En las regiones IX y X, aún cuando se encuentra atacando en altas poblaciones, por efecto del rápido crecimiento del eucalipto, la planta se recupera en una o dos temporadas, independiente del daño sufrido cuando presenta hojas sésiles.

## CONTROL

A inicios de la década de los setenta, conforme al aumento de la producción intensiva de *Eucalyptus* spp. y a la entrada del psílido en distintos países del mundo, la investigación referente al control del *C. eucalypti* ha tenido importantes avances.

Diversos autores afirman que en la mayoría de los países donde el insecto se ha establecido, las entidades responsables de la protección fitosanitaria han reaccionado oportunamente llevando a cabo estudios sobre la biología del insecto, su dinámica poblacional, el análisis del período de actividad / dormancia e investigaciones sobre aspectos culturales que permitan minimizar la incidencia del psílido y maximizar la productividad.

En Chile se han aplicado técnicas de control integrado, obteniéndose los mejores resultados con el control biológico, incluso actuando el biocontrolador como biopesticida, lo cual obliga a repetir las liberaciones en el campo.

### *Control Químico*

El control químico se lleva a cabo fundamentalmente mediante insecticidas de contacto, lo que facilita el control de la plaga en viveros. Sin embargo, en plantaciones recién establecidas, es costoso y poco confiable debido al corto ciclo de vida de la plaga y a la rápida reinfestación desde árboles cercanos. Dahlsten *et al.*, (1998); citados por Asenjo (2002), señalan que los tratamientos con insecticidas son de alto costo y poco seguros, dadas las características y hábitos de vida de este insecto. De acuerdo al autor estudios realizados con productores de San Diego, Estados Unidos, entregaron como resultado que en la mayoría de los puntos de aplicación las poblaciones del psílido se incrementaron rápidamente después de los tratamientos, siendo necesario más de 10 aplicaciones por estación.

Una experiencia de control químico similar se realizó en Australia utilizando dosis de 10 kg / m<sup>3</sup> de carbosulfan en plantaciones *E. globulus*. El tratamiento fue eficiente tan sólo por 4 meses, produciéndose una reinfestación al cabo de 6 meses (Barth, 1990; citado por Meza y Baldini, 2001b).

Según Hodgkinson (1999), para obtener un control químico efectivo en terreno es necesario rociar en forma repetida, a intervalos de 2 a 3 semanas las plantas afectadas, lo que impediría el rápido desarrollo de insectos resistentes a insecticidas.

No obstante lo anterior, *C. eucalypti* es muy sensible a insecticidas de contacto, por lo que en condiciones de vivero el control químico parece ser factible. Una vez que se presenta el daño es recomendable la aplicación de insecticidas organofosforados en base a Mercaptothion, Carbaryl o Piretroides. Sin embargo, es probable que sea necesario repetir los tratamientos (Porcile, 1998; citado por SAG, 2000).

### *Control Silvicultural*

Es evidente que toda práctica que contribuya al fortalecimiento y rápido crecimiento de las plantaciones, principalmente en laboreo y control de malezas, contribuirá a superar las primeras etapas de desarrollo en las que predominan las hojas jóvenes más susceptibles. Según Cadahía (1980), cuando se produce el cambio de follaje y aparecen las hojas falcadas, las plantas están libres del ataque y se recuperan totalmente.

Además, las plantaciones deben establecerse sobre un suelo adecuado, ya que de lo contrario y producto de un impacto físico – mecánico, las plantas pueden estancarse en las primeras edades, siendo fácilmente atacadas por *C. eucalypti* (Cadahía y Rupérez, 1979; citados por Cadahía, 1980).

### *Control Biológico*

Los primeros antecedentes acerca del control biológico de *C. eucalypti* se remontan al año 1982, cuando en Nueva Zelanda se introduce *Cleobora mellyi* Mulsant (Coleoptera: Coccinelidae), insecto que en sus estados de larva y adulto se alimenta del psílido (Zondag, 1982; citado por Olivares, 2000).

Azevedo y Figo, (1979); citados por Meza y Baldini (2001a), reportan que otros biocontroladores de *C. eucalypti* corresponden a insectos del orden Diptera (Moscas), pertenecientes a la familia Syrphidae como *Eumerus* sp., *Melliscaeva cictellus* Zett., *Pipizella* sp. y *Sphaerophoria scripta* L.; a la familia Sciaridae como *Bardysia* sp. y a la familia Tabanidae como *Haematopota ocelligera* Krob. También se mencionan pequeñas avispas de la familia Ichneumonidae como *Pteroptrix maskelli* Ashmead, insectos del orden Syrphoctonus como *Syrphoctonus* spp. y algunas especies del orden Odonata, además de algunos arácnidos y aves que se alimentan de ninfas y ejemplares adultos de *C. eucalypti*.

Olivares (2000), afirma que en Chile *Pipiza* sp. (Diptera: Syrphidae), podría convertirse eventualmente en un controlador biológico de la plaga. Debido a que muestras colectadas en la provincia de Ñuble, Chillán, evidenciaron una predación del psílido por parte de este insecto.

Sin embargo, de los biocontroladores expuestos, *P. pilosus*, es el parasitoide que ha logrado mejores resultados en el control de la plaga.

### ***Psyllaephagus pilosus* Noyes (Hymenoptera: Encyrtidae)**

El particular ímpetu para el biocontrol de *C. eucalypti* se generó después de la introducción del agente en Monterrey, California en 1991, en una zona donde el eucalipto había sido cultivado exitosamente por 30 años (Dahlsten *et al.*, 1993; citado por Hodkinson, 1999).

La búsqueda de enemigos naturales de *C. eucalypti* se llevó a cabo en Australia y Nueva Zelanda durante los años 1991 y 1992. Como resultado de esta investigación se encontraron restos de ninfas parasitadas sometidas a un fuerte control natural efectuado por una pequeña avispa identificada como *Psyllaephagus pilosus*. Esta mostraba una gran capacidad y aptitud para el control biológico de *C. eucalypti*, siendo un eficaz enemigo natural del psílido en estos países.

El insecto es nativo de las partes más frías de Australia meridional y Tasmania. Sin embargo, el parasitoide había sido clasificado anteriormente a partir de especímenes colectados en Nueva Zelanda por Noyes en 1988, concluyéndose que había ingresado a este país junto con su hospedero (Hodkinson, 1999).

*P. pilosus* es un solitario parásito interno de aproximadamente 1 mm de longitud, de color negro con iridescencia verdosa. Además, es un rápido volador y activo buscador del agente plaga (Hodkinson, 1999).

Las hembras depositan un solo huevo al interior del último estadio ninfal de *C. eucalypti*, escogiendo ejemplares con un tamaño suficiente para asegurar el desarrollo de su descendencia (Hodkinson, 1999). Para alimentarse, éstas provocan heridas en el cuerpo de su víctima mordiéndolo o insertando su ovipositor (Chauzat *et al.*, 2001). De estas lesiones, la avispa lame la hemolinfa exudada y los fluidos internos del psílido (Dahlsten *et al.*, 1996).

Para el parasitoide es importante la sobrevivencia de su huésped, por lo que no destruye inmediatamente los órganos esenciales de la ninfa (Chauzat *et al.*, 2001). La larva se alimenta del contenido del cuerpo del psílido, primero inmovilizando y enseguida matándolo, desarrollando el proceso de pupación dentro de los restos momificados de la ninfa (Robinson, 1970; Dahlsten, 1996; citados por Hodkinson, 1999). Luego de tres semanas, a una temperatura promedio de 25°C, completa su desarrollo (Dahlsten *et al.*, 1996), emergiendo una avispa adulta desde un pequeño agujero situado la mayoría de las veces dorsalmente en el abdomen del psílido, el cual confecciona utilizando su aparato bucal (Chauzat *et al.*, 2001).

Luego de profundas observaciones y análisis respecto a la especificidad de *P. pilosus* en cuarentena, el parasitoide fue liberado en zonas de California, Estados Unidos, con gran éxito constituyéndose de esta manera como el primer país donde se introdujo. La liberación se realizó durante el primer semestre de 1993, obteniéndose al término del año un parasitismo superior al 50% (Chauzat *et al.*, 2001). Experiencias similares se llevaron a cabo en Inglaterra (1993), Francia (1997) e Irlanda (1998), lográndose una tasa de parasitismo de 100% en los sitios de liberación, obteniéndose importantes beneficios desde el punto de vista ambiental y económico (Dahlsten *et al.*, 1996; Malausa y Girardet, 1997; Dahlsten, 2000; Purvis, 2000; citados por Meza y Baldini, 2001b).

El rango de esparcimiento de *P. pilosus*, a partir de los sitios iniciales de introducción, es bastante rápido. En California, a mediados de 1994 se encontró la presencia del parasitoide a 18 km del sitio de introducción y en 1995, éste se detectaba a lo largo de bastas áreas con plantaciones de eucaliptos (Dahlsten, 1996; citado por Hodkinson, 1999).

Para el programa de introducción en Estados Unidos, se ha estimado una proporción costo : beneficio entre 1 : 9 a 1 : 24, basándose sólo en la reducción de tratamientos insecticidas. Los beneficios económicos adicionales, incluyendo el mayor rendimiento del follaje, posible reducción de contaminación ambiental y sus efectos sobre la salud, además del hecho de evitar la resistencia al pesticida por parte de la plaga, no fueron considerados en el análisis, estimándose una mejora en los beneficios de esta proporción (Dahlsten *et al.*, 2004).

Asimismo, el año 1996, luego de tres meses de introducción en Tanneron Massify, al sur este de Francia, el parasitoide ya había colonizado sitios a lo largo del Alpes - Maritimes y el Var oriental (Malausa y Girardet, 1997; citados por Hodkinson, 1999). Por su parte, en Liguria, norte de Italia, desde el momento de su introducción *P. pilosus* recorrió 85 km, extendiéndose naturalmente por toda la zona de plantaciones de eucaliptos (Hodkinson, 1999).

En Irlanda luego de 2 meses de la primera liberación se registró un nivel de parasitismo cercano al 100% dentro de la zona de estudio. Asimismo, en menos de 6 meses la avispa había sido localizada a 75 km desde el lugar de liberación (Chauzat *et al.*, 2001; citados por Asenjo, 2002).

Al parecer, más que las capacidades de dispersión propias del parasitoide, la principal limitante para la propagación de *P. pilosus*, lo constituye la desigual distribución de las plantaciones de eucaliptos dentro de un territorio (Hodkinson, 1999). Al encontrarse estas plantaciones en forma dispersa y aislada, es posible que existan sectores donde *P. pilosus*, no se establezca, siendo necesario acelerar la diseminación del parasitoide en forma artificial (Hodkinson, 1999).

Un aspecto a considerar, es que un parasitoide no elimina totalmente a su hospedante, por lo que una población residual de *C. eucalypti*, es esencial para mantener la población de *P. pilosus*. Se ha observado que en industrias donde se requiere de un follaje del eucalipto de alta calidad para ser utilizado por ejemplo en arreglos florales, existe una tendencia a

utilizar químicos a objeto de eliminar toda la población del psílido. Sin embargo, esto podría conducir a la eliminación del parasitoide dentro de áreas controladas, provocando una potencial pérdida de control (Dahlsten *et al.*, 1996). Además, con el tiempo el follaje de los eucaliptos maduros tiende a endurecerse, siendo necesario conservar suficiente follaje joven para mantener en un cierto nivel las poblaciones del psílido y del parasitoide (Hodkinson, 1999).

El problema de la supervivencia invernal de *P. pilosus* y su impacto en la relación planta – psílido – parasitoide, probablemente no sea importante en regiones templadas como el sur de Francia, Italia, España, California y Chile. De todas formas, la posibilidad de establecer exitosamente las poblaciones de *P. pilosus*, aumenta cuando este pasa el invierno en estado de pupa, sin embargo puede verse afectada negativamente por temperaturas muy frías. Experimentos de laboratorio en cabinas con temperatura constante muestran que los adultos logran emerger con éxito después de sobrevivir a  $-10^{\circ}\text{C}$  por dos semanas. En colinas de Gales, se ha observado que este ha sido capaz de sobrevivir cinco inviernos con éxito a temperaturas mínimas del aire de  $-14^{\circ}\text{C}$ , presentando sólo una dispersión más lenta (Cadahía, 1980).

En Chile durante el año 2002 se logró establecer con éxito el controlador biológico de *C. eucalypti*, a partir de individuos procedentes de Perú, observándose altos niveles de parasitismo a finales de ese año. Al respecto, es necesario destacar que la implementación y desarrollo de este programa, se realizó a través del convenio entre el SAG y la CPF S.A., lo que posibilitó una exitosa coordinación y ejecución de diversas acciones en el ámbito de la colecta, cuarentena, liberación, masificación y transferencia de tecnologías de control biológico hacia las empresas forestales del país (SAG, 2002).

Además la CONAF, a través del Centro de Semillas, Genética e Investigaciones Entomológicas, ha establecido un ensayo de multiplicación del parasitoide, permitiendo la liberación del control biológico en distintos puntos del país (Asenjo, 2002).

## **PROTOCOLO DE PRODUCCION DEL BIOCONTROLADOR *Psyllaephagus pilosus***

Para la producción del biocontrolador es fundamental contar con un número suficiente de adultos de *C. eucalypti*, cuyas hembras ovipondran en las hojas sésiles de los eucaliptos. Así, una vez eclosados los huevos, se tendrá una cantidad adecuada de ninfas para realizar el proceso productivo.

En el Laboratorio Entomológico de CONAF, las plantas de *E. globulus* se encuentran en macetas, al interior de un invernadero de 3 m de largo por 3 m de ancho, con riego cada 2 días y un régimen de poda continuo, con objeto de favorecer el desarrollo de brotes nuevos y hojas sésiles.

Dada la fácil dispersión que presenta el insecto, la infestación de plantas de eucaliptos en el invernadero es sencilla (Figura 66), bastando sólo el ingreso de algunas ramas previamente infestadas.

Una vez establecidas las poblaciones de *C. eucalypti*, se procede a la liberación de *P. pilosus* en el invernadero, biocontrolador que según los antecedentes bibliográficos parasita el cuarto y quinto estadio ninfal. Sin embargo, en el Laboratorio Entomológico de CONAF se ha observado la parasitación incluso en el segundo estadio ninfal.

El biocontrolador pupa al interior del exoesqueleto de la ninfa, en un complejo denominado “momia” (Figura 67), que se encuentra adherido a las hojas del eucalipto.

Diariamente se procede a la colecta de hojas que contienen adosadas las “momias”, llevándolas posteriormente al laboratorio para cortar sólo la sección de la hoja donde se encuentran adheridas. Éstas se ingresan y almacenan en el bioclimático para su posterior envío a terreno. Se considera óptimo para el desarrollo del protocolo de producción un número de 10 “momias” por hoja.

Existen ocasiones en las cuales ejemplares adultos del biocontrolador emergen en el invernadero, los que pueden dejarse libres en el recinto de manera que parasiten ninfas, o bien, pueden ser colectados y depositados en frascos para su liberación en terreno. Los envases deben contener alimento y viruta, esto último para que se posen los adultos. Sin embargo, la liberación de estos adultos no se considera lo más adecuado, debido a que se



Figura 66: Infestación de *E. globulus* con *C. eucalypti*. Laboratorio Entomológico de CONAF, Chillán, VIII Región (A. Sartori).



Figura 67: Individuos de *C. eucalypti* parasitados por *P. pilosus*. Dicho complejo se denomina “momia” (A. Sartori).

desconoce el número de parasitaciones que han realizado y su tiempo de vida. Por esta razón, el Laboratorio Entomológico de CONAF, sólo envía material adulto que ha emergido dentro de las cámaras, debido a que se posee un registro de todas sus características biológicas.

Las liberaciones se realizan generalmente en la época de primavera, fundamentalmente en los meses de Septiembre y Octubre, siendo los meses más tardíos para su liberación Abril y Mayo, no realizándose en invierno. Sin embargo, los rangos temporales para las liberaciones varían dependiendo de la región del país donde se realicen.

Normalmente el biocontrolador es llevado a terreno en estado de pupa, siendo transportado como complejo "momia". No obstante, es común que durante el traslado a terreno se produzca la emergencia de algunos individuos de *P. pilosus*.

El tiempo que transcurre desde que el huevo de *P. pilosus* es ovipuesto en las ninfas de *C. eucalypti*, hasta alcanzar el estado de pupa es de 25 días aproximadamente. Emergiendo como adulto a los 30 días luego de la ovipostura.

Las "momias" listas para su liberación, se disponen en frascos de 20 cc, los que se sellan con dos tipos de mallas, una con orificios que permiten la salida de adultos de *P. pilosus* y otra con orificios más finos, que impiden su egreso durante el traslado, ambas sujetas con elásticos. Los frascos se dejan en terreno, colgados en un árbol y bajo sombra, extrayéndose la malla con orificios más pequeños y dejando sólo la malla que contiene orificios de un mayor tamaño. Se liberan 100 "momias" por punto, medida equivalente a 2 frascos de 20 cc, o a liberar 100 adultos del biocontrolador en terreno.

En ocasiones la población del parasitoide al interior del invernadero sufre un incremento desmedido, controlando prácticamente el 100% de la población del psílido. En estos casos se debe bajar la población del biocontrolador, mediante la extracción de adultos con un aspirador entomológico y eliminando las "momias" al interior del invernadero.

### *Liberación del Parasitoide*

Las liberaciones de *P. pilosus* se realizan en todo el país, siguiendo la distribución de *E. globulus* en plantaciones, viveros y árboles aislados. Esta actividad la desarrolla el SAG, CPF S.A. y CONAF. Estas dos últimas focalizan el control en plantaciones de empresas forestales y de pequeños y medianos productores, respectivamente.

En la Tabla 11 se presenta un resumen de las liberaciones realizadas por cada institución en distintas zonas del territorio nacional:

Tabla 11: Liberación y multiplicación del parasitoide para formar pies de cría, en distintas zonas del país (SAG, CPF S.A. y CONAF).

| Región       | Año         | Ind. Liberados<br>(número) | Institución |
|--------------|-------------|----------------------------|-------------|
| I            | 2003        | 100                        | CONAF       |
|              | 2004        | 100                        | CONAF       |
| III          | 2002        | 200                        | CONAF       |
|              | 2003        | 250                        | CONAF       |
|              | 2004        | 250                        | CONAF       |
| IV           | 2001        | 180                        | SAG         |
|              | 2002        | 1.500                      | CONAF       |
|              | 2003        | 400                        | CONAF       |
|              | 2004        | 400                        | CONAF       |
| V            | 2001        | 446                        | SAG         |
|              | 2002        | 600                        | CONAF       |
|              | 2003        | 750                        | CONAF       |
|              | 2004        | 750                        | CONAF       |
| RM           | 2001        | 300                        | SAG         |
|              | 2002        | 2.000                      | CONAF       |
|              | 2003        | 750                        | CONAF       |
|              | 2004        | 750                        | CONAF       |
| VI           | 2001        | 1.000                      | SAG – CPF   |
|              | 2002        | 3.000                      | CONAF       |
|              | 2003        | 1.000                      | CONAF       |
|              | 2004        | 1.000                      | CONAF       |
| VII          | 2001 - 2002 | 850                        | CPF – SAG   |
|              | 2002        | 5.000                      | CONAF       |
|              | 2003        | 1.000                      | CONAF       |
|              | 2004        | 1.000                      | CONAF       |
| VIII         | 2001 - 2002 | 10.131                     | CPF         |
|              | 2002        | 11.000                     | CONAF       |
|              | 2003        | 1.500                      | CONAF       |
|              | 2004        | 1.500                      | CONAF       |
| IX           | 2001 - 2002 | 463                        | CPF         |
|              | 2002        | 8.000                      | CONAF       |
|              | 2003        | 1.000                      | CONAF       |
|              | 2003        | 1.000                      | CONAF       |
| X            | 2001 - 2002 | 1.950                      | CPF – SAG   |
|              | 2002        | 8.000                      | CONAF       |
|              | 2003        | 1.000                      | CONAF       |
|              | 2004        | 1.000                      | CONAF       |
| <b>Total</b> |             | <b>96.620</b>              |             |

### *Repique de Psyllaephagus pilosus*

El repique tradicional de un núcleo de crianza consiste en obtener material biológico (“momias”) de terreno, criar el material en laboratorio y liberar los adultos obtenidos de la crianza.

Con el objetivo de disminuir los costos de esta operación, se probó la utilización de una cámara de repique diseñada por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA / Perú), que consiste en un depósito donde se introducen trozos de hojas con ninfas parasitadas. Para otorgarle humedad a las “momias” se impregna con agua una esponja ubicada en el compartimiento inferior de la cámara y se traslada al lugar de repique. Posteriormente, esta cámara se cuelga en árboles atacados por la plaga bajo sombra.

### EVALUACION DEL PARASITISMO DE *Psyllaephagus pilosus*

La evaluación de los núcleos de liberación se debe realizar tomando una muestra de 10 brotes de 10 cm de largo en el lugar donde fue realizada la liberación. Los brotes cortados son trasladados individualmente al laboratorio, en bolsas de papel mantenidas a baja temperatura. Se reciben en la sala de crianza, con una temperatura de  $17 \pm 1^\circ\text{C}$  y a una humedad relativa de  $75\% \pm 5\%$ , con un fotoperíodo de 19 horas de luz y 5 horas de oscuridad. La evaluación final se realiza contando la cantidad de adultos emergidos de *C. eucalypti* y *P. pilosus* (Tabla 12).

Tabla 12: Resultados del parasitismo de *P. pilosus* sobre *C. eucalypti*, para distintas localidades del país (CPF S.A.).

| Región | Predio                      | Evaluación de parasitismo de <i>C. eucalypti</i> por <i>P. pilosus</i><br>(% de parasitismo) |        |        |        |        |        |
|--------|-----------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |                             | Fecha  | 1ª Ev. | 2ª Ev. | 3ª Ev. | 4ª Ev. | 5ª Ev. |
| V      | San Antonio                 | 13/08/01   | 0,0    | 0,0    | 0,0    | 39,9   | 95,0   |
|        | Los Andes – El Sauce        | 24/09/01   | 0,0    | 20,0   | 89,0   |        |        |
| VIII   | San Ricardo                 | 23/07/01   | 0,0    | 0,0    | 1,1    | 26,3   | 51,8   |
|        | El Membrillo Viejo          | 21/08/01   | 0,0    | 0,03   | 77,0   | 65,1   |        |
|        | Vivero C, Douglas (plant.)  | 29/10/01   | 9,6    | 15,2   |        |        |        |
|        | La Esperanza de San Nicolás | 17/10/01   | 1,7    | 5,1    |        |        |        |
|        | Trinitarias                 | 07/11/01   | 52,0   | 60,0   | 87,0   |        |        |
|        | Licauquen                   | 15/11/01   | 29,4   | 41,4   | 68,7   |        |        |
|        | Lomas Coloradas             | 16/11/01   | 7,2    | 21,4   |        |        |        |
|        | Santa Ismenia               | 30/11/01   | 3,7    | 13,7   |        |        |        |
|        | Buen Retiro                 | 04/12/01   | 3,0    |        |        |        |        |
|        | El Chingue                  | 05/12/01   | 6,2    |        |        |        |        |
|        | El Morro                    | 06/12/01   | 3,9    |        |        |        |        |
|        | Peñuelas                    | 12/12/01   | 2,1    |        |        |        |        |
|        | Parc. Campo Bueno           | 14/12/01   | 38,6   |        |        |        |        |
|        | Buena Esperanza             | 18/12/01   | 7,4    |        |        |        |        |
|        | Fundo Curanilahue           | 20/12/01   | 0,2    |        |        | 65,0   |        |
| IX     | Parc. 17 Colonia Saboya     | 08/08/01   | 0,0    | 6,6    | 77,7   | 68,4   |        |
| X      | Las Rosas                   | 12/10/01   | 1,4    | 1,1    | 33,5   |        |        |
|        | Pillo Pillo                 | 11/12/01   | 2,3    |        |        |        |        |
|        | Vista Hermosa               | 11/12/01   | 0,9    |        |        |        |        |

Nota: Existen entre 15 y 20 días entre cada evaluación.

Los resultados de la Tabla 12, muestran que en todos los lugares donde se realizaron liberaciones fue posible recuperar ejemplares de *P. pilosus*, lo que implica un 100% de establecimiento.

Además, se aprecia que a objeto de ahorrar tiempo es posible realizar liberaciones en invierno, no obstante el biocontrolador tarda más tiempo en recuperarse y ser detectado en las evaluaciones.

## CAPITULO VI

### *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), “GORGOJO DEL EUCALIPTO”

#### ANTECEDENTES GENERALES

*Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) es originario del Sudeste de Australia y Tasmania (González *et al.*, 2004), siendo considerado una de las plagas de los eucaliptos de mayor relevancia a nivel mundial. Tanto las larvas como los adultos del insecto se alimentan de follaje, ocasionando significativas disminuciones en el crecimiento de los árboles (Beèche *et al.*, 1999).

La plaga está asociada al género *Eucalyptus*, siendo las especies más susceptibles *E. maidenii* F. Mueller, *E. viminalis*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. robusta*, *E. punctata* D.C., *E. citriodora* y *E. smithii* R. T. Baker. Otros hospederos como *E. saligna*, *E. cladocalyx*, *E. melliodora*, *E. crebra* F. Muell., *E. fastigata* Deane & Maiden, *E. paniculata* Sm. y *E. maculata* Hook. al parecer poseen una mayor resistencia al ataque de la plaga (FAO, 1958).

Según Rabasse y Perrin (1979); citados por Bachiller *et al.*, (1981) el ingreso de la plaga a Sudáfrica se registra el año 1916. Posteriormente, el insecto se dispersa hacia el norte del continente africano, siendo detectado en Mozambique y el Sur de Malawi (Beèche *et al.*, 1999). En 1940 se reportó su presencia en el Sureste de Rhodesia y las Islas Mauricio; a finales de 1944 en Kenia y el Oeste de Uganda (FAO, 1958); y el año 1948 en Madagascar (Ceballos, 1974; citado por CNICE, 2004). Para el caso de Oceanía, la presencia de la plaga fue reportada el año 1926 en Nueva Zelanda (Bachiller *et al.*, 1981).

En 1976 ingresa a Europa a la Riviera Italiana. Hacia el verano de 1978, se observan larvas del insecto en ejemplares de *E. globulus* en Mentón, Francia, las que probablemente fueron introducidas desde Ventimiglia, Italia (Bachiller *et al.*, 1981). En la Península Ibérica se detectó por primera vez en Galicia el año 1991 (Mansilla, 1992).

En América el primer reporte fue en Argentina el año 1925 (Marelli, 1928; citado por Cordero y Santolamazza, 2002). Posteriormente colonizó Uruguay en 1943 y los estados brasileños de Rio Grande do Sul en 1955, Santa Catarina y Paraná en 1982 y Sao Paulo en 1992 (Rosado Neto, 1993; citado por Cordero y Santolamazza, 2002). El año 1995, *G. scutellatus* fue reportado en California, Estados Unidos (Cowles y Downer, 1995; citados por Cordero y Santolamazza, 2002).

En Chile la primera detección fue realizada en Febrero de 1998 por el SAG, en la localidad de Termas de Jahuel, Provincia de Los Andes, V Región, hecho que generó la necesidad de adoptar diversas acciones de vigilancia fitosanitaria y de control (Beèche *et al.*, 1999). Hacia el año 2004, la presencia del insecto ya se ha observado en plantaciones forestales de la VIII Región, específicamente en las Provincias de San Carlos, Chillán y Concepción (C.

Goycoolea, com. pers.).

## ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

**Huevo:** De color amarillento, subcilíndrico, de 1,2 a 2 mm de longitud por 0,5 a 1 mm de diámetro, con los polos redondeados; corión liso, transparente y brillante (Bachiller *et al.*, 1981).

Estos se agrupan en números de 8 a 10, cubiertos por una cápsula negruzca denominada ooteca (Figuras 68 y 69), la cual se deposita sobre las hojas más jóvenes del hospedero (CNICE, 2004).



Figura 68: Vista superior de ooteca de *G. scutellatus* (A. Torres).



Figura 69: Vista inferior de ooteca de *G. scutellatus* (A. Torres).

**Larva:** De tipo glabra, ápoda, convexa transversalmente y aplanada centralmente. Posee una cabeza negruzca, mientras que la cara dorsal presenta una coloración uniforme apareciendo numerosos puntos pardos en cada segmento (CNICE, 2004). Al eclosionar del huevo tienen aspecto de oruga (Figura 70) (Cordero y Santolamazza, 2002).

Presenta cuatro estados larvarios; en los dos primeros, las larvas son de un color amarillo claro, con puntos negros en posición dorsal, con una longitud de entre 1,5 - 2,5 mm para el estadio uno y 2,7 - 4,8 mm para el estadio dos (Xunta de Galicia, 2004).

En el tercer y cuarto estadio la larva es de color amarillo verdoso, con dos bandas longitudinales oscuras a cada lado, siendo más acentuadas en el último estadio. Además, presenta los mismos puntos negros que en los anteriores instares de desarrollo.



Figura 70: Larva de *G. scutellatus*. En la imagen es posible observar las fecas características del estado larvario del coleóptero (A. Torres).

La longitud del tercer y cuarto estadio es entre 5 a 7 mm y 7,5 a 12 mm respectivamente (Xunta de Galicia, 2004). Característico de los estadios larvales es la secreción de un largo filamento negro, correspondiente a material de desecho o fecas (CNICE, 2004).

**Pupa:** La pupa, de unos 8 mm de largo, es blanca y translúcida apenas formada. No se encuentra contenida en un capullo, y después de 24 horas se pigmenta de marrón a partir de las patas. Esta pigmentación avanza progresivamente hacia el resto de los apéndices y cuerpo (CNICE, 2004).

**Adulto:** Cabeza prolongada, con apéndices bucales en su extremo distal (Figura 71). Posee un aparato bucal masticador que se adhiere a los bordes de las hojas, alimentándose del perímetro de la hoja, dándole un aspecto lobulado, pudiendo también alimentarse de brotes y yemas (CNICE, 2004).



Figura 71: Ejemplar adulto de *G. scutellatus* (A. Torres).

El tamaño de los adultos oscila entre 7 y 9 mm de longitud y 4 a 5 mm de ancho, siendo los machos más pequeños (CNICE, 2004). Estos varían en su coloración desde un rojo tostado claro con una banda transversal dorsal en los élitros cuando son jóvenes, a un castaño oscuro grisáceo uniforme cuando son más viejos. El tórax presenta una banda mediana más escamosa y clara (Bachiller *et al.*, 1981).

Presenta setas color marrón claro distribuidas irregularmente en la superficie del cuerpo, dando al adulto una apariencia manchada, especialmente en el frente de la cabeza entre los ojos, en el rostro, y en la base de los élitros. Las patas y la parte inferior del cuerpo están cubiertas con setas blancas en forma de escamas, que dan a la superficie inferior del cuerpo un color casi completamente blanco. La tibia de las patas está armada con una serie de espinas que permiten al gorgojo aferrarse fuertemente de los pecíolos de las hojas y ramillas de eucalipto (Garrison, 2001).

Como todos los coleópteros, tiene el primer par de alas transformadas en élitros en forma de estuches, las cuales en posición de reposo se unen a lo largo de la línea media dorsoventral y protegen al segundo par de alas que es membranoso y le permite volar (CNICE, 2004).

Cuando se miran desde arriba, dos proyecciones laterales redondeadas en forma de espina pueden verse bajo la base de los élitros. En vista lateral, el gorgojo tiene una superficie superior convexa y una superficie inferior plana desde la parte posterior de los ojos hasta el extremo del abdomen (Garrison, 2001).

## DINAMICA DE ATAQUE

La hembra deposita un promedio de 180 a 270 huevos, distribuidos en 10 a 30 posturas (Beèche *et al.*, 1999). Sin embargo, en Italia, la fecundidad aparece altamente elevada, con producciones normales de 700 a 800 huevos por hembra, lo que evidencia un potencial biológico más alto en esta zona mediterránea (Bachiller *et al.*, 1981).

La ovipostura es realizada preferentemente sobre la cara superior de las hojas nuevas de eucalipto, cerca de la nervadura central, donde la hembra deposita 4 a 10 huevos en una masa de color café oscuro conocida como ooteca (Bachiller *et al.*, 1981; Beèche *et al.*, 1999). Esta última corresponde a una capa de excreción proctodeal fluida, solidificándose en contacto con aire (Bachiller *et al.*, 1981).

El período embrionario dura entre 10 a 20 días, al cabo del cual nacen pequeñas larvas. Las larvas recién eclosadas atraviesan la hoja sobre la cual se adhiere la postura, para salir por la cara opuesta, procediendo a alimentarse del tejido epidérmico de las hojas, dispersándose en el limbo de la misma al iniciarse la alimentación (Bachiller *et al.*, 1981), normalmente en la dirección de la nervadura foliar (Beèche *et al.*, 1999).

La excreción de las larvas tiene forma de hilos o cordoncillos parduzcos, adhiriéndose estas al dorso del individuo. Las larvas del primer y segundo estadio se alimentan de la epidermis de las hojas que se encuentran bajo su cuerpo; en cambio en el tercer y cuarto estadio se alimentan de todo el limbo (Bachiller *et al.*, 1981). La duración del estado larval fluctúa entre los 28 a 40 días (Garrison, 2001).

Al llegar al último estadio, las larvas se desprenden del árbol que se alimentaron, enterrándose en el suelo a una profundidad de 3 a 5 cm, donde construyen una celdilla ovalada de 1 x 0,5 cm. En este lugar se lleva a cabo la pupación del insecto, durante un período de 30 a 40 días (Bachiller *et al.*, 1981).

El adulto recién emergido, cuya duración de vida media es de 2 a 6 meses (Bachiller *et al.*, 1981), vuela hacia los eucaliptos, donde se alimenta del follaje, principalmente de los brotes nuevos, aunque con un patrón de alimentación diferente al de las larvas, consumiendo las hojas desde el margen del folíolo, pudiendo además alimentarse de la corteza de ramas jóvenes, mientras que las larvas prefieren los brotes nuevos (Beèche *et al.*, 1999).

Los adultos que emergen en el otoño, se refugian en el suelo o en las resquebrajaduras de la corteza en la base del árbol hasta mediados de Febrero (IEFC, 2004), mes en el que comienzan a nutrirse de brotes y hojas tiernas, provocando festonaduras en las mismas (Bachiller *et al.*, 1981).

Por lo general, los individuos adultos pueden observarse a lo largo de todo el año con dos alzas poblacionales, una a principios de primavera y la otra a principios de otoño (IEFC, 2004). Después de un período de preoviposición de 20 a 25 días, la hembra inicia la postura de huevos (Bachiller *et al.*, 1981).

El ciclo de vida de *G. scutellatus* es variable, dependiendo de las condiciones climáticas del área. No obstante, su desarrollo puede ser bastante desigual en una misma población, siendo frecuente observar en ciertos períodos del año la presencia simultánea de huevos, larvas, pupas y adultos (Beèche *et al.*, 1981). Según Bachiller *et al.*, (1981) bajo condiciones óptimas para su desarrollo, *G. scutellatus* puede llegar a tener hasta cuatro generaciones anuales, situación descrita para la Islas Mauricio. Sin embargo, normalmente hay dos generaciones al año, aunque en algunas zonas del norte de España y Portugal la segunda generación puede ser parcial o no existir (IEFC, 2004).

Los factores más importantes que influyen sobre la densidad poblacional de estos insectos son las condiciones climáticas extremas, la falta de alimento y la ausencia del enemigo natural *Anaphens nitens*, así como también algunos hongos patógenos de insectos como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Aspergillus* sp. (IEFC, 2004).

## DAÑOS

Tanto las larvas como los adultos se alimentan de las hojas causando severas defoliaciones, principalmente en las hojas recién formadas (IEFC, 2004). Los adultos festonean los filodios (Figura 72), devoran los brotes apicales y yemas florales, produciendo intensas defoliaciones con las consiguientes pérdidas de productividad y crecimiento del arbolado (Bachiller *et al.*, 1981). La alimentación de estos en la corteza puede causar la muerte del brote apical (Figura 73) y deformaciones de las ramillas terminales, tronco y copas de los árboles afectados (IEFC, 2004). En todo caso, la sensibilidad de los árboles varía mucho con su vigor y el nivel de población del insecto (Mansilla, 1992). Por su parte, las larvas en los primeros estadios dañan la epidermis de ambas caras de los filodios y después consumen todo el limbo (Figuras 74 y 75).



Figura 72: Aspecto del daño producido por el estado adulto de *G. scutellatus* (A. Baldini).



Figura 73: Defoliación y muerte apical en *E. globulus* producido por el ataque del estado adulto de *G. scutellatus* (A. Baldini).



Figura 74: Larva de *G. scutellatus* alimentándose (A. Torres).



Figura 75: Aspecto característico del daño provocado por el estado larvario de *G. scutellatus* en una hoja de eucalipto (A. Torres).

Dadas las características del ataque, el insecto no llega a matar el árbol directamente, ya que este tiende a recuperarse y brotar nuevamente, sin embargo la defoliación puede inducir a situaciones de estrés en el arbolado (IEFC, 2004), favoreciendo la susceptibilidad al ataque de otros agentes patógenos (Cordero *et al.*, 1999) y aumentar el riesgo de instalación de plagas secundarias como *Phoracantha* spp.

El ataque de *G. scutellatus* posee la característica de producirse en árboles sin importar el vigor de éste, afectando incluso árboles que se encuentran instalados en buenas condiciones de sitio.

## CONTROL

En Chile, el control de *G. scutellatus* se ha enfocado de tres formas: control legal, control químico y control biológico (Beèche *et al.*, 1999).

### *Control Legal*

Su objetivo es evitar la dispersión del insecto, mediante el control del transporte de maderas, plantas y substratos infestados.

Mediante la publicación en el Diario Oficial de la República de Chile de las Resoluciones Exentas N°1.293 / 1998 y la N°199 / 1999 del SAG, se determinó la condición del gorgojo del eucalipto como Plaga de Control Obligatorio, lo que permitió la inclusión de esta especie en el listado A - 2 de las plagas cuarentenarias para Chile (Beèche *et al.*, 1999).

De acuerdo a Beèche *et al.*, (1999) por medio de estas resoluciones se puede disponer de la ejecución de medidas fitosanitarias en el área de resguardo cuarentenario como: aplicación de insecticidas de contacto e ingestión en los eucaliptos susceptibles de ser afectados por la plaga; aplicación de insecticidas a medios de transporte nacionales e internacionales;

aplicación de insecticidas al suelo, bajo la copa de los árboles en tratamiento y la prohibición de mantener en los viveros y depósitos de plantas de cualquier especie bajo el dosel de árboles de eucalipto. Además, se prohíbe la movilización de plantas, ramas y maderas en troza y astillas del género *Eucalyptus* desde la zona de resguardo cuarentenario, a menos que los productos hayan sido sometidos a algún tratamiento de aspersión con un insecticida de contacto para el caso de plantas, o fumigación con fosforo de aluminio en el caso de las maderas y astillas.

### *Control Químico*

El control químico fue probado por medio de ensayos en Sudáfrica, siendo rápidamente abandonado por las dificultades y el alto costo de los tratamientos, y totalmente olvidado luego de la introducción del controlador biológico (Bachiller *et al.*, 1981).

Los insecticidas de contacto e ingestión son los principales productos químicos aplicados sobre viveros o huertos semilleros. Sin embargo, la eficacia de estos productos es cuestionada y además existen prohibiciones para su uso en países como Francia y Portugal (IEFC, 2004).

En España se probaron a modo experimental distintos tipos de insecticidas químicos como azadiractin, deltametrin, etofenprox, flufenoxuron, y los biopesticidas *Bacillus thuringiensis* (Bt) y *B. bassiana*. Los piretroides lograron el mejor control de la plaga, pero también provocaron una mortalidad total del parasitoide; por el contrario, flufenoxuron y azadiractin 3,2%, ejercieron un buen control sobre las larvas del defoliador y no afectaron mayormente la fauna nativa, recomendándose su uso para el control integrado (Pérez *et al.*, s / f).

Es aconsejable que los tratamientos químicos se restrinjan a plantaciones establecidas en suelos pobres y con altos niveles de ataque, donde los árboles no sean capaces de recuperarse. Además, estos tratamientos deben realizarse en primavera, cuando la mayoría de los huevos hayan eclosionado (IEFC, 2004).

En muchos países no se recomienda el tratamiento químico debido a la alta mortalidad que presentan abejas productoras de miel, las que son atraídas por el largo período de floración del eucalipto (CABI y EPPO, 1990).

En Chile se ha aplicado control químico sobre la base de los insecticidas Karate 25CS y Citroliv Emulsible, en las provincias de Los Andes y San Felipe, con el objetivo de reducir los niveles poblacionales de larvas y adultos de *G. scutellatus* en las áreas contiguas a las rutas de alto movimiento de medios de transporte, para así minimizar el riesgo de dispersión de la plaga, tanto en forma activa como pasiva, mientras se establece el programa de control biológico (Beèche *et al.*, 1999).

### *Control Silvicultural*

Como control silvicultural, se recomienda arar el suelo, de manera de exponer las pupas a la superficie, las que mueren al ser expuestas a las condiciones climáticas (IEFC, 2004).

### *Control Biológico*

Desde el momento que *G. scutellatus* invadió Sudáfrica, quedó en evidencia que la especie se multiplicaba rápidamente, pero era extremadamente escasa en Australia (Tooke, 1955; citado por Cordero y Santolamazza, 2002). Debido a esto los investigadores sudafricanos estaban convencidos que en su zona de origen debía existir un control por parte de parasitoides y depredadores altamente eficientes (Cordero y Santolamazza, 2002).

En 1926 fue descubierta una avispa nativa de Australia, descrita como *Anaphes nitens* Hubber (Hymenoptera: Mymaridae), que controlaba la plaga mediante la parasitación de los huevos del coleóptero (CNICE, 2004). A partir de este hecho, ese mismo año el biocontrolador es introducido en Sudáfrica, criándose y liberándose aproximadamente 100 mil insectos en las zonas afectadas. El control ejercido por el parasitoide en Sudáfrica, presentó excelentes niveles de parasitismo, incrementándose el porcentaje de huevos parasitados de 3 - 13% en Mayo de 1928 a 77 - 98% en Diciembre de 1930 (Tooke, 1955; citado por Cordero y Santolamazza 2002).

*A. nitens* es un himenóptero solitario de color negruzco, su cuerpo posee una longitud entre 0,8 - 1 mm. Las antenas son de color negro, de tipo filiforme con 13 artejos en el caso del macho, y de tipo clavada con 10 artejos en el caso de la hembra. Las alas son transparentes, con numerosas vellosidades en su borde, existiendo una aureola subproximal que está delimitada por una banda parduzca situada oblicuamente (Xunta de Galicia, 2005).

En general presenta un total de 17 generaciones anuales. Los adultos son maduros sexualmente desde los primeros momentos de vida, iniciándose la copula y la parasitación por parte de la hembra a los pocos minutos de completar sus estadios de desarrollo. La emergencia de los adultos de *A. nitens* ocurre entre 11 y 20 días después de la parasitación, pudiendo vivir hasta 20 días (Mansilla *et al.*, 1998; citados por Xunta de Galicia, 2005).

El biocontrolador ha sido introducido y establecido en prácticamente todos los países donde se ha encontrado el curculiónido, disminuyendo las poblaciones en forma rápida y efectiva, logrando reducir los daños provocados por la plaga a niveles insignificantes en unos pocos años, siendo el único ejemplo de control biológico en el cual un parasitoide de huevos actuando solo, ha sido capaz de controlar una plaga exitosamente (Cordero *et al.*, 1999). En España, en 1994 se iniciaron las liberaciones de *A. nitens* de forma bastante localizada. Sin embargo, no se realizaron de forma masiva hasta el año 2000 (Pérez *et al.*, s / f). También se ha liberado este biocontrolador en Francia e Italia (Cadahia, 1986), con buenos resultados.

En su accionar, el himenóptero deposita sus huevos en el interior de las oviposturas del gorgojo. Allí las larvas del parasitoide devoran el embrión de su presa, de manera que de cada huevo de *G. scutellatus* emerge un parasitoide en lugar de una larva del gorgojo (Cordero y Santolamazza, 2002). Una de sus ventajas es que corresponde a un parasitoide altamente especializado en *G. scutellatus*, y no presenta ningún riesgo para otras especies nativas (Garrison, 2001).

Sin embargo, la elevada eficiencia del parasitoide puede determinar que el sistema sea inestable, debido a que existe una asimetría en los sistemas depredador – presa. *A. nitens* necesita la presencia de individuos de su presa (*G. scutellatus*) para poder instalarse en una localidad (Cordero y Santolamazza, 2002). Cuando el parasitismo alcanza niveles muy altos, ocurre una extinción local del hospedero y del biocontrolador, por lo que la temporada siguiente el control será bajo hasta que las poblaciones de este último se recuperen (Cordero *et al.*, 1999). En consecuencia, el primero en aparecer es siempre el herbívoro, y nunca el parasitoide, y bastan unas semanas de ventaja para que *G. scutellatus* produzca daños de consideración (Cordero y Santolamazza, 2002).

Estos ciclos poblacionales habían ya sido hipotetizados por Mossop en 1929 (Cordero y Santolamazza, 2002). Para evitar estas dificultades, es necesario predecir los años en que disminuye el control y efectuar liberaciones masivas para incrementar la población del biocontrolador. Esto sin embargo, requiere un seguimiento detallado de la dinámica del parasitismo en parcelas de muestreo (Cordero y Santolamazza, 2002).

Los ejemplos de fluctuaciones poblacionales abundan en el campo de la entomología forestal y agraria (De Bach y Rosen, 1991; Hassel, 2000; Liebhold, 2000; citados por Cordero y Santolamazza, 2002). Para el gorgojo, estas fueron detectadas en Sudáfrica por Tooke en 1955 y en la zona de Lourizán, España, en los años 1996 y 1997, donde se observó que la primera generación de la plaga era poco controlada por el parasitoide, siendo atribuido este efecto al hecho de que la supervivencia del biocontrolador durante el invierno era baja. No obstante, a lo largo de los años ha sido evidente como *G. scutellatus* en Sudáfrica constituye un problema no sólo en los altiplanos en primavera, sino que también a altitudes más bajas en primavera y en verano, requiriendo el uso de insecticidas (Atkinson, 1995; citado por Cordero y Santolamazza, 2002).

En Chile la CPF S.A. junto al SAG introdujeron desde Sudáfrica el parásito de huevos *A. nitens* (CPF, 2003), lo que permitió disminuir considerablemente la población de la plaga. Esto se reflejó en altos niveles de parasitismo, retrasando su propagación a otras regiones del país.

Sin embargo, en los últimos años, los niveles de parasitismo han bajado en algunos sectores de la V Región, situación atribuible a las condiciones climáticas imperantes durante esta última temporada (CPF, 2003). Debido a que el parásito disminuye considerablemente su población a bajas temperaturas logrando recuperarse sólo al final del verano, se provoca una ventana de dispersión para *G. scutellatus*, implicando la posibilidad que la plaga aumente su población y se propague al resto del país (C. Goycoolea, com. pers.). Debido a esto, se programó un proyecto de reintroducción de un biotipo de *A. nitens* resistente a las

bajas temperaturas, que aumente el pool genético del biocontrolador (C. Goycoolea, com. pers.).

El año 2003 se reintrodujo desde Argentina *A. nitens*, siendo liberado en las comunas de Los Andes y San Felipe (CPF, 2003), lugares donde se han realizado constantes monitoreos para medir la capacidad de establecimiento del insecto y los niveles de parasitismo.

## PROTOCOLO DE PRODUCCION DE *Anaphes nitens*

Según Beèche *et al.*, (1999) la producción de *A. nitens*, debe considerar lo siguiente:

- 1) Poseer plantas de *E. globulus* de 50 a 80 cm de altura, a las que se les debe favorecer el desarrollo de un follaje juvenil de calidad y cantidad adecuada, para la oviposición de la hembra. Esto se logra mediante podas y un riego periódico de las plantas.
- 2) Mantener una adecuada cantidad de individuos de *G. scutellatus*, permitiendo una continua producción de ootecas, que serán parasitadas por *A. nitens*. Asimismo se deben reemplazar los individuos muertos del gorgojo.
- 3) Disponer de una población suficiente de biocontroladores, para parasitar los huevos producidos por las hembras de *G. scutellatus*, desde otoño hasta primavera.
- 4) Poseer un laboratorio con una adecuada infraestructura. Se deben considerar áreas para la implementación del invernadero, las cámaras de producción de ootecas, las cámaras de parasitación y la zona de producción del parasitoide, en lo posible manteniendo cada una de las zonas aisladas entre sí. Además, el laboratorio debe encontrarse con el material necesario para la realización del protocolo como cámaras bioclimáticas, refrigerador, entre otros equipos.

A continuación se describe el protocolo para la producción de *A. nitens*, de acuerdo a lo establecido por Beèche *et al.*, (1999):

Inicialmente las plantas de *E. globulus* mantenidas en el invernadero deben ser trasladadas a la cámara de producción de ootecas en forma individual. Posteriormente, se introducen 20 individuos de *G. scutellatus*, en una relación sexual 1 : 1, los que fueron obtenidos de las cámaras o mediante recolección en terreno.

Una vez que los insectos se encuentran en las cámaras de producción de ootecas (Figura 76), se debe esperar una semana para comenzar a retirarlas, considerando este período de tiempo como suficiente para la oviposición. Las ootecas deben ser retiradas cada dos o tres días en forma manual, depositandolas en una cápsula de Petri, que se mantiene en una cámara bioclimática a 20°C, esperando ser parasitadas.



Figura 76: Cámara de producción de ootecas (G. Cogollor).

Requisito fundamental para completar la parasitación de las ootecas es la ausencia de hongos y cualquier otro tipo de anomalía que pudiese hacer fracasar el proceso productivo. Debido a esto, cualquier ooteca sospechosa debe ser apartada inmediatamente.

A medida que se producen defoliaciones en las plantas que se encuentran en la cámara de producción de ootecas, estas deben reemplazarse por plantas nuevas. Para el caso de los individuos adultos de *G. scutellatus*, estos deben ser retirados y reemplazados una vez muertos, manteniendo la proporción inicial de machos y hembras.

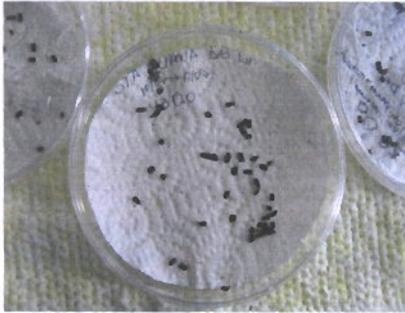


Figura 77: ootecas en cápsula de Petri (G. Cogollor).

El proceso de parasitación comienza con la introducción de 20 ootecas en una cápsula de Petri (Figura 77) en conjunto con 10 a 15 adultos de *A. nitens*. Posteriormente las cápsulas son depositadas en una cámara bioclimática a una temperatura de 20°C.

Luego de la parasitación, las ootecas deben ser desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% por algunos segundos.

Luego de tres días, las cápsulas de Petri son depositadas en una cámara plástica que contiene papel absorbente humedecido (Figura 78). El depósito plástico es instalado en una cámara bioclimática a 10°C, con un fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 de sombra.

En la medida que emergen los adultos de *A. nitens*, estos son transportados a un refrigerador, manteniéndolos a una temperatura entre los 5 y 6°C. Antes de realizar la liberación de los adultos, debe ocurrir el apareamiento, de manera de llevar a terreno hembras fecundadas del parasitoide.



Figura 78: Cámara plástica con papel absorbente (G. Cogollor).

Es de importancia la existencia de una coordinación entre las distintas etapas, de manera que la producción del parasitoide sea eficaz, obteniendo biocontroladores de alta calidad, con una alta tasa de sobrevivencia y en el momento adecuado.

El transporte de los adultos a terreno debe ser en una cámara de frío. Además, se recomienda la liberación de los ejemplares durante el transcurso de la mañana.

Los criterios utilizados por el SAG, para escoger el lugar de liberación de *A. nitens* (Beèche *et al.*, 1999), son los siguientes:

- Deben encontrarse ubicados en las comunas del área de resguardo cuarentenario.
- Debe existir una alta población de *G. scutellatus*.
- No se debe realizar aplicación de insecticidas.
- Presentar adecuadas condiciones de acceso.
- Compromiso del propietario de favorecer las acciones para que ocurra el control biológico y facilitar las evaluaciones de parasitismo posteriores.
- Los predios donde se realicen las liberaciones deben encontrarse alejados el uno del otro, de manera de favorecer la dispersión del biocontrolador.

El repique es otra técnica utilizada para favorecer la distribución de *A. nitens*, el que consiste en instalar una “cámara de repique”, con aproximadamente 50 a 70 ootecas en su interior. Esta es colgada en una rama de eucalipto a la sombra, a una altura de 4 a 5 m.

## CAPITULO VII

### ***Glycaspis brimblecombei* MOORE (Hemiptera: Psyllidae), “PSILIDO DE LOS EUCALIPTOS ROJOS” o “CONCHUELA DEL EUCALIPTO”**

#### **ANTECEDENTES GENERALES**

El psílido de los eucaliptos rojos, *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae), es un insecto originario de la zona este de Australia. Fue descrito por Moore en 1964 a través de especímenes colectados de *E. globulus*, sin embargo, tiene como principal hospedero a *E. camaldulensis* (Moore, 1970; Morgan, 1984; CPPDR, 1998; citados por Dahlsten, 2004). En su lugar de origen es considerado un insecto secundario, ya que rara vez alcanza niveles epidémicos (Olivares *et al.*, 2003).

Los daños que provoca van desde la defoliación, hasta la muerte de ramas o del árbol completo (Sánchez y González, 2002). Tanto los adultos como las ninfas del insecto se alimentan succionando la savia de las hojas, no obstante, son fundamentalmente éstas últimas las que provocan el daño, atacando las hojas sésiles y pecioladas (Ide *et al.*, 2004). Al alimentarse, las ninfas excretan un producto de desecho acuoso y pegajoso denominado mielcilla (honeydew), el que utilizan para formar un cono de protección denominado "lerp" (que en lengua aborígen australiana significa casa). Estas se alimentan y crecen hasta alcanzar la madurez bajo esta estructura protectora. Una vez alcanzado el estado adulto los individuos vuelan a un nuevo hospedero en busca de pareja, alimento y un lugar donde oviponer (Hoddle *et al.*, 2004).

El psílido fue detectado en Estados Unidos el año 1998, un año después en México y en Brasil el año 2003 (Faúndez *et al.*, 2004). Tanto en Estados Unidos como en México el establecimiento de *G. brimblecombei* se ha visto facilitado por la abundancia de alimento y la ausencia de enemigos naturales. Su daño se ha reportado tanto en plantaciones comerciales como en árboles ornamentales.

Según Faúndez *et al.*, (2004) el insecto ha sido reportado para distintas especies del género *Eucalyptus*, dependiendo ello del país en que ha sido detectado. En Australia, el psílido ha sido descrito para *E. brassina* Blake, *E. bridgesiana* Baker, *E. camaldulensis*, *E. camphora* Baker, *E. dealbata* Cunn ex Schauer, *E. mannifera* Baker, *E. nitens* y *E. tereticornis*; en Estados Unidos, se citan como hospederos a *E. camaldulensis*, *E. rudis* Endl, *E. globulus*, *E. diversicolor* y *E. sideroxylon*; en México se ha encontrado en ejemplares de *E. camaldulensis*, *E. blakely*, *E. nitens*, *E. dealbata*, *E. bridgesiana*, *E. brassina*, *E. mannifera*, *E. botryoides* Sm, *Trans* Linn; *E. cladocalyx*, *E. cornuta* Labill, *E. globulus*, *E. deglupta* Blume, *E. grandis*, *E. marginata* Donn, *E. nitens*, *E. punctata* DC, *E. rudis* y *E. robusta* Smith; en Brasil ha sido reportado para el híbrido *E. urograndis*.

En Chile el SAG detectó su presencia en la Región Metropolitana en Abril del año 2002 en la comuna de Pudahuel, ciudad de Santiago, en ejemplares de *E. camaldulensis* ubicados en áreas verdes al interior del aeropuerto internacional Arturo Merino Benítez, constituyendo

la primera detección en Sudamérica. Prospecciones al año 2002, reportaron la presencia del agente en las provincias de Santiago y Chacabuco (Región Metropolitana) y en las de San Felipe y Los Andes (V Región) (Sandoval y Rothmann, 2002; citados por Olivares *et al.*, 2003). Sin embargo, prospecciones realizadas por la CONAF el año 2004 determinaron la presencia del insecto en la localidad de San Nicolás, VIII Región, zona que constituiría el límite sur de su distribución en el territorio nacional, además en Enero del 2005 se reportó el ataque de la plaga en la comuna de Vicuña, IV Región

Según Faúndez *et al.*, (2004) en Chile sus hospederos son *E. camaldulensis*, *E. cladocalix*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. grandis* y *E. sideroxylon*.

En la actualidad, la totalidad de las plantaciones y cortinas cortaviento de *E. camaldulensis* de las regiones Metropolitana y V se encuentran afectadas por el accionar del psílido. Para el caso específico de la V Región, el avance del insecto se registra hacia el norte, por el Valle Central, sin que hasta la fecha haya sido detectado en la Costa (Olivares *et al.*, 2003). En éstas regiones, el psílido provoca importantes perjuicios ambientales y sociales (SAG, 2004).

En las áreas urbanas el insecto deteriora la estética de los árboles y disminuye la calidad de vida de los habitantes, causando molestia por la mielecilla que cae sobre los automóviles o asientos en zonas de recreación (Sánchez y González, 2002).

El control de la plaga, se basa fundamentalmente en la utilización de parasitoides, para lo cual se introdujo a Chile desde México durante el segundo semestre del 2003 a *Psyllaephagus bliteus*, himenóptero que parasita las ninfas de *G. brimblecombei*, provocándoles la muerte antes de alcanzar su madurez.

## ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

*G. brimblecombei* es un insecto con metamorfosis hemimetábola, presentando los siguientes estados de desarrollo:

**Huevo:** De forma ovoide, brillante, con un tono blanquizco, recién ovipuesto. Posteriormente se torna de un color amarillo - anaranjado, transluciéndose los futuros ojos rojos de la ninfa del primer estadio. Los huevos son ovipuestos en forma individual, en líneas o en forma de racimos (Halbert, 2001), tanto en el haz como en el envés de la hoja, en cantidades que van desde los 5 a los 15 huevos (Olivares *et al.* 2003).

**Ninfa:** De color amarillo anaranjado con pintas oscuras. Poseen 5 estadios de desarrollo, que presentan la morfología clásica de las ninfas de la familia Psyllidae, que es similar a la de un áfido. El primer estadio ninfal presenta mayor movilidad que los cuatro siguientes (Olivares *et al.*, 2003).

**Adulto:** El adulto alado posee un cuerpo delgado de color anaranjado – amarillento, de una longitud aproximada de 3 mm (Figura 79). Sin embargo, cuando recién eclosiona es de color verde pálido (Dahlsten *et al.*, 2003). Existe un marcado dimorfismo sexual, que

permite diferenciar ambos sexos a través de la genitalia de cada uno de ellos (Olivares *et al.*, 2003).

Estos se ubican en el follaje y no viven bajo los “lerps”. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto varía desde una semana, bajo buenas condiciones climáticas, a cinco meses cuando las temperaturas frescas se extienden en forma prolongada. El insecto tiene de 2 a 4 generaciones por año, siendo una especie multivoltina, pudiendo encontrarse todos los estados de desarrollo a lo largo del año, aunque en menor número durante el invierno (Dahlsten *et al.*, 2004).



Figura 79: Adulto de *G. brimblecombei* (A. Torres).

## DINAMICA DE ATAQUE

Las hembras prefieren ovipositar en las hojas suculentas y los retoños jóvenes (Dahlsten *et al.*, 2003), aunque también pueden colocar los huevos cerca de protuberancias o cavidades (Olivares *et al.*, 2003), por lo que los incrementos poblacionales, a menudo coinciden con el nuevo crecimiento de la planta. No obstante, todas las fases de vida del psílido pueden ocurrir tanto en follaje nuevo como maduro (Dahlsten *et al.*, 2003).

Al emerger las ninfas, comienzan la construcción de la estructura protectora, denominada “lerp” (Figura 80), cubierta hemisférica blanca, compuesta de ligamaza cristalizada y cera. Los “lerps” alcanzan en promedio los 3 mm de diámetro y 2 mm de altura. Bajo cada “lerp” se desarrolla una ninfa que succiona la savia del hospedero en todos sus instares de desarrollo, principalmente en zonas de activo crecimiento, debilitando de esta forma los árboles atacados.



Figura 80: Follaje de eucalipto atacado por *G. brimblecombei*. En la imagen es posible apreciar la formación de “lerps” (A. Sartori).

Las ninfas poseen la capacidad de agrandar el “lerp” a medida que se desarrollan, o bien formar una nueva cubierta cuando se movilizan. Debido a que algunas ninfas forman múltiples

“lerps” y abandonan las cubiertas blanquizcas viejas dejándolas vacías, el número de “lerps” en las hojas no es un buen indicador del número real de insectos presentes (Dahlsten *et al.*, 2003). Como consecuencia de este continuo aumento en la cantidad de “lerps”, éstos pueden llegar a cubrir totalmente una hoja, situación que produce una disminución de la capacidad fotosintética de la misma, provocándole finalmente la caída (Olivares *et al.*, 2003).

Otro factor perjudicial corresponde a la presencia de hongos foliares del tipo fumagina (Figura 81). El desarrollo de estos hongos se ve favorecido por el mecanismo de defensa del árbol, consistente en la exudación de mielecilla ante la extracción de savia que realiza el insecto y por las sustancias azucaradas que produce este (Guerra, 2002; citado por Olivares *et al.*, 2003).



Figura 81: Presencia de fumagina en follaje atacado por *G. brimblecombei* (A. Sartori).

Una vez finalizado el desarrollo del último instar ninfal, emergen los adultos. Estos no son fácilmente observables, por ser activos, de rápidos movimientos y con tendencia a refugiarse en las hojas de los eucaliptos (Halbert, 2001).

Según García – Ramírez *et al.*, (2002); citados por Ide *et al.*, (2004) existe una relación entre las precipitaciones y los niveles de infestación de *G. brimblecombei*, fundamentado en que las poblaciones tienden a mantenerse altas en los períodos secos, disminuyendo considerablemente en los meses lluviosos.

## DAÑOS

Los daños de la plaga se presentan como severas defoliaciones que causan marchitamiento (Romo, 2002), pérdida de follaje, reducción del crecimiento y tras sucesivas defoliaciones, mortalidad de ramas y árboles (Paine *et al.*, 2000; citado por Ide *et al.*, 2004).

Como consecuencia de su alimentación, las ninfas secretan sustancias azucaradas, favoreciendo la proliferación de fumagina, hongo que otorga un color negruzco a las hojas. Estos obstaculizan la llegada de luz e impiden la fotosíntesis (Faúndez *et al.* 2004). Un daño indirecto producto del ataque del psílido, es la caída de hojas cubiertas con la secreción azucarada, ya que éstas pasan a ser un material altamente inflamable (Hoddle *et al.*, 2004).

Las fuertes defoliaciones, en conjunto con el ataque de hongos y la consecuente disminución de crecimiento, provocan un estrés al árbol, predisponiéndolo al ataque de otros hongos e insectos, tales como *Phoracantha* sp., *G. scutellatus* y *C. eucalypti* (Hoddle *et al.*, 2004).



Figura 82: Árboles urbanos afectados por *G. brimblecombei*, en la comuna de Colina, Región Metropolitana (A. Sartori).

En plantaciones comerciales, provoca la reducción del crecimiento en diámetro y altura, la prolongación de la edad de cosecha y un aumento en los costos de producción. Sin embargo, si se considera que en Chile las especies afectadas son utilizadas principalmente como cortinas cortaviento y árboles de ornamentación, el daño es fundamentalmente a nivel social y paisajístico (Figura 82), más que un problema para la industria forestal (Ide *et al.*, 2004).

El deterioro y muerte de eucaliptos en sectores urbanos conlleva a que se incremente el riesgo de caída de ramas e incluso árboles sobre personas, propiedades o instalaciones públicas, pudiendo causar daño y considerables pérdidas económicas. Por otra parte, la desaparición de una importante cantidad de árboles del escenario urbano implica la pérdida de una amplia cantidad de servicios ambientales, disminuyendo la calidad de vida de la población (Romo, 2002). Estimaciones realizadas en Estados Unidos determinaron que *G. brimblecombei* puede llegar a matar el 15% del arbolado en el primer año de ataque, y en caso de no ser controlado para el segundo año de infestaciones sucesivas, la mortalidad puede incrementarse a niveles muy altos. Por ejemplo, para el caso de California, la plaga provocó la muerte de aproximadamente un 40% de los árboles urbanos y semiurbanos (Olivares *et al.*, 2003).

## CONTROL

Los principales métodos de control utilizados en programas de supresión de *G. brimblecombei*, se describen a continuación:

### *Control Químico*

Dadas sus características y hábitos los métodos clásicos de control químico no funcionan contra este insecto. Esto debido a que el “lerp” protector impide una aplicación efectiva. Según Faúndez *et al.*, (2004) este tipo de control sólo proporciona soluciones de corto

plazo, además es de un alto costo, justificándose su aplicación en casos de individuos de un alto valor.

En México existen algunas experiencias de control químico con Imidacloprid, Acefato y Abamectina (Olivares *et al.*, 2003). Estos productos se dosifican y aplican de la forma que se menciona a continuación, de acuerdo a lo expuesto por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2003):

- Imidacloprid 30% suspensión concentrada: En dosis de 200 mL por 1 L de agua, inyectando al fuste a una altura no mayor de 60 cm, 1 mL cada 10 cm de perímetro del árbol, mediante una jeringa de alta presión; lo que se debe realizar cada 3 meses sin exceder las 3 veces en un año. Otra forma de aplicación es en dosis de 20 mL en 100 L de agua, para luego asperjar al follaje hasta punto de rocío.
- Acefato 50% polvo soluble: En dosis de 120 g por 100 L de agua, se debe aplicar al follaje en aspersión a punto de rocío, en frecuencias de una cada 20 días, preferentemente en épocas poco húmedas, o agregar en el riego en 2 aplicaciones, a intervalos de 30 días cada una, para posteriormente regar con abundante agua para mejorar la infiltración del producto en el suelo.
- Abamectina al 1,8% concentrado emulsionable: En dosis de 120 mL por 100 L de agua, asperjado al follaje hasta el punto de rocío.

Los insecticidas sistémicos pueden ser utilizados para el control de árboles de gran altura, pero normalmente exigen de equipos especializados de inyección, ya que se podrían producir daños y debilitamiento de los árboles, lo que podría favorecer la entrada de patógenos (Hoddle *et al.*, 2004). Se deben evitar métodos que causen heridas, como injertos puestos en agujeros taladrados en los troncos, además de no inyectar las raíces o el fuste en más de una ocasión por temporada (Dahlsten *et al.*, 2003).

Para el caso de los insecticidas de contacto rociados directamente hacia las hojas, estos son de muy baja eficacia debido a la protección del "lerp" y a la inexistencia de un insecticida selectivo que elimine sólo psílicos (Dahlsten *et al.*, 2003). Además, se debe considerar que en algunos casos la cobertura es difícil de alcanzar en árboles urbanos de gran envergadura, provocándose en ciertas ocasiones deriva hacia áreas residenciales (Hoddle *et al.*, 2004).

Dahlsten *et al.*, (2003) recomiendan para casos extremos y ejemplares pequeños rociar los árboles con una mezcla de jabón / insecticida (sales de potasio de ácidos grasos) y de aceite hortícola. Estos insecticidas de bajo riesgo pueden ser aplicados en forma conjunta. El aceite y el jabón matarán algunos de los huevos, ninfas y adultos del psílico que se encuentren fuera de los "lerps", además de ayudar a limpiar la mielcilla.

El uso de insecticidas afecta negativamente cualquier parásito beneficioso, siendo recomendable dejar algunos eucaliptos cercanos a la zona de aplicación sin tratar, a modo de facilitar algún tipo de control biológico potencial (Dahlsten *et al.*, 2003).

### *Control Silvicultural*

El control silvicultural se utiliza cuando existe un riesgo de infestación y como medida para disminuir el debilitamiento del arbolado (SEMARNAT, 2003). Se recomienda regar los árboles expuestos a períodos prolongados de sequía, aplicando agua bajo el dosel exterior, lugar dónde se localizan las principales raíces de absorción (Hoddle *et al.*, 2004). Sin embargo, se debe evitar regar en forma prolongada la zona alrededor de la corona de la raíz, ya que en esta área, el agua queda poco disponible para las raíces, generándose un exceso de humedad en el suelo, favoreciendo la proliferación de hongos radiculares como *Armillaria* sp. y *Phytophthora* sp. Debido a esto, la cantidad específica y frecuencia de riego dependen del sitio y la especie de *Eucalyptus* (Dahlsten *et al.*, 2003).

En focos detectados los árboles sin riego presentan un mayor grado de ataque, referido al número de individuos por hoja (observándose árboles con más de 60 “lerps” por hoja). Sin embargo, estos árboles muestran una mayor resistencia a la defoliación al ser comparados con ejemplares que se encuentran en jardines con riego, dónde las hojas presentan pocos “lerps”, pero defoliaciones mayores (Olivares *et al.*, 2003). Al parecer esto estaría relacionado con los niveles de nitrógeno foliar presente en los árboles, el que en grandes cantidades, favorece la reproducción y sobrevivencia del psílido, ya que éste siente atracción por los compuestos nitrogenados. Por esta razón, tampoco es recomendable la fertilización de los eucaliptos con nitrógeno. En caso de ser necesaria una aplicación, se deben utilizar formulaciones de nutrientes de liberación lenta, que no estimulen la excesiva producción de retoños suculentos de nuevo crecimiento, disminuyendo la atracción de las hembras para oviponer (Ide *et al.*, 2004).

La poda o recorte de las hojas infestadas, tampoco es recomendada, ya que se estimula el nuevo crecimiento de follaje (Hoddle *et al.*, 2004).

Con respecto a la elección de especies, es fundamental la elección de aquellas que puedan adaptarse en forma adecuada a las condiciones de sitio. Ciertos tipos de árboles son tolerantes a la sequedad, mientras que otros se adaptan mejor a condiciones más húmedas. Una adecuada selección y establecimiento de especies, impide o disminuye el ataque de *G. brimblecombei*. Sin embargo, esta selección debe considerar la susceptibilidad de la especie a ser atacada por otras plagas (Dahlsten *et al.*, 2003).

A lo anterior, deben sumarse técnicas de plantaciones mixtas utilizando varias especies de eucaliptos en conjunto con otras especies de árboles tolerantes adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales, medida que mitiga los daños producidos por problemas fitosanitarios (Hoddle *et al.*, 2004).

### *Control Biológico*

En Chile se han encontrado diversos insectos actuando como depredadores o parasitoides de *G. brimblecombei*, tales como larvas y adultos de *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Eriopis connexa* G. (Coleoptera: Coccinellidae) (Olivares *et al.*, 2003);

*Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae), algunas especies de crisopidos (Neuroptera: Chrysopidae); hemerobidos (Neuroptera: Hemerobiidae); chinches predadores (Hemiptera: Anthocoridae y Lygaeidae) y ejemplares de *Vespula germanica* (Fabricius) (Hymenoptera: Vespidae), que al parecer sólo consumirían los azúcares que componen los “lerps” (Ide *et al.*, 2004). Además, se han identificado las especies *Allograpta exotica* W. (Diptera: Syrphidae) y *Chrysops* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) (Olivares *et al.*, 2003).

En Brasil y Estados Unidos se mencionan como controladores biológicos a *C. sanguinea*, *Hippodamia convergens* Guerin - Meneville (Coleoptera: Coccinellidae), *Hemerobius* sp. (Neuroptera: Hemerobiidae) y algunas especies de crisópidos. Asimismo, se han descrito como depredadores a *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), *Anthocoris nemoralis* (Fabricius) (Hemiptera: Anthocoridae), *Chilocorus bipustulatus* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae), *Coccinella californica* Mannerheim (Coleoptera: Coccinellidae) (Garrison, 1999; Wilcken *et al.*, 2003; citados por Ide *et al.*, 2004), *Syrphus viridiceps* Macq (Diptera: Syrphidae), *Notochrysa ramburi* Schneider (Neuroptera: Chrysopidae), *Rhizobius evansi* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) y *Leis conformis* (Biosd) (Coleoptera: Coccinellidae) (Olivares *et al.*, 2003). Estos predadores no proporcionan un adecuado control biológico, sin embargo, contribuyen al control de la plaga, sin afectar a *P. bliteus* (Dahlsten *et al.*, 2003).

Las actuales técnicas de control se han orientado hacia los métodos biológicos, basados en el uso de parasitoides. Es así como en la mayoría de los países donde *G. brimblecombei* se ha establecido, posteriormente se ha introducido la avispa *P. bliteus*, un biocontrolador que parasita las ninfas del psílido (Olivares *et al.*, 2003).

### ***Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera: Encyrtidae)**

*P. bliteus* es un parasitoide holometábolo que en estado adulto tiene una longitud de entre 1 y 2 mm, de color verdoso oscuro metálico y patas de un tono amarillento. La hembra se diferencia del macho por las características de sus antenas y la presencia de un ovipositor, que nace del abdomen. La especie es inofensiva para los humanos y otros animales e insectos, excepto para *G. brimblecombei* (Dahlsten, 2004).

La duración del ciclo de vida del parasitoide varía entre 21 a 28 días, dependiendo de la temperatura ambiental. El ciclo comienza con el apareamiento entre el macho y la hembra, posteriormente la avispa hembra perfora el “lerp” y oviposita sus huevos al interior del cuerpo de una ninfa del psílido de tamaño mediano a grande, que permita asegurar la supervivencia de su descendencia. Luego de matar a su hospedero, la larva pasa al estado de pupa, para posteriormente emerger como adulto, perforando el “lerp”, realizando un pequeño agujero redondo de emergencia en la ninfa parasitada y en su cubierta protectora (Dahlsten *et al.*, 2003). Como resultado de este proceso queda únicamente el exoesqueleto de la ninfa biocontrolada (cuerpo denominado momia) bajo la estructura melificada (Olivares *et al.*, 2003).

Dahlsten (2004), detectó que entre ocho insectos candidatos parasitoides de *G. brimblecombei*, *P. bliteus* era la opción más eficaz para impactar la dinámica poblacional del psílido a niveles aceptables, utilizándose la siguiente metodología:

1. Búsqueda de documentación acerca de la distribución estacional y abundancia de los diferentes estados de vida del psílido, además de la presencia de cualquier enemigo natural, en varias especies de *Eucalyptus* spp. en Australia y Estados Unidos.
2. Desarrollo de un método de monitoreo eficiente para estudiar las fluctuaciones de la población del psílido y evaluar los esfuerzos del control.
3. Estudio del efecto de la temperatura y la lluvia en las fluctuaciones estacionales de *G. brimblecombei* y sus enemigos naturales endémicos e introducidos.
4. Selección de enemigos naturales conocidos de *G. brimblecombei* en Australia, para su posterior introducción y evaluación de impacto sobre la población del psílido. El parasitoide seleccionado, luego de diversas pruebas, correspondió a *P. bliteus*. Se colectó al biocontrolador en tres zonas de Australia: Nueva Gales del Sur (norte de Sydney), Melbourne (Victoria), y Adelaida (sur de Australia).
5. Implementación de un Programa de Control Biológico de *G. brimblecombei*, mediante la crianza de *P. bliteus* en el insectario del Departamento de Alimentación y Agricultura, ubicado en California, luego de un período de cuarentena, para su posterior liberación en lugares previamente seleccionados.

La presencia del parasitoide puede ser detectada mediante la colecta del adulto, sin embargo, esto es complicado en caso de no utilizar trampas especializadas. Su detección se facilita con la búsqueda de “lerps” que presenten orificios de emergencia, los que generalmente se encuentran en la parte lateral de la estructura. Otra manera de determinar la presencia del controlador biológico es mediante la existencia de ninfas momificadas (Ide *et al.*, 2004).

En México, país donde se introdujo *P. bliteus*, se determinó que los beneficios que genera la aplicación del control biológico sobre *G. brimblecombei*, justifican holgadamente los gastos del programa, debido a que la relación costo - beneficio, estimada para la aplicación del esquema de control, resultó altamente rentable (Romo, 2002).

## **PROTOCOLO DE PRODUCCION DE *Psyllaephagus bliteus***

Los primeros pie de cría de *Psyllaephagus bliteus*, fueron ingresados a Chile, en el año 2003, por el SAG, importados desde Jalisco, México. Se escogió este parasitoide debido a los buenos resultados que ha logrado en la reducción de la población de *G. brimblecombei* en los lugares donde se ha introducido.

El protocolo de producción de *P. bliteus*, consiste básicamente en reproducir en laboratorio, la dinámica de parasitación que acontece en forma natural, lo anterior debido que en

algunos casos este parasitoide se ha intentado reproducir mediante técnicas puramente de laboratorio, con nefastos resultados.

Las principales dificultades que se han detectado para la producción de *P. bliteus* en laboratorio han sido: lograr el apareamiento de *P. bliteus*, conseguir las condiciones adecuadas para que el biocontrolador parasite a *G. brimblecombei*, problemas con la pupación del biocontrolador y contaminación de los distintos estados de desarrollo del parasitoide con hongos y ácaros, esto último debido principalmente a la composición química de los “lerps” (C. Goycoolea, com. pers).

El protocolo descrito a continuación se encuentra basado en Ide *et al.*, 2004.

Para el inicio del protocolo de producción de *P. bliteus* se debe contar con un número adecuado de plantas de *E. camaldulensis* infestadas con *G. brimblecombei*. La infestación de las plantas sanas en laboratorio se realiza mediante la recolección en terreno de ramillas atacadas por el psílido, con una frecuencia de tres a cinco días.

El material atacado por *G. brimblecombei* es depositado en un matraz entre las plántulas sanas de los *E. camaldulensis* en el invernadero, para que de esta forma los adultos de *G. brimblecombei*, colonicen los eucaliptos. Una vez que visualiza un alta cantidad de “lerps” en las hojas de las plántulas de *E. camaldulensis*, se procede a extraer tres o cuatro plantas e introducirlas en una cámara de parasitación, donde junto con las plántulas, se agregan un mínimo de 2 ejemplares de *P. bliteus*, en una relación de sexos de 2 : 4 (hembras / macho).

Para el adecuado desarrollo del parasitoide, es necesario diariamente asperjar el follaje con agua, además de proporcionarle agua miel a los biocontroladores como alimento. Las condiciones ambientales que debe tener el laboratorio es una temperatura entre los 23 y 25°C y un fotoperíodo de 16 / 8 (luz / oscuridad).

Luego de 21 a 28 días, a contar de la parasitación comenzaran a emerger los biocontroladores, los que deben ser llevados lo antes posible a terreno, de modo de evitar que se dañen y aprovechar su potencial de parasitismo.

Para la evaluación del establecimiento del parasitoide se utilizan “trampas pegajosas”, desarrolladas por Dahlsten y adaptadas en México, las que permiten su conteo y detección (C. Goycoolea, com. pers).

La “trampa pegajosa” consiste en dos tapas de plástico transparentes de 10 cm de diámetro, montada una sobre la otra. Entre ambas tapas se coloca un papel de color amarillo, la cara de la tapa superior se cubre con una delgada película de aditivo de motor, con la finalidad de que al posarse el insecto quede pegado en la trampa (Ide *et al.*, 2004).

La revisión y recambio de las trampas debe ser cada 7 días, retirando el material colectado, evitando que este sufra daño. Luego en laboratorio, se realiza el conteo y determinación de sexo, de manera de determinar la abundancia relativa (número promedio de individuos / trampa), tanto de *G. brimblecombei* como de *P. bliteus*.

## CAPITULO VIII

### *Tremex fuscicornis* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) “AVISPA DE LA MADERA DE LATIFOLIADAS”

#### ANTECEDENTES GENERALES

*Tremex fuscicornis* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) es un insecto endémico de Asia y Europa Oriental, presente en Siberia, Saghlien, China, Japón, Corea, Taiwán, (Klasmer *et al.*, 2003) y Rusia (Baldini, 2000). En estos lugares es una especie difícil de encontrar, probablemente por la eficiente acción de sus enemigos naturales (SAG, 2000). A partir de 1996, la plaga ha sido detectada en Australia, en las localidades de Tamworth y Sydney (CONAF y SAG, 2000).

La avispa afecta árboles debilitados, dañados, moribundos o recientemente cortados (INFOR, 2004) causando la muerte de los individuos atacados, siendo la madera destruida por sus larvas, las cuales taladran galerías en forma semicircular (CONAF, 2000).

Las especies atacadas por *T. fuscicornis* son *Populus* sp., *Salix* sp., *Fagus* sp., *Betula* sp., *Pterocarya stenoptera* C. DC., *Acer negundo* L. (Baldini, 2002), *Robinia pseudoacacia* L. (CONAF y SAG, 2000), *Juglans* sp., *Ulmus* sp., *Alnus* sp., *Quercus* sp., *Prunus* sp. y *Celtis* sp. (Parra *et al.*, 2004). También se pueden considerar como hospederos potenciales las especies frutales pertenecientes a los géneros *Pyrus* y *Malus* (Universidad de Concepción, 2001). Sin embargo, publicaciones del Servicio Forestal de Estados Unidos indican que las especies de *Tremex* no atacan coníferas, pero sí todo tipo de latifoliadas (CONAF y SAG, 2000).

En Chile el sirícido fue detectado durante el verano del año 2000 en una cortina cortaviento de álamos de la especie *P. nigra* L., en el sector de Chicureo, comuna de Colina, Región Metropolitana (Figura 83) por especialistas del Laboratorio de Entomología del SAG Lo Aguirre, determinándose que en relación a los daños encontrados, su ingreso se habría producido hace dos años, posiblemente a través de embalajes de madera, provenientes de China (CONAF y SAG, 2000).

Actualmente, la plaga se encuentra distribuida en toda la Región Metropolitana, en algunos sectores de la provincia de Los Andes, San Felipe y Quillota en la V Región y en la comuna de Mostazal, VI Región, (Grupo de acción forestal, 2003), además del área Doñihue – Coltauco, comunas ubicada hacia la costa de esta región.

La posibilidad que este insecto ataque árboles del género *Fagus* sp., tanto en Chile como Argentina (Klasmer *et al.*, 2003), es considerado un riesgo para las especies nativas del género *Nothofagus* sp. presentes en ambos países. En Chile, se consideran vulnerables los Tipos Forestales Roble - Hualo, Roble - Raulí - Coihue, Coihue - Raulí - Tepa y Lengua.

Antecedentes obtenidos bajo condiciones reguladas de laboratorio, muestran una preferencia del insecto por *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, atacando además *N. alpina*

(Poepp. et Endl.) Oerst, *N. pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser., *N. antarctica* (G. Forster) Oerst. (CONAF y SAG, 2000).



Figura 83: Cortina de *P. alba* con árboles muertos por efecto del ataque de *T. fuscicornis* (L. Cerda).

Esto hace es necesaria la disminución de la población de la plaga mediante un control integrado basado fundamentalmente en el control legal, cortas sanitarias y control biológico. Este último, mediante la producción y liberación de parasitoides específicos, tales como *Megarhyssa percellus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Ibalia jakowlewi* (Hymenoptera: Ibalidae).

### ANTECEDENTES BIOLOGICOS

*T. fuscicornis* es un insecto holometábolo, cuyo ciclo de vida puede variar entre 1 y 3 años. Los adultos emergen durante el verano, sin embargo también pueden emerger individuos durante el otoño, los que son de menor tamaño (CONAF y SAG, 2000). En el país se han observado 2 períodos de emergencia anuales, de Octubre a inicios de Febrero el primero y un segundo, de Marzo a Julio. No obstante, el ciclo de vida varía dependiendo el lugar donde se desarrolle el insecto (Figuras 84 y 85).

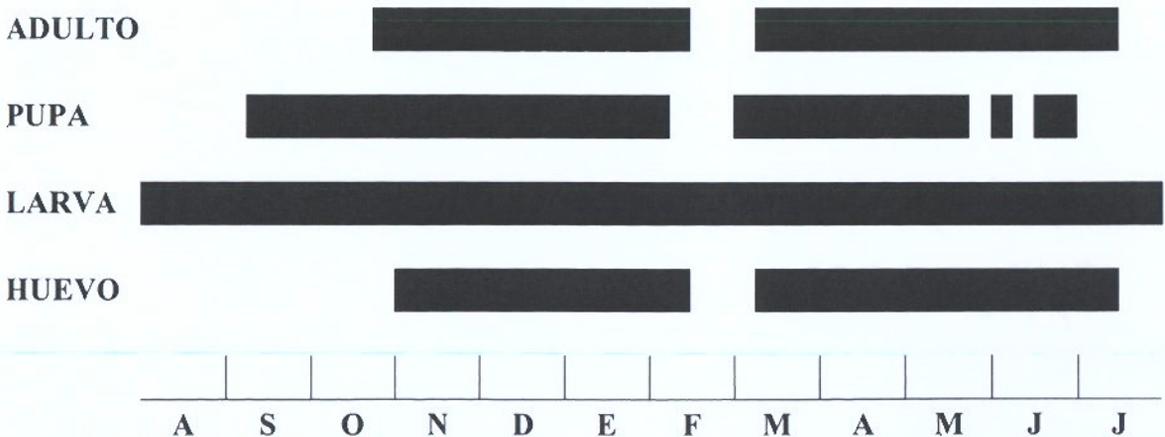


Figura 84: Ciclo de vida *T. fuscicornis* en Noviciado – Lampa (Parra. et al., 2004).

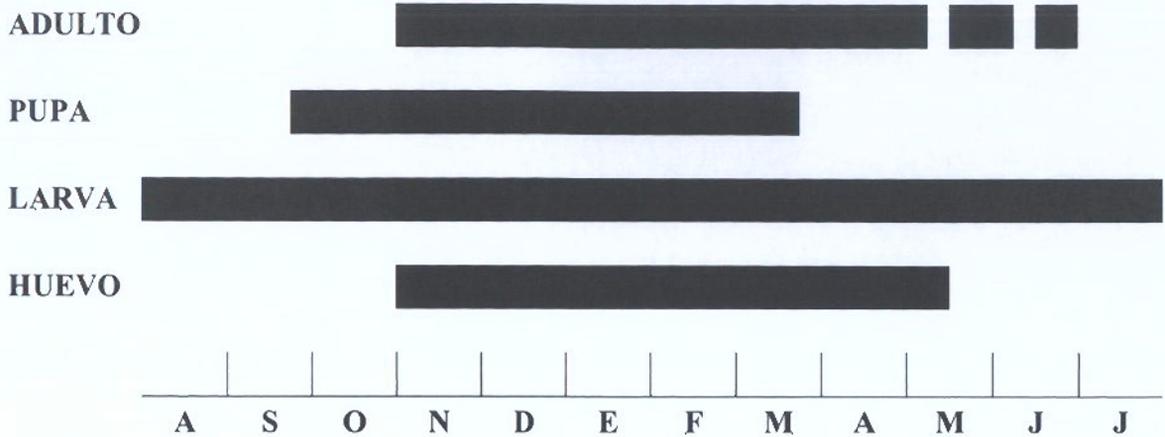


Figura 85: Ciclo de vida *T. fuscicornis* en Rinconada - Los Andes (Parra. *et al.*, 2004).

Según Baldini (2000), los estados de desarrollo del insecto (Figura 86) presentan las siguientes características:

**Huevo:** De forma alargada, coloración blanca y superficie lisa.

**Larva:** En promedio mide 3 cm, pudiendo alcanzar hasta 4 cm de longitud, de forma cilíndrica y color blanco crema. La cabeza presenta antenas unisegmentadas cortas y mandíbulas dentadas. Además, posee tres pares de patas rudimentarias, de un largo menor a 0,5 mm.

Las larvas perforan la madera con galerías durante todos sus estadios, pupando en un capullo de seda al final del túnel larval.

**Pupa:** De tamaño variable, alcanza un promedio de 3 cm de largo. Al comienzo son de color blanquizo, el cual se va oscureciendo en forma gradual hasta alcanzar la coloración del adulto. Si la pupa se ubica muy al interior de la madera, el adulto es incapaz de masticar y salir a la superficie, lo que provoca su muerte, situación verificada en terreno.

**Adulto:** El insecto adulto corresponde a una avispa de cuerpo robusto, alargado y cilíndrico, de 0,5 a 6 cm de longitud, con alas transparentes de color ambar y antenas filiformes; ambos sexos presentan una estructura en forma de espina en el extremo final del cuerpo.

La hembra, de mayor tamaño que el macho, posee una cabeza de color amarillo oscuro, con dos antenas amarillas compuesta por 12 segmentos. Las partes de las patas; fémur, tibia y tarsos son de color amarillo pálido.

El cuerpo es de color café negruzco con franjas amarillas en el abdomen, entre el tercer y séptimo segmento, contornado de un color negro - amarillo y con el resto del abdomen de color amarillo. En el extremo del cuerpo presenta un ovipositor, que se proyecta hacia atrás, envuelto en una vaina, cuando no está en uso (Figura 87).

El macho es de color completamente negro, incluyendo las patas, sólo las alas presentan un color ambar, levemente más oscuras que las alas de las hembras.

Dado que en Chile se encuentran presentes otros dos insectos de la familia Siricidae, *U. gigas* y *S. noctilio*, especies que presentan características similares a la avispa de la madera de las latifoliadas, la correcta descripción del insecto resulta fundamental.



Figura 86: Trozo de madera de *Populus* sp. con larvas, pupa hembra y adulto macho de *T. fuscicornis* (L. Cerda).



Figura 87: Hembra de *T. fuscicornis* (G. Cogollor).

## DINAMICA DE ATAQUE

Una vez emergidos los adultos, estos se dirigen a la parte alta de las copas de los árboles. En este lugar se concentra un gran número de individuos, llevándose a cabo el apareamiento (CONAF, 2000).

La hembra fecundada, vuela en busca de un lugar donde oviponer, comenzando su ataque en árboles recién cortados, dañados o debilitados por condiciones de estrés tales como sequía, daño en las raíces, caída de ramas o partes importante del árbol (Comisión Nacional del Álamo, 2004). El estrés en los árboles se manifiesta como una emisión de sustancias volátiles producto de una alta presión osmótica en los sistemas vasculares, que activan el sistema nervioso de la hembra, la cual siente una atracción por el individuo y lo ataca

(Baldini, 2002; citado por Klasmer *et al.*, 2003). Sin embargo, cuando la plaga se encuentra en altos niveles poblacionales, la hembra de *T. fuscicornis* es capaz de atacar árboles sanos, los cuales logra debilitar luego de sucesivos ataques.

Para la oviposición, la hembra inserta el ovipositor a través de grietas en la corteza (Figura 88) hasta el nivel del cambium (Baldini, 2002), el lugar de oviposición se reconoce por una mancha aceitosa sobre la corteza y bajo ella una pequeña mancha más oscura, teniendo la capacidad de poner entre 300 y 400 huevos durante su vida (CONAF y SAG, 2000). En conjunto con sus huevos, el insecto deposita esporas de un hongo degradador de madera y un mucus fitotóxico. Éste último es transportado al follaje, provocando una decoloración y posterior caída de las hojas, mientras que las esporas del hongo, que posiblemente pertenece a una especie del género *Cerrena*, sirven de alimento a sus larvas. El hongo comienza su desarrollo en la madera, adyacente al lugar de postura, favorecido por la baja humedad que posee el árbol, por efecto de la sustancia venenosa también inyectada (Baldini, 2002).

Las larvas emergen luego de 3 a 4 semanas, durante el verano y principios de otoño (CONAF, 2000), comenzando la construcción galerías a lo largo del árbol (Klasmer *et al.*, 2003). Una vez producida la eclosión, la larva se alimenta en sus primeros estadios de las hifas del hongo, barrenando galerías durante todos sus estadios en forma semicircular. Estas pueden ser ascendentes o descendentes (Figura 89), de hasta 1 m de largo, variando fuertemente según la época de la ovipostura y el tamaño del árbol atacado (Baldini, 2002). Las galerías se encuentran llenas de un aserrín grueso, fibroso y compacto.

La pupación ocurre en el interior de la madera, pero cerca de la superficie, aproximadamente a 4 cm de la corteza, debido a que cuando emerge el adulto, este no posee una gran capacidad para horadar la madera (Baldini, 2000). No obstante, se ha comprobado que la avispa es capaz de romper con sus mandíbulas mallas metálicas que se encontraban cubriendo el fuste del árbol.

La emergencia de los adultos (Figura 90) se evidencia por orificios circulares, que en su gran mayoría se encuentran en una posición noreste, siguiendo la dirección del sol.

La plaga es considerada de distribución rápida, de un comportamiento muy agresivo sobre todo en especies del género *Populus* sp., causando la mayoría de las veces su muerte (Klasmer *et al.*, 2003). La hembra tiene una buena capacidad de dispersión mediante el vuelo, cubriendo grandes distancias, comportamiento que se ha observado al encontrarla a varios kilómetros de su lugar de emergencia. Además, la diseminación se ve favorecida por el transporte de maderas, ya que el insecto pasa gran parte de su vida al interior de éstas (CONAF y SAG, 2000).

Otra forma de ataque, sobre todo en otras especies hospederas como *A. negundo*, consiste en oviponer el primer año en una rama, la cual muere debilitando al árbol. Una vez que emergen los adultos desde las ramas continúa con el ataque en el fuste, para finalmente matar al árbol (Baldini, 2002).

Figura 88: Hembra de *T. fuscicornis* comenzando la oviposición en un árbol (L. Cerda).



Figura 90: Macho de *T. fuscicornis* emergiendo de un *Populus* sp. (L. Cerda).



Figura 89: Galería ocasionada por la larva de *T. fuscicornis* (A. Baldini).

## DAÑOS

La presencia de *T. fuscicornis* constituye uno de los problemas sanitarios de mayor importancia económica para Chile, dado que es una plaga cuarentenaria categoría A - 2 (Espinosa, 2004), por lo que podría limitar seriamente las exportaciones de madera en bruto y elaborada de especies latifoliadas caducifolias (CONAF, 2000).

La importancia de la plaga radica en la mortalidad que provoca su ataque, además de la destrucción de la madera (Baldini, 2002). Los árboles atacados no pueden ser utilizados como madera aserrada, enchapado y elaboración de tableros, debido a la presencia de galerías y a la rápida descomposición de la madera producto del desarrollo de hongos (Klasmer *et al.*, 2003).

Durante los primeros días del ataque, no es posible detectar ningún síntoma externo, aunque ocasionalmente se pueden observar restos del abdomen de la hembra insertos en la corteza. El tiempo transcurrido para observar la sintomatología depende de la intensidad del ataque. De esta manera, a mayor cantidad de oviposturas en el árbol es posible constatar los primeros síntomas a 20 días de iniciado el ataque (Baldini, 2002).

Los principales signos de daño son la presencia de orificios de emergencia de adultos perfectamente circulares, de 2 a 6 mm de diámetro (CONAF, 2000); micelio del hongo simbionte de color blanco; oviscapto o restos de las hembras insertadas en el fuste, pudiendo incluso encontrarse a la hembra completa y manchas de aspecto aceitoso en el fuste después de las posturas (INFOR, 2004). Junto a los orificios de emergencia de la avispa, es muy frecuente observar otros orificios de menor tamaño y de forma elíptica que son provocados por la emergencia de *Melanophila picta* Pall (Coleoptera: Buprestidae), insecto subcortical que ataca cuando detecta un árbol debilitado (Universidad de Concepción, 2001).

Los síntomas comienzan con una rápida clorosis, donde el follaje adquiere una coloración amarilla pasando inmediatamente a un color rojizo y finalmente café, etapa en la cual es posible constatar la muerte del árbol (Espinosa, 2004).

En el sector forestal, dadas las condiciones de alta densidad que presenta el bosque nativo y el estrés al cual están sometidos los árboles urbanos, *T. fuscicornis* puede alcanzar altos niveles de infestación y sus consecuentes pérdidas económicas, ambientales y sociales (CONAF, 2000).

Es probable que a nivel de cultivos frutícolas el insecto no llegue a ocasionar daños económicos, principalmente por la resistencia que presentan los frutales producto de menores densidades de plantación e intensivas prácticas de manejo. Prospecciones realizadas, muestran que el insecto sólo ataca ejemplares muy debilitados.

En forma indirecta, el insecto puede provocar serios problemas al sector exportador, principalmente por las exigencias de países compradores de madera, ya que implicaría el tratamiento de los productos de tratar a fin de evitar la posible entrada de agentes perjudiciales al países libres de la plaga (INFOR, 2004).

De mayor importancia aún que las pérdidas económicas resultan las pérdidas ecológicas, considerando la biodiversidad del bosque chileno, la protección de los suelos, la regulación del ciclo hídrico y la mantención del paisaje (Baldini, 2000).

## CONTROL

El control se basa en el empleo de enemigos naturales y programas de raleos a fin de mantener los árboles vigorosos y menos susceptibles al ataque de la avispa. Entre los agentes biológicos, se distingue al parásito de huevos y de los primeros estadíos de la larva, *Ibalia* sp.; el parásito de larvas de los últimos estadíos, *Megarhyssa* sp. y presumiblemente el nemátodo *B. siricidicola* (Klasmer *et al.*, 2003).

Por tratarse de un insecto taladrador de la madera, para su control se descarta el uso de insecticidas, tanto de contacto como sistémicos, dada la imposibilidad de estos productos de alcanzar las larvas ubicadas dentro de la madera. Básicamente, el manejo integrado de la plaga se efectúa a través del control mecánico, con la destrucción de la madera y el control biológico, ambos apoyados por medidas legales.

### *Control Legal*

La plaga está sometida a control obligatorio, mediante la Resolución Exenta N°3.303 del SAG, emitida el 26 de Diciembre del 2000. En ella se indica la prohibición de movilizar material vegetal hospedero de la plaga fuera del área cuarentenaria, correspondiente a las provincias de Chacabuco, Santiago, Cordillera, Maipo y Talagante, en la Región Metropolitana, así como las comunas de Llay Llay y Olmué en la V Región. Esta medida contribuyó a retardar la dispersión por efectos antrópicos, no influyendo sobre la dispersión natural, que actualmente alcanza la VI Región.

### *Control Silvicultural*

Una eficaz actividad silvicultural que se ha utilizado para el control de *T. fuscicornis*, han sido las cortas sanitarias, las que permiten la eliminación de focos del insecto. Este método consiste en la corta de los árboles afectados, su trozado y posterior quema o entierro de las trozas obtenidas, con el objeto de eliminar los estados inmaduros presentes en la madera. El entierro del material afectado sólo puede ser aplicado cuando se posee maquinaria pesada, la topografía del terreno lo permita y se cuenten con los recursos económicos necesarios. Como una forma de control a nivel predial, se aconseja la utilización de árboles cebo, método que consiste en debilitar al árbol, ya sea por anillamiento o aplicación de herbicida (20 cc de Babel, distribuidos en cuatro puntos del árbol), con el objeto de inducir la postura de las hembras de *T. fuscicornis*, para posteriormente voltear y quemar estos árboles (Baldini, 2002).

La corta y posterior quema de árboles infestados por la plaga fue el método aplicado por CONAF durante los años 2000 y 2001, actividad que abarcó las regiones V, VI y Metropolitana, eliminándose más de 5.000 árboles atacados. Sin duda este método contribuyó a disminuir el desarrollo poblacional del insecto, dada la característica del insecto de reinfestar árboles atacados en temporadas anteriores.

### *Control Biológico*

Los reducidos niveles poblacionales que *Tremex* presentaría en Eurasia, indican la probable existencia de un complejo de control biológico, los cuales en su conjunto mantienen la plaga a niveles bajo el umbral económico de daño (SAG y CONAF, 2000). Por lo anterior, se estima que en Eurasia deben existir diversas especies de parasitoides, pertenecientes fundamentalmente a las familias Ibalidae e Ichneumonidae, que controlan y reducen las

poblaciones de *Tremex* sp. y probablemente algún nemátodo que consuma al hongo simbiote y provoque esterilidad en las hembras (SAG y CONAF, 2000).

En América del Norte, se ha detectado una especie cercana de *T. fuscicornis*, clasificada como *T. columba*, la cuál posee un complejo de biocontroladores, tales como *Megarhyssa atrata* (Fabricius), *M. Greenei* Viereck, *M. Macrurus* (Linnaeus) Fab. e *Ibalia maculipennis* Haldeman (CONAF y SAG, 2000).

No obstante, también se debe considerar el clima más adverso de su lugar de origen, con temperaturas bajo cero en invierno y durante un tiempo prolongado, así como la deforestación que ha afectado estas zonas, lo cual puede tener una alta influencia sobre las poblaciones del insecto.

En Chile el control biológico de esta especie se ha basado fundamentalmente en dos parasitoides *Megarhyssa percellus* e *Ibalia* sp.

De acuerdo a un estudio realizado por el SAG, *T. fuscicornis* ingresó al país con una especie del género *Megarhyssa* sp., parásito de los últimos estadios larvales, la cual aparentemente no es suficiente por si sola para lograr su control, siendo necesario reforzarla mediante la utilización de un complejo de parasitoides. En este contexto, se consideró a *I. leucospoides*, avispa biocontroladora de sirícidos, que en Chile se encuentra asociada a *U. gigas* (Linnaeus). Este parasitoide fue reproducido y liberado en diversos puntos de la Región Metropolitana durante el año 2001, a través de un Convenio INIA – CONAF. La evaluación de parasitismo realizada una temporada después no arrojó resultados positivos.

Los ciclos de vida de *Megarhyssa* sp. han sido estudiados en diferentes lugares, no demostrando mayores diferencias entre sí (Figuras 91 y 92)

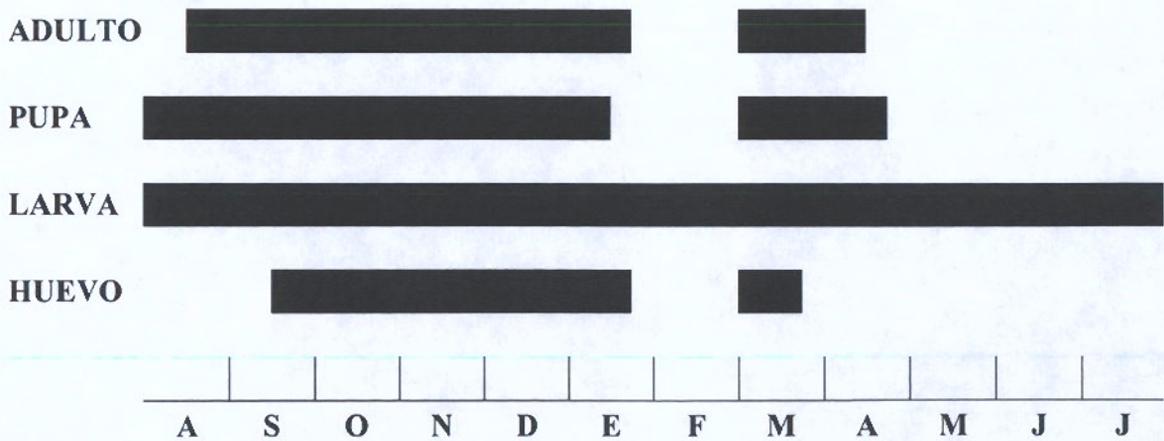


Figura 91: Ciclo de vida *Megarhyssa* sp. en Noviciado – Lampa (Parra. et al., 2004).

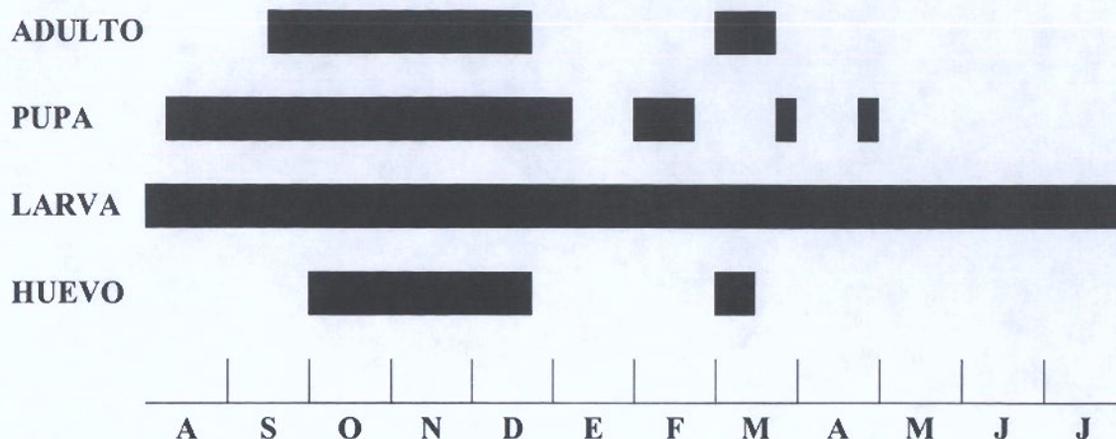


Figura 92: Ciclo de vida *Megarhyssa* sp en Rinconada – Los Andes (Parra. *et al.*, 2004).

En el año 2000, la CPF S.A. y el SAG, introdujeron a Chile el parasitoide *M. percellus* desde China, desde las regiones de Beijing y Xi'an, logrando recolectar nueve ejemplares en éste último lugar (Espinosa, 2004), en un número de cuatro hembras y cinco machos (C. Goycoolea, com. pers.).

La cuarentena del material se realizó en el Laboratorio de Entomología del SAG Lo Aguirre, Región Metropolitana, preparándose un ambiente similar a su lugar de origen, con condiciones de temperatura adecuadas para completar su ciclo biológico, el cual tarda un año (Espinosa, 2004).

*M. percellus*, es una avispa que mide entre 7 a 8 cm, de color amarillo, posee 4 alas transparentes y un ovipositor de unos 5 cm de longitud, con el cuál parasita larvas en avanzados estadios de desarrollo (Figura 93 y 94).

Con el objeto de complementar el complejo de parasitoides, el año 2004 se presentó un proyecto INFOR / SAG, que pretende traer desde Europa, específicamente de Austria y la República Checa un nuevo biocontrolador específico de *T. fuscicornis*, la especie *Ibalia jakowlewi* Jacobs (Hymenoptera: Ibalidae). Esta complementará el control biológico de la plaga, debido a que parasita huevos y primeros estadios larvales del hospedante, a diferencia de *M. percellus* que parasita los últimos estados larvales. Al ingresar al país, *I. jakowlewi* cumplirá un período de cuarentena en el Laboratorio del SAG de Lo



Figura 93: Vista superior de hembra de *M. percellus* (G. Cogollor).

Aguirre, etapa que durará como mínimo un año dado lo prolongado de su ciclo reproductivo. Durante la cuarentena el parasitoide se multiplicará, realizándose la primera liberación probablemente en la Región Metropolitana (Comisión Nacional del Álamo, 2004).

La introducción de estos enemigos naturales al país podría reducir las poblaciones de *T. fuscicornis*, posibilitando la supresión de la plaga. Cabe señalar que en la búsqueda de parasitoides para el control de la avispa, no se consideraron especies nativas, debido a que la familia Siricidae y sus enemigos naturales, son originarias del Hemisferio Norte, no existiendo ninguna especie endémica de América del Sur (Universidad de Concepción, 2001).



Figura 94: Vista lateral de hembra de *M. percellus* (G. Cogollor).

## Abreviaturas de unidades

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| °C             | grados Celsius    |
| min            | minuto            |
| mm             | milímetro         |
| cm             | centímetro        |
| m              | metro             |
| km             | kilómetro         |
| mL             | mililitro         |
| L              | litro             |
| g              | gramo             |
| kg             | kilogramo         |
| hora           | hora              |
| cc             | centímetro cúbico |
| mg             | miligramo         |
| m <sup>3</sup> | metro cúbico      |
| ha             | hectárea          |

## Índice de figuras y tablas

### Índice de figuras

- Figura 1: Estructura del modelo conceptual general de un sistema de manejo de plagas forestales
- Figura 2: Huevos de *R. buoliana* en acículas de pino
- Figura 3: Los 6 estadios larvales de *R. buoliana*
- Figura 4: Pupas de *R. buoliana*
- Figura 5: Adulto de *R. buoliana* sujeto a acícula
- Figura 6: Hembra de *R. buoliana*
- Figura 7: Ciclo de vida de *R. buoliana* para la IX y X Región, determinado el año 1989
- Figura 8: Ciclo de vida de *R. buoliana* para la X Región, para la temporada 1985 – 1986
- Figura 9: Ciclo de vuelo del adulto de polilla del brote para la comuna de Paredones, Provincia de Cardenal Caro, VI Región, para la temporada 1999 – 2000
- Figura 10: Grumo de resina provocado por la construcción de la cámara de hibernación
- Figura 11: Cámara larval de 4 estadio
- Figura 12: Deformación temprana de *P. radiata* por efecto del ataque de polilla del brote
- Figura 13: Severa deformación fustal por ataque a los dos años de edad del árbol
- Figura 14: Rodal de 14 años con daño fustal por ataque de polilla del brote
- Figura 15: Árbol recuperado por toma de dominancia de una flecha
- Figura 16: Poda formativa en árbol joven con multiflecha
- Figura 17: Recuperación fustal después de un año de efectuada la poda formativa
- Figura 18: Vista de una plantación de *A. glutinosa* que sustituyó una plantación de *P. radiata* con severo daño apical
- Figura 19: Dibujo de *C. fuscipes*
- Figura 20: Hembra adulta del parasitoide *O. obscurator*
- Figura 21: Macho adulto del parasitoide *O. obscurator*
- Figura 22: Larva de *R. buoliana* parasitada por *O. obscurator*
- Figura 23: Estante con brotes infestados para la colecta de larvas de polilla del brote
- Figura 24: Recolección diaria de larvas de polilla del brote
- Figura 25: Larvas de *R. buoliana* en dieta artificial después de su extracción desde los brotes de pino
- Figura 26: Curva normal de rendimiento del parasitismo
- Figura 27: Apareamiento de macho y hembra de *O. obscurator* en cámara de parasitación
- Figura 28: Cámara de parasitación con hembras apareadas de *O. obscurator*
- Figura 29: Brotes de *P. radiata* a utilizar en la masificación de *O. obscurator*
- Figura 30: Base desmontable de cámara fakir
- Figura 31: Cámara fakir con brotes instalados para la mantención de larvas parasitadas de *O. obscurator*
- Figura 32: Frascos plásticos con hembras apareadas de *O. obscurator* para liberación
- Figura 33: Implante en tubos de microcentrifugado de larvas de *R. buoliana* parasitadas por *O. obscurator*
- Figura 34: Ciclo biológico de *O. obscurator*

- Figura 35: Gráfico de los niveles de parasitismo regional de *O. obscurator* sobre *R. buoliana*
- Figura 36: Estado larval de *S. noctilio*
- Figura 37: Pupa de *S. noctilio*
- Figura 38: Macho adulto de *S. noctilio*
- Figura 39: Hembra adulta de *S. noctilio*
- Figura 40: Rodal de 14 años con una densidad de 2.500 árboles / ha atacado por *S. noctilio*
- Figura 41: Orificios de emergencia en árbol muerto por ataque de *S. noctilio*
- Figura 42: Troza de *P. taeda* con orificios de emergencia de *S. noctilio*
- Figura 43: Raleo sanitario ejecutado por el SAG en esquema de erradicación de la plaga
- Figura 44: Quema de árboles producto del raleo sanitario en el esquema de erradicación
- Figura 45: Hembra de *I. leucospoides*
- Figura 46: Ciclo de vida de *B. siricidicola*
- Figura 47: Matraces con trigo para la multiplicación de *A. aerolatum*
- Figura 48: Martillo neozelandés para realizar el orificio de inoculación
- Figura 49: Huevos de *P. semipunctata*
- Figura 50: Larvas de *P. semipunctata* en L2
- Figura 51: Larvas de *P. semipunctata* en L6
- Figura 52: Estado pupal de *P. semipunctata*
- Figura 53: Adulto de *P. recurva*
- Figura 54: Estado adulto de *P. semipunctata* (izquierda) y de *P. recurva* (derecha)
- Figura 55: Ciclo de vida para *P. semipunctata* para la VIII Región
- Figura 56: Galería larval llena de aserrín compacto
- Figura 57: Galerías de larvas de *P. semipunctata* en madera aserrada
- Figura 58: Larva de *A. longoi* hibernando
- Figura 59: Trozas de *E. globulus* en cámara de crianza para la obtención de adultos de *A. longoi*
- Figura 60: Tubo de ensayo con adultos de *A. longoi* preparados para su liberación
- Figura 61: Esquema de reproducción de *A. longoi*
- Figura 62: Huevos de *C. eucalypti*
- Figura 63: Estados ninfales de *C. eucalypti*
- Figura 64: Estado adulto de *C. eucalypti* colonizando hojas sésiles
- Figura 65: Masa algodonosa producida por los adultos de *C. eucalypti*
- Figura 66: Infestación de plantas de *E. globulus* con *C. eucalypti*. Laboratorio Entomológico de CONAF, Chillán, VIII Región
- Figura 67: Individuos de *C. eucalypti* parasitados por *P. pilosus*.
- Figura 68: Vista superior de ooteca de *G. scutellatus*
- Figura 69: Vista inferior de ooteca de *G. scutellatus*
- Figura 70: Larva de *G. scutellatus*
- Figura 71: Ejemplar adulto de *G. scutellatus*
- Figura 72: Aspecto del daño producido por el estado adulto de *G. scutellatus*
- Figura 73: Defoliación y muerte apical en *E. globulus* producido por el ataque del estado adulto de *G. scutellatus*
- Figura 74: Larva de *G. scutellatus* alimentándose
- Figura 75: Aspecto característico del daño provocado por el estado larvario de *G. scutellatus* en una hoja de eucalipto
- Figura 76: Cámara de producción de ootecas

- Figura 77: Ootecas en cápsula de Petri  
Figura 78: Cámara plástica con papel absorbente  
Figura 79: Adulto de *G. brimblecombei*  
Figura 80: Follaje de eucalipto atacado por *G. brimblecombei*  
Figura 81: Presencia de fumagina en follaje atacado por *G. brimblecombei*  
Figura 82: Árboles urbanos afectados por *G. brimblecombei*, en la localidad de Colina, Región Metropolitana  
Figura 83: Cortina de *P. alba* con árboles muertos por efecto del ataque de *T. fuscicornis*  
Figura 84: Ciclo de vida *T. fuscicornis* en Noviciado – Lampa  
Figura 85: Ciclo de vida *T. fuscicornis* en Rinconada - Los Andes  
Figura 86: Trozo de madera de *Populus* sp. con larvas, pupa hembra y adulto macho de *T. fuscicornis*  
Figura 87: Hembra de *T. fuscicornis*  
Figura 88: Hembra de *T. fuscicornis* comenzando la oviposición en un árbol  
Figura 89: Galería ocasionada por la larva de *T. fuscicornis*  
Figura 90: Macho de *T. fuscicornis* emergiendo de un *Populus* sp.  
Figura 91: Ciclo de vida *Megarhyssa* sp. en Noviciado – Lampa  
Figura 92: Ciclo de vida *Megarhyssa* sp. en Rinconada – Los Andes  
Figura 93: Vista superior de hembra de *M. percellus*  
Figura 94: Vista lateral de hembra de *M. percellus*

## Índice de tablas

- Tabla 1: Dispersión de *R. buoliana* en el país, desde temporada 1985 a 1996  
Tabla 2: Incremento porcentual de la presencia de polilla del brote en rodales de la VI a X Región  
Tabla 3: Probables estados de desarrollo en que los biocontroladores parasitan a *R. buoliana*  
Tabla 4: Niveles de parasitismo regional alcanzados por *O. obscurator*  
Tabla 5: Biocontroladores de *S. noctilio*, según estado de desarrollo  
Tabla 6: Evaluación de inoculación de *B. siricidicola* en la Provincia de Neuquén, Argentina, Temporada 2003 – 2004  
Tabla 7: Evaluación de inoculación de *B. siricidicola* en la Provincia de Río Negro, Argentina, Temporada 2003 – 2004  
Tabla 8: Evaluación de establecimiento de *B. siricidicola* en la Provincia de Neuquén, Argentina, Temporada 2003 – 2004  
Tabla 9: Evaluación del establecimiento de *B. siricidicola* en la Provincia de Río Negro, Argentina, Temporada 2003 – 2004  
Tabla 10: Principales diferencias entre *P. semipunctata* y *P. recurva*  
Tabla 11: Liberación y multiplicación del parasitoide para formar pies de cría, en distintas zonas del país  
Tabla 12: Resultados del parasitismo de *P. pilosus* sobre *C. eucalypti*, para distintas localidades del país

## Índice de especies

### A

#### **Abies**

*Acanthodoryctes* sp.  
*Acer negundo* L.  
*Achilea millefolium* L.  
*Adalia bipunctata* L.  
*Aeschyntelus* sp.  
*Allograpta exotica* W.  
*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.  
*Alnus* sp.  
*Amylostereum aerolatum* (Fr.) Boid  
*Anacis rubripes* Spinola  
*Anaphes nitens* Girault  
*Anthocoris nemoralis* Fab.  
*Armillaria* sp.  
*Aspergillus*  
*Aspergillus* sp.  
*Avetianella longoi* Siscaro

### B

*Bacillus thuringiensis* (Bt)  
*Bardysia* sp.  
*Beauveria*  
*Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin  
*Beddingia siricidicola* Bedding  
*Betula* sp.  
*Blastopsylla occidentalis* Taylor  
*Botryodiplodia*  
*Bracon* spp.

### C

*Callibracon limbatus* Brullé  
*Carduelis barbata* Molina, Jilguero  
*Celtis* sp.  
*Ceratocystis*  
*Chilocorus bipustulatus* Linnaeus  
*Chrysops* sp.  
*Cleobora mellyi* Mulsant  
*Cleonymus* spp.

*Coccinella californica* Mannerheim  
*Coccygominus fuscipes* Brullé  
*Conium maculatum* L.  
*Ctenarytaina eucalypti* Maskell, Psílido del eucalipto, Pulgón del eucalipto  
*Curaeus curaeus* Molina, Tordo  
*Cycloneda sanguinea* L.

## D

*Daucus carota* L.  
*Doryctes* sp.  
*Dorylus* spp.  
*Dothistroma septospora* (Dorog.) Morlet  
*Dymnochila varia* F.

## E

*Ephestia kuehniella* Zeller  
*Eriopsis connexa* G.  
*Eucalyptus*  
*Eucalyptus bicostata* Maiden, Blakely & Simmonds  
*Eucalyptus blakelyi* Maiden  
*Eucalyptus botryoides* Sm., Trans Linn.  
*Eucalyptus brassina* Blake  
*Eucalyptus bridgesiana* R.T. Baker  
*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.  
*Eucalyptus camphora* Baker  
*Eucalyptus cinerea* F. Muell. Ex Benth.  
*Eucalyptus citriodora* Hook.  
*Eucalyptus cladocalyx* Muell.  
*Eucalyptus cornuta* Labill  
*Eucalyptus crebra* F. Muell.  
*Eucalyptus dalrympleana* Maiden  
*Eucalyptus dealbata* Cunn ex Schauer  
*Eucalyptus deanei* Maiden  
*Eucalyptus deglupta* Blume  
*Eucalyptus diversicolor* F.V Muell (Karri)  
*Eucalyptus fastigata* Deane & Maiden  
*Eucalyptus glaucescens* Maiden & Blakely  
*Eucalyptus globulus* Labill  
*Eucalyptus gomphocephala* D.C.  
*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden  
*Eucalyptus gunni* Hook  
*Eucalyptus intermedia* R.T. Baker  
*Eucalyptus lehmanni* Preiss ex Schau.

*Eucalyptus maculata* Hook.  
*Eucalyptus maidenii* F. Mueller  
*Eucalyptus mannifera* Baker  
*Eucalyptus marginata* Donn  
*Eucalyptus melliodora* Cunn. ex. Schauer  
*Eucalyptus neglecta* Maiden  
*Eucalyptus nitens* Deane & Maiden  
*Eucalyptus nova - anglica* Deane & Maiden  
*Eucalyptus ovata* Labill.  
*Eucalyptus paniculata* Sm.  
*Eucalyptus perriniana* F. Muell ex Benth  
*Eucalyptus polyanthemos* Schauer  
*Eucalyptus pulvurulenta* Sims  
*Eucalyptus punctata* D.C  
*Eucalyptus robusta* Smith  
*Eucalyptus rudis* Endl  
*Eucalyptus saligna* Smith  
*Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn  
*Eucalyptus smithii* R.T. Baker  
*Eucalyptus* spp.  
*Eucalyptus tereticornis* Smith  
*Eucalyptus trabuttii* A. Vilm. ex Trab.  
*Eucalyptus urograndis* (*E. grandis* X *E. urophylla* S.T Blake)  
*Eucalyptus viminalis* Labill.  
*Eumerus* sp.

## F

*Fagus* sp.

## G

*Glicaspis brimblecombei* Moore  
*Gonipterus scutellatus* Gyllenhal  
*Guiglia schauinslandi* (Ashmead)  
*Gyponyx* nr. *chinensis* F.

## H

*Haematopota ocelligera* Krob.  
*Harmonia axyridis* Pallas  
*Hectarthum simplex* Murria  
*Hemerobius* sp.  
*Hippodamia convergens* Guerin - Meneville

## I

*Ibalia jakowlewi* Jacobs.  
*Ibalia leucospoides ensiger* Hochenwarth  
*Ibalia leucospoides* Hochenwarth  
*Ibalia leucospoides leucospoides* Hochenwarth  
*Ibalia maculipennis* Haldeman  
*Iberis amara* L.  
*Incamya chilensis* Aldrich  
*Iphiaulax morleyi* Froggatt  
*Iphiaulax phoracanthae* Froggatt  
*Iphiaulax pictus* Brullé  
*Iphiaulax rubriceps* Froggatt

## J

*Jarra maculipennis* Marsh & Austin  
*Jarra phoracantha* Austin, Quicke & Davis  
*Jarra* spp.  
*Juglans* sp.

## L

*Larix*  
*Leis conformis* Biosd.  
*Leptasthenura aegithaloides* Kittlitz, Tijeral

## M

*Malus*  
*Megarhyssa atrata* (Fabricius)  
*Megarhyssa greeni* Viereck  
*Megarhyssa macrurus* (Linnaeus) Fab.  
*Megarhyssa maculipennis* Gravenhorst  
*Megarhyssa nortoni* (Cresson)  
*Megarhyssa nortoni nortoni* (Cresson)  
*Megarhyssa percellus*  
*Melanophila picta* Pall  
*Melliscaeva cictellus* Zett.  
*Metarhizium*

## N

*Neocryptopterix hypodyneri* Porter  
*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.  
*Nothofagus antarctica* (G. Foster) Oerst  
*Nothofagus obliqua* (Mirst.) Oerst  
*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser  
*Notochrysa ramburi* Schneider

## O

*Orgilus obscurator* Ness.

## P

*Paecilomyces*  
*Patagone gigas* (Viellot)  
*Pelonium amoenum* Guer.  
*Penicillium*  
*Phocacantha solida* Blackburn  
*Phoracanta* sp.  
*Phoracantha acanthocera* Macleay  
*Phoracantha frenchi* Blackburn  
*Phoracantha impavida* Newman  
*Phoracantha mastersi* Pascoe  
*Phoracantha odewahni* Pascoe  
*Phoracantha recurva* Newman., Taladrador del eucalipto  
*Phoracantha semipunctata* Fab., Taladrador del eucalipto  
*Phoracantha* spp.  
*Phoracantha synonyma* Newman  
*Phytophthora* sp.  
*Picea*  
*Pinus*  
*Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex Dc.  
*Pinus contorta* Dougl. ex Loud  
*Pinus echinata* Miller  
*Pinus elliottii* Engelman  
*Pinus halepensis* Miller  
*Pinus palustris* Miller  
*Pinus patula* Schiede ex Schlectendahl & Chamiso  
*Pinus pinaster* Aiton  
*Pinus pinea* L.  
*Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws.  
*Pinus radiata* D. Don, Pino insigne  
*Pinus taeda* L.

*Pipiza* sp.  
*Pipizella* sp.  
*Platystasius transversus* Thomson  
*Populus nigra* L.  
*Populus* spp.  
*Prorocera casamuevai* Cortés  
*Prunella vulgaris* L.  
*Prunus* sp.  
*Psepholax* sp.  
*Pseudotsuga*  
*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, Pino oregón  
*Psyllaephagus bliteus* Riek  
*Psyllaephagus pilosus* Noyes  
*Pterocarya stenoptera* C. DC.  
*Pteroptrix maskelli* Ashmead  
*Pyrus*

## Q

*Quercus* sp.

## R

*Rhizobius evansi* Mulsant  
*Rhizopus*  
*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff., Polilla del brote de los pinos  
*Rhyssa lineolata* (Kirby)  
*Rhyssa persuasoria* (Linnaeus)  
*Rhyssa persuasoria persuasoria* (Linnaeus)  
*Robinia pseudoacacia* L.

## S

*Sirex noctilio* Fabricius  
*Sphaeophoria scripta* L.  
*Stenopotes pallidus* Pascoe  
*Syngaster lepidus* Brullé  
*Syrphoctonus* spp.  
*Syrphus viridiceps* Macq.

## T

*Tanycoryphus sulcifrons* Cam.

*Temnochilia steinheili* Reitter

*Tremex columba* Linnaeus

*Tremex fuscicornis* Fabricius

*Trichiohelcon phoracanthae* (Froggatt)

*Trichogramma nerudai* Pintureau & Gerding

*Trogodendron fasciculatum* (Schreibers)

## U

*Ulmus* sp.

*Urocerus gigas* Linnaeus

## V

*Venturia* sp.

*Vespula germanica* Fab.

*Verticillium*

## BIBLIOGRAFIA CITADA

AMIGO, M., BEECHE, M., CERDA, L., COGOLLOR, G., ESPINOZA, H., DE FERARI, L., POBLETE M. y RAMIREZ, O. 1990. Reforzamiento del proyecto nacional de detección y control de polilla del brote del pino (*R. buoliana*). Acción conjunta Servicio Agrícola y Ganadero – Corporación Nacional Forestal – Empresas Forestales por Chile. Chile. 24 pp.

APABLAZA, J. 2000. Introducción a la Entomología General y Agrícola. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Tercera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile. 339 pp.

AHUMADA, R. 1997. Estrategia de Detección y Control de *Sirex noctilio* en el patrimonio de Arauco. En: 2do WorkShop, sobre Fitosanidad Forestal del Mercosur (El Dorado – Misiones, Argentina). Argentina. 19 - 20 pp.

ARTIGAS, J. 1994 a. Entomología económica: insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario; nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 155 - 157 pp.

ARTIGAS, J. 1994 b. Entomología económica: insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario; nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 2 v. 780 – 785 pp.

ASENJO, A. 2002. Metodología de reproducción de *Psyllaephagus pilosus* en Laboratorio. Tesis Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Pontificia Universidad Católica Chile. 40 pp.

BACHILLER, P., CADAHIA, D., CEBALLOS, G., CEBALLOS, P., COBOS, J.M., CUEVAS, P., DAFAUCE, C., DAVILA, J., GONZALEZ, J.R, HERNANDEZ, R., LEDESMA, L., MALLÉN, J.A., MOLINA, J., MONTOYA, R., NEIRA, M., OBAMA, E., RIESGO, A., ROBREDO, F., ROMANYK, N., RUPEREZ, A., SANCHEZ, A., SORIA, S., TOIMIL, F.J. y TORRENT, J.A. 1981. Plagas de Insectos, en las masas forestales Españolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. 189 - 192 pp.

BALDINI, A. y TADEU, E. 1993. *Sirex noctilio*. Avispa Taladradora de la Madera. Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 13 N°10. Chile. 7 pp.

BALDINI, A. 2000. Avispa de la madera de Latifoliadas. Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 20 N°38. Chile. 4 pp.

BALDINI, A. 2002. Un factor de daño para el recurso Forestal y Agrícola. Revista Agronomía y Forestal UC. Chile. Año 4, N°16: 11 – 13 pp.

BALDINI, A., SARTORI, A., RAMOS, R. y DURAN, A. 2003. Control Biológico de Plagas Forestales de Importancia Económica en Chile: El caso de los pequeños y medianos productores. Corporación Nacional Forestal. Chile. 48 pp.

BEECHE, M., GOYCOOLEA, C., ROTHMAN, S., SANDOVAL, A., IDE, S. y ESPINOZA, S. 2003. Detección y control biológico de los taladradores del eucalipto en Chile, *Phoracantha semipunctata* Fabricius y *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae). Servicio Agrícola y Ganadero y Controladora de Plagas Forestales S.A. Chile. 43 pp.

BEECHE, M., SANDOVAL, A., ROTHMANN, S., RAVANALES, J., CERECEDA, C., MUÑOZ, R., OLIVERA, G., CORVALAN, L., GALARCE, G. y SAN MARTÍN, A. 1999. Detección y Control del gorgojo del eucalipto en Chile, *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Servicio Agrícola y Ganadero. Chile. 43 pp.

BRAVO, E. y SMITH, J. 1996. Ensayo de liberación de *Coccygomimus fuscipes* Brullé en Plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Bioforest S.A. Informe Técnico N°17. Concepción, Chile. 16 pp.

BRENNAN, E., WEINBAUM, S., ROSENHEIM, J. y KARBAN, R. 2001. Heteroblasty in *Eucalyptus globulus* (Myricales: Myricaceae). Affects Ovipositional and Settling Preferences of *Ctenarytaina eucalypti* and *C. spatulata* (Homoptera: Psyllidae). Environmental Entomology 30 (6): 1.144 - 1.149 pp.

CABI y EPPO. 1990. Data Sheets on Quarantine Pests, *Gonipterus scutellatus*. Estados Unidos. 3 pp.

CADAHIA, D. 1980. Proximidad de dos nuevos enemigos de los Eucalyptus en España. Boletín del servicio de defensa contra plagas e inspección fitopatológica. 6 (2). España. 165 - 192 pp.

CADAHIA, D. y RUPEREZ, A. 1981. El perforador de eucaliptos, *Phoracantha semipunctata* Fab. Ministerio de Agricultura. Dirección General de la Producción Agraria, Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Madrid. España. 6 pp.

CHARARAS, C. 1969. Biologie et ecologie de *Phoracantha semipunctata* F. Ravageur des eucalyptus en Tunisie, et methodes de protection des peuplements. Annales de l'institut national de recherches forestieres de Tunisie. Vol. 2 Fasc 3. Francia.. 37 pp.

CHARARAS, C. 1969. Entomology – Role de *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera, Cerambycidae, xylophage) dans le deperissement des Eucalyptus en Tunisie et etude des phases de vitalite des differents especes. Note de M. Constatin Chararas, presentee par M. Pierre - P. Grassé. C.R. Sc. Paris. Francia. 267 pp.

CHARARAS, C., COURTOIS J. y LE FAY A. 1971. Biologie, evolution et nutrition de *Phoracantha semipunctata* Fabr. Coleoptera, Cerambycidae, specifique des Eucalyptus. Compte rendue des seances de la societé de biologie. Extrait du Tome 165 N°7 – 8. Francia. 1565 pp.

CHAUZAT, M., PURVIS, G. y DUNNE, R. 2001. A foreigner in Ireland. Institute of Biology. Biologist 48. Irlanda. 133 - 135 pp.

CISTERNAS, E., SALAZAR, F. y VILLAGRA, M. 1993. Producción y liberación de *O. obscurator* Ness., parasitoide de *R. buoliana* Den. et Schiff. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile. 80 pp.

CISTERNAS, E. y VILLAGRA, M. 1995. Evaluación del parasitismo y determinación del establecimiento de *Orgilus obscurator* Ness. en 50 puntos de liberación e implante entre la VII y X Regiones. Convenio Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Controladora de Plagas Forestales S.A. Chile. 22 pp.

COGOLLOR, G. y OJEDA, P. 1981. Un insecto taladrador del eucalipto, *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera, Cerambycidae). Corporación Nacional Forestal. Universidad de Chile. Nota Técnica: Año 2 N°6. Chile. 4 pp.

COGOLLOR, G. 1984. Una plaga introducida, *Phoracantha semipunctata* Fabr., insecto taladrador en las plantaciones de eucalipto en Chile. Chile. 31 pp.

COGOLLOR, G. 1986. *Phoracantha semipunctata* en plantaciones de *Eucalyptus* spp., Revisión bibliográfica. Corporación Nacional Forestal y Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento de Trabajo N°6. Santiago. Chile. 43 pp.

COGOLLOR, G. 2000. Control. En: Baldini, A. y Pancel, L. (eds.). Agentes de Daño en el Bosque Nativo. Editorial Universitaria. Chile. 373 - 396 pp.

COGOLLOR, G. y POBLETE, M. 1990. Entomología Forestal. Apuntes Docentes. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 100 pp.

COGOLLOR, G., CONTRERAS, J. y NAVARRO, M. 1989. Un estudio de control de *Phoracantha semipunctata* Fabr. en plantaciones de eucalipto. Corporación Nacional Forestal. Santiago. Chile. 34 pp.

COMISION NACIONAL DEL ALAMO. 2004. *Ibalia jakowlewi*, nuevo controlador biológico del Tremex. Revista Vox Populus. Año 9, N°21. Chile. 1 pp.

COMITE NACIONAL DE SANIDAD FORESTAL, CONTROLADORA DE PLAGAS FORESTALES S.A., COMISION TECNICA y CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1993. Estrategia nacional para el control integrado de la polilla del brote temporada 93 – 94. Documento Técnico N°74, Revista Chile Forestal. Chile. 8 pp.

CONTRERAS, J. 1993. El árbol cebo, un tratamiento para el control de *Phoracantha semipunctata* Fabr. Insecto Taladrador del Eucalipto en el valle de la zona central. Tesis Ingeniería Forestal. Departamento de Silvicultura. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agraria y Forestales. Universidad de Chile. Chile. 78 pp.

CORDERO, A. y SANTOLAMAZZA, S. 2002. Eucalyptus, Gonipterus y Anaphes: un ejemplo de control biológico en un sistema tri - trófico. Escola Universitaria de Enxeñería. Técnica Forestal. España. 9 pp.

CORDERO, A., SANTOLAMAZZA, S. y ANDRES, J. 1999. Life cycle and biological control of the Eucalyptus snout beetle (Coleoptera, Curculionidae) by *Anaphes nitens* (Hymenoptera, Mymaridae) in north - west Spain. Agricultural and Forest Entomology 1. España. 103 - 109 pp.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL y SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 2000. Plan de acción para la detección y control de *Tremex fuscicornis*. Chile. 28 pp.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1996. Estrategia para el control de la polilla del brote. Chile. 26 pp.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 2000. Erradicación de *Tremex fuscicornis*. Temporada 2000 - 2001. Chile. 8 pp.

COULSON, R. y WITTER, J. 1990. Entomología Forestal. Ecología y Control. Noriega Editores. Estados Unidos. 751 pp.

CONTROLADORA DE PLAGAS FORESTALES S.A., INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, CORPORACION DE FOMENTO y FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO. 2003. Desarrollo de un biopesticida para el control de la polilla del brote del pino. Chile. 6 pp.

DAHLSTEN, D., ROWNEY, D., TASSAN, R., COPPER W., CHANEY, W., ROBB, K., TJOSVOLD, S., BIANCHI, M. y LANE, P. 1996. Blue Gum Psyllid. Hortscript N° 20. 2 pp.

DE BACH, P. 1992 a. El Alcance del Control Biológico. En: De Bach, P (ed.). Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. Decimocuarta Edición. Compañía Editorial Continental S.A. Estados Unidos. 949 pp.

DE BACH, P. 1992 b. Éxitos, Tendencias y Posibilidades Futuras. En: De Bach, P (ed.). Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. Decimocuarta Edición. Compañía Editorial Continental S.A. Estados Unidos. 949 pp.

DE FERARI, L. 1981. Estudio para el control del *Phoracantha semipunctata* (Fabr.). Tesis Ingeniería Forestal. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agraria y Forestales. Universidad de Chile. Chile. 82 pp.

DE LA LASTRA, J., DE FERARI, L., DOTTONE, R y TAPIA, R. s/f. Determinación de Metodologías de detección y evaluación y la planificación de los ensayos de control para el insecto: *Phoracantha semipunctata* Fabr. Chile. 22 pp.

DELGADO, P. 2002. Proyección económica de las pérdidas físicas asociadas al ataque de *Sirex noctilio* en Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 92 pp.

DRINKWATER, T. W. 1974. The present status of Eucalyptus borer *Phoracantha* sp. in South Africa. In proceedings of the First Congress of the Entomological Society Southern Africa. Stellenbosch, Pretoria South Africa. 119 - 129 pp.

DUQUE, J. 1983. Estudio del Perforador de Eucaliptos: *Phoracantha semipunctata* Fabr. Madrid, Huelva, Servicio de Publicaciones de la Caja Provincial de Ahorros de Huelva. España. 38 pp.

ELLSBURY, M., CLAY, S., FLEISCHER, S., CHANDLER, L. y SCHNEIDER, S. 2000. Use of GIS / GPS Systems in IPM: Progress and Reality. En: Kennedy, G. y Sutton, T. (eds.). Emerging Technologies for Integrated Pest Management. Concepts, Research and Implementation. Proceedings of a Conference March 8 - 10, 1999. Raleigh, North Carolina. USA. APS Press. Estados Unidos. 419 - 438 pp.

FAUNDEZ, M., HIDALGO, F. y ESTAY, S. 2004. ¿Cómo controlar al *Glycaspis brimblecombei*?. Revista Chile Forestal 304. Chile. 49 - 51 pp.

FERNANDEZ, V. y CORLEY, J. 2003. Biología del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), enemigo natural de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). CONICET - Laboratorio de Ecología de Insectos, INTA EEA - Bariloche. Patagonia Forestal. Año IX N°4. Argentina. 4 - 5 pp.

GAJARDO, J. 1984. Polilla del Brote (*Rhyacionia buoliana*). Insecto de daño potencial en las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Corporación Nacional Forestal, Nota Técnica: Año 5 N°11. Chile. 8 pp.

GARRISON, R. 2001. Nuevas Plagas de la Agricultura en el Sur de California, Gorgojo del Eucalipto (*Gonipterus scutellatus*). Agricultural Commissioner / Weights and Measures Department. Estados Unidos. 3 pp.

GASTO, J. 1979. Ecología. El hombre y la Transformación de la Naturaleza. Editorial Universitaria. Chile. 573 pp.

GONZALEZ, L. 1984. Lucha contra *Phoracantha semipunctata* Fabr. en el Sur Oeste Español. Boletín de Servicio Contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Vol. 10. Madrid. España. 185 - 204 pp.

GOYCOOLEA, C., BEECHE, M., GONZALEZ, P., ROTHMANN, S. y ULLOA, J.R. 2002. Detección y control del psílido de los Eucaliptos *Ctenarytaina eucalypti* (Hemiptera: Psyllidae). Servicio Agrícola y Ganadero y Controladora de Plagas Forestales. Chile. 25 pp.

HANKS, L., MILLAR, J. y PAINE, T. 1998. Dispersal of the eucalyptus longhorned borer (Coleoptera: Cerambycidae) in urban landscapes. Environmental Entomology. 27 (6): 1418 -1424 pp.

HANKS, L., MILLAR, J., PAINE, T., WANG, Q., y PAINE E. 2001. Patterns of Host Utilization by Two Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of the Eucalyptus Longhorned Borer (Coleoptera: Cerambycidae). Department of Entomology. University of California. Estados Unidos. 152 - 159 pp.

HANKS, M., PAINE, D. y MILLAR, G. 1996. Tiny wasp helps protect eucalypts from eucalyptus longhorned borer. California Agriculture 50 (3). Estados Unidos. 14 - 16 pp.

- HANSON, S. 1939. Ecological notes on the Sirex woodwasps and their parasites. *Bulletin of Entomological Research*, v. 30, n.1. 27 – 65 p.
- HEADLEY, J. 1990. La Economía del Manejo de Plagas. En: Metcalf, R. y Luckmann, W (eds.). *Introducción al Manejo de Plagas de Insectos*. Editorial Noriega – Limusa. Estados Unidos. 710 pp.
- HODKINSON, I. 1999. Biocontrol of eucalyptus psyllid *Ctenarytaina eucalypti* by the Australian parasitoid *Psyllaephagus pilosus*: a review of current programmes and their success. *Biocontrol News and Information* 20 (4). Liverpool, Inglaterra. 129 – 134 pp.
- HOY, M. 2000. Current Status of Control of Insects. En: Kennedy, G. y Sutton, T. (eds.). *Emerging Technologies for Integrated Pest Management. Concepts, Research and Implementation*. Proceedings of a Conference March 8 - 10, 1999. Raleigh, North Carolina. USA. APS Press. Estados Unidos. 210 - 225 pp.
- HUFFAKER, C. y MESSENGER, P. 1992 a. Ecología de las poblaciones – Desarrollo Histórico. En: De Bach, P. (ed.). *Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas*. Decimocuarta Edición. Compañía Editorial Continental S.A. Estados Unidos. 949 pp.
- HUFFAKER, C. y MESSENGER, P. 1992 b. El Concepto y Significado de Control Natural. En: De Bach, P. (ed.). *Control biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas*. Decimocuarta Edición. Compañía Editorial Continental S.A. Estados Unidos 949 pp.
- IDE, S. y LANFRANCO D. 1998. *Orgilus obscurator* Ness (Hymenoptera: Braconidae): Avances hacia la conducta reproductiva en Chile. En: Congreso internacional de plagas forestales (1997, Pucón, Chile). *Actas*. Chile. 32 - 43 pp.
- IDE, S., BEECHE, M., GONZALEZ, P., MONDACA, J., MUÑOZ, C. y GOYCOOLEA, C. 2004. Medidas de control ante la presencia de *Glycaspis brimblecombei* Moore (Homoptera: Psyllidae) en Chile. Servicio Agrícola y Ganadero y Controladora de Plagas Forestales. Documento no publicado. Chile. 15 pp.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS y CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1993. Control biológico de la polilla del brote del pino *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. Documento Base. Chile. 12 pp.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1990. Control Biológico de la polilla del brote del pino. Informe anual 1989 -1990. Chile. 38 pp.
- JUNTA DE ANDALUCIA. s/f. *Phoracantha* de los Eucaliptos. Conserjería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Montes. Servicio de Protección de los vegetales. Boletín Técnico Nº 4. España. 8 pp.
- KENNEDY, G. 2000. Perspectives on Progress in IPM. En: Kennedy, G. y Sutton, T. (eds.). *Emerging Technologies for Integrated Pest Management. Concepts, Research*

and Implementation. Proceedings of a Conference March 8 - 10, 1999. Raleigh, North Carolina. USA. APS Press. Estados Unidos. 2 - 11 pp.

KLASMER, P., CORLEY, J. y BOTTO, E. 1998. Presencia de la avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) en la Región Andino Patagónica de Argentina. Estado actual de las investigaciones para su control biológico. En: Congreso internacional de plagas forestales (1997, Pucón, Chile). Actas. Chile. 69 - 79 pp.

LANDIS, D., MENALLED, F., LEE, J., CARMONA, D. y PEREZ - VALDEZ, A. 2000. Habitat Management to Enhance Biological Control in IPM. En: Kennedy, G. y Sutton, T. (eds.). Emerging Technologies for Integrated Pest Management. Concepts, Research and Implementation. Proceedings of a Conference March 8 - 10, 1999. Raleigh, North Carolina. USA. APS Press. Estados Unidos. 226 - 239 pp.

LANFRANCO, D. e IDE, S. 1998. Metodología de Evaluación del parasitismo de *Orgilus obscurator* en *Rhyacionia buoliana*, "Polilla del Brote del Pino". Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 18 N°34. Chile. 7 pp.

LANFRANCO, D., BÜCHNER, J., AGUILAR A. y HORCOS, 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. Revista Bosque. Chile. 12 (1): 69 - 74 pp.

LANFRANCO, D., IDE, S., ROJAS, E., CARRILLO, R., SIMEONE, A., SCHLATTER, R., CALDERON, R. y RUIZ, C. 1998. Biocontroladores en el Manejo de *Rhyacionia buoliana* (Lepidoptera: Tortricidae): Acciones, Resultados y Expectativas. En: Congreso Internacional de Plagas Forestales. Actas. Corporación Nacional Forestal. Chile. 15 - 27 pp.

LANFRANCO, D., IDE, S., ROJAS, E., RUIZ, C., CARRILLO R., MARTINEZ, C., JOFRE, P., SIMEONE, A., SCHLATTER, R., VALENCIA, J. y CALDERON, R. 1997. Biocontroladores nativos de *Rhyacionia buoliana* en Chile. Universidad Austral de Chile. Chile. 52 pp.

LANFRANCO, D., e IDE, S. 1996. Significancia de *Coccygomimus fuscipes* en el control de la polilla del brote del pino: situación actual en tres localidades de la provincia de Valdivia. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 9 pp

LEYVA, E. 1969. Situación actual mundial de las plagas sobre *Eucalyptus* spp. Boletín del Servicio de Plagas Forestales N°24. Madrid. España. 119 - 127 pp.

LUCKMANN, W. y METCALF, R. 1990. Concepto del manejo de plagas. En Metcalf, R. y Luckmann, W. (eds.). Introducción al manejo de plagas de insectos. Editorial Limusa. México. 710 pp

MANSILLA, J. 1992. Presencia sobre *Eucalyptus globulosus* Labill de *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Col. Curculionidae) en Galicia. Bol. San. Veg. Plagas, 18 (3): 547 - 554 pp.

MARTINEZ, H. 1999. Nociones y Elementos de Ecología. HMP. Proyectos Ambientales. Chile. 248 pp.

MEZA, P. y BALDINI, A. 2001a. Dos Nuevos Psílidos en Chile *Ctenarytaina eucalypti* y *Blastopsylla occidentalis*. Corporación Nacional Forestal. Documento Técnico N°9. Chile. 34 pp.

MEZA, P. y BALDINI, A., 2001b. El psílido de los Eucaliptos, *Ctenarytaina eucalypti* Maskell (1890) (Hemiptera, Psyllidae). Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 21 N°39. Chile. 7 pp.

MILLAR, J., PAINE, T. y HANKS, L. 1998. Introduction and Establishment of Natural Enemies of the Eucalyptus Longhorned Borer. Estados Unidos. 23 – 24 pp.

MONNE, M., BIANCHI, M., SANCHEZ A. y ESCUDERO E. 2002. Cerambícidos (Coleoptera) que atacan *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus grandis* en Uruguay. Agrociencia. Vol. VI N°1. Uruguay. 63 – 68 pp.

NEUMANN, G., MOREY, L. y MCKIMM, J. 1987. The Sirex Wasp in Victoria. Conservacion Forest & Lands. Melbourne, Australia, Bulletin N° 29, 1987. Australia. 40 pp.

NUTTALL, J. 1980. *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae). Nematode parasite of sirex. New Zealand Forest Service, Forest and Timber Insects in New Zealand N°48, Nueva Zelanda. 7 pp.

OLIVARES T., CERDA L. y BALDINI A. 2003. El psílido de los Eucalyptus rojos en Chile, *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera, Psyllidae). Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 22 N°45. Chile. 7 pp.

OLIVARES, T. 2000. *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell 1890): El psílido del eucalipto en Chile (Hemiptera: Sternorrhyncha: Psylloidea: Spondylaspininae). Gayana 64 (2). Concepción. Chile 239 - 241 pp.

PAREDES, M., CISTERNAS, E., GERDING, M., y BECERRA, V. 1998. Resultados preliminares de diversidad genética en poblaciones de *Orgilus obscurator* presentes en Chile. En: Congreso Internacional de Plagas Forestales (1998, Pucón, Chile). Actas. Corporación Nacional Forestal. Chile. 258 - 269 pp.

PARRA, P., GONZALEZ, M., CONTADOR, P., SOTO, D. y SALINAS, A. 2004. Study of the Cycle of Life of *Tremex Fuscicornis* Fabr. (Hymenoptera, Siricidae) and Level of Parasitism Achieved by *Megarhyssa* sp (Hymenoptera, Ichneumonidae), in V and Metropolitan Regions, Chile. Instituto Forestal. En: International Poplar Commission. The Contribution of Poplars and Willows to Sustainable Forestry and Rural Development. Santiago. Chile.

PEREZ, C. y HERNANDEZ, C. 2001. *Sirex noctilio* (Fabricius) (Hymenoptera: Siricidae). Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 21 N°42. Chile. 7 pp.

PEREZ, C. y PINAR, A. 1999. Antecedentes sobre *Phoracantha recurva* (Coleoptera: Cerambycidae) Taladrador del Eucalipto. Corporación Nacional Forestal, Nota Técnica: Año 19 N°36. Chile. 7 pp.

PEREZ, C., VILLA, A. y ALVAREZ, M. 1999. *Rhyacionia buoliana* "Polilla del Brote en Chile". Corporación Nacional Forestal. Nota Técnica: Año 19 N°35. Chile. 7 pp.

PEREZ, R., MANSILLA, P. y RODRIGUEZ, J. s / f. Resumen: Eficacia y efectos en laboratorio de diferentes insecticidas en el control del defoliador del eucalipto *Gonipterus scutellatus* y de su parasitoide *Anaphes nitens*. España. 2 pp.

PINAR, A., 2003. *Rhyacionia buoliana*, Polilla del brote en la Provincia de Cardenal Caro 1995 - 2002. Corporación Nacional Forestal. 12 pp.

POBLETE, M. 1981. Detección y evaluación del daño ocasionado por *Phoracantha semipunctata* Fabr. insecto taladrador en las plantaciones de *Eucalyptus* sp. en Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Chile. 39 pp.

PRICE, P., WALDBAUER, G. 1990. Aspectos Ecológicos del Manejo de Plagas. En: Metcalf, R., Luckmann, W. (eds.). Introducción al Manejo de Plagas e Insectos. Editorial Noriega - Limusa. Estados Unidos. 710 pp.

RAMIREZ, O., VERGARA, C. y HERRERA A. 1981. Detección de Polilla del Brote, *Rhyacionia buoliana* (Schiff) en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, mediante trampas de feromona sexual sintética. Corporación Nacional Forestal, Nota Técnica N°1. Chile. 19 pp.

ROSER, M. 2001. Exotic species management in California: a case study at the Santa Margarita ecological reserve. Universidad Autónoma de Barcelona, España. 65 pp.

SANTA CRUZ, P. 1977. *Phoracantha semipunctata* Fabr., el cerambícido taladrador del Eucalyptus. Corporación Nacional Forestal. Chile. 3 pp.

SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO y CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 2000. Plan de Contingencia para la detección y control de la avispa de la madera de las latifoliadas, *Tremex fuscicornis* Fabricius (Hymenoptera, Siricidae). Chile. 8 pp.

SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 2000. Plan de Contingencia para la detección y control de la avispa de la madera de latifoliadas, *Tremex fuscicornis* Fabricius (Hymenoptera, Siricidae). Chile.

SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 2002. Cuenta Publica 2002, Capitulo I: Patrimonio Fitozoosanitario Nacional. Chile. 33 pp.

TADEO, E., PENTEADO, S., GAIAD, D. y SOARES, S. 1993. Panorama a nivel mundial da ocorrência de *Sirex noctilio* F., 1973 (Hymenoptera: Siricidae). En: Conferencia regional da Vespa da Madeira *Sirex noctilio*, na América Do Sul (1992,

Florianópolis, Brasil). EMBRAPA - CNPF; FAO - ONU; USDA - Forest Service. Brasil. 23 - 33 pp.

TAYLOR, L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania, 1962 - 67. Melbourne; CSIRO. Tasmania. 19 pp.

TAYLOR, L. 1981. The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. In: The Ecology of Pest. Some Australian case histories. Australia; CSIRO: Cap. N°12. Australia. 231 - 248 pp.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION. 2001. *Tremex fuscicornis* Fabricius. Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 8 pp.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. 2000. Eucalyptus longhorned borers. Division of Agriculture and Natural Resources. Pest notes publication 7425. Estados Unidos. 4 pp.

VALLE, G. 1997. Avances en el Control de *Sirex noctilio* F.: Laboratorio de Cría del nematodo *Deladenus siricidicola*. En: 2do WorkShop, sobre Fitosanidad Forestal del Mercosur (El Dorado - Misiones). Argentina. 55 - 56 pp.

ZUÑIGA, E. y CISTERNAS. E. s / f. Fundamentos, avances, logros y mecanismos para afianzar el impacto de biorreguladores de *Rhyacionia buoliana* en Chile. Chile. 43 pp.

#### SITIOS WEB

CENTRO NACIONAL DE INFORMACION Y COMUNICACION EDUCATIVA. *Gonipterus scutellatus*: La plaga. Ministerio de Educación y Ciencia. España, [en línea], [fecha de consulta: 04 de Diciembre del 2004]. Disponible en: <<http://platea.cnice.mecd.es/~rruisanc/Identities4/SpanishEnvironment/eucaliptos/intro.htm>>

CONTROLADORA DE PLAGAS FORESTALES S.A. 2003. Proyecto Control Biológico *Gonipterus scutellatus*. Chile, [en línea], [fecha de consulta: 03 de Diciembre del 2004]. Disponible en: <<http://eucalyptus.cpf.cl/modules.php?name=News&file=article&sid=9>>

DAHLSTEN, D. 2004. Biological Control of the Red Gum Lerp Psyllid, a pest of Eucalyptus species in California. University of California. Estados Unidos, [en línea], [fecha de consulta: 12 de Octubre del 2004]. Disponible en: <<http://www.cnr.berkeley.edu/biocon/dahlsten/rglp/index.htm>>

DAHLSTEN, D., ROWNEY, D., TASSAN, R., COPPER, W., CHANEY W., ROBB, K., TJOSVOLD, S., BIANCHI, M. y LANE, P. 1996. Blue gum psyllid biological control. California, Estados Unidos, [en línea], [fecha de consulta: 01 de Septiembre del 2004]. Disponible en: <<http://www.cnr.berkeley.edu/biocon/dahlsten/blug-web.htm>>

DAHLSTEN, D., DREISTADT, S., GARRISON, R. y GILL, R. 2003. Eucalyptus Redgum Lerp Psyllid. University of California. Estados Unidos, [en línea], [fecha de consulta: 12 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://xipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7460.html>>

DAHLSTEN, D., HANSEN, E., ZUPARKO, R. y NORGAARD, R. s / f. Biological Control of the Blue Gum Psyllid Proves Economically Beneficial. California, Estados Unidos, [en línea], [fecha de consulta: 01 de Septiembre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.cnr.berkeley.edu/biocon/dahlsten/bg-econ3.htm>>

ESPINOSA, P. 2004. Servicio Agrícola y Ganadero usa insecto chino en combate de plaga. Chile, [en línea], [fecha de consulta: 02 de Enero del 2005]. Disponible en:  
<<http://www.emol.com/tecnologia/tecnologia.asp>>

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. 2004. *Glycaspis brimblecombei* (Homoptera: Psyllidae), Red gum lerp psyllid. [en línea], [fecha de consulta: 11 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert\\_List/insects/glybrim.htm](http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/insects/glybrim.htm)>

FAO. 1958. Principales plagas y enfermedades del eucalipto fuera de Australia. Unasyva - Revista de Silvicultura y Productos Forestales Vol. 12, No. 2, [en línea], [fecha de consulta: 05 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/x5387S/x5387s07.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/x5387S/x5387s07.htm)>

FOREST, MUNDO FORESTAL. 2004. El Servicio Agrícola y Ganadero llama a denunciar sospechas de presencia de avispa de madera de pino. [en línea]. Chile. [fecha de consulta: 02 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.forest.cl/articulos.htm>>

GOZALEZ, F., CASTELLANOS, A., FERNANDEZ, O. y GOMEZ, C. Manual técnico de selvicultura del Eucalipto, [en línea], [fecha de consulta: 03 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<<http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/6mantenimiento.html#enf>>

GRUPO DE ACCION FORESTAL. 2003. Avispa Taladradora de las Salicáceas, *Tremex fuscicornis*. Universidad de Talca. Chile, [en línea], [fecha de consulta: 02 de Enero del 2005]. Disponible en:  
<[http://www.gaf.cl/silv\\_sanp.htm](http://www.gaf.cl/silv_sanp.htm)>

HALBERT, S. 2001. Pest Alert, Red gum lerp psyllid, *Glycaspis brimblecombei*. DOACS. Florida, Estados Unidos. [fecha de consulta: 15 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.doacs.state.fl.us/pi/enpp/ento/glycaspis.html>>

HODDLE, M., DAHLSTEN, D., KABASHIMA, J., et al. 2004. Biology and Management of the Redgum Lerp Psyllid, *Glycaspis brimblecombei*. Estados Unidos, [en línea], [fecha de consulta: 12 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.ci.manhattan-beach.ca.us/pubworks/lerp/kabashim.html>>

INSTITUT EUROPEEN DE LA FORET CULTIVEE. 2004. Gorgojo del eucalipto, *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera, Curculionidae). Francia, [en línea], [fecha de consulta: 03 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<<http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/6mantenimiento.html#enf>>

INSECTOS DE ARGENTINA Y EL MUNDO. 2004. Insectos plaga: avance sobre el curculiónido del eucaliptos. Argentina, [en línea], [fecha de consulta: 05 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<<http://axxon.com.ar/mus/info/040474.htm>>

INSTITUTO FORESTAL. 2004. Manejo Integrado de la avispa taladradora de la madera *Tremex fuscicornis* Fabr., con énfasis en control biológico. Chile, [en línea], [fecha de consulta: 02 de Enero del 2005]. Disponible en  
<[http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/Ficha\\_Proyectos/2004/Promocion/23\\_03\\_Avispa\\_taladradora.htm](http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/Ficha_Proyectos/2004/Promocion/23_03_Avispa_taladradora.htm)>

KLASMER, P., NOLTING, J. y FERNANDEZ, D. 2003. Avispa taladradora. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina, [en línea], [fecha de consulta: 02 de Enero del 2005]. Disponible en:  
<<http://www.e-campo.com/sections/news/print.php/uuid.5AD7D51A-6944-4DFD-A8D5D9EDF8E60F2E/>>

OLIVARES, T. *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell, 1890): El psílido del eucalipto en Chile (Hemiptera: Sternorrhyncha: Psylloidea: Spondyliaspinae). Chile, [en línea], [fecha de consulta: 04 de Septiembre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www2.udec.cl/entomologia/Psyllidae.html>>

PEREZ, I. 2002. Plagas introducidas en España peninsular en la segunda mitad del siglo XX. España, [en línea], [fecha de consulta: 03 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<<http://entomologia.rediris.es/aracnet/num4/entomap/>>

QUINTANA, S., MURUAGA, S., VISTE, H. y GALLARDO, C. 2001. Avispa barrenadora de los Pinos *Sirex noctilio* F. Plaga forestal clave de importancia económica y cuarentenaria. [en línea]. [fecha de consulta: 01 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.ambiente-ecologico.com/revist65/sagpya65.htm>>

QUINTANA, S., MURUAGA, S., VILTE, H. y GALLARDO, C. s /f. La avispa barrenadora de los pinos. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina, [en línea], [fecha de consulta: 04 de Enero del 2005]. Disponible en:  
<[http://www.mercoopsur.com.ar/forestales/notas/la\\_avispa\\_barrenadora\\_de\\_los\\_pin.htm](http://www.mercoopsur.com.ar/forestales/notas/la_avispa_barrenadora_de_los_pin.htm)>

RED DE EXTENSION ACADEMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL. 2003. Avispa taladradora. Argentina, [en línea], [fecha de consulta: 02 de Enero del 2005]. Disponible en:  
<<http://www.reuna.edu.co/modules.php?name=Sections&op=printpage&artid=26>>

ROMO, J. 2002. Análisis Económico del Control Biológico de *Glycaspis brimblecombei* Moore del Eucalipto en la Ciudad de México. Comisión Nacional

Forestal. México, [en línea], [fecha de consulta: 12 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/imasd/proyectos\\_2002/31.htm](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/imasd/proyectos_2002/31.htm)>

SANCHES, M. 2000. Parasitismo de ovos de *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal, 1833 e *Gonipterus gibberus* boisduval, 1835 (Coleoptera, Curculionidae) por *Anaphes nitens* (Girault, 1928) (Hymenoptera, Mymaridae) em Colombo (Paraná, Brasil). ARQUIVOS, Instituto Biológico. Brasil, [en línea], [fecha de consulta: 05 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.biológico.sp.gov.br/arquivos/v67\\_1/scutellatus.html](http://www.biológico.sp.gov.br/arquivos/v67_1/scutellatus.html)>

SANCHEZ, G. y GONZALEZ, E. 2002. Control biológico del psílido del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*) con avispas parasitoides (*Psyllaephagus bliteus*). Comisión Nacional Forestal. México, [en línea], [fecha de consulta: 12 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/imasd/proyectos\\_2002/25.htm](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/imasd/proyectos_2002/25.htm)>

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2003. Norma oficial Mexicana, que establece los lineamientos técnicos para el combate y control del psílido del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore. México, [en línea], [fecha de consulta: 10 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.semarnat.gob.mx/ssfna/Legislaci%F3n%20Ambiental/NormasO/plagas/ctrlplagas\\_nom142.htm](http://www.semarnat.gob.mx/ssfna/Legislaci%F3n%20Ambiental/NormasO/plagas/ctrlplagas_nom142.htm)>

SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 2004. Avispa combate plaga de insectos que daña especie forestal. Agencia de Noticias Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile, [en línea], [fecha de consulta: 15 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.agricultura.gob.cl/noticias/detallenoticia.php?noticia=1162>>

SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 2004. Agencia de Noticias del Ministerio de Agricultura. Chile, [en línea], [fecha de consulta: 01 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.agricultura.gob.cl/noticias/detallenoticia.php?noticia=1347>>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2004. Control biológico de insectos. Colombia, [en línea], [fecha de consulta: 01 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006631/index.html>>

WAYNES' WORD. The red gum lerp. A tiny insect that attacks Eucalyptus. Estados Unidos, [en línea], [fecha de consulta: 12 de Octubre del 2004]. Disponible en:  
<<http://waynesword.palomar.edu/rgumlerp.htm>>

XUNTA DE GALICIA. 2004. O defoliador do eucalipto: *Gonipterus scutellatus* Gyll., [en línea], [fecha de consulta: 04 de Diciembre del 2004]. Disponible en:  
<[http://www.xunta.es/conselle/cma/gl/CMA10j/CMA10jc/CMA10jc\\_Gonipterus/defoliador.htm](http://www.xunta.es/conselle/cma/gl/CMA10j/CMA10jc/CMA10jc_Gonipterus/defoliador.htm)>

XUNTA DE GALICIA. 2005. O parásito (*Anaphes nitens*). España, [en línea], [fecha de consulta: 21 de Enero del 2005]. Disponible en:  
<[http://www.xunta.es/conselle/cma/gl/CMA10j/CMA10jc/CMA10jc\\_Gonipterus/anaphes.htm](http://www.xunta.es/conselle/cma/gl/CMA10j/CMA10jc/CMA10jc_Gonipterus/anaphes.htm)>

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACATAY, A. 1959. *Phoracantha semipunctata* Fabr. in der Turkei. Anzeigerfür, Berlin. Schädlingskunde 32 (1). Turquia . 4 - 5 pp.

AHUMADA, R. 1994. Aplicaciones terrestres de insecticidas sistémicos para el control de *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermüller. División de Protección Fitosanitaria Bioforest. S.A. Valdivia. Chile. 7 pp.

ALVAREZ, M., CIMADEVILA H., RODRIGUEZ J. y PICOS, J. Workflow to improve the forest management of *Eucalyptus globulus* stands affected by *Gonipterus scutellatus* in Galicia (Spain) using remote sensing and GIS. España. 12 pp.

BEDDING, R. 1993. Biological control of the woodwasp *Sirex noctilio* in Australia. En: Conferencia regional da Vespa da Madeira *Sirex noctilio*, na América Do Sul (1992, Florianópolis, Brasil). EMBRAPA - CNPF; FAO - ONU; USDA - Forest Service. Brasil. 127 - 139 pp.

BIOFOREST S.A. 1998. *Gonipterus scutellatus*. Chile. 11 pp.

BURCKHARDT, D. 1998. *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell) (Hemiptera: Psyllidae) neu für Mitteleuropa mit Bemerkungen zur Blattflohfauna von Eucalyptus. Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel 48 (2). 59 - 67 pp.

BYTINSKY - SALZ, H. 1952. Dos importantes barrenadores de árboles en Israel. Boletín fitosanitario FAO - Roma. Vol. I N° 3. Israel. 38 - 39 pp.

CADAHIA, D. 1980. Proximidad de dos nuevos enemigos de los Eucalyptus en España. Bol. Serv. Plagas N° 6. España. 165 - 192 pp.

CARVALHO, G. 1993. Aspectos bioecológicos de *Ibalia leucospoides* (Hockenwarth), (Hymenoptera: Ibalidae). En: Conferencia regional da Vespa da Madeira *Sirex noctilio*, na América Do Sul (1992, Florianópolis, Brasil). EMBRAPA - CNPF; FAO - ONU; USDA - Forest Service. Brasil. 111 - 120 pp.

CERDA, L. 1979. Prospección, evaluación y biología del "Taladro del Eucalipto" (*Phoracantha semipunctata* Fabr.) en Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agraria y Forestales. Universidad de Chile. Chile. 77 pp.

CHARARAS, C. y M'SADDA, K. 1977. Biologie, nutrition et activite enzymatique comparées chez les larves de *Phoracantha semipunctata* F. (irradiées au Cobalt 60 et non irradiées. Archives de l'institut Pasteur de Tunisie. Francia. 1 - 27 pp.

CHARARAS, C., COURTOIS, J. y BOULARD, C. 1975. The effect of ionizing radiation from a  $^{60}\text{Co}$  source on the glycosidases, and the proteins of the haemolymph of *Phoracantha semipunctata*, a wood borer of Eucalyptus. Material and Organismen. 10 (3). Francia. 202 - 221 pp.

COGOLLOR, G. 1988. Control de *Sirex noctilio*. En: Seminario Protección Sanitaria Forestal. Universidad de Chile. Corporación Nacional Forestal. Chile.

CONTROLADORA DE PLAGAS FORESTALES S.A. 1996. Estrategia de manejo integrado de polilla del brote del pino, temporada 1996 - 1997. Chile. 13 pp.

CONTROLADORA DE PLAGAS FORESTALES S.A. 2003. Informe final, evaluación del parasitismo y determinación del establecimiento de *Orgilus obscurator* en fundos de empresas socias de la Controladora de Plagas Forestales S.A. Chile. 6 pp.

CORDERO, A. y SANTOLAMAZZA, S. 2000. The effect of three species of Eucalyptus on growth and fecundity of the Eucalyptus snout beetle (*Gonipterus scutellatus*). España. 21- 29 pp.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1999. Estudio poblacional de polilla del brote y evaluación del parasitismo de *Orgilus obscurator*. Chile. 17 pp.

DOWNER, J. 2001. Lerp Psyllid News. University of California. Estados Unidos. Landscape Notes Vol. XXI, N° 1. Estados Unidos. 4 pp.

ELGUETA, M. 2000. Ciclo Biológico de *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal, 1833 (Coleoptera: Curculionidae) en Chile, V Región. Museo de Historia Natural, Corporación Nacional Forestal, Controladora de Plagas Forestales S.A. y Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. Chile. 19 pp.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. s / f. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Monitoramento da eficiência do nematóide *Deladenus siricidicola* no controle de *Sirex noctilio*. Brasil. 6 pp.

GARRISON, R. 2001. New Agricultural Pest for Southern California, Red Gum Lerp Psyllid, *Glycaspis brimblecombei*. Los Angeles, Country Agricultural Commissioner's Office. Estados Unidos. 4 pp.

GILL, R. 1998. New state records: Redgum lerp psyllid, *Glycaspis brimblecombei*. California Plant Pest and Disease Report. 17. Estados Unidos. 7 - 8 pp.

GONZALEZ, L. 1986 a. *Phoracantha semipunctata* dans le Sud - Ouest espagnol: lutte et dégâts. Bulletin 16. España. 289 - 292 pp.

GONZALEZ, L. 1986 b. *Phoracantha semipunctata* Fab.: Daños ocasionados en la provincia de Huelva durante 1983 y 1984, valoración económica. Boletín de Sanidad Vegetal, Volumen 12. España. 17 pp.

GONZALEZ, L. 1987. Tabla de vida para *Phoracantha semipunctata* Fab. (Coleoptera: Cerambycidae), perforador de los eucaliptos, en el sudoeste español. Bol. San. Veg. Plagas N°13. España. 283 - 301 pp.

GONZALEZ, L. 1990. Algunos aspectos prácticos sobre la utilización de árboles cebo en la lucha contra el perforador del eucalipto *Phoracantha semipunctata* Fab. (Coleoptera: Cerambycidae). Bol. San. Veg. Plagas N° 16. España.. 529 - 542 pp.

HOOD, I. 2002. Eucalypt psyllids put their feet up. Forest Health News N°117. Nueva Zelanda. 2 pp.

HURTADO, F. 1989. Contenido hídrico en *Eucalyptus globulus* Lab. y su relación con la ocurrencia de ataque por *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera, Cerambycidae). Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 102 pp.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS / SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO. 1993. Control Biológico de *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. Temporada 1986 - 1993. Informe Final. Chile. 40 pp.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1992. Resultados control biológico polilla del brote del pino. Osorno. Chile. 4 pp.

LANFRANCO, D. 1993. Opciones biológicas en el control de *Sirex noctilio*: valoraciones para una propuesta a la situación Brasileira. En: Conferencia regional da Vespa da Madeira *Sirex noctilio*, na América Do Sul (1992, Florianópolis, Brasil). EMBRAPA - CNPF; FAO - ONU; USDA - Forest Service. Brasil. 141 - 147 pp.

LANFRANCO, D. e IDE, S. 2000. Establecimiento de *Orgilus obscurator* y niveles de parasitismo sobre *Rhyacionia buoliana* entre la Séptima y Décima Regiones de Chile. Revista Bosque, 21(2). Chile. 111 - 126 pp.

MACIAS, J., ARGUEDAS, M. y HILJE, L. 2002. Plagas Forestales Neotropicales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 64. Costa Rica. 102 - 103 pp.

MADDEN, L. 1988. Sirex in Australia. in Berryman, A.A. (ed.), Dynamics of Forest Insect Populations. Plenum. New York. Estados Unidos. 408 - 429 pp.

MARIN, J. y PARRA, N. 2003. El ataque de *Glycaspis brimblecombei*. Chile Forestal, N°297. Chile. 10 - 11 pp.

MILLAR, J., PAINE, T. y HANKS L. y DOWNER, J. 1998. Biological Control of the Eucalyptus Snout Beetle, *Gonipterus scutellatus*. Slosson Report 95 - 98. Estados Unidos. 3 pp.

NAVARRETE, E., GONZALEZ, O., SANDOVAL, V., NOVALES y TRONCOSO, C. 1994. Ensayos Preliminares sobre reproducción y crianza de la polilla del brote del pino. *Rhyacionia buoliana* (Den. et Schiff.), en condiciones de laboratorio. Controladora de Plagas Forestales S.A. Boletín Técnico N° 1. Chile. 4 pp.

NOGUEIRA, L. y WILCKEN, C. 2004. Nova Praga Exótica no Ecosistema Florestal. EMBRAPA, Comunicado Técnico 18. Brasil. 3 pp.

OJEDA, P. 1994. *Gonipterus scutellatus* Gyll., insecto defoliador de eucaliptos. Nota Técnica: Año 12 N°22. Chile. 7 pp.

PAINE, T. y MILLAR J. 2002. Biological control of introduced pests of Eucalyptus in California. University of California. Estados Unidos. 66 – 71 pp.

PEÑA, L. Introducción al estudio de los insectos de Chile. Editorial Universitaria. Cuarta Edición. Chile. 253 pp.

PEREZ, C. 1995. Modelo de dispersión espacial para polilla del brote (*Rhyacionia buoliana* Den et Schiff) entre la VII y IX Región del País. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 90 pp.

PEREZ, C. 2000. Estudio poblacional de polilla del brote y evaluación del parasitismo por *Orgilus obscurator*, VI a X Región, Temporada 1998 - 1999. Corporación Nacional Forestal. Chile. 21 pp.

PEREZ, C. s / f. Alternativas para el Control Integrado de la Polilla del Brote del Pino, *Rhyacionia buoliana* por parte de la Corporación Nacional Forestal. Documento Interno. Chile. 11 pp.

POISSON, M. 1997. Manual operacional: Programa Nacional Detección Precoz de *Sirex noctilio*, Temporada 1996 – 1997. Vigilancia Fitosanitaria. Departamento Protección Agrícola. Servicio Agrícola y Ganadero. Chile. 14 pp.

RAMOS, R. 1999. Mejorando la eficiencia en la producción de *O. obscurator*. Centro de Semillas, Genética e Investigaciones Entomológicas. Corporación Nacional Forestal Chillán, Chile. 3 pp.

ROLTSCH, W.J., BROWN, J., MORRIS, R., CASANAVE, K., BALL, J.C. y KHASIMUDDIN, S. 2001. Insectary Production of *Psyllaephagus bliteus* for the Control of the Eucalyptus Red Gum Lerp Psyllid. Estados Unidos. 12 - 13 pp.

RUPEREZ, A. y MUÑOZ, C. 1980. Enfermedades de los Eucaliptos en España. Bol. Serv. Plagas N°6. España. 193 - 217 pp.

SAIZ, F., GIAMBRUNO, A. y JELVES, P. Ecología de *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell, 1890) (Hemiptera, Psyllidae), plaga de *Eucalyptus globulus* en Chile central. Valparaíso. Chile. 26 pp.

SANTOLAMAZZA, S. RODRIGUEZ, A. y CORDERO, A. 2004. Host finding and host discrimination ability in *Anaphes nitens* Girault, an egg parasitoid of the Eucalyptus snout - beetle *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal. ELSEVIER, Biological Control 29. España. 24 – 33 pp.

SANTOLAMAZZA, S. y CORDERO, A. 2003. Egg load and adaptive superparasitism in *Anaphes nitens*, an egg parasitoid of the Eucalyptus snout - beetle *Gonipterus scutellatus*. The Netherlands Entomological Society Entomologia Experimentalis et Applicata 106. España. 127 – 134 pp.

SPRADBERY, J. y KIRK, A. 1978. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera: Siriciade) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. Bull. Ent. Res. 68. Australia. 341 - 359 pp.

VILLACIDE, J. y CORLEY J. 2002. Distribución potencial del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibaliidae) en la Argentina. Revista de Ciencias Forestales – Quebracho N°10. Argentina. 7 - 13 pp.

WILCKEN, C., DO COUTO, E., ORLATO, C., FERREIRA, P., FIRMINO, D. 2003. Ocorrência do psilídeo de concha (*Glycaspis brimblecombei*) (Hemiptera: Psyllidae) em florestas de eucalipto no Brasil. Instituto de pesquisas e estudos florestais, Circular Técnica. Brasil. 14 pp.

ZONDAG, R. 1982. *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell), (Hemiptera: Psyllidae). Blue gum psyllid. Forest and timber insects in New Zealand. Forest Reseach Institute New Zealand Forest Service. N°53. 3 pp.