

U N I V E R S I D A D   D E   C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento de Silvicultura



IMPLICANCIAS DEL EVENTUAL INGRESO DE Sirex  
noctilio Fabr. (Hymenoptera, Siricidae) A CHILE,  
EN LA COMERCIALIZACIÓN EXTERNA DE LOS PRODUCTOS  
FORESTALES

Por

Mabel Lilian Ortega Sepúlveda

MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

1998



IMPLICANCIAS DEL EVENTUAL INGRESO DE Sirex noctilio  
 Fabr. (Hymenoptera, Siricidae) A CHILE, EN LA  
 COMERCIALIZACIÓN EXTERNA DE LOS PRODUCTOS  
 FORESTALES

Profesor Asesor

  
 -----  
 Luis Cerda M.

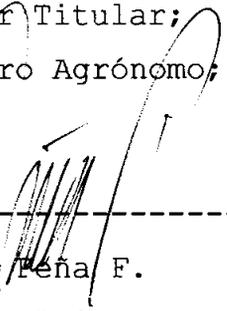
Profesor Asociado;  
 Ingeniero Forestal.

Profesor Asesor

  
 -----  
 Gastón González V.

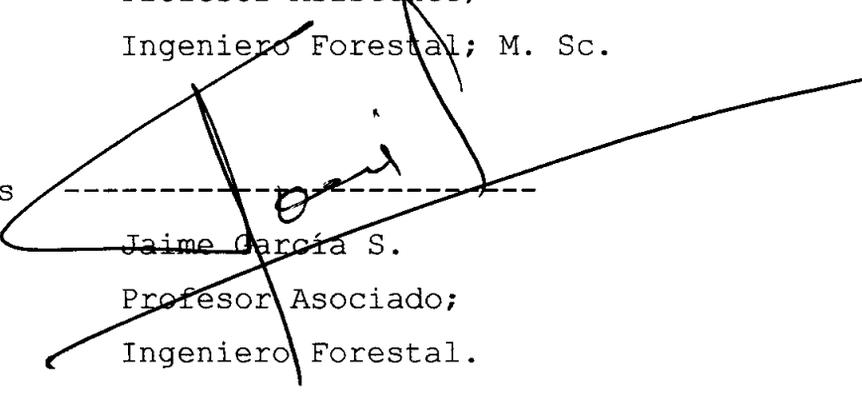
Profesor Titular;  
 Ingeniero Agrónomo; M. Sc.

Director Departamento  
 Silvicultura

  
 -----  
 Eduardo Peña F.

Profesor Asistente;  
 Ingeniero Forestal; M. Sc.

Decano Facultad de Ciencias  
 Forestales

  
 -----  
 Jaime García S.

Profesor Asociado;  
 Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Luis Cerda M. : Ochenta y siete, puntos.  
 Gastón González V. : Setenta y ocho, puntos.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODOS.....	7
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	10
3.1 Descripción del insecto.....	10
3.2 Huéspedes de <u>Sirex noctilio</u> .....	11
3.3 Distribución del insecto.....	12
3.4 Requerimientos climáticos.....	13
3.5 Historia de la plaga.....	14
3.6 Ciclo de vida.....	18
3.7 Descripción de los estados de desarrollo del insecto.....	25
3.7.1 Huevo.....	25
3.7.2 Larva.....	25
3.7.3 Pupa.....	26
3.7.4 Adulto.....	26
3.8 Asociación de <u>Sirex noctilio</u> - <u>Amylostereum</u> <u>areolatum</u> - <u>Pinus radiata</u> .....	27
3.8.1 Identificación del hongo simbionte.....	29
3.8.2 Fisiología de la asociación entre <u>S.</u> <u>noctilio</u> y <u>P. radiata</u> .....	30
3.9 Susceptibilidad y resistencia del hospedante.....	35
3.9.1 Susceptibilidad del hospedante.....	35
3.9.2 Resistencia del hospedante.....	36
3.10 Selección de los hospedantes.....	38
3.11 Daño y sintomatología.....	40
3.11.1 Daño directo.....	40
3.11.2 Daño indirecto.....	42

3.12 Estimación de los efectos potenciales que tendría el ingreso de <u>S. noctilio</u> a Chile, en la comercialización de los productos forestales.....	43
3.12.1 Principales productos de exportación.....	44
3.12.2 Países de destino de las exportaciones.....	51
3.12.3 Tratamientos de fumigación.....	59
3.12.3.1 Tipos de fumigantes y sus usos.....	61
3.12.3.2 Fosfuro de hidrógeno.....	63
3.12.3.3 Bromuro de metilo.....	64
3.12.3.3.1 Fumigación de recintos con bromuro de metilo.....	67
3.12.3.4 Tratamiento T-404 con bromuro de metilo..	70
3.12.3.5 Implicancias de los tratamientos de fumigación en los costos de producción...	71
3.13 Detección y control de <u>S. noctilio</u> .....	75
3.13.1 Método de exclusión.....	76
3.13.2 Método de erradicación.....	78
3.13.2.1 Programa de detección precoz.....	81
3.13.3 Método de protección.....	82
3.13.3.1 Control silvicultural.....	82
3.13.3.2 Control químico.....	84
3.13.3.3 Control biológico.....	86
IV CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	100
V RESUMEN.....	102
SUMMARY.....	103
VI BIBLIOGRAFIA.....	104
VII ANEXOS.....	112
Anexo 1.....	113
Anexo 2.....	116

**INDICE DE TABLAS**

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Volúmenes y valores de participación para los años 1994, 1995 y 1996 .....	48
2	Volúmenes y porcentajes de participación para los años 1994, 1995 y 1996.....	49
3	Costos de producción, costos de tratamiento de fumigación y precio de venta final, de los productos seleccionados como potenciales portadores de <u>S. Noctilio</u> si ocurre su eventual ingreso a Chile.....	72
4	Volúmenes de exportación, valores de exportación, valores de tratamiento, valor final y porcentaje de variación de los productos seleccionados para el año 1996.....	74

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Bosque de <u>P. radiata</u> , ubicado en Pittwater (Tasmania), muerto por la avispa taladradora de la madera. Estos árboles permanecieron en pie después de una infestación de <u>S. noctilio</u> en 1950.....	4
2 Hembra de <u>S. noctilio</u> en el momento de la oviposición.....	21
3 Larvas de <u>S. noctilio</u> en madera de <u>P. radiata</u> .....	23
4 Orificios hechos por adultos de <u>S. noctilio</u> al emerger de los árboles.....	25
5 Diagrama de la relación que existe entre <u>P. radiata</u> - <u>S. noctilio</u> - <u>Amylostereum areolatum</u> .....	34
6 Resinación de un árbol en pie, luego del ataque provocado por hembras de <u>S. noctilio</u> .	37
7 Ataque de <u>S. noctilio</u> en árboles debilitados.....	40
8 Galerías construidas por larvas de <u>S. Noctilio</u> en madera de <u>P. radiata</u> .....	42

En el Anexo

- 1 Gráficos 1 y 2 que presentan el comportamiento del volumen anual de exportación, en relación a los años 1994, 1995 y 1996, de los productos seleccionados como posibles portadores de S. noctilio, si ocurre su eventual ingreso a Chile..... 113
- 2 Gráficos 3 y 4 que presentan el comportamiento de los valores anuales de exportación, en relación a los años 1994, 1995 y 1996, de los productos seleccionados como posibles portadores de S. noctilio, si ocurre su eventual ingreso a Chile..... 116



## I INTRODUCCIÓN

Dentro del género Pinus, la especie Pinus radiata D. Don. es una de las que ha sido mayormente cultivada a lo largo del mundo, ya que presenta buen desarrollo en condiciones climáticas favorables, lo que se traduce en una alta rentabilidad económica. Un recurso de tal magnitud lleva implícitos riesgos de plagas y enfermedades, por lo tanto, se hace necesario el estudio de aquellas plagas, que pudieran afectar su crecimiento y reproducción, así como también la evaluación económica con respecto al daño que éstas pudieran provocar.

A nivel mundial, dentro de las plagas que afectan a las plantaciones de P. radiata, se encuentra Sirex noctilio Fabricius (Hymenoptera, Siricidae), que corresponde a una "avispa taladradora de la madera" y que su principal característica es provocar la muerte de árboles en pie. Esta "avispa taladradora" es originaria del hemisferio norte, específicamente Eurasia y norte de África, lugares en donde se encuentra asociada a coníferas, y su ataque no provoca grandes daños en la madera, por lo que se le considera sólo como una plaga de carácter secundario ya que afecta sólo árboles debilitados y además, porque existen enemigos naturales, que son los responsables de mantener un equilibrio (Fao-Iufro, 1965; Talbot, 1977; Spradbery y Kirk, 1978; Eldridge y Simpson, 1987; Ramírez, 1990).

En cuanto a los antecedentes generales, S. noctilio taxonómicamente está clasificado de la siguiente forma:

Orden : Hymenoptera  
Superfamilia : Siricoidea  
Familia : Siricidae  
Subfamilia : Siricinae  
Género : Sirex Linnaeus, 1761  
Especie : noctilio Fabricius, 1793  
(Neumann et al., 1987).

Cabe hacer notar que la familia Siricidae corresponde a una de las más antiguas del mundo con un gran número de especies, dentro de las cuales está presente en Chile Urocerus gigas, cuyos principales huéspedes son Pseudotsuga menziesii y P. radiata. La importancia forestal de la familia Siricidae radica en que sus integrantes se alimentan tanto de madera de árboles vivos como de árboles muertos (Lavanderos, 1991).

La descripción del insecto se hace de preferencia en estado adulto, debido a que su reconocimiento es más sencillo que si se hiciera en otro estado de madurez. Sirex noctilio presenta cuatro estados de desarrollo, que son: huevo, larva, pupa y adulto (Lavanderos, 1991).

Sirex noctilio presenta un ciclo de vida que en general tiene una duración de un año, sin embargo, existen individuos que pueden completar el ciclo en dos o tres meses, en dos años e incluso pueden requerir de un tercer año. Esto depende de condiciones abióticas como por ejemplo: clima, temperatura, déficit hídrico, humedad de la

madera, temperatura del fuste, etc. (Neumann y Minko, 1981; Aguilar y Lanfranco, 1988).

La "avispa taladradora de la madera" deposita sus huevos en árboles vivos y al mismo tiempo deposita una secreción mucosa y esporas del hongo Amylostereum areolatum. La secreción mucosa, causa una marchitez del follaje y provoca una condición de estrés en el árbol que lo hace susceptible a la invasión por el hongo (Ipinza y Molina, 1991).

Durante la fase larval esta avispa ocasiona un barrenado en la madera, en forma de galerías semicirculares (Aguilar y Lanfranco, 1988).

Los árboles afectados muestran externamente una clorosis progresiva e irreversible, que indica la muerte del árbol en forma previa a la emergencia de los insectos adultos (SAG, 1994).

En países como Australia y Nueva Zelanda, lugares donde se ha introducido y establecido, los daños económicos han alcanzado una gran magnitud; un ejemplo de ello es Australia en donde el daño provocado por S. noctilio ha significado un 10% de pérdidas absolutas en volumen de producción. Algunos autores concuerdan que estas cifras no reflejan más que el resultado de mediciones efectuadas en las ocasionales condiciones de epidemia en que se ha presentado la avispa taladradora de la madera en ese país (Casals, 1988). Estos valores se deben principalmente, a la voracidad que presenta la "avispa taladradora" en su

actuar, en su estado larval. En estos países se estableció en forma óptima dada la similitud climática a su lugar de origen, por la extensa superficie plantada con P. radiata y por la inexistencia de enemigos naturales (Talbot, 1977; Neumann y Minko, 1981; Eldridge y Simpson, 1987; Aguilar y Lanfranco, 1988; Eldridge y Taylor, 1989 citados por Ipinza y Molina 1991).



FIGURA 1. Bosque de P. radiata, ubicado en Pittwater (Tasmania), muerto por la avispa taladradora de la madera. Estos árboles permanecieron en pie después de una infestación de S. noctilio en 1950. (Fuente: Elliott y Little, 1983).

En los últimos años se ha detectado la presencia de S. noctilio en países como Uruguay (1980), Brasil (1988) y Argentina (1985), haciéndose crítica la amenaza de ingreso a Chile, donde aún no se ha detectado su presencia

(Lavanderos, 1987; Aguilar y Lanfranco, 1988; Mendes, 1992; Min. Economía Rep. Argentina, 1993).

De acuerdo a información obtenida, en relación a los daños provocados por la "avispa taladradora" en Uruguay, Brasil y Argentina, se afirma que se trata de una plaga de extrema gravedad cuando se le presentan condiciones favorables para su desarrollo. De estos países, Argentina representa la mayor posibilidad de ingreso del insecto a territorio chileno, puesto que una de las regiones atacadas (Bariloche) se encuentra a escasos kilómetros de la frontera con Chile (Osorno). De ahí que resulta necesario la implementación de sistemas de detección del insecto, y al mismo tiempo realizar inversiones en prevención, tanto de la empresa privada como del sector estatal, que ayuden a prevenir y/o disminuir los daños potenciales que causaría la entrada de S. noctilio a Chile.

En el país las plantaciones forestales constituidas fundamentalmente por P. radiata que alcanzan alrededor de 2.000.000 ha, han sido unas de las principales fuentes de ingreso para la economía nacional debido a las exportaciones de madera. Estas exportaciones destacan por la buena calidad de la madera obtenida, debido a la gran competencia a la que se debe enfrentar en el exterior con otros países exportadores. Chile exporta un producto sano y de excelente calidad a mercados tan exigentes como el asiático, lo que se traduce en buenos retornos para los exportadores. Sin embargo, el panorama sería totalmente diferente si entrara una plaga como S. noctilio, ya que por

sus características de ataque provocaría la muerte total del árbol. Y aquí no se está hablando de una disminución de calidad, sino de una pérdida total de los árboles afectados. Además, los países importadores de los productos chilenos, podrían aumentar incluso las medidas cuarentenarias, agravando aún más la situación.

En virtud de lo anterior, se ha creído conveniente realizar una revisión bibliográfica de los aspectos biológicos del insecto, analizando las implicancias en cuanto a la comercialización externa de los productos forestales, si se produce el ingreso de S. noctilio a Chile. De acuerdo a esto, los objetivos fueron los siguientes:

- Se realizó una revisión bibliográfica sobre la biología de S. noctilio y su posible comportamiento en Chile.
- Se analizaron métodos de detección y control de S. noctilio que se están aplicando en el extranjero.
- Se estimaron los efectos potenciales que tendría en la comercialización externa de productos forestales, la eventual presencia de S. noctilio en Chile.

## II MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de este proyecto comenzó con una revisión de libros, revistas y diversas publicaciones que se encontraron en la biblioteca central de la Universidad de Concepción. Se revisó además, el material que existe en la biblioteca del Departamento de Zoología de la Universidad de Concepción. De estos lugares se obtuvo el material base para el inicio de la revisión bibliográfica de S. noctilio, que en un comienzo se refirió a todo lo relacionado con la biología del insecto, para luego observar el posible comportamiento que tendría el insecto si lograra el ingreso a Chile.

Posteriormente, se realizaron visitas a instituciones estatales como: Corporación Nacional Forestal (CONAF) VIII región y CONAF región Metropolitana, en donde se obtuvo información actualizada de los últimos estudios publicados con respecto a la avispa taladradora de la madera.

Por otro lado, también se realizaron visitas a otras universidades (U. de Chile, U. Austral, U. de Talca, etc.) donde se obtuvo información anexa de sus bibliotecas.

Además de la biología, los parámetros de detección y control constituyeron un punto importante, para lo cual se desarrollaron distintas actividades como: visitas a empresas, entrevistas a personas que trabajen en las medidas de prevención en Chile, y que estén informados de

lo que se está haciendo en el extranjero con respecto al control del insecto.

Con respecto a esto se visitó: la Controladora de Plagas Forestales (CPF), empresa creada por un consorcio de empresas forestales privadas, con el objeto de controlar y manejar plagas forestales; Instituto Forestal (INFOR); Servicio Agrícola Ganadero (SAG), en donde se obtuvo información acerca del plan de detección precoz que se realiza en Chile. Por otro lado el SAG, constituyó una fuente de información valiosa debido a que es el encargado de hacer cumplir las leyes, en relación a la importación de los diversos productos que ofrece el mercado internacional, que son transportados en embalajes de madera, los que podrían venir infestados con el insecto.

En cuanto a la estimación de los efectos potenciales que tendría en la comercialización externa de productos forestales, la eventual entrada de S. noctilio a Chile, se desarrolló un análisis que contempló los siguientes puntos a seguir:

- a) se averiguaron los distintos productos forestales, que se exportan hacia el extranjero,
- b) de ellos se distinguieron qué productos forestales exportables al extranjero, son potenciales portadores de S. noctilio,
- c) una vez desarrollados los puntos anteriores, se revisaron todas aquellas publicaciones que contenían información acerca de los volúmenes y valores de

exportación, que tienen los productos forestales mencionados,

d) se definieron los países de destino, de estas exportaciones,

e) se recabaron antecedentes sobre tratamientos de fumigación y sus costos,

f) y con la información obtenida, se analizaron las implicancias que tendría la eventual entrada de S. noctilio a Chile, en cuanto a modificaciones en los costos de producción y precios de venta final en el momento de la exportación.



### **III RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Descripción del insecto**

El insecto en estado adulto puede ser fácilmente diferenciable, debido a que corresponde a una avispa de cuerpo robusto, cilíndrico y alargado de 9 a 36 mm de longitud. Las antenas que posee son filiformes de numerosos segmentos, con una longitud cercana a la mitad del largo del cuerpo, de color azul oscuro; sus alas son transparentes, color ámbar; ambos sexos tienen una pequeña estructura en forma de espina supraanal en el extremo final del cuerpo (Lavanderos, 1987; Artigas, 1994).

La hembra es de color azul metálico, casi negro, excepto las patas que son de color café rojizas; presenta en el extremo del abdomen un ovipositor robusto estructurado para taladrar la madera, el cual está dotado de órganos especiales para contener esporas de un hongo simbiote asociado (Ipinza y Molina, 1991).

El macho por su parte, es de menor tamaño que la hembra, mide entre 9 y 25 mm de longitud, su cuerpo presenta un color azul metálico oscuro, con los dos primeros pares de patas rojizos y el último par de patas de color negro con fémures y tibias muy engrosadas. Además, tiene el abdomen de color rojo amarillento desde el tercer al séptimo segmento; siendo los primeros y los dos últimos segmentos abdominales del mismo color que la hembra. (Baldini e Iede,

1993; Artigas, 1994; Lavanderos, 1987; Ipinza y Molina, 1991; Anónimo, 1993; Anónimo, 1995).

### 3.2 Huéspedes de S. noctilio

Sirex noctilio afecta principalmente al género Pinus (Spradbery y Kirk, 1978). Existen otros géneros que son citados en la literatura como hospederos de la plaga, por ejemplo: Abies, Picea, Larix, Pseudotsuga y Araucaria spp (Madden, 1988 citado por Ipinza y Molina, 1991). Las especies de Pinus atacados por la avispa de la madera citados por Rebuffo en 1990 son:

P. canariensis

P. pinaster

P. echinata

P. pinea

P. elliottii

P. ponderosa

P. halepensis

P. radiata

P. palustris

P. taeda

P. patula

El principal huésped es P. radiata, ya que es la especie más susceptible al ataque del insecto (Holsten, 1970; Talbot, 1977; Aguilar y Lanfranco, 1988).

### 3.3 Distribución del insecto

En Europa S. noctilio se encuentra presente en Azores, Alemania, Austria, Bélgica, España, Francia, Inglaterra, Grecia, Italia, Checoslovaquia, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Hungría, Noruega, Portugal, Polonia, Rumania y Unión Soviética (Smith, 1978 citado por Iede et al., 1993).

En Africa su distribución es: Argelia, Marruecos y Túnez (Baldini e Iede, 1993).

En América ha sido detectado en Uruguay, Argentina y Brasil (Baldini e Iede, 1993).

En Asia, se encuentra en Mongolia y Turquía (Smith, 1978 citado por Iede et al., 1993).

En Oceanía, se encuentra en Nueva Zelanda y Australia (Smith, 1978 citado por Iede et al., 1993).

### **3.4 Requerimientos climáticos**

Los requerimientos climáticos de la avispa taladradora de la madera, han sido determinados en su lugar de origen y en Australasia. El éxito logrado por la avispa de la madera en algunos países se debe especialmente a la abundancia de árboles huésped, producto de la monoespecificidad de plantaciones extensivas, lo que sumado a la ausencia de enemigos naturales y a condiciones climáticas adecuadas han favorecido su desarrollo y dispersión (Casals, 1988).

De acuerdo a los mapas bioclimáticos para la zona del mediterráneo editados por UNESCO - FAO, se pueden distinguir tres tipos de climas:

- Mediterráneo: donde la temperatura media del mes más frío es superior a 10°C.
- Templado: donde la temperatura media varía entre 0 - 10°C.

- Frío: donde la temperatura media es menor o igual a 0°C.

Todas las localidades en Europa y Australasia, de las cuales se ha colectado S. noctilio corresponden al clima mediterráneo y temperado, con períodos de sequía estival de 1 a 8 meses de duración. También y como ocurre en Pittwater (Tasmania), pueden ocurrir períodos de sequía una vez cada 3 ó 4 años, siendo de esta manera bioclimáticamente dinámico y en los períodos de sequía se denomina submediterráneo. Cuando no hay períodos de sequía, el clima se denomina axérico. En zonas con este sistema no se han detectado ataques importantes de S. noctilio más aún si las plantaciones se encuentran a alturas inferiores a 400 m (Casals, 1988).

Chile presenta un clima mediterráneo y temperado, lo que favorecería la introducción, distribución y desarrollo del insecto.

### **3.5 Historia de la plaga**

En los países de origen, S. noctilio se desarrolla normalmente en árboles dañados o debilitados por factores bióticos y abióticos, tales como: fuego, viento, otros insectos, operaciones mecánicas, etc. pudiendo también actuar en árboles vivos (Morgan, 1968; Spradbery y Kirk, 1978; Furniss y Carolin, 1977 citados por Iede et al., 1993). La avispa taladradora de la madera, ingresó a la isla de Nueva Zelanda en 1900, en ese tiempo estaba poco extendida y sus poblaciones eran bajas, hasta que en 1927

momento en el cual debido a la anormal abundancia alcanzada en plantaciones de P. radiata, se reconoce como una plaga económicamente importante en este país (Taylor, 1981).

Entre 1947 y 1951 ocurrieron los mayores índices de mortalidad de las plantas, donde más de un 30% de árboles fueron muertos en 120.000 ha de P. radiata (Gilmour, 1965 citado por Iede et al., 1993).

En el año 1952, este insecto fue introducido accidentalmente en Australia y en Tasmania (Gilbert y Miller, 1952 citados por Taylor, 1981).

Debido a las elevadas pérdidas provocadas por la plaga, en Australia fue creado el National Sirex Found. Todos los estados y empresas privadas contribuían con sumas de dinero proporcionales a sus plantaciones de pino para que el Gobierno Federal, a través de la división de entomología de Commonwealth Scientific Industrial Research Organization (CSIRO), desarrollara pesquisas para solucionar el problema. Como el insecto fue introducido, sus enemigos naturales fueron la prioridad para el control biológico. El programa incluía la búsqueda de parasitoides en los países de origen de S. noctilio, estudios de ecología y comportamiento de la plaga y sus parasitoides en Tasmania, estudios de fisiología de la avispa taladradora y su hongo simbiote, resistencia de las plantas y uso de control químico combinado con atrayentes químicos (Taylor, 1981).

En Australia se desarrolló un programa de control biológico. En Tasmania se liberaron parasitoides como:

Ibalia leucospoides, Megarhyssa nortoni y Rhyssa persuasoria; además, el nemátodo Beddingia siricidicola fue inoculado de acuerdo con la técnica desarrollada por Bedding y Akhurst (1974), logrando una esterilidad de un 70% en las hembras de S. noctilio y en algunas localidades hasta un 100% (Rebuffo, 1990 citado por Iede et al., 1993).

En América del Sur, la avispa taladradora de la madera fue detectada por primera vez en Uruguay afectando a P. taeda y P. elliottii, en el año 1980 (Rebuffo, 1990 citado por Iede et al., 1993). En 1985, se observaron los daños más severos en el noroeste de este país, con niveles de ataque de un 60% en 25 ha (Lavanderos, 1991). En este país fueron utilizadas medidas silviculturales curativas como quemas del material atacado y medidas preventivas en intervenciones de manejo forestal (Rebuffo, 1990 citado por Iede et al., 1993).

A fines de 1985 también se encuentra en el noroeste de Argentina, en la provincia de Entre Ríos, afectando a un 15% de las plantaciones de P. taeda y P. elliottii en una superficie de 300 ha (Iede et al., 1993). Más tarde, en 1990 se detecta la presencia del insecto en el sur de Argentina, en la ciudad de Bariloche (Cerdeira, 1990).

El primer registro de S. noctilio en Brasil fue realizado en febrero de 1988 en plantaciones de P. taeda en el municipio de Granada en el estado de Río Grande do Sul" (Iede et al., 1988 citados por Iede et al., 1993).

En la misma ocasión fue constatada una mortalidad de 240 árboles/ha en plantaciones de 17 años de edad de P. taeda localizados en Canela y Sao Francisco de Paula. La mortalidad media fue de un 9,6% y era atribuida al agotamiento, debido a la excesiva competencia de los árboles por nutrientes. Luego, cuando fueron cortados algunos árboles secos o con copas amarillas, se constató de la presencia de larvas de S. noctilio, evidenciando de este modo, que la plantación había sufrido ataque en años anteriores (Iede et al., 1993).

En función del problema a ser enfrentado por el sector forestal brasileño, la Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), definió una estrategia de acción para la búsqueda del control de S. noctilio en pino (Iede et al., 1988 citados por Iede et al., 1993). Se contrató en 1989 al Dr. Robin A. Bedding, un consultor australiano con larga experiencia en pesquisas y control de la avispa de la madera, para implantar un programa de control en Brasil. (Iede et al., 1993).

Hasta la fecha, la avispa de la madera no ha sido detectada en Chile, pero existe un gran riesgo que se introduzca desde el extranjero, en trozos de madera infestada, embalajes o madera de estiba, que ingresan a través de todos los puertos terrestres, marítimos y aéreos habilitados de este país. De los países infestados con la avispa taladradora de la madera, Argentina representa la mayor posibilidad de ingreso del insecto a Chile, puesto que una de las regiones atacadas es Bariloche, la que es

fronteriza con la X región de Chile, donde se presentan plantaciones de pino y el comercio e intercambio de productos silvoagropecuarios es alto. Además es factible su ingreso desde Argentina a través de automóviles, buses, camiones, trozos de madera infestada, embalajes o madera de estiba. De ahí el incesante control aduanero que se ejerce sobre estos medios de transporte y sobre los productos provenientes del vecino país (Ley de protección agrícola N° 3557 citada por Iede et al., 1993).

### **3.6 Ciclo de vida**

Sirex noctilio presenta un ciclo de vida que en general tiene una duración de un año, sin embargo éste depende de condiciones climáticas como por ejemplo: clima, temperatura y déficit hídrico, así como también de características del árbol como: temperatura del fuste, humedad de la madera, etc. (Ipinza y Molina, 1991). En Australia, Nueva Zelandia y Uruguay se han encontrado generaciones que presentan un ciclo de vida de 2 ó 3 meses cuando el ataque se produce en árboles de diámetro pequeño y las condiciones climáticas le son favorables (elevadas temperaturas y déficit hídrico). También se han observado ciclos de 2 hasta 3 años, cuando las condiciones climáticas han sido desfavorables para el insecto (Aguilar y Lanfranco, 1988). Por su parte Holsten (1970), indica que el 70% de la población emerge al primer año y el 30% restante en el segundo año, señalando que si la temperatura es baja, la duración del ciclo aumenta y la emergencia es menos uniforme.

En Argentina y Uruguay los adultos emergen entre enero y mayo, con máximos a fines de enero y fines de marzo (Artigas, 1994). Taylor (1981), señala que en Tasmania al igual que en Argentina y Uruguay, la emergencia de los adultos presenta un cierto desfase, extendiéndose desde enero hasta mayo y con máximos a fines de enero y a fines de marzo.

Los machos emergen antes que las hembras y vuelan formando enjambres alrededor de las copas de los árboles más altos, donde se produce el apareamiento (Artigas, 1994).

Machos y hembras emergen sexualmente maduros y por tratarse de una especie partenogenética facultativa, la hembra puede ovipositar inmediatamente sin necesidad de aparearse (Ipinza y Molina, 1991). La especie es arrenótoca, es decir, la progenie estará determinada por la fertilización de los huevos, así la hembra virgen puede ovipositar y originar solamente una progenie de machos, en tanto una hembra fecundada puede producir machos y hembras. El número de huevos varía de acuerdo con el tamaño y longevidad del insecto, y fluctúa entre 50 y 500 huevos por hembra (Aguilar y Lanfranco, 1988; Artigas, 1994).

Debido a las condiciones climáticas similares que presenta Chile con respecto a Australia, se describirá el ciclo de vida que presenta el insecto en este último país.

En el verano, a través de vuelos de corta duración se produce la dispersión de la especie. El vuelo del adulto es vigoroso y corto, alcanzando unos pocos kilómetros al año, esto se debe a que el período de vida, no dura más de 5 días en las hembras y 12 días en los machos, además del hecho de que al emerger se encuentren rodeados de potenciales árboles hospedantes (Neumann y Minko, 1981).

Después de un período inicial de vuelo, las hembras comienzan la oviposición en árboles apropiados, entre los meses de noviembre y febrero, abriendo con el ovipositor orificios de 8 mm de profundidad, atravesando la corteza y alcanzando la albura (Holsten, 1970; Taylor, 1981). La oviposición normalmente es precedida por una perforación exploratoria del posible hospedante (Eldridge y Taylor, 1989 citados por Ipinza y Molina, 1991).

Las hembras al oviponer introducen huevos, esporas de un hongo simbiote denominado Amylostereum areolatum y también un mucus fitotóxico que altera el flujo de nutrientes, creando una situación de debilitamiento en el árbol que lo hace más susceptible al ataque del hongo. Las esporas por su parte, germinan antes de la eclosión de los huevos, acondicionando la madera para el desarrollo de las larvas (Taylor, 1981). Si el árbol es vigoroso, la hembra inyectará mucus fitotóxico y esporas del hongo A. areolatum. La postura de los huevos la realiza sólo si se detecta que el árbol es poco vigoroso" (Coutts y Dolezal 1969 y Eldridge y Taylor, 1989 citados por Ipinza y Molina, 1991).

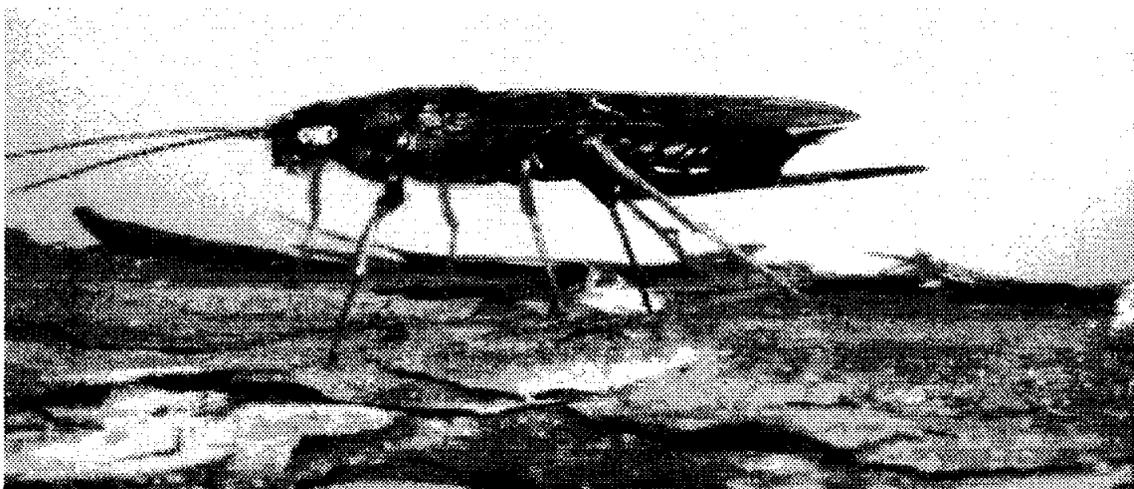


FIGURA 2. Hembra de S. noctilio en el momento de la oviposición.

(Fuente: Elliott y Little, 1983).

La hembra es capaz de realizar dos tipos de perforaciones que pueden ser: simples o múltiples, a través de un agujero en la corteza lo que se denomina sitio de oviposición (Ipinza y Molina, 1991). Estos, se relacionan directamente con la condición fisiológica del árbol, por ejemplo cuando el contenido de humedad de la madera es muy alto o muy bajo, gran porcentaje de los sitios de oviposición tiene sólo túneles sencillos, y cuando el contenido de humedad se aproxima a condiciones apropiadas para el insecto, aumenta la proporción de túneles triples (Coutts, 1965 citado por Ipinza y Molina, 1991). Otro ejemplo lo constituye la presión osmótica, que según Neumann y Minko (1981) los túneles sencillos son hechos donde la presión osmótica del floema es alta (mayor de 12 atm) y los túneles múltiples, cuando la presión es baja (entre 2 y 8 atm).

En los túneles sencillos el insecto puede o no depositar un huevo, sin embargo se afirma que este tipo de perforaciones contienen mucus y artroesporas del hongo A. areolatum. De esta forma el insecto puede evaluar o predisponer a un árbol para un ataque posterior (Taylor, 1981; Neumann y Minko, 1981; Coutts y Dolezal, 1969 citado por Ipinza y Molina, 1991).

Si los túneles son múltiples, por ejemplo dobles, la avispa taladradora de la madera deposita en ambos esporas del hongo A. areolatum y sólo en el primero deposita un huevo. En el caso de túneles triples, el insecto deposita esporas de A. areolatum en los tres, pero sólo deposita huevos en dos de ellos (Neumann y Minko, 1981).

El insecto persiste en sus oviposiciones hasta que muere, lo que ocurre cuando se agotan las reservas de su cuerpo, puesto que en estado adulto no se alimenta (Holsten, 1970; Taylor, 1981).

Holsten (1970), afirma que la eclosión de los huevos ocurre entre 16 a 28 días después de la oviposición. Sin embargo, se reconoce que los huevos pueden permanecer latentes por más tiempo (meses) cuando la temperatura es baja, y además se reconoce que la eclosión se ve favorecida por las condiciones creadas por la acción del hongo y del mucus fitotóxico (Taylor, 1981; Eldridge y Taylor, 1989 citados por Ipinza y Molina, 1991).

Cuando ocurre la eclosión del huevo, aparece una larva que se alimenta exclusivamente del hongo que ya ha invadido la madera, que rodea el sitio de oviposición. Las larvas tienen un desarrollo con un número de estadios que varía entre 3 y 12, con una media de 7 estadios dependiendo de las condiciones climáticas, especialmente de la temperatura (Baldini e Iede, 1993). Durante los primeros estadios, la larva permanece en la albura avanzando hacia el duramen" (Ipinza y Molina, 1991). A partir del tercer y cuarto estadio las larvas comienzan a profundizar sus galerías en la madera mediante un sistema de galerías serpenteantes, que más tarde se dirigirán hacia la superficie de la corteza (Holsten, 1970; Taylor, 1981).



FIGURA 3. Larvas de S. noctilio en madera de P. radiata (Fuente: Elliot y Little, 1983).

Desde agosto a septiembre (Espinoza et al., 1986), antes de ocurrir el período de pupación, las larvas retornan hacia la corteza, para entrar en un estado pre-pupal,

generalmente a una distancia cercana a 5 cm de la superficie de la corteza (Taylor, 1981).

El estado pupal tiene una duración de 20 a 28 días, los que se extienden entre agosto y septiembre (Espinoza et al., 1986), o desde mediados de noviembre hasta comienzos de abril (Aguilar y Lanfranco, 1988; Neumann y Minko, 1981; Baldini e Iede, 1993), esto depende de las condiciones climáticas que presente el lugar donde se establece el insecto, las que influyen directamente en la duración total de su ciclo de vida.

Los adultos emergen principalmente en verano según condiciones climáticas, extendiéndose hasta fines de otoño. La emergencia ocurre a través de un agujero circular de 3 a 7 mm de diámetro perforando la madera, luego ocurre el apareamiento y la dispersión, para así dar comienzo a un nuevo ciclo de vida (Neumann et al., 1987; Ipinza y Molina, 1991).

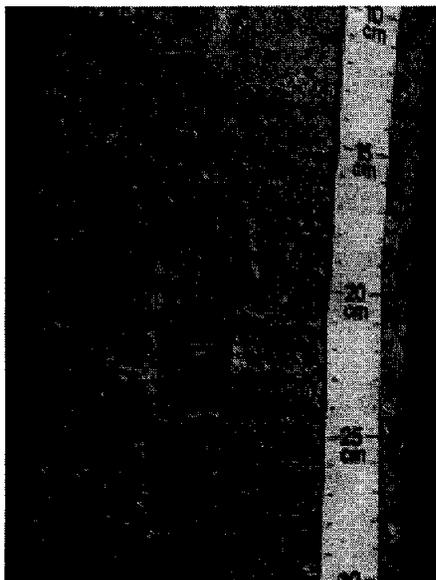


FIGURA 4. Orificios hechos por adultos de S. noctilio al emerger de los árboles. (Fuente: Zondag y Nuttall, 1977).

### **3.7 Descripción de los estados de desarrollo del insecto**

**3.7.1 Huevo.** Los huevos de S. noctilio miden 1,4 a 1,6 mm de largo por 0,3 mm de ancho, tienen forma elipsoide, de color blanco y poseen una superficie lisa (Aguilar y Lanfranco, 1988).

**3.7.2 Larva.** Las larvas alcanzan una longitud de hasta 30 mm, son blandas, cilíndricas y de color blanco amarillento. La cabeza es redonda bien desarrollada y dotada de fuertes mandíbulas de color negro. Poseen tres pares de patas torácicas, pigmentadas y muy rudimentarias. El abdomen está libre de apéndices, y sólo presenta una espina supraanal esclerosada de color café oscuro, que conserva en todos sus estadios (Aguilar y Lanfranco, 1988; Ipinza y Molina, 1991).

**3.7.3 Pupa.** Las prepupas y pupas son de coloración blanca marfil, y gradualmente van adquiriendo la coloración del adulto. La longitud promedio es de 25 mm (Aguilar y Lanfranco, 1988).

**3.7.4 Adulto.** Los insectos adultos tienen aspecto de avispa, pero con una unión entre el tórax y el abdomen ancho no pedicelado, lo que corresponde a una característica del suborden Symphyta (Artigas, 1994).

Son de tamaño variable y pueden alcanzar entre 9 a 36 mm de longitud. Sus antenas son filiformes. Su cuerpo es cilíndrico y robusto, con alas de color ámbar. Sus alas anteriores presentan dos celdas branquiales como consecuencia de la presencia de un nervio transversal branquial suplementario; frecuentemente este se encuentra incompleto (Aguilar y Lanfranco, 1988; Baldini e Iede, 1993).

La hembra, consta con un ovipositor de un tercio del largo del insecto, el cual es protegido por una vaina a modo de proyección cuando este no es utilizado. En la base del ovipositor existen unos órganos denominados micangias, los que contienen esporas del hongo A. areolatum. Cercano a estos órganos están las glándulas productoras de un mucus fitotóxico. Así entonces, el hongo y el mucus fitotóxico son inoculados por la hembra en el árbol junto con los huevos durante la oviposición (Aguilar y Lanfranco, 1988; Ipinza y Molina, 1991).

El macho es de color azul metálico, posee los segmentos III y VII del abdomen de color amarillo anaranjado, las patas posteriores son casi totalmente negras (SAG, 1994).

Los insectos de esta especie no se alimentan en estado adulto y dependen por completo de las reservas de nutrientes que poseen en sus cuerpos, como producto de su anterior estado de desarrollo (larva) (Talbot, 1977; Taylor, 1981; Ipinza y Molina, 1991).

### **3.8 Asociación de *Sirex noctilio* - *Amylostereum areolatum* - *Pinus radiata***

La naturaleza ha demostrado, que una o dos especies pueden vivir juntas y evolucionar una en razón de la otra. La simbiosis como relación interespecífica, presenta especiales connotaciones entre las especies P. radiata, S. noctilio y A. areolatum (Talbot, 1977).

En investigaciones realizadas en todas las especies de Sirex, se ha observado que las hembras a partir del segundo estadio larval llevan el hongo simbiote como fragmentos del micelio, en un par de pequeños sacos intersegmentales invaginados denominados micangias, que se prolongan hacia el interior del cuerpo y que se conectan mediante ductos con el extremo interno del aparato ovipositor. En 1929, se pudo demostrar que cada huevo es inoculado con el hongo inmediatamente antes de pasar del ovipositor al árbol, además que las micangias contenían

artroesporas antes de que los adultos emergieran de los troncos (Talbot, 1977).

De acuerdo a Talbot (1977), Parkin en 1942 descubrió unas estructuras que se sitúan externamente una a cada lado del cuerpo, entre el primer y segundo segmento abdominal de las larvas, en cuyo interior se encontraban las artroesporas insertas en unas laminillas serosas, a estas estructuras las denominó órganos hipopleurales. Pero no todas las larvas estudiadas presentaban dichos órganos o las esporas, por lo tanto se supuso que las larvas que la presentaban eran hembras, lo que confirmó Rawlings en 1951.

Talbot (1977) según lo analizado, presentaba el sistema por el cual las larvas podían recoger las esporas del hongo, lo que sucede cuando el cuerpo de la larva se elonga por las galerías, los órganos hipopleurales están bien expuestos y restos de hongos son recogidos sobre el cuerpo de la larva; de este modo los órganos hipopleurales pueden llegar a estar infectados con restos de hongo desde la pared de las galerías. Aunque la larva se alimenta sobre los micelios y sobre la madera disgregada por el hongo, ellas aparentemente digieren extra-intestinalmente, y se ha observado que los micelios están ausentes del tubo digestivo larval. Es así como más tarde en 1942, no se encontraron esporas en las pupas y sólo se encontró presente el hongo, en la forma de pequeños cordones de cera de micelio (Parkin, 1942 citado por Talbot, 1977). Finalmente Francke-Grosmann en 1957, demostró que la hembra al emerger era la que liberaba las esporas del hongo desde

los órganos hipopleurales al final de la exuvia larval, por movimientos reflejos del ovipositor al momento de emerger las hembras de la piel pupal. Las laminas de cera con las esporas incrustadas eran transportadas de esta forma a la base del ovipositor mediante movimientos alternativos de los estiletes, dañándose de esta manera el paquete de cera y liberando algunos hongos (Talbot, 1977).

**3.8.1 Identificación del hongo simbiote.** Los hongos que se asocian con Sirex son basidiomicetes del género Amylostereum. En el caso de S. noctilio se trata de A. areolatum el cual constituye un simbiote obligado de la avispa. En otras asociaciones de especies de Sirex que atacan a Cupresaceas, Taxaceas y Podocarpaceas la simbiosis no es estricta (Eldridge y Simpson, 1987 citados por Ipinza y Molina, 1991).

Generalmente ha existido desacuerdo en la identificación del hongo que se asocia con cada especie particular de Sirex. Es así como en un comienzo el simbiote de S. noctilio fue identificado como Stereum sanguinolentum, pero tras constatar que algunas de sus características, como las incrustaciones cristalinas del cistidio, no correspondían a este hongo, se hizo una nueva identificación que lo clasificó como A. chailletii. Posteriormente estudios más rigurosos determinaron definitivamente que la especie asociada a S. noctilio es A. areolatum. Se sugiere que S. sanguinolentum y A. chailletii (sinonimia de Stereum chailletii), pueden estar asociados, en Alemania a S. juvencus y S. noctilio, aunque otros autores afirman que en

ese país ambas avispas portan a A. areolatum. También se ha afirmado que algunas avispas no se han adaptado a un hongo en particular, asociándose con distintas especies de ellos, donde algunas son más dominantes que otras para establecer la relación. Esta última aseveración no es correcta, pues tras estudios realizados en diversas avispas y en distintas localidades geográficas, se ha concluido que éstas llevan siempre el mismo hongo, aunque podría haber diferentes cepas del hongo con distintos niveles de agresividad (Talbot, 1977).

### **3.8.2 Fisiología de la asociación entre S. noctilio y P. radiata.**

Sirex noctilio es atraído inicialmente por árboles de P. radiata fisiológicamente estresados, por ejemplo árboles debilitados o dañados por diferentes factores bióticos y abióticos. Árboles dañados exudando resina, son particularmente atractivos para S. noctilio. La resina producida en los orificios de oviposición atraen más olas de ataque del insecto. La resina de cualquier forma es un residuo de variable composición, asociado con la producción de volátiles a partir de aceites esenciales del pino y relacionado con compuestos a partir del floema (Talbot, 1977). Los efectos inhibitorios de estas sustancias sobre el hongo A. areolatum, se asocian con los compuestos terpénicos y con los alcoholes terpenoides presentes en la oleoresina (Ipinza y Molina, 1991). Esos volátiles formados cuando se abastece de sólidos solubles es limitado, siendo específicamente S. noctilio el atraído. Paradojalmente un mayor contenido de resina en los árboles, se considera como

restricción al crecimiento del hongo A. areolatum, lo que implica una disminución en la tasa de sobrevivencia de la larva del sirícido (Talbot, 1977).

La resistencia de P. radiata al ataque de la avispa taladradora de la madera, está relacionada con la capacidad de obtener adecuada humedad del suelo y un contenido de humedad en la madera. El óptimo contenido de humedad para la colocación de los huevos es relativamente bajo, 40 a 75% del peso seco al horno. Árboles dominantes con un alto contenido de humedad tienden a ser rechazados por S. noctilio, y las tasas de sobrevivencia de las larvas en tales árboles son bajas (Talbot, 1977).

El hongo A. areolatum depositado con huevos de S. noctilio, se desarrolla sólo y lentamente en árboles con un contenido de humedad de 70% de saturación o mayor. El hongo crece y reduce el contenido de humedad en la madera, dando como resultado la eclosión de los huevos, lo que significa el nacimiento de larvas que perforan la madera relativamente seca. Las larvas del sirícido son capaces de vivir y crecer por menos de tres meses en cultivos puros del hongo simbiote. Los jugos digestivos de las larvas son capaces de destruir las hifas del hongo en la madera, y se dice que la digestión del hongo es extra intestinal por la saliva disgregada en el hueco de las mandíbulas al dilatarse (Talbot, 1977).

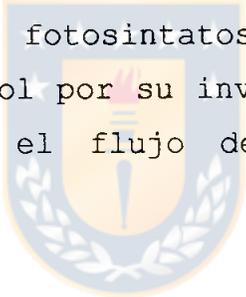
El simbiote A. areolatum beneficia su asociación con S. noctilio, estando situado en la madera de un hospedante

apropiado, sin tener que penetrar ningún tejido protector y su crecimiento puede ser estimulado por secreciones glandulares del insecto. Con este eficiente medio de dispersión, el hongo no necesita producir cuerpos frutales. Por otro lado, el hongo simbiote reduce el contenido de humedad en la madera verde, a niveles favorables para la eclosión de los huevos (30-70%), aporta nutrientes esenciales a la larva y provoca pudrición blanca en la madera destruyendo la lignina, facilitando la actividad perforadora del insecto durante sus etapas larvales, entregando de esta forma la madera más digestible para la larva del sirícido (Talbot, 1977).

La propagación de A. areolatum, se ve limitada con la formación de polifenoles y resina por parte de P. radiata en los orificios de oviposición, como una reacción del árbol al ataque del insecto. Los polifenoles se forman producto de la síntesis de carbohidratos, los cuales están más fácilmente disponibles en árboles vigorosos. La formación de los polifenoles es en la savia del árbol, dos semanas después de la infección, creando una barrera que encierra al hongo, de esta manera comienza a restringirse su propagación. El principal fenofenol es el pinosylvin, el cual es tóxico para A. areolatum. La muerte de los árboles de P. radiata después del ataque de S. noctilio, fue atribuida a los efectos patógenos de la asociación con el hongo A. areolatum, con la sugerencia que el hongo actúa primero cortándole el suministro de savia a la copa. Aunque el hongo se propaga lentamente, la madera no se

rinde a la no conducción de savia, esta restricción al flujo continuo es en forma gradual (Talbot, 1977).

De acuerdo a Talbot (1977), Coutts en 1969 inoculó a la albura de P. radiata el hongo A. areolatum y detectó efectos tóxicos no sistémicos. De cualquier modo, cuando el mucus de las secreciones del sirícido se introduce tempranamente, se producen cambios fisiológicos típicos, tales como: incrementos en la respiración del tallo, acumulación de almidón en las hojas, las que subsecuentemente se han caído y decrecimiento del almidón en la corteza del tallo, lo que implica que la translocación de los fotosintatos se inhiba. El mucus finalmente mata al árbol por su invasión a la albura y por la interrupción en el flujo de savia hacia la copa (Talbot, 1977).



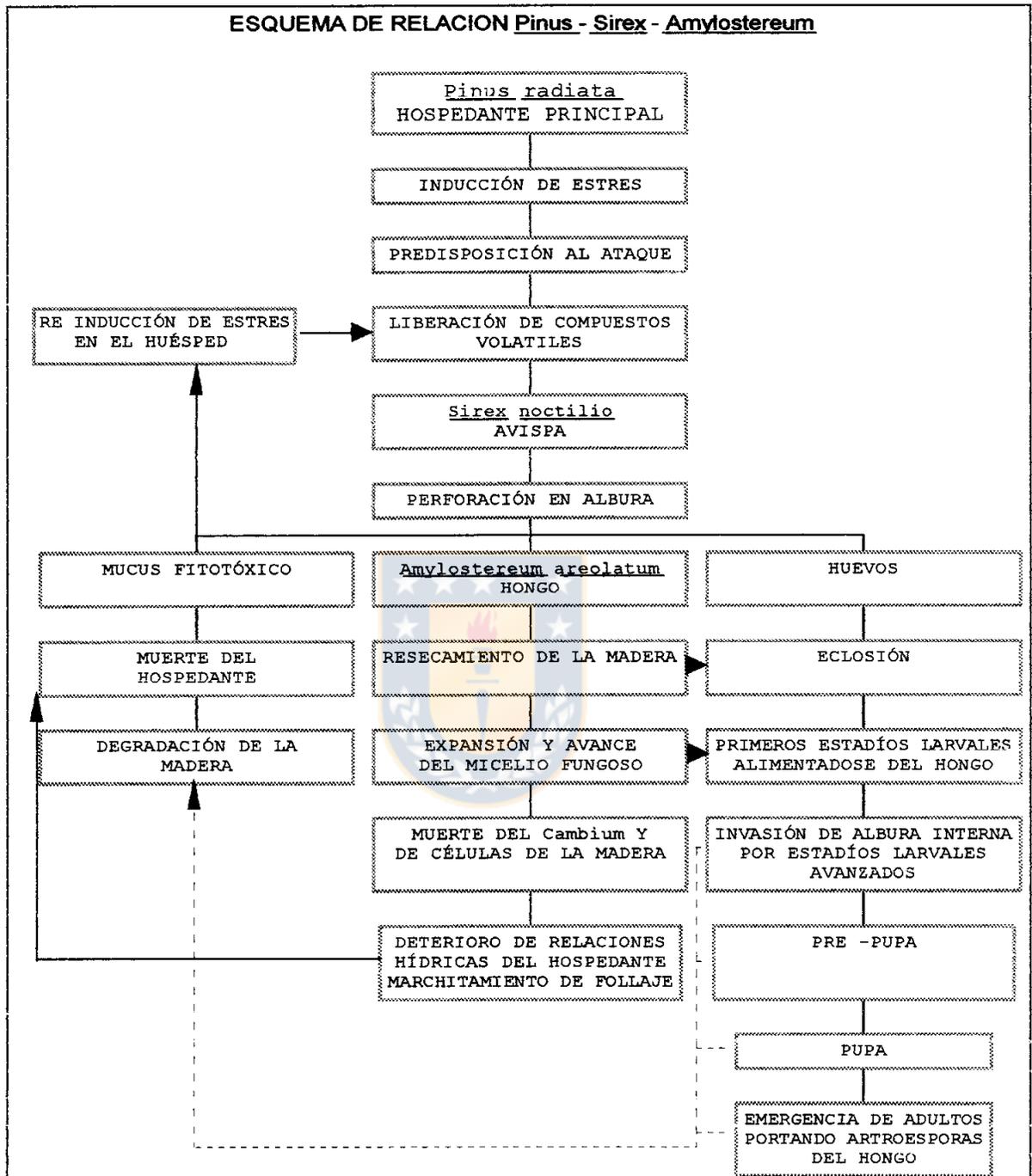


FIGURA 5. Diagrama de la relación que existe entre Pinus radiata - Sirex noctilio - Amylostereum areolatum.

(Fuente: Adaptado de Neumann y Minko, 1981 citados por Ipinza y Molina, 1991)

### **3.9 Susceptibilidad y resistencia del hospedante**

**3.9.1 Susceptibilidad del hospedante.** La susceptibilidad de un árbol frente al ataque de la avispa, está en función de la tasa de actividad respiratoria del tejido floemático, esto quiere decir que un árbol bajo condiciones de estrés, aumenta su respiración total y como consecuencia se produce un agotamiento del sustrato respiratorio (disminuye la presión osmótica). El agotamiento ocurre, primeramente en aquel sector del árbol que presenta la mayor tasa de actividad respiratoria, que se ubica en el primer tercio del fuste, donde se produce principalmente el ataque de la avispa taladradora de la madera. Cuando existe un déficit importante de agua en una plantación, implica una falta de agua en el tejido floemático y una baja presión osmótica a través del fuste, por lo tanto bajo estas condiciones, el ataque de S. noctilio se presenta a lo largo del fuste en forma generalizada (Taylor, 1981).

Los árboles más susceptibles son aquellos que han sido debilitados por factores ambientales como sequía, incendios y sobrepoblación (Casals, 1988). Además de estos factores existen otros como por ejemplo: alta densidad de individuos en un rodal ubicados en un sitio de mala calidad, afectando árboles suprimidos o dañados (Lavanderos, 1987), con diámetro pequeño de alrededor de 10 cm y otros ejemplares que se encuentren con algún tipo de estrés; el ataque de S. noctilio comienza por las partes de mayor susceptibilidad de un árbol, como ramas debilitadas por la competencia,

ramas afectadas por viento, heladas, rayos, defoliaciones, etc. (Lavanderos, 1987; Casals, 1988).

Tal vez menos susceptibles, son los árboles vigorosos y dominantes, al ataque del sirícido, sin embargo también presentan sucesivos intentos de oviposición.

**3.9.2 Resistencia del hospedante.** En forma general, los árboles sanos y vigorosos poseen reservas suficientes para resistir el ataque de la avispa taladradora de la madera. Existen dos mecanismos de resistencia del árbol, frente al ataque de S. noctilio (Taylor, 1981):

a) Inundando los orificios de oviposición con resina, lo que provoca la muerte de huevos y larvas, además de ejercer un efecto inhibitorio o tóxico sobre A. areolatum por razones químicas. Los componentes volátiles y no volátiles de la resina de P. radiata inhiben el crecimiento del hongo. Los efectos inhibitorios de la resina se asocian con los compuestos terpénicos y alcoholes terpenoides presentes en ella. Se habla que el alfa y beta pineno sean los compuestos volátiles más importantes en la inhibición (Taylor, 1981; Neumann et al., 1987).

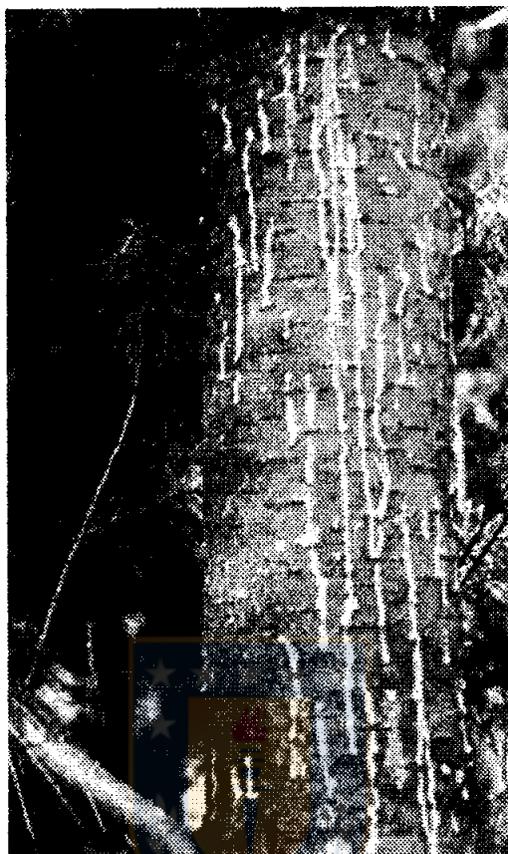


FIGURA 6. Resinación de un árbol en pie, luego del ataque provocado por hembras de S. noctilio.

(Fuente: Zondag y Nuttall, 1977).

b) Compartimentalización de la madera infectada por el hongo mediante una barrera de polifenoles fungistáticos. Esta barrera de polifenoles que encierra al hongo y detiene su crecimiento, está compuesta por pinosilvina, éter monometílico de pinosilvina y vanilina. La pinosilvina y éter monometílico son compuestos que tienen propiedades fungitóxicas e inhibidoras de numerosos hongos de pudrición de la madera, incluido A. areolatum (Taylor, 1981; Neumann et al., 1987).

Para la acción de los dos mecanismos mencionados, los árboles necesitan una cantidad suficiente de agua con la cual puedan sintetizar ambas sustancias, resina y polifenoles, y así también mantener su turgencia (Lavanderos, 1988).

Existen otros mecanismos involucrados en los fenómenos de resistencia, como por ejemplo, la capacidad del árbol para eliminar prematuramente el follaje adulto que concentra gran cantidad de mucus fitotóxico, además la capacidad para desarrollar nuevos tejidos funcionales de floema, cambium y xilema en torno a las lesiones (Casals, 1988).

Cabe hacer notar que cualquier factor presente que disminuya la actividad circulatoria de la savia del árbol, implica una disminución de la turgencia, un aumento de la susceptibilidad y actividad respiratoria y por consiguiente una disminución de los mecanismos de resistencia del árbol.

Para tolerar el ataque de S. noctilio en un árbol, se han implementado otros tipos de controles, como es el caso del control genético. Mediante este control se persigue encontrar una variación en la capacidad de los árboles para resistir inyecciones de mucus, a través de estudios de resistencia genética con el objeto de cultivar clones resistentes al ataque de S. noctilio (Taylor, 1981).

### 3.10 Selección de los hospedantes por parte de S. noctilio

Existe consenso entre los distintos autores para afirmar que S. noctilio generalmente no produce daño masivo en el bosque, sino que presenta un efecto aislado sobre los árboles de menor vigor. El insecto tiende a evitar la madera con mayor contenido de humedad, lo que demostró experimentalmente Coutts en 1965, al ofrecer simultáneamente trozas con contenido de humedad de 100% y 200% a avispas enjauladas, observando que éstas se mostraban reacias a atacar la troza más húmeda, pero que no dudaban en clavar repetidamente su ovipositor en la de menor contenido de humedad (Ipinza y Molina, 1991).

Para que el ataque del sirícido se inicie, es necesario que los árboles se encuentren bajo una condición de estrés, la que puede ser provocada por cualquier situación siguiente:

- a) Períodos secos, los que generan intensa competencia entre ejemplares de un rodal, esto se agrava en sitios de mala calidad y sobrepoblados.
- b) Árboles dañados en el desarrollo de faenas forestales.
- c) Árboles dañados por el viento o por fuego.
- d) Árboles atacados por hongos, ej: Diplodia pinea.
- e) Podas efectuadas en verano, desechos de raleos .

La condición de estrés bajo la cual se encuentren los árboles, hace que éstos liberen sustancias volátiles producidas en los tejidos del cambium y floema, permitiendo así la atracción de la hembra hacia los árboles. El período de atracción del material depende de la severidad y

persistencia del estrés fisiológico, este período puede prolongarse hasta unos 14 días luego de la corta y 9 a 12 días luego de una poda alta (Lavanderos, 1988).

### **3.11 Daño y sintomatología**

La sintomatología y el daño que presenta un árbol al ser atacado por la avispa taladradora de la madera están bien relacionados, debido a que son los síntomas los que indican si existe daño como consecuencia del ataque de S. noctilio. El daño que provocaría la avispa taladradora de la madera en Chile, se clasifica en dos tipos que a continuación se definen:

**3.11.1 Daño directo.** El daño directo que provoca la avispa taladradora de la madera es la muerte de los árboles. Todas las características fisiológicas y fenotípicas del árbol, son destruidas con el ataque del insecto. Este tipo de daño no ocurre en forma masiva dentro del bosque, afectando en forma aislada a aquellos árboles que presentan un menor vigor, por esta razón es importante mejorar las prácticas silvícolas como una medida de prevención.

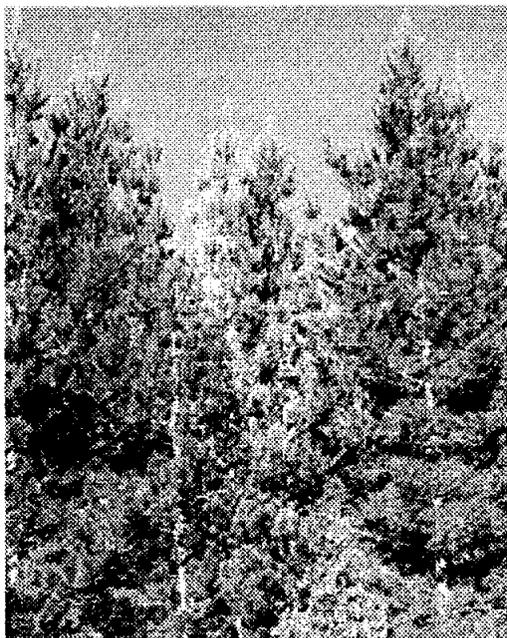


FIGURA 7. Ataque de S. noctilio en árboles debilitados.  
(Fuente: Elliott y Little, 1983).★

En Chile alrededor del 90% de las plantaciones de P. radiata, están en manos de empresas forestales y medianos propietarios, cuyo objetivo principal es la obtención de madera para exportación. Estos realizan intervenciones silvícolas en forma oportuna, para evitar que existan rodales con árboles débiles, sobredensos y suprimidos, sobre los cuales el insecto puede actuar. Por esta razón, un eventual ingreso de la avispa taladradora a este país, no provocaría un daño directo de consideración sobre empresas forestales y medianos propietarios.

En cambio, para los pequeños propietarios el daño directo que provocaría el eventual ingreso de S. noctilio a Chile, podría tener un efecto significativo, ya que no realizan prácticas silvícolas en la forma y momento adecuado,

principalmente por no contar con el recurso económico para poder realizarlo. Por ello, dentro de sus rodales es posible encontrar árboles dañados, debilitados y suprimidos susceptibles de ser atacados.

Otra de las razones del por qué el daño directo no sería tan grave en Chile, es porque a través del SAG y CONAF que constituyen entidades estatales de este país, se aplican diversas medidas de prevención para evitar el ingreso del insecto, como por ejemplo instalación de parcelas con árboles trampa o cebo en lugares de mayor riesgo, con el objetivo de frenar en forma oportuna su establecimiento en este país. Por otro lado, se ha capacitado a profesionales con respecto al tema, a través de visitas al extranjero en donde existe el insecto y de esta manera conocer sus patrones de comportamiento y las acciones que se deben realizar para enfrentar el problema. Además estos profesionales son capaces de aplicar y enseñar a otras personas métodos de control del insecto, para mantener bajos los niveles de su población y así aminorar los daños económicos que provocaría su establecimiento.

Con la ejecución de todas estas actividades, se reduciría bastante el daño directo que podría provocar el insecto si ingresa a Chile.



FIGURA 8. Galerías construidas por larvas de S. noctilio en madera de P. radiata. (Fuente Zondag y Nuttall, 1977).

**3.11.2 Daño indirecto.** Este tipo de daño, se refiere a las consecuencias de tipo económico que traería el eventual ingreso de S. noctilio a Chile.

El primer impacto indirecto, sería el resentimiento en las exportaciones de productos forestales de P. radiata, puesto que muchos países importadores podrían dejar de serlo por sus disposiciones cuarentenarias o porque otros tienen tolerancia cero al insecto, lo que obligaría a invertir en grandes sumas de dinero por tratamientos de fumigación (Casals, 1988).

### **3.12 Estimación de los efectos potenciales que tendría el ingreso de S. noctilio a Chile, en la comercialización de los productos forestales.**

La exportación forestal en el año 1996 alcanzó a US\$ 1.807,9 millones de dólares, con este resultado se quiebra la tendencia de crecimiento continuo que se venía observando desde 1985, de tal manera que se registra una baja de un 24% en comparación con el año 1995 en términos monetarios y no de volúmenes de exportación. Cabe señalar que el año 1995 fue muy bueno para la exportación forestal, como consecuencia de los altos precios que se dieron en el mercado mundial, es así como la mayoría de los productos exportados y en especial los precios de la pulpa, ayudaron positivamente el resultado, en cambio el año 1996, se presentó con una fuerte baja en los precios de los productos, especialmente en la pulpa lo que explica en gran medida la caída en la exportación forestal. Al considerar el valor total exportado por el sector forestal desde 1985 a 1996, se observa que las exportaciones totales crecieron a una tasa anual de un 16,6%, donde la tasa de aumento para los productos primarios (aquellos que consumen directamente madera en trozos: pulpa, madera aserrada, tableros y astillas) fue de 15,6%, en cambio para los productos secundarios (los que elaboran principalmente productos sólidos originados en el aserrío) fue muy superior, alcanzando un 36,7% mostrando este grupo de productos un alto dinamismo (INFOR, 1996).

El rubro de la pulpa es el que mejor explica la baja en la exportación forestal respecto a 1995, por la fuerte caída en los precios que afecta a la pulpa blanqueada y cruda, dicha baja se sitúo entre un 26% y un 44%. Otros productos como los trozos para aserrar, astillas y madera aserrada de pino, también enfrentaron menores precios en el mercado internacional, contribuyendo a la caída (INFOR, 1996).

**3.12.1 Principales productos de exportación.** En el año 1996, la celulosa que es el principal rubro de la exportación forestal en Chile, totalizó un monto de US\$ 764,4 millones, lo que equivale a un 43,3% de participación en el total exportado. Su volumen exportado alcanzó a 1.655 mil toneladas, con un aumento de un 1,8% en volumen y una baja de -39,8% en valor. La celulosa a pesar de una caída en sus embarques, sigue siendo el principal producto exportado, correspondiéndole el 68% del valor a embarques de pulpa blanqueada de P. radiata, seguidos por la pulpa blanqueada de Eucalyptus con un 17% y la celulosa cruda de P. radiata con un 15%. El principal destino de este producto es el mercado asiático. En segundo lugar se ubica la madera aserrada con US\$ 185,6 millones y un aporte de un 10,3% al total exportado. Respecto al año 1995, su volumen disminuyó en un 12% y su valor en un 17%. El tercer rubro son las astillas sin corteza con US\$ 170,9 millones y un 9,5% de participación en el valor total exportado. Respecto a 1995, presenta caídas tanto en volumen como en valor de un 28,7% y un 26,6% respectivamente. La madera en trozas se ubica en el cuarto lugar, con un total de US\$ 103,5 millones y un 5,7% de participación. Su volumen exportado

alcanzó a 1.615,8 miles de m<sup>3</sup>, con una baja de un 27,4% en volumen y un 28,2% en valor. Del valor total de madera en trozas, el 89% corresponde a embarques de trozas para aserrar y el 11% restante, trozas para pulpa (INFOR, 1996).

Los principales productos forestales de P. radiata que exporta Chile al extranjero tomados al año 1996, son:

- Pulpa blanqueada
- Madera aserrada tablones
- Pulpa cruda
- Trozos para aserrar
- Tableros laminados
- Tableros MDF
- Molduras y listones cepillados
- Marcos para puertas
- Fluff blanqueada
- Astillas sin corteza
- Madera cepillada
- Madera clear en bloques
- Chapa debobinada
- Madera aserrada basas
- Tablas partículas
- Puertas
- Trozos para pulpa
- Tablero de fibra
- Part. y piezas muebles
- Madera "finger joint"
- Cómodas y veladores
- Pallets
- Sillas y sillones



- MDF recubierto
- Muebles de oficina
- Mesas
- Tapas
- Camas y cunas
- Espátulas
- Molduras MDF
- Otros tableros
- Tablillas semielaboradas
- Otros envases
- Palos para arroz
- Postes impregnados
- Chapa de madera
- Madera "cutstocks"
- Tablero fibra decorado
- Cajones de madera
- Otros productos manufacturados
- Piezas para la construcción
- Repisas
- Aceites esenciales
- Fibra recubierta
- Estacas impregnadas
- Juguetes de madera
- Casas prefabricadas
- Sillón cama
- Bins

(Fuente: INFOR, 1996).

El criterio que se utilizó para determinar qué productos forestales exportables serían potenciales portadores de S.

noctilio si ocurre el eventual ingreso a Chile, se hizo considerando las distintas etapas de desarrollo que tiene el insecto, debido a que existen antecedentes en este país, en relación a la intercepción de materiales extranjeros infestados con S. noctilio en las etapas de pupa y adulto como por ejemplo, en los puertos de Valparaíso y Talcahuano. Generalmente ha sido interceptado en maderas con un bajo valor agregado, es decir con tratamientos básicos que no implican grandes inversiones en fumigación y que por lo tanto permiten al insecto su sobrevivencia, crecimiento y desarrollo dentro de la madera. Así, se seleccionaron productos forestales de P. radiata que tuvieran un bajo valor agregado y que podrían verse afectados o limitados, por ser potenciales portadores del insecto si ocurre el eventual ingreso a Chile.

- Madera aserrada tablones
- Madera aserrada basas
- Madera cepillada
- Trozos para aserrar
- Trozos para pulpa
- Casas prefabricadas
- Piezas para la construcción
- Puertas
- Pallets
- Tapas
- Cajones

A continuación se presenta información con respecto a volúmenes y valores de exportación en Chile durante 1994, 1995 y 1996 de los productos seleccionados en este estudio.

Además se entregan tablas de volúmenes y valores con los respectivos porcentajes de participación para cada uno de los productos seleccionados por año de exportación.

TABLA 1. Volúmenes y valores de participación para los años 1994, 1995 y 1996.

PRODUCTO	VOLUMEN			VALOR		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Aserr. basas (m3)	78.249	100.873	76.761	10.124.092	14.584.900	10.558.200
Aserr. tabl. (m3)	809.551	1.073.999	966.490	132.234.762	193.457.200	162.452.500
Caj. mad. (t)	313	739	789	173.511	400.400	510.500
Casas Pref. (m3)	662	355	133	1.041.550	790.100	216.700
Cepillada (m3)	55.889	43.560	47.094	20.046.972	17.095.600	19.488.900
P. Const (m3)	0	950	157	0	1.383.200	319.300
Pallets (m3)	0	2.304	14.379	0	924.700	4.203.400
Puertas (t)	6.181	3.892	3.554	10.687.980	7.789.000	7.023.000
Tapas (m3)	43.508	26.861	18.312	3.532.530	1.843.400	1.506.200
Troz. pulp.(m3)	121.727	274.427	131.747	5.592.656	11.777.900	6.792.700
Troz. aserr. (m3)	1.549.535	1.664.522	1.391.178	97.714.962	112.073.200	90.085.300

(Fuente: INFOR, 1994, 1995 y 1996).

TABLA 2. Volúmenes y porcentajes de participación para los años 1994, 1995 y 1996.

PRODUCTO	VOLUMEN			PARTICIPACION		
	1994	1995	1996	% año 94	% año 95	% año 96
Aserr. basas (m³)	78.249	100.873	76.761	2,94	3,16	2,90
Aserr. tabl. (m³)	809.551	1.073.999	966.490	30,37	33,64	36,46
Caj. mad. (t)	313	739	789	0,01	0,02	0,03
Casas Pref. (m³)	662	355	133	0,02	0,01	0,01
Cepillada (m³)	55.889	43.560	47.094	2,10	1,36	1,78
P. Const (m³)	0	950	157	0,00	0,03	0,01
Pallets (m³)	0	2.304	14.379	0,00	0,07	0,54
Puertas (t)	6.181	3.892	3.554	0,23	0,12	0,13
Tapas (m³)	43.508	26.861	18.312	1,63	0,84	0,69
Troz. pulp.(m³)	121.727	274.427	131.747	4,57	8,60	4,97
Troz. aserr. (m³)	1.549.535	1.664.522	1.391.178	58,13	52,14	52,49
<b>Total</b>	<b>2.665.616</b>	<b>3.192.483</b>	<b>2.650.592</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

(Fuente: INFOR, 1994, 1995 y 1996).

De acuerdo a estos datos y a los gráficos 1 y 2 (Anexo 1) que presentan el comportamiento del volumen anual de exportación en relación a los años 1994, 1995 y 1996, y los gráficos 3 y 4 (Anexo 2) que presentan el comportamiento de los valores anuales en relación a los años 1994, 1995 y 1996 de los productos seleccionados en este estudio, se tiene:

De los productos seleccionados, 6 de ellos coinciden en los años 1994, 1995 y 1996 en presentar los mayores volúmenes de exportación y los mayores porcentajes de participación en volumen. De acuerdo a esto, los productos seleccionados con mayores volúmenes en orden descendente son: trozos para

aserrar, madera aserrada tablones, trozos para pulpa, madera aserrada basas, madera cepillada y tapas.

En el caso de los productos seleccionados con mayores valores de exportación y porcentajes de participación en volumen, 6 de ellos coinciden en los años 1994, 1995 y 1996. De acuerdo a esto, los productos seleccionados con mayores valores en orden descendente son: madera aserrada tablones, trozos para aserrar, madera cepillada, madera aserrada basas, puertas y trozos para pulpa.

Las exportaciones de estos productos en cuanto a volúmenes y valores de exportación, han sido realmente importantes. Esto se observa con el aumento en los ingresos del sector forestal chileno, además de la excelente imagen que como país exportador muestra a los distintos mercados importadores de estos productos, debido principalmente a la ausencia de S. noctilio dentro de su territorio, sumado a la buena calidad de los procesos que sufren los productos antes de ser exportados.

Si ocurre el ingreso de S. noctilio a Chile, las exportaciones inmediatamente se verían afectadas, puesto que muchos mercados importadores de los productos seleccionados, exigirán tratamientos de fumigación para los productos, previo a las exportaciones. Esta situación provocaría un aumento en los costos de producción de dichos productos y una disminución en los ingresos del sector forestal chileno, en el caso de que mercados importadores

no adquieran los productos, aún cuando éstos sean fumigados correctamente.

Es así como los productos que poseen un mayor volumen de exportación serán los más afectados si ingresa S. noctilio a Chile, porque la posibilidad que sean potenciales portadores del insecto en las exportaciones, es mayor. De esta manera los ingresos que se obtienen por los productos seleccionados con mayores volúmenes, se verán afectados en forma significativa por el aumento en los costos de fumigación.

Los productos restantes no presentan valores y porcentajes de participación significativos en el mercado para los tres años, sin embargo, es importante señalar que también son posibles portadores de S. noctilio si ocurre el ingreso a Chile.

Cabe destacar que los trozos para aserrar corresponden al producto que presenta un mayor volumen de exportación en los años 1994, 1995 y 1996, sin embargo no presenta el mayor valor de exportación durante estos años, ya que es un producto que tiene un menor valor agregado. La madera aserrada tablonos tiene el mayor valor de exportación durante estos años, ocupando el segundo lugar de los productos con mayor volumen de exportación en el mismo tiempo.

Todos los productos seleccionados son potenciales portadores de S. noctilio, pero los que tienen un mayor

volumen de exportación, tendrán las mayores posibilidades de llevar consigo el insecto, en la eventualidad que éste ingrese a Chile.

**3.12.2 Países de destino de las exportaciones.** Las exportaciones de los productos forestales seleccionados en este estudio tienen diferentes destinos, lo importante de este hecho es conocer en que países ya existe la presencia de S. noctilio, para saber que mercados una vez informados del eventual ingreso del sirícido a Chile, exigirán determinados tratamientos de fumigación y bajo que normas se registrarán. Por otro lado conocido lo anterior, existirá la posibilidad que países importadores de los productos forestales, dejen de serlo, situación que obligaría al sector forestal chileno a ofrecer sus productos a otros mercados alternativos.

La siguiente información está actualizada al año 1996 para Chile, donde se muestran los destinos de los productos seleccionados, los porcentajes que Chile exporta a cada país de estos productos y se menciona en que países se encuentra establecida la avispa taladradora de la madera:

Nota: Los países de destino que tienen S. noctilio, se encuentran subrayados.

## - Madera aserrada tablonos

Países	Porcentaje (%)	Países	Porcentaje (%)
-Japón	39,8	-Nepal	0,1
-Unión Emir. Arab.	12,44	-Costa Rica	0,1
-Arabia Saudita	8,4	-Angola	0,05
-Egipto	7,4	-Venezuela	0,04
-Corea del Sur	6,4	- <u>Finlandia</u>	0,04
-Taiwan	5,6	-Perú	0,03
-U.S.A.	5,2	-Bolivia	0,02
- <u>Reino Unido</u>	3,7	-Tailandia	0,01
-Rep. Dominicana	2,1	- <u>Alemania</u>	0,01
-Sult. del Omán	1,6	-Ter. Brit. en Asia	0,009
-Bahrein	1,1	-China	0,005
- <u>España</u>	1,1	-Indonesia	0,004
-Holanda	1,0	-Malasia	0,003
- <u>Argentina</u>	1,0	- <u>Uruguay</u>	0,003
- <u>Bélgica</u>	0,8		
-Katar	0,7		
-Kuwait	0,3		
-Rep. Djibouti	0,2		

## - Trozos para Aserrar

Países	Porcentaje (%)
-Corea del Sur	98,2
-Japón	1,7
- <u>Finlandia</u>	0,002

## - Pallets

Países	Porcentaje (%)
-Costa Rica	62,8
-Panamá	18,6
-U.S.A.	5,3
-Japón	4,1
- <u>Argentina</u>	3,8
-China	2,3

## - Madera aserrada basas

Países	Porcentaje (%)
-Japón	39,8
-Arabia Saudita	21,4
-Taiwan	15,01
-Unión Emir. Arab.	12,44
-Corea del Sur	6,4
-U.S.A.	5,2
-Perú	0,03
-Tailandia	0,01

## - Cajones

Países	Porcentaje (%)
-Costa Rica	62,8
-Panamá	18,7
-U.S.A.	5,2
-Japón	4,1
- <u>Argentina</u>	3,8
-China	2,3
-Unión Emir. Arabes	1,9
-Perú	0,5

- Madera cepillada

Países	Porcentaje (%)
-U.S.A.	85,0
-Japón	10,4
-Corea del Sur	2,3
-Holanda	1,6
-Perú	0,1
- <u>Bélgica</u>	0,08
- <u>Italia</u>	0,05
- <u>Austria</u>	0,04
-Colombia	0,01
- <u>Reino Unido</u>	0,01
- <u>Argentina</u>	0,01
-Bolivia	0,003
- <u>Uruguay</u>	0,003

- Piezas para la construcción, puertas, tapas y casas prefabricadas.

Países	Porcentaje (%)
-Corea del Sur	47,4
-U.S.A.	41,8
- <u>Argentina</u>	4,8
-Japón	2,8
-Libia	0,3
-Canadá	0,2
-Perú	0,2
-Venezuela	0,01

## - Trozos para Pulpa

Países	Porcentaje(%)
-Japón	65,0
-Noruega	15,6
-India	15,0

(Fuente: INFOR, 1996; Prochile, 1996).

Durante el año 1996, las exportaciones de los productos seleccionados fueron destinadas a 39 países, ubicándose en primer lugar Corea del Sur con adquisiciones de 1,5 millones de m<sup>3</sup>, que corresponden al 54% del total exportado. Los principales productos seleccionados con sus volúmenes y valores de exportación, enviados a Corea del Sur son: trozos para aserrar (1,3 millones m<sup>3</sup>, US\$ 88 millones), madera aserrada tablones (62 mil m<sup>3</sup>, US\$ 10 millones) y tapas (8 mil m<sup>3</sup>, US\$ 714 mil).

A continuación se encuentra Japón con adquisiciones de 530 mil m<sup>3</sup> que corresponden al 20% del total exportado de los productos seleccionados. Los principales productos enviados a Japón son : madera aserrada tablones (384 mil m<sup>3</sup>, US\$ 64 millones), trozos para pulpa (85 mil m<sup>3</sup>, US\$ 4,4 millones) y madera aserrada basas (30 mil m<sup>3</sup>, US\$ 4,2 millones).

En tercer lugar se ubica Unión Emiratos Arabes con adquisiciones de 129 mil m<sup>3</sup>, que corresponden al 4,8% del total exportado de los productos seleccionados. Los principales productos enviados a este país son: madera aserrada tablones (120 mil m<sup>3</sup>, US\$ 20 millones) y madera aserrada basas (9 mil m<sup>3</sup>, 1,3 millones).

En el cuarto lugar se ubica U.S.A. con adquisiciones de 100 mil m<sup>3</sup>, que corresponden al 3,7% del total exportado. Los principales productos enviados a este país son: madera aserrada tablonos (50 mil m<sup>3</sup>, US\$ 8 millones), madera cepillada (40 mil m<sup>3</sup>, US\$ 16 millones) y tapas (7 mil m<sup>3</sup>, US\$ 629 mil).

Anteriormente se nombraron sólo cuatro países importadores de los productos seleccionados, que representan de acuerdo a los porcentajes de exportación una significativa importancia económica. Sin embargo, todos los países importadores sobre un 1,0% de la producción total de cada producto seleccionado, tiene una significancia económica importante, ya que sobre este porcentaje los volúmenes exportados representan miles de m<sup>3</sup>, lo que implica grandes sumas de dinero en miles y millones de dólares, que se traducen como retornos y aumentos considerables en los ingresos para Chile.

Si se separa la información en países que presentan el insecto, de los que no lo presentan, se puede señalar que:

a) Si ocurre el eventual ingreso de S. noctilio a Chile, los países libres del insecto podrían tomar las siguientes medidas: exigir a Chile tratamientos de fumigación, con productos químicos que aseguren la mortalidad del insecto dentro de la madera, en cualquier etapa de su desarrollo en que se encuentre. Por este motivo Corea del Sur por ejemplo, por ser el mayor importador de los productos seleccionados y además libre del insecto, podría cerrar sus importaciones a Chile en lo que a productos de P. radiata se refiere, evitando de esta forma los daños económicos y

ambientales que provoca el insecto una vez que se establece. Como consecuencia de esto y tomando en cuenta que el precio de los productos seleccionados lo determina el mercado, Chile tendría que vender al precio impuesto por éste, lo que implicaría una disminución en los ingresos debido a que el costo de producción de sus productos se elevaría por efectos del costo que involucra la realización del tratamiento con bromuro de metilo.

Ahora, si la determinación de Corea del Sur no fuera tan drástica y aceptara importar desde Chile productos de P. radiata previamente fumigados en forma adecuada, de todas maneras significaría un aumento en los costos de producción. Por esta razón, cualquier determinación que Corea del Sur aplicara con respecto al tema, afectaría a Chile de manera significativa.

Para los otros países libres del insecto, y que son importadores de los productos seleccionados, ocurre la misma situación, solamente que en un menor rango de importancia, debido a que no importan grandes cantidades de volúmenes.

b) Si ocurre el eventual ingreso de S. noctilio a Chile, los países en donde se encuentra establecido el insecto y que son importadores de los productos seleccionados, pueden exigir también tratamientos de fumigación, para evitar que ingresen individuos con diferente genoma que pudieran ampliar el pool genético, aumentando aún más el daño dentro de sus patrimonios. Sin embargo, estos países no conforman

grandes mercados importadores de los productos seleccionados en Chile, es por ello que si éstos dejaran de ser importadores, no afectaría significativamente los ingresos del país, sin embargo, de igual forma incidiría en mayores costos fijos o de producción por los tratamientos de fumigación aplicados.

**3.12.3 Tratamientos de fumigación.** Hace miles de años, los seres humanos eran muy observadores y así, a lo largo de mucho tiempo, descubrieron que almacenar granos en perforaciones realizadas en suelos secos bien sellados con arcilla, podían permanecer en buen estado por períodos largos, si se cubría con una capa de material vegetal seco, seguido de otra con material vegetal húmedo y finalmente cubrir todo con barro. Esto se explica porque el material húmedo entraba en fermentación, produciendo CO<sub>2</sub> que es más pesado que el aire, y de esta manera llenaba con atmósfera inerte el depósito de grano. Los hombres de esa época no sabían que estaban aplicando gases en el control de plagas (Horn, 1997).

En el siglo pasado los científicos comenzaron a entender los fenómenos químicos y físicos, lo que constituye una época muy fructífera en la síntesis de diferentes compuestos químicos, algunos de los cuales son muy volátiles. Estos nuevos productos fueron probados en todo tipo de aplicaciones, incluso en el control de plagas en productos almacenados con resultados iniciales bastante satisfactorios. Algunos actuaban como productos tóxicos y otros por desplazamiento del oxígeno. Posteriormente, se

seleccionaron los productos tóxicos, dado que con menos cantidad de producto se lograban los efectos deseados, entre éstos están: ácido cianhídrico, óxido de etileno, acrilonitrilo, bromuro de metilo y otros. Cada producto tenía ventajas y desventajas con las que había que vivir (Horn, 1997).

Hoy después de muchos años, y de conocer diferentes tipos de productos para el control de plagas, se afirma que existen requisitos que rigen el uso de cualquier fumigante moderno, ellos son:

- a) Debe ser altamente tóxico para todos los estados de la plaga (huevo, larva y adulto).
- b) No debe dejar residuos en los productos tratados.
- c) Debe distribuirse fácilmente en el recinto donde se almacenan los productos a tratar.
- d) No debe ser absorbido ni reaccionar con los productos tratados.
- e) No debe dañar el medio ambiente.
- f) Liberado a la atmósfera debe ser degradado rápidamente.
- g) Debe ser fácilmente aplicable y seguro en el manejo.
- h) No debe ser corrosivo.
- i) Debe actuar rápidamente.
- j) En lo posible, el gas utilizado en condiciones subletales, no debe producir daño permanente en los seres humanos que se exponen al gas (Horn, 1997).

En Chile el SAG, es el encargado de hacer cumplir las exigencias de fumigación, que piden los países importadores

de diferentes productos, para esto tiene responsabilidades como:

- a) Ejecutar y supervisar directamente todas las actividades, de un programa de fumigación determinado con anterioridad.
- b) Efectuar un análisis de cada temporada y elaborar un informe, con las sugerencias y observaciones que se estimen necesarias para mejorar y hacer más efectivo el Programa de Fumigación en Chile.
- c) Realizar un organigrama para el programa de fumigación.
- d) Proporcionar la dotación suficiente de supervisores e inspectores, para asegurar la ejecución del programa en forma eficiente.
- e) Entrenamiento, capacitación y evaluación para las personas que trabajen en los tratamientos.
- f) Preparar un manual para el programa en Chile.

En general para poder ser inspector o supervisor, deben ser profesionales que trabajen en esta área (Anónimo, 1988).

**3.12.3.1 Tipos de fumigantes y sus usos.** Existen varias posibilidades de fumigantes o mezclas de fumigantes que pueden utilizarse para fumigar bienes de consumo almacenados. Muchos de los antiguos fumigantes ya no están disponibles debido a que se ha demostrado que son cancerígenos o a que han sido sustituidos por otros compuestos. Como resultado de estos cambios, muchos de los antiguos métodos de fumigación están siendo investigados, como el uso de temperaturas extremas o de gases inertes (Sullivan, 1997).

El primer paso en una fumigación, es saber que insecto es el causante de la infestación. Este conocimiento es de gran beneficio para garantizar la elección del fumigante adecuado, la correcta dosificación y que la fumigación sea conducida durante un intervalo de tiempo suficiente, para asegurar la mortalidad de los insectos en todas sus etapas (Sullivan, 1997).

Los fumigantes se diferencian en sus propiedades químicas y físicas, en sus usos, en su toxicidad y en sus métodos de aplicación. Existen dos componentes químicos, que son los más usados en el mundo, para proteger a los productos almacenados de la pérdida por infestación de insectos. Estos dos componentes químicos son fosfuro de hidrógeno (fosfeno) y bromuro de metilo. Para usar uno de estos componentes químicos en la forma apropiada, es necesario para el fumigador conocer sus propiedades, sus ventajas y desventajas, los bienes de consumo que van a ser fumigados, la temperatura, la humedad relativa y muchos otros factores, para que de este modo la fumigación sea un éxito (Sullivan, 1997).

En relación a los gases inertes como: dióxido de carbono, nitrógeno, argón o gases de escape producidos por la incineración de propano u otro combustible, se conoce que poseen muchas desventajas, como el costo del generador, el nivel que es necesario mantener en la estructura que se va a fumigar, el tiempo de la fumigación y la rigidez de los requisitos de temperatura. Se requiere de entregas diarias en estructuras grandes, cuando se trabaja con dióxido de

carbono. Generalmente, los gases de escape deben ser pasados por un lavador de gases, para que no contaminen los bienes de consumo fumigados (Sullivan, 1997).

**3.12.3.2 Fosfuro de hidrógeno.** Este gas se produce por la reacción de humedad y fosfuro de metal. Para el proceso de fumigación, el fosfuro de metal que se utiliza es fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio. El fosfuro de hidrógeno en forma pura es inodoro y en ocasiones tiene olor a ajo, que es atribuido a una impureza producida por la reacción de la humedad con un fosfuro de metal. La solubilidad del fosfuro de hidrógeno en agua, es muy poca. Tiene un componente químico muy tóxico, pero es un material tóxico agudo y no causa efectos acumulativos (Sullivan, 1997).

La resistencia de los insectos puede transformarse en un serio problema, ya que existen informes que lo aseguran. En muchos casos es sólo una mayor tolerancia, y los insectos pueden ser controlados, generalmente incrementando la dosificación y extendiendo el período de fumigación. Luego de la aplicación del fosfuro de hidrógeno, se ventila el lugar donde se realizó la fumigación para asegurar que el material tratado no quede con residuos del producto químico (Sullivan, 1997).

La utilización del fosfuro de hidrógeno es para fumigar: bienes agrícolas de consumo crudos, alimento animal e ingredientes para alimentos, comida procesada, bienes de consumo no comestibles como algodón, lana, otras fibras e indumentaria, pelo, paja, productos de cuero, piel de

animal, piel para abrigo, neumáticos (caucho), plantas secas, varias semillas (pasto, flores y vegetales), madera, productos de madera, papel y productos de papel. Sin embargo, para el caso de la madera es importante destacar, que si ésta es apilada y entra en contacto con agua, el fosfuro de hidrógeno se genera muy rápido provocando, que la madera se caliente rápidamente y se convierta en una fuente de ignición de elevado peligro. Por esta razón, el tratamiento de fumigación con fosfuro de hidrógeno no es recomendado para la madera, teniendo como alternativa el bromuro de metilo (Sullivan, 1997).

**3.12.3.3 Bromuro de metilo.** El bromuro de metilo es inodoro, y para algunos casos se agrega cloropicrina como agente de advertencia. Es muy poco soluble en agua. Su gravedad específica es de 3,27 que lo hace mucho más pesado que el aire. Por esto, cuando se utiliza deben usarse ventiladores para hacer circular la mezcla de gas y aire, con el fin de obtener una buena distribución dentro de la estructura que va a ser fumigada. Si el bromuro de metilo se aplica en un almacén vertical, en 10 minutos debe haber un cambio de aire total, para prevenir la absorción del gas por los bienes de consumo. Esto es enteramente diferente a la recirculación con fosfuro de hidrógeno, donde el cambio de aire se completa en 16 a 20 horas (Sullivan, 1997).

El bromuro de metilo es inflamable en un rango de 10% a 16% en el aire. Es un componente químico altamente tóxico, pues es un veneno crónico, que a cada exposición da como resultado daños acumulativos, es decir, cualquier efecto

que ocurra en el cuerpo como resultado de una exposición al bromuro de metilo es permanente y no reversible. Hay que tener cuidado en el manejo de este gas, ya que puede ser absorbido a través de la piel y producir quemaduras graves (Sullivan, 1997).

Los síntomas iniciales que presenta un individuo, después de haber estado expuesto al bromuro de metilo son: mareos, dolores de cabeza, náuseas, vómitos, debilidad y colapsos. Puede ocurrir un edema pulmonar (fluído en los pulmones), acompañado de irregularidades cardíacas. En ocasiones, exposiciones repetidas pueden dar como resultado una visión borrosa, andar tambaleante, desequilibrio mental, etc. En el caso de dosis suficientemente altas basta solo una exposición para observar convulsiones y coma que puede durar varias semanas. Este pesticida es también tóxico para la vida salvaje, por lo que se debe tener cuidado de no contaminar los suministros de agua, ríos y lagos (Sullivan, 1997).

El bromuro de metilo puede ser fitotóxico para algunas plantas, pero comúnmente es usado como fumigante para maderas, plantas, frutas y vegetales. Usualmente, deja un residuo después de la ventilación. Múltiples fumigaciones con bromuro de metilo, presentarán la permanencia de residuos acumulados en los bienes de consumo. Por esta razón, se sugiere un tiempo de ventilación, de aproximadamente 24 horas, y así asegurar que no quedarán residuos después de la aplicación (Sullivan, 1997).

El bromuro de metilo se utiliza para fumigar semillas, algunas plantas que estén creciendo, mercadería de criaderos, fruta fresca y seca, vegetales, cereales y comida molida, nueces, productos lácteos, madera, pescado deshidratado y artículos no comestibles, etc. Puede ser usado como fumigante debajo de lienzos alquitranados y dentro de bodegas, vagones de ferrocarriles, bóvedas, almacenes verticales, almacenes horizontales y barcos (Sullivan, 1997).

El bromuro de metilo, es el único gas capaz de provocar la muerte a la larva de S. noctilio en una fumigación, de allí la importancia que posee para los norteamericanos su utilización y sus exigencias al momento de importar madera en los diferentes mercados (Eldridge y Taylor, 1989 citados por Ipinza y Molina, 1991).

#### **3.12.3.3.1 Fumigación de recintos con bromuro de metilo.**

a) fumigación bajo carpa o cobertores: la fumigación con bromuro de metilo bajo carpa o cobertores, requiere de una preparación previa de las mercaderías de madera, que consiste en dejar pasillos en el interior del lote (madera) y en la parte superior espacios libres para la colocación de bandejas evaporadoras de bromuro de metilo. Se instalan en los pasillos uno o dos ventiladores, que ayudarán a la homogeneización del producto. Una vez preparado el lote (madera) y previo a la instalación de la cubierta, se revisa y chequea que los elementos adicionales para la dosificación estén firmes y seguros, que los ventiladores tengan energía y su funcionamiento sea óptimo.

Además se chequean los elementos de seguridad personal, tales como: máscaras, filtros, equipos de detección de fugas y se instruye al equipo, acerca del modo de operar en caso de accidente. Luego de confirmar lo anterior, se procede con la dosificación del bromuro de metilo. Durante la dosificación, se debe tener especial cuidado de chequear alrededor del lote, para detectar fugas o desprendimientos de sellos. Se deben colocar los suficientes prensa carpas, para que soporten el uso del ventilador y no se levante la carpa (Díaz, 1997).

La ventilación se inicia una vez terminada la dosificación, la que tiene una duración de 24 horas aproximadamente. Todo el personal debe tener puestas sus máscaras con filtro de bromuro de metilo. Se retiran los prensa carpa de un costado y el personal se retira por un tiempo. Usando lámparas de haluro se detecta que ha disminuido la concentración de gas en el ambiente, se procede entonces a retirar el resto de la carpa. Solamente una vez comprobada la no existencia de gas en el lugar de la fumigación y recintos aledaños, se permitirá el ingreso de personas (Díaz, 1997).

b) fumigación de contenedores: la fumigación en contenedores con bromuro de metilo es muy sencilla y es la más utilizada en el mercado, sin embargo éstos tienen características según el tipo de carga que transportan, por lo tanto se pueden clasificar en :

- Contenedor frigorífico térmico de 40 pies.
- Contenedor frigorífico de 40 pies.

- Contenedor ventilado de 20 pies.
- Contenedor destapado de 20 pies.
- Contenedor costado abierto de 20 pies.

En cada contenedor se revisan y se sellan sus ventilaciones, en el caso de los contenedores abiertos se recurre al uso de una carpa. Las posibles filtraciones del contenedor se detectan con una lámpara de haluro, que cambia de azul normal a verde, cuando existe escape del gas bromuro de metilo (Díaz, 1997).

En contenedor se fumiga con fosfuro de hidrógeno y bromuro de metilo, dependiendo de las exigencias del exportador y del tipo de producto, sin embargo se prefiere el bromuro por la efectividad de su tratamiento y además porque con la madera no resulta explosivo a pesar de la toxicidad que presenta para los seres humanos. La correcta aplicación del bromuro de metilo, es dosificar hacia una bandeja evaporadora o dosificar utilizando un pequeño evaporador, que se conecta a una cañería de distribución previamente instalada antes de la dosificación. La ventilación se hace con el equipo de seguridad puesto, alejando del lugar a todos los extraños. En primer lugar se abren las puertas del contenedor y se retira todo el personal, posteriormente se retiran los residuos del fumigante (Díaz, 1997).

En Chile, el valor del tratamiento de fumigación con bromuro de metilo realizado en contenedores, se consultó a profesionales que realizan este tipo de trabajo, obteniendo valores de 2 US\$/m<sup>3</sup>, 3 US\$/m<sup>3</sup> y 4 US\$/m<sup>3</sup>, estimando un valor

promedio de 3 US\$/m<sup>3</sup> de volumen. El valor a cobrar por este tratamiento se realiza en base al volumen que tiene el contenedor y no al volumen de madera a fumigar que se encuentra en su interior.

**3.12.3.4 Tratamiento T-404 con bromuro de metilo.** Los efectos ambientales que provoca el uso del bromuro de metilo, se han sometido a revisión por agencias internacionales federales y estatales, para clausurar su utilización debido a la toxicidad de sus efectos. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, ha evaluado datos acerca del agotamiento potencial del ozono por el uso de bromuro de metilo, entregando como resultados la proposición de reglas que normen su utilización. Existen diversas normas que rigen el control de las concentraciones en las fumigaciones. En la actualidad Estados Unidos exige la norma T404 en las fumigaciones con bromuro de metilo, sólo de esta manera autoriza el ingreso a su territorio, de maderas o rollizos de P. radiata provenientes del extranjero (USDA., 1994).

El proceso de fumigación depende de varios factores, la temperatura juega un rol importante, ya que en países donde la temperatura fluctúa entre 18°C a 21°C, la concentración de bromuro de metilo será de 48g/m<sup>3</sup>. Generalmente, estas temperaturas se presentan en países del trópico, y en el caso de Chile se presenta en la I y II región (USDA., 1994).

Si el rango de variación de la temperatura es entre 4,5°C y 20°C, se aplica una concentración del bromuro de metilo de 80 g/m<sup>3</sup>. En Chile estas variaciones de temperaturas se dan a lo largo de casi todo el país, por lo tanto es recomendable su utilización (USDA., 1994).

**3.12.3.5 Implicancias de los tratamientos de fumigación en los costos de producción.** Las implicancias que tendría el eventual ingreso de S. noctilio a Chile, se basa especialmente en la alteración en los costos de producción y precios de venta final que tendrían los productos forestales seleccionados, como consecuencia de la aplicación de tratamientos de fumigación.

A continuación se presenta una tabla, donde se explica el aumento que tienen los costos de producción de los productos seleccionados, debido a la aplicación de un tratamiento de fumigación con bromuro de metilo a 3 US\$/m<sup>3</sup>, realizado en un contenedor cerrado.

TABLA 3. Costos de producción, costos de tratamiento de fumigación y precio de venta final, de los productos seleccionados como potenciales portadores de S. noctilio si ocurre su eventual ingreso a Chile

<b>PRODUCTOS FORESTALES</b>	<b>C P.</b>	<b>C P. + T F.</b>	<b>P V F.</b>
Tapas	618,030	621,030	952,660
Cajones	494,160	497,160	762,643
Puertas	364,290	367,290	563,423
Madera cepillada	334,390	337,390	517,556
Madera aserrada tablones	258,103	261,103	400,532
Piezas para la constr.	139,500	142,500	218,595
Trozos para aserrar	97,000	100,000	153,400
Casas prefabricadas	78,640	81,640	125,236
Pallets	56,113	59,113	90,679
Trozos para pulpa	52,000	55,000	84,370
Madera aserrada basas	37,032	40,032	61,409

(Fuente: Datos obtenidos por el autor, en el comercio de Concepción).

C P.= costo de producción (US\$/m<sup>3</sup>)

T F.= tratamiento fumigación con bromuro de metilo con un costo de 3 US\$/m<sup>3</sup>. (Fuente: Otero, L. 1997, Ing. Agrónomo).

P V F.= precio de venta final al momento de exportar los productos (US\$/m<sup>3</sup>) obtenido del costo de producción más el tratamiento de fumigación por la utilidad de un 30% y por el impuesto al valor agregado (I.V.A.=18%).

De acuerdo a esta información se observa que los costos de producción, incrementan al agregar el costo de tratamiento de fumigación, modificando el valor de venta final de los productos seleccionados.

De la tabla se obtiene que: madera aserrada tablones, trozos para aserrar y trozos para pulpa, muestran costos de producción bajos en comparación con los otros productos seleccionados, esto en general se presenta como consecuencia del menor valor agregado que requieren para su

exportación. Además, es muy importante desde un punto de vista económico, ya que si se requiere de tratamientos de fumigación, Chile como país exportador debería hacer todo lo necesario para realizarlos, con motivo de no perder los mercados de exportación que tiene.

Cabe destacar, que los productos con mayor costo de producción, no son los principales productos exportables, es por esta razón que estos productos no influirían mayormente en las exportaciones, a menos que sus volúmenes fueran significativos.

Para ejemplificar el incremento que experimentarían los valores finales de exportación, si ocurre el eventual ingreso de S. noctilio a Chile, se realiza un análisis en base al año 1996, esta información se muestra a través de la siguiente tabla, en donde se presenta:

- El volumen y valor de exportación de cada producto seleccionado.
- El valor de lo que implica la aplicación del tratamiento de fumigación con bromuro de metilo, en relación a la cantidad de m<sup>3</sup> exportados durante ese año expresado en US\$.
- El nuevo valor de exportación, que comprende el valor anual de exportación de cada producto, sumado con el costo del tratamiento de fumigación.
- La variación (expresada en porcentaje) que implica la aplicación de tratamientos de fumigación, en términos de valores de exportación.

TABLA 4. Volúmenes de exportación, valores de exportación, valores de tratamiento, valor final y porcentaje de variación de los productos seleccionados para el año 1996.

PRODUCTOS	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	VALOR (US\$)	VALOR TRAT. (US\$)	VALOR FINAL Trat.+ Valor (US\$)	VARIACION (%)
Trozos para aserrar	1.391.178	90.085.300	4.173.534	94.258.834	4,63
Madera aserrada tablones	966.490	162.452.500	2.899.470	165.351.970	1,78
Trozos para pulpa	131.747	6.792.700	395.241	7.187.941	5,82
Madera aserrada basas	76.761	10.558.200	230.283	10.788.483	2,18
Madera cepillada	47.094	19.488.900	141.282	19.630.182	0,72
Tapas	18.312	1.506.200	54.936	1.561.136	3,65
Pallets	14.379	4.203.400	43.137	4.246.537	1,03
Puertas	7.743	7.023.000	23.229	7.046.229	0,33
Cajones	1.719	510.500	5.157	515.657	1,01
Piezas para la construcc.	157	319.300	471	319.771	0,15
Casas prefabricadas	133	216.700	399	217.099	0,18

(Fuente: Para volumen y valor, INFOR 1996).

Obs: El valor del tratamiento se obtuvo, al multiplicar el costo del tratamiento de fumigación (3 US\$/m<sup>3</sup>) por el volumen de cada producto en el año 1996.

La máxima variación con el uso del tratamiento de fumigación, se observa en los trozos para pulpa, luego en los trozos para aserrar (que coincide con el mayor volumen de exportación) y a continuación las tapas, que no representan un volumen de exportación significativo. Lo que preocupa de esto, es el alto porcentaje en que aumenta el valor de exportación de los trozos para aserrar, debido a que representan los mayores volúmenes exportados, sobre los cuales el riesgo de ser potenciales portadores de S. noctilio si ocurre su eventual ingreso a Chile, es alto. Bajo esta situación, Chile se verá obligado a modificar el valor de venta final de los productos exportados, teniendo que ceñirse a los valores que impone el mercado.

Sin duda el costo de fumigación traería consigo costos anexos, como por ejemplo habilitación de recintos para realizar el tratamiento y capacitación de personal. Por lo tanto, la factibilidad de realizar el tratamiento de fumigación en Chile con bromuro de metilo, para grandes volúmenes de productos, solo será posible si los retornos que se obtienen por ellos son mayores, de tal manera de no tener pérdidas y así justificar el incurrir en costos de fumigación.

### **3.13 Detección y control Sirex noctilio**

Una de las principales vías para la diseminación a nivel mundial de plagas de la madera, la constituyen los embalajes de madera. Estos embalajes son utilizados para el transporte y la acomodación, de gran parte de las mercaderías que circulan a través del comercio internacional. En general, los embalajes son elaborados a partir de madera de baja calidad, maderas de desecho y de restos de aserrío, tales como tapas y cantos, constituyendo de este modo un eficaz vehículo de diseminación de las plagas. Además, los embalajes no son sometidos a procedimientos de inspección y de certificación fitosanitaria, aumentando el riesgo de portar plagas. Otra posible vía para la diseminación corresponde a las maderas de importación, tales como maderas en trozas y aserradas. Sin embargo, presentan un riesgo inferior a los embalajes de madera de portar plagas, debido a que éstas son sometidas a procedimientos de inspección y de certificación fitosanitaria en su país de origen (Beéche, 1993).

Sirex noctilio, corresponde a una plaga que tiene posibilidades de ingreso a Chile a través de los embalajes de madera y las maderas de importación de coníferas, las cuales pueden portar distintos estados de desarrollo del insecto (Beéche, 1993).

Debido a la gran importancia económica que esta plaga representa, una vez que se establece en un lugar determinado, se han desarrollado distintas alternativas de control, donde todas buscan un mismo objetivo, que es la regulación de la población del insecto, de tal manera de disminuir los daños económicos que provoca (Baldini e Iede, 1993).

Para lograr este objetivo se aplican métodos de control como:

**3.13.1 Método de exclusión.** El cual está destinado a excluir e impedir la introducción de agentes patógenos a un área determinada. Para este caso el agente patógeno es S. noctilio y el área a excluir es Chile. La estrategia de acción en Chile, se basa en una estructura de severas cuarentenas e investigaciones del agente biótico exótico.

La exclusión consiste en restringir el movimiento del material que probablemente pueda transportar al insecto, para esto existe una normativa que lleva a cabo el SAG, y que se refiere a aspectos cuarentenarios que se explican a continuación.

- Regulaciones cuarentenarias (aspectos legales):

1) Maderas de importación: la legislación sanitaria vegetal chilena, establece entre otros requisitos generales, que las maderas de coníferas que ingresan al país, deben proceder de países y lugares libres de S. noctilio (SAG, 1991).

2) Embalajes de madera de importación: los embalajes de madera que ingresan a Chile, deben estar completamente libres de corteza, insectos y de galerías provocadas por insectos (SAG, 1991).

3) Dar aviso a la oficina del SAG, cuando se descubran insectos o daños en la madera de importación.

4) Solicitar la fumigación de los embalajes de madera en el país de origen, con productos formulados para este propósito o usar madera secada al horno.

- Procedimientos generales de inspección:

El Sistema Cuarentenario Vegetal chileno, establece la inspección fitosanitaria de las maderas de internación y de los embalajes de madera de importación, en las barreras fitosanitarias, en los puertos marítimos, terrestres y aéreos habilitados del país. En términos generales la inspección fitosanitaria de estas maderas, se realiza en forma ocular. De detectarse la presencia de insectos, galerías y/o corteza, se procede a la fumigación, destrucción, cuarentena o reexportación de las maderas (Beéche, 1993).

La totalidad de las maderas con problemas fitosanitarios, son sometidas a análisis de laboratorio, con el propósito

de identificar los posibles insectos o agentes fitopatógenos presentes en dichas maderas, y de esta forma conocer la presión de ingreso de plagas de la madera al país" (Beéche 1993).

**3.13.2 Método de erradicación.** El cual está destinado a liberar a un área o a un huésped determinado, de agentes patógenos. En este caso el agente patógeno es S. noctilio y el área a liberar es Chile. La estrategia de acción, se realiza mediante la corta, quema o destrucción del material infestado y en base a actividades de detección precoz.

Para la detección precoz del insecto, existe un componente importante que es la utilización de los denominados árboles trampa o cebos, que consiste en la atracción de la avispa taladradora de la madera en forma artificial hacia los árboles, preparando a éstos de la siguiente manera: se realiza una poda alta y un anillado de 5 cm de ancho a unos 4 m de altura (Lavanderos, 1987) bajo las ramas remanentes del árbol, con el fin de debilitar el árbol y poder de esta forma atraer la oviposición de las hembras de S. noctilio. Luego de 10 a 12 días después de la intervención, esta condición predispone al árbol para ser atacado por el insecto (Ipinza y Molina, 1991).

El árbol cebo retiene la capacidad de atraer a las hembras de S. noctilio por períodos variables, pero significativamente más largos que árboles similares sin anillamiento, debido a que el anillamiento obstaculiza el movimiento continuo de nutrientes en el árbol, provocando

así la condición de estrés necesaria para que las hembras del sirícido ataquen (Ipinza y Molina, 1991).

Por otro lado, se han obtenido resultados similares a los anteriores inyectando árboles con soluciones de herbicidas, generando de esta manera otra alternativa de preparar un árbol trampa o cebo. En Victoria (Australia), donde se probaban herbicidas para raleo químico no comercial de P. radiata, mediante inyecciones a la base del tronco, se encontró que los árboles tratados con el herbicida Banvel podían atraer gran cantidad de avispas taladradoras de la madera, aunque la población de ellas fuera baja. Este hecho sólo corroboró el principio del árbol cebo descubierto hace muchas décadas (Ipinza y Molina, 1991). El tratamiento con el herbicida de nombre comercial Banvel cuyo ingrediente activo es dicamba, consiste en la inyección de este herbicida (ácido 2 metoxi- 3,6-diclorobenzoico) en la base del árbol en el exterior de la albura, a través de incisiones de la corteza hacia la zona cambial, realizadas con un barreno que perfora 3 a 5 mm del xilema; en estas incisiones se aplica una dosis de 2,0 cc del producto por cada 10 cm de diámetro. Especialmente se tratarán los árboles jóvenes, de edad intermedia, con un DAP promedio de 10 a 20 cm, de posición social intermedio o suprimido y ubicados cerca de los bordes de los rodales, provocándoles de esta forma una muerte progresiva. De tal manera de crear una condición que predispone al árbol para ser atacado por S. noctilio. Este herbicida se aplica durante la primavera (Beéche, 1993).

La circulación del herbicida se efectúa tanto por el floema como por el xilema, considerándose éste como de alta movilidad dentro de la planta. Como ocurre con la mayoría de los herbicidas, el mecanismo de acción exacto aún es desconocido, los compuestos clorobenzoicos tienen la característica de modificar el transporte del ácido indolacético. Los primeros síntomas visibles en los árboles sensibles tratados con Banvel, son la destrucción del cambium y parénquima vecino tanto en los nudos como por encima de los mismos. Luego de una serie de trastornos causados por los ácidos benzoicos, que influyen sobre las actividades de crecimiento, aparecen las condiciones favorables para el ataque de S. noctilio sobre el árbol y así en corto tiempo la muerte de éste (Carvalho et al., 1993).

**3.13.2.1 Programa de detección precoz.** Dentro de las actividades de prevención de ingreso, en Chile existe un programa nacional de detección precoz de S. noctilio. Este programa tiene como objetivo central, detectar en forma temprana y rápida la presencia de la avispa taladradora de la madera en Chile, ante la eventualidad que la plaga se introduzca accidentalmente al país, y emprender las acciones de control que correspondan en forma oportuna. La estrategia de esta actividad, ha sido realizada a través de la instalación de parcelas de detección precoz de S. noctilio, constituidas por árboles cebo. Estos árboles se han seleccionados en áreas consideradas de mayor riesgo de ingreso de la plaga, en especial aquellas cercanas a los puertos habilitados para el ingreso de mercaderías del

extranjero, sitios de almacenamiento de mercaderías de importación, depósitos de embalajes u otros (Beéche, 1993).

La ejecución del programa de detección precoz en Chile, ha sido a través de la coordinación del SAG y la participación de empresas forestales chilenas y CONAF.

La instalación de las parcelas de detección precoz de S. noctilio, se realiza en rodales de P. radiata, seleccionando árboles con un DAP promedio de 10 a 20 cm, a los cuales se les aplica un tratamiento con el herbicida Banvel o se les hace un anillado en el fuste, para lograr su debilitamiento y así provocar la susceptibilidad necesaria para que ataque S. noctilio. Es necesario que se visiten las parcelas en forma periódica, para registrar la presencia o ausencia de S. noctilio en ellas y la localidad en que se encontró (Beéche, 1993).

El trabajo coordinado a través de los métodos de exclusión y erradicación, realizado en forma oportuna por SAG y CONAF, darían como resultado una disminución del daño directo en las plantaciones de P. radiata en Chile, al ocurrir el ingreso potencial del insecto.

**3.13.3 Método de protección.** Este método, incluye todas aquellas medidas que operan cuando un agente patógeno, en este caso S. noctilio, no puede ser excluido ni erradicado de un área determinada. La protección se realiza a través de los siguientes controles:

**3.13.3.1 Control silvicultural.** En la medida en que a un bosque se le entreguen las condiciones óptimas para su desarrollo, éste no presentará deficiencias en su crecimiento que lo predispongan por su debilidad al ataque de plagas. La planificación del cultivo forestal tiene que considerar como premisa la mantención del vigor del bosque, condicionando de esa forma la resistencia natural a las plagas (Cogollor, 1988).

Con respecto a las medidas silviculturales, éstas están orientadas hacia el manejo de la sanidad del rodal y hacia el manejo de la reforestación o forestación de superficies. En este último caso se refiere a la ejecución oportuna de podas y raleos, a fin de reducir la competencia entre los árboles y estimular un crecimiento vigoroso. Es importante considerar la época del año en que se ejecutan los raleos y las podas, la cual no debería coincidir con el período de vuelo de S. noctilio, pues se podría instalar en árboles volteados o árboles debilitados en el caso de podas altas (Lavanderos, 1987).

Las podas, raleos y/o cortas parciales son tratamientos que ayudan a incrementar el vigor del rodal, para mejorar su resistencia a los ataques de S. noctilio, esto sólo sucede si se desarrollan dentro de un período determinado (Espinoza et al., 1986). En el caso de la avispa taladradora de la madera, experimentos realizados en Nueva Zelanda, confirman que la avispa puede atacar y matar a los árboles cuando estos son podados en los meses de verano. El ensayo indica que un 39 a 60% de los individuos

podados entre septiembre y febrero fueron atacados por la avispa, y los individuos testigos sin podar fueron atacados en un 28% solamente (Zondag, 1964 y Coutts, 1965 citados por Ipinza y Molina, 1991). En el caso de los raleos Espinoza et al. (1986), recomiendan que las intervenciones se hagan en forma sistemática y selectiva extrayendo hileras completas de la plantación y también los individuos menos desarrollados, por último la faena se termina con la eliminación total de los residuos.

Neumann et al., (1987) afirman que la prevención de una epidemia como lo es S. noctilio se basa principalmente en las siguientes medidas:

- a) Eliminación de árboles suprimidos o enfermos.
- b) Eliminación de actividades como podas y actividades no comerciales en períodos de vuelo del insecto (mayo a noviembre).
- c) No plantar árboles en terrenos con pendiente.
- d) Minimizar daños a árboles por fuego y tratamientos silviculturales.
- e) Eliminación de árboles dañados por elementos naturales como viento, granizo, rayos o nieve.

Más tarde a estas medidas se agrega lo siguiente: Raleo en forma selectiva para mantener el vigor de los árboles del rodal durante la rotación (Eldridge y Taylor, 1989 citados por Ipinza y Molina, 1991).

**3.13.3.2 Control químico.** El control químico consiste en la aplicación de insecticidas sobre los distintos estados

de desarrollo del insecto, es decir, huevo, larva, pupa y adulto, con el objeto de bajar sus poblaciones, de tal manera que los daños que produzca no sean significativamente importantes en términos económicos.

Los insecticidas de contacto, que se utilizan cubriendo la superficie de la corteza de los árboles, reducen considerablemente la longevidad y fecundidad de hembras, pero no evitan la oviposición ni la supervivencia de la progenie (Ipinza y Molina, 1991).

El uso de insecticidas sistémicos, es una alternativa posible para reducir la supervivencia de la descendencia del insecto. Cuando el producto queda bien distribuido dentro de la madera puede asegurar un contacto efectivo con los primeros estados de desarrollo de la avispa, así como también, la ingestión del producto por parte de la larva cuando se alimenta. El insecticida sistémico se inyecta en forma aislada, en agujeros hechos en el tronco, lo más cerca posible del suelo, desde allí debe dispersarse en todas las direcciones, especialmente hacia arriba, tangencial y radialmente, y trasladarse hasta 25 mm de profundidad en la madera, para alcanzar la zona donde normalmente se depositan los huevos (Ipinza y Molina, 1991).

Considerando que las larvas de S. noctilio tienen al menos una fase en que son micetófagas, la anulación del hongo con aplicaciones de antibióticos o fungicidas pueden ser otra forma de control químico de la avispa (Talbot, 1977).

Sin embargo, se debe considerar que el control químico es un método poco práctico, algo peligroso, involucra altos costos, tiene un efecto temporal y consecuencias colaterales sobre el medio ambiente (Aguilar y Lanfranco, 1990). También hay que considerar que si están presentes los agentes de control natural de S. noctilio, especialmente los insectos parasitoides puede haber un daño sobre ellos, no siendo compatible por lo mismo con el control biológico (Cogollor, 1988).

**3.13.3.3 Control biológico.** Las medidas de control biológico contemplan la introducción de enemigos naturales (sean estos parasitoides o predadores de la avispa taladradora de la madera), desde su lugar de origen y el establecimiento en el lugar de control (Haugen et al., 1990).

Este tipo de control se propone como una solución al problema de S. noctilio, tanto en rodales sobredensos (Neumann y Minko, 1981) como en aquellas plantaciones bien manejadas, las que pueden hacerse susceptibles al ataque de la avispa cuando las condiciones climáticas le son adversas, como ocurre durante los períodos de sequía (Ipinza y Molina, 1991).

El control biológico, incluye la introducción, reproducción y liberación de parasitoides específicos en plantaciones infestadas. De este modo, permitiría disminuir en gran medida las poblaciones de la avispa taladradora de la madera, basado en experiencias en su lugar de origen, donde

enemigos naturales mantienen bajo control la expansión y reproducción del insecto (Neumann et al., 1987; Aguilar y Lanfranco, 1990; Haugen y Underdown, 1990).

Existen diferentes especies de parasitoides que atacan a S. noctilio, entre ellos están los pertenecientes a los siguientes ordenes:

a) Hymenoptera

a.1) Familia: Ichneumonidae

Especie:

Rhyssa persuasoria (Linnaeus)

R. hoferi (Rohwer)

Megarhyssa nortoni nortoni (Cresson)

M. nortoni quebencis (Provancher)

Odontocolon geniculatus (Kreichbaumer)

(Neumann et al., 1987).

Estas especies buscan las larvas de S. noctilio atraídas por el olor del micelio en crecimiento del hongo A. areolatum, en la zona alrededor del punto en que la larva se está alimentando en la madera (Taylor, 1981).

Las especies de esta familia son originarias de climas húmedos y axéricos como el Norte de Europa. En general la forma de actuar de estas especies, consiste en parasitar a S. noctilio en los últimos estadios larvarios y pupales, es decir, en las etapas más avanzadas de su desarrollo; éstas (especies de la familia Ichneumonidae), emergen principalmente en la primavera tardía o a comienzos de

verano, cuando la madera se ha resecado y muchas larvas de S. noctilio están retornando hacia la corteza para pupar (Taylor, 1981).

Todas las hembras de estos parasitoides poseen un largo ovipositor, el que insertan a través de la madera para encontrar la larva del sirícido e inyectarle un veneno, quedando de esta forma paralizada. El huevo del parasitoide se deposita entonces sobre la larva del huésped, y el individuo que emerge de él se alimenta ectoparasitadamente del estado inmaduro de S. noctilio. Como consecuencia de esto, la larva hospedante es destruida en pocas semanas, luego la larva del parásito entra en un estado pre-pupal en las mismas galerías construidas por S. noctilio, donde generalmente hiberna. Sin embargo existe un pequeño número de estos parasitoides que pupan inmediatamente, para emerger a comienzos de verano y atacar a la misma generación de larvas huéspedes de donde emergieron, un ejemplo de esto lo presenta el género Megarhyssa. Sin duda en el actuar de los parasitoides nombrados existe una complementariedad entre ellos. En el caso de O. geniculatum que es un insecto pequeño que emerge en primavera y posee un ovipositor pequeño, también existe una función que desarrolla en complemento, al atacar larvas del huésped que por eclosionar tardíamente se encuentran aún cerca de la superficie y que no han sido parasitadas hasta el momento (Taylor, 1981).

Para varios autores, la importancia que representan estos parasitoides en el control de la avispa de la madera es

distinta, sin embargo, todos concuerdan en que no solamente este tipo de parásitos son los responsables absolutos del control del insecto, sino que se deben dar condiciones climáticas por ejemplo, que inciden en el régimen hídrico y en la condición fisiológica del árbol para regular la población del insecto (Neumann et al., 1987).

a.2) Familia: Ibaliidae

Especie:

- Ibalia leucospoides (Hochenwarth)
  - I. rufipes drewsewi (Borries)
  - I. ensiger (Norton)
- (Neumann et al., 1987).

Estas especies originarias de climas mediterráneos con zonas secas, atacan a S. noctilio antes y después de la eclosión de los huevos pudiendo parasitar en el primer o segundo estadio larval (Ipinza y Molina, 1991). Las hembras adultas ovipositan, a través del orificio dejado por la hembra de S. noctilio en su propia postura, sólo un huevo en el interior del hospedero. Es así un endoparasitoide inicialmente, pero cuando llega a su tercer estadio abandona la larva de S. noctilio y completa su desarrollo comiendo externamente de la misma larva hospedera. Emergen en verano como adultos, pero una pequeña fracción de la población lo hace en otoño, cubriendo así ambos períodos reproductivos de su hospedero (Spradbery y Kirk, 1978; Neumann y Minko, 1981; Aguilar y Lanfranco, 1990).

Ibalia leucospoides emerge más o menos en el mismo período que su huésped, de manera que sólo puede atacar a S. noctilio cuando los huevos eclosionan pocas semanas después de la oviposición, es decir, en árboles que presentan un alto estrés dado por las condiciones ambientales que se presenten en una localidad determinada (Madden 1974, citado por Taylor, 1981). Por otro lado I. ensiger emerge un poco más tarde en el verano y por lo tanto mejora la eficiencia del control. La especie I. rufipes drewseni emerge en primavera, de modo que sólo puede atacar a S. noctilio cuando la eclosión de los huevos está retrasada (Taylor, 1981).

La acción de estas avispa parasitoides es sinérgica, pues más que competir por las larvas de S. noctilio se complementan entre si.

a.3) Familia: Stephanidae

Especie:

- Schlettererius cinctipes (Cresson)

La emergencia de esta especie es tarde en la estación, generalmente después de la culminación de las emergencias de las otras especies parasitoides nombradas (Taylor, 1976 citado por Taylor, 1981). Los huevos son puestos externamente en la larva de S. noctilio, la cual es inmovilizada por el parasitoide previo a la postura. La pupación ocurre en el sector de la albura y los orificios de emergencia se caracterizan por ser ásperos, distinto de otros parasitoides y de S. noctilio (Neumann et al., 1987).

b) Nemátodos

b.1) Familia: Neotylenchidae

Especie:

- Beddingia siricidicola (Bedding)

En el año 1962 en Nueva Zelandia, se descubrió que S. noctilio era parasitado por un nemátodo denominado B. siricidicola, que provocaba que la hembra huésped pusiera huevos infértiles (Zondag, 1962 citado por Neumann et al., 1987).

Esta especie de nemátodo se caracteriza por su extraordinario dimorfismo, ya que tiene dos ciclos de vida, cada uno de los cuales puede continuar indefinidamente por separado, sin pasar necesariamente de uno a otro (Aguilar y Lanfranco, 1990). Los ciclos de desarrollo son:

1) Ciclo micófago: este ciclo es de vida libre, con hembras ovíparas y con alimentación micetófaga sobre el hongo simbiótico de S. noctilio llamado A. areolatum (Talbot, 1977; Taylor, 1981; Ipinza y Molina, 1991).

El ciclo micófago tiene lugar en la madera de pinos muertos o en decadencia. Los adultos tanto machos y hembras poseen la forma clásica de gusanos, los más jóvenes son bastantes activos en agua corriente y están frecuentemente torcidos dentro de los nudos de la madera. La hembra tiene 2,0 mm de largo y el macho aproximadamente 1,5 mm. El apareamiento sucede unos cinco días después de la última muda, y tanto machos como hembras pueden aparearse más de una vez. Aquí los machos producen espermatozoides en forma de ameba con

una longitud de 10 a 12 micras. Luego de terminada la cópula las hembras comienzan a poner los huevos. Una hembra puede poner más de 1000 huevos a lo largo de su vida. En el caso de hembras viejas, período en el cual ya no son capaces de realizar la puesta de huevos, existen algunas que guardan en su interior huevos que eclosionan al momento de morir la hembra (Taylor, 1981; Neumann et al., 1987).

Beddingia siricidicola en este ciclo, se alimenta, reproduce y propaga en cualquier sitio donde se encuentre A. areolatum dentro de la madera, con la condición de que la humedad interna del árbol sea inferior al 50%. Cuando el micelio del hongo se deteriora, en especial cerca de la larva de S. noctilio, B. siricidicola queda predispuesto a pasar al ciclo parasítico (Bedding 1968 y 1972, Zondag, 1975 citados por Aguilar y Lanfranco, 1990; Taylor, 1981; Neumann et al., 1987).

2) Ciclo parasítico: este ciclo presenta hembras ovíparas, que se reproducen en el hemocele de S. noctilio alimentándose de su hemolinfa. Las hembras tienen una longitud de 1,34 mm aproximadamente. La copulación tiene lugar en el interior de la madera, en este lugar ocurre la penetración de las hembras infectivas fecundadas de B. siricidicola, sobre la cavidad corporal de la larva de S. noctilio, esto puede ser realizado en cualquier punto a lo largo de la larva, pero generalmente se concentra en la parte posterior o lateral de los bordes de los segmentos. De esta forma los puntos de penetración quedan marcados

como puntos negros melanizados (Nutall, 1980; Neumann et al., 1987).

En el momento en que B. siricidicola entra en el cuerpo de la larva del sirícido, ésta comienza a experimentar una serie de cambios o muda, aunque sea una hembra adulta y ya esté fecundada, por ejemplo: ensanchamiento de su cuerpo, alcanzando un grosor tres veces mayor al que presentaba antes de la invasión al sirícido. La cutícula se rompe y le permite de esta manera aumentar de tamaño. La superficie externa de la hipodermis desarrolla estructuras de vellos microscópicos denominados microvellos, esto con la finalidad de facilitar la absorción directa de nutrientes a través de la superficie del cuerpo. Luego, las hembras crecen bastante rápido alcanzando entre 3 y 25 mm de largo. No existe ningún cambio en el sistema reproductor de la larva huésped, hasta que ésta comience su período de pupación, el que puede suceder hasta 2 años después que la larva de B. siricidicola se encuentre presente en ella, motivo por el cual se supone que las hormonas que existen en la hemolinfa del sirícido, regulan el desarrollo del nemátodo (Neumann et al., 1987).

Cuando se desarrolla la pupación, las gónadas de la invasora crecen enormemente y cada hembra es capaz de producir entre 500 y 2000 huevos. Al término del período de pupación del sirícido, el nemátodo madre está repleto de larvas, las que se dirigen hacia el líquido hemocélico del sirícido (Lavanderos, 1988). Al llegar a la hemocele, las larvas de B. siricidicola emigran hacia los órganos

reproductivos de S. noctilio. En las hembras adultas del sirícido, los nemátodos juveniles invaden ovarios, oviductos y huevos provocando esterilidad y afectando la viabilidad de los huevos. En los machos adultos de S. noctilio se produce una hipertrofia testicular, la que no impide la capacidad reproductiva de ellos, debido a que la producción de espermios de los machos y su traslado hacia las vesículas seminales, ocurre antes de que el nemátodo invada los órganos reproductivos y no son transferidos a la hembra durante la copulación. Por lo tanto los machos infestados no transmiten los nemátodos durante la cópula y sus espermios son absolutamente normales y viables. El ciclo parasítico en los machos de S. noctilio termina cuando la hembra del sirícido, ovipone los nemátodos que tiene en su interior, y éstos comienzan a alimentarse del hongo A. areolatum (Aguilar y Lanfranco, 1990).

Entonces, sólo a través de las hembras del sirícido, B. siricidicola asegura su continuidad y dispersión, en sincronización con el ciclo biológico de S. noctilio (Bedding 1968 y 1972, Bedding y Akhurst 1978, Zondag 1975 y 1979, citados por Aguilar y Lanfranco, 1990; Taylor, 1981).

En 1970 aproximadamente, en Nueva Zelandia, Australia y Tasmania (lugares donde había S. noctilio), se liberó en forma experimental B. siricidicola dando excelentes resultados como controlador de la avispa taladradora de la madera. Un ejemplo de esto lo constituye Nueva Zelandia, donde alcanzó un 90% de efectividad (Cogollor, 1988). El uso de este nemátodo tiene una serie de ventajas por sobre

el complejo de parasitoides, ya que se les puede criar en condiciones de laboratorio en medios de cultivo corriente con A. areolatum, y el mismo grupo inicial por varios años, lo que constituye un método sencillo, rápido, eficiente y de bajo costo. Sin embargo se deben considerar dos aspectos: en primer lugar la fragilidad del sistema de control, por depender de una sola especie, y en segundo lugar el que los nemátodos provenientes de cultivos de laboratorio van perdiendo gradualmente su poder controlador de una generación a otra. Por ello se sugiere usar un complejo de biocontroladores diversificando el sistema de control y optimizando los resultados (Aguilar y Lanfranco, 1990).

Actualmente se están introduciendo nemátodos de B. siricidicola en Uruguay, Brasil y Argentina con el fin de regular la población de S. noctilio (Cogollor, 1988; Iede et al., 1993).

Los nemátodos se concentran en un gel que puede ser inoculado fácilmente en terreno a razón de 4 a 5 inyecciones de 1 ml que contiene 2500 nemátodos por cada metro de árbol o troza de un diámetro no superior a 15 cm. Se recomienda tener cuidado con el período de inoculación, generalmente se desarrolla en los meses de mayo, junio y julio, sin embargo cabe destacar que el inicio de las inoculaciones debería ser, apenas se confirma la presencia de S. noctilio en un determinado lugar, con el objeto de que todos los nemátodos tengan tiempo suficiente para distribuirse e incrementar en número hasta alcanzar niveles

reguladores, lo que puede tomar años. Se señala como meta un 20% de infestación por B. siricidicola dentro de los tres años que le siguen a la detección de la avispa (Haugen et al., 1990).

Para introducir el nemátodo a un determinado sitio, se utilizan los árboles trampa o árboles cebo, que además de servir para la detección del sirícido, se usan para el monitoreo y control de la especie; serán considerados aquellos árboles que estén atacados por la avispa taladradora de la madera, y además se trabajará con trozas de otras áreas que presenten S. noctilio. Los árboles cebos son tratados en primavera con un herbicida (Banvel al 20%), que lo predispone al ataque del sirícido. La selección de los árboles se hace en zonas de alta susceptibilidad (edad, diámetro, condiciones edafoclimáticas, cercanía de la plaga, frente de avance, etc.), incitando el ataque del insecto y luego se inoculan con el parásito o se liberan los parasitoides. Es aconsejable usar como mínimo cuatro parcelas, de 10 árboles trampa cada una por cada 100 ha, e inocular con el nemátodo cada año hasta que más del 10% de la población de S. noctilio se encuentre infectada. Los árboles deben revisarse durante junio y julio para encontrar signos del ataque (orificios de ovipostura, galerías larvales, manchas en el cambium, flujo de resina), y en abril del año siguiente para encontrar orificios de emergencia (Aguilar y Lanfranco, 1990). En general, la inoculación del nemátodo consiste en la colocación de los ejemplares de B. siricidicola al interior de árboles infestados por la

avispa taladradora de la madera. Se realizan perforaciones en el fuste, dentro de las cuales se vacían suspensiones del nemátodo, el que se ha extraído de ovarios infectados. También a hembras del sirícido se les infecta en el laboratorio y se las condiciona a perder el estímulo a volar, amarrándoles las alas. Posteriormente en terreno se les ubica en árboles infestados para que ovipositen permanentemente, difundiendo así el nemátodo para que generaciones siguientes sean estériles (Cogollor ,1988).



#### IV CONCLUSIONES

Si ocurre el eventual ingreso de S. noctilio a Chile, se tiene que:

- Los lugares con mayor riesgo de ingreso pasivo del insecto a Chile, son principalmente los puertos de la V y VIII región, así como también el aeropuerto internacional Comodoro Arturo Merino Benitez (Pudahuel).

- La zona con mayor riesgo de ingreso activo y dispersión del insecto a Chile, se presenta en la X región (Osorno), donde existen importantes plantaciones de P. radiata, que se encuentran cercanas a plantaciones infestadas por el insecto en Bariloche (Argentina), que son del tipo bosquetes, cortinas y árboles aislados y sólo se encuentran separadas por la Cordillera de los Andes.

- Los productos con mayor valor agregado, no serán los que tienen mayor posibilidad de llevar consigo el insecto en las exportaciones.

- Los productos seleccionados en este estudio como posibles portadores del insecto, fueron los que tienen un menor valor agregado.

- Todos los productos seleccionados en el estudio, son potenciales portadores de S. noctilio, pero los que tienen un mayor volumen de exportación, tendrán la mayor posibilidad de llevar consigo el insecto al ser exportados.

- En 1996, Corea del Sur se destacó por ser el principal país importador de trozos para aserrar, lo que tiene una incidencia notable en los costos de fumigación para Chile si ingresara el insecto, por la gran cantidad de m<sup>3</sup> que se exportaron ese año.

- A través del buen desarrollo silvicultural (prácticas) que existe en este país, el ataque del siricido se vería disminuido por no encontrar ejemplares con las condiciones de estrés suficiente para iniciar la oviposición.

- Desde un punto de vista económico, el daño indirecto que provocaría en las exportaciones forestales, sería significativo y se vería reflejado en el aumento de los costos de producción, por las exigencias de distintos mercados importadores en la utilización de tratamientos de fumigación, para evitar la infestación de sus territorios con el insecto.

- Los tratamientos de fumigación justificarían su utilización, si otorgaran a Chile la posibilidad de continuar exportando sus productos a los mismos mercados y así no producir grandes alteraciones en los ingresos del sector forestal, que se registrarían si estos mercados cerraran sus importaciones frente al ingreso del insecto.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario ejecutar oportunamente los raleos y podas en las plantaciones forestales, especialmente en aquellos sitios donde haya una alta susceptibilidad a que las plantas sufran algún estrés, con el propósito de reducir la competencia entre los árboles y estimular un crecimiento vigoroso.
- Es necesario también considerar la época del año en que se ejecutan los raleos y las podas, fecha que no debería coincidir con el período de vuelo del insecto (verano hasta principio de otoño), porque se podría instalar en árboles volteados o debilitados, en el caso de podas altas.
- Es necesario realizar actividades que ayuden a la detección temprana del insecto, como por ejemplo: el uso de árboles cebo en las parcelas de detección de S. noctilio, ubicadas en las zonas con mayor riesgo de ingreso, todas ellas inmersas dentro del programa de detección precoz que tiene a cargo SAG y CONAF.
- Capacitar a todas las personas ligadas a la fitosanidad forestal y/o que cumplan labores en terreno, además a los profesionales responsables de la vigilancia en barreras y puertos de entrada, como también en pasos fronterizos.
- Los pequeños y medianos propietarios forestales deben proteger su patrimonio enfocado hacia la planificación de plantaciones futuras, respecto de las especies a usar y la

calidad de ellas, evitando sitios marginales. Se recomienda también, el uso de otras especies arbóreas a fin de diversificar el recurso y revertir el riesgo del monocultivo que ocurre con P. radiata.



## V RESUMEN

Chile posee 11.800.000 ha de terrenos forestales potencialmente productivos. De estos terrenos, aproximadamente 2.000.000 ha corresponden a plantaciones de Pinus radiata D. Don altamente productivas y susceptibles a eventuales ataques de Sirex noctilio (avispa taladradora de la madera).

En 1996, el sector forestal chileno exportó 1.807,9 millones de dólares, constituyendo un sector de gran importancia en la economía del país.

Si ocurre el eventual ingreso de la avispa taladradora de la madera a Chile, las exportaciones de productos forestales provenientes de plantaciones de P. radiata, se verán afectadas por las disposiciones cuarentenarias que algunos países tienen sobre el insecto, además de los tratamientos de fumigación, lo que implica un aumento en los costos de producción de los productos y en el peor de los casos, países con tolerancia "cero" al insecto, dejen de ser importadores de los productos forestales chilenos.

El estudio presenta una revisión bibliográfica de los aspectos biológicos del insecto, analizando las implicancias que tendría en la comercialización externa de los productos forestales, el eventual ingreso del insecto a Chile.

## **SUMMARY**

Pinus radiata plantations accounts for 2.000.000 ha of potentially productive Chilean forest land. These plantations are highly productive and susceptible to Sirex noctilio attacks (woodwasp).

In 1996, the forest chilean sector exported 1.807,9 millions dollars, constituting a great importance sector in the economy of the country.

If occurs the eventual entrance of woodwasp to Chile, the exports of forest products derived of Pinus radiata plantations, they will be seen affected for the quarentine dispositions that some countries have above the insect besides of the fumigation treatments, the one which implicates an increase in the cost of the production, and in the worst of the cases, countries wich tolerance "zero" to the insect quit being importers Chileans forest products.

This study present a bibliographical revision of the biological aspects the insect, analyzing the involve that would have in the external commercialization the forest products, the eventual entrance of the insect to Chile.

## VI BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Aguilar, A. M. y Lanfranco, D. M. 1988. "Aspectos biológicos y sintomatológicos de Sirex noctilio: una revisión". Bosque 9(2):87-91.
- 2.- Aguilar, A. M. y Lanfranco, D. M. 1990. "Opciones del control para Sirex noctilio: una revisión (Hymenoptera - Siricidae)". Bosque 11(2):9-16.
- 3.- Artigas, J. 1994. "Familia Siricidae". Entomología económica, insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles a ser introducidos). Ediciones Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 1:843-844.
- 4.- Anónimo. 1988. "Normas de procedimiento para la fumigación conjunta USDA - SAG, de Productos agrícolas al estado seco que se embarquen vía aérea o marítima a U.S.A.". Instructivo de Fumigación N°84. Chile.
- 5.- Anónimo. 1993. "Avispa Barrenadora de los Pinos". Presencia. Chile. 7(28):18-19.
- 6.- Anónimo. 1995. "Insectos de Interés Forestal". Ficha técnica. Yuyraretá 6(6):92p.

- 7.- Baldini, A. e Iede, E. 1993. "Avispa Taladradora de la Madera (Sirex - noctilio)". Protección fitosanitaria forestal. Nota técnica. CONAF, Chile. Año 13 N° 20:7p.
- 8.- Beéche, M. A. 1993. "Regulaciones cuarentenarias y programa nacional de detección precoz de Sirex noctilio (Hymenoptera: Siricidae) implementado en Chile". In: Conferência regional da vespa da madeira, Sirex noctilio, na América do Sul. EMBRAPA, CNP Florestas, FAO-ONU, USDA-Forest Service, FUNCEMA. Colombo. Brasil.
- 9.- Casals, P. 1988. "S. noctilio una plaga potencial de peligro económico". In: Seminario "La avispa de la madera Sirex noctilio y las implicancias de su introducción potencial en Chile". CONAF, Concepción. Chile.
- 10.- Carvalho, A. G.; Iede, E. T.; Oliveira, E. B. 1993. "Seleção de herbicida e definição de época para instalação de árvores - armadilhas em talhões de Pinus taeda atacados por Sirex noctilio F. 1793 (Hymenoptera: Siricidae) na Serra Gaúcha". In: Conferência regional da vespa da madeira, Sirex noctilio, na América do Sul. EMBRAPA, CNP Florestas, FAO-ONU, USDA-Forest Service, FUNCEMA. Colombo. Brasil.

- 11.- Cogollor, G. 1988. "Tipos de control y recomendaciones". In: Seminario "La avispa de la madera Sirex noctilio y las implicancias de su introducción potencial en Chile. CONAF, Concepción. Chile.
- 12.- Díaz, R. 1997. "Técnicas de Fumigación de Recintos y Mercaderías Envasadas". Curso Internacional de Fumigaciones Cuarentenarias. Universidad Sto. Tomás. Escuela de Agronomía. Santiago, Chile.
- 13.- Eldridge, R. y Simpson, J. 1987 "Development of contingency plans for use against exotic pest and diseases of trees timber; 3. Histories of control measures against some introduced pest and diseases of forest and products in Australia" Australian Forestry 50(1):24-36.
- 14.- Elliott, H. J. y Little, D. W. 1983. "Insect pests of trees and timber in Tasmania". Forestry ç Tasmania. Hobart. Tasmania. 90p.
- 15.- Espinoza, H.; Lavanderos, A.; Lobos, C. 1986. "Informe reconocimiento de la plaga Sirex noctilio en las plantaciones de pino de Uruguay y Argentina". Informe a la FAO. Santiago, Chile. 20p.
- 16.- Fao/Iufro. 1965. "Simposio Sobre Algunas Enfermedades e Insectos Forestales". Unasylva 19(3):99-137.

- 17.- Haugen, D. A.; y M. G. Underdown. 1990. "Release of parasitoids for Sirex noctilio control by transporting infested logs", Australian Forestry 53(4):266-270.
- 18.- Haugen, D. A.; Bedding, R. A.; Underdown, M. G.; Neumann, F. G. 1990. "National strategy for control of Sirex noctilio in Australia ". Australian Forest Grover 13(2).
- 19.- Holsten, H. E. 1970 "La avispa taladradora de madera; un insecto foráneo, plaga potencial del pino insigne". Servicio agrícola y ganadero. El forestal. Santiago. Chile. N°4:4p.
- 20.- Horn, F. 1997. "Metodología de la Fumigación con Gas". Curso Internacional de Fumigaciones Cuarentenarias. Universidad Sto. Tomás. Escuela de Agronomía. Santiago, Chile.
- 21.- Iede, E. T.; Penteado, S. R. C.; Gaiad, D. C. M.; Silva, S. M. S. 1993. "Panorama a nivel mundial da ocorrência de Sirex noctilio F. (Hymenoptera: Siricidae)". In: Conferência regional da vespa da madeira, Sirex noctilio, na América do Sul. EMBRAPA, CNP Florestas, FAO-ONU, USDA-Forest Service, FUNCEMA. Colombo. Brasil.
- 22.- INFOR - CONAF. 1994. Exportaciones Forestales Chilenas. Boletín Estadístico N°38. Chile.

- 23.- INFOR - CONAF. 1995. Exportaciones Forestales Chilenas. Boletín Estadístico N°43. Chile.
- 24.- INFOR - CONAF. 1996. Exportaciones Forestales Chilenas. Boletín Estadístico N°48. Chile.
- 25.- Ipinza, R. y Molina, M. 1991. "Control integrado de Sirex noctilio". Ciencia e Investigación Forestal 5(1):96-144.
- 26.- Lavanderos, A. 1987. "Antecedentes de la avispa taladradora de la madera Sirex noctilio fabricius (Hymenoptera: siricidae)". CONAF. VIII región Chile. Folleto de divulgación. Año 7 N° 13.
- 27.- Lavanderos, A. 1988. "Factores que predisponen su presencia y métodos de prevención". In: Seminario "La avispa ta++++ladradora de la madera (S. noctilio) y las influencias de su introducción potencial en Chile". CONAF, departamento técnico VIII Región. Programa protección fitosanitaria. Concepción, Chile.
- 28.- Lavanderos, A. 1991. "Detección y Reconocimiento del daño provocado por la avispa taladradora de la madera Sirex noctilio". CMPC. Programa de protección fitosanitaria. Apuntes cursos de capacitación. Concepción, Chile. 26p.

- 29.- Mendes, C. J. 1992. "Manual de controle à Vespa-da Madeira". Nota Técnica. Associação Catarinense dos Reflorestadores. Florianópolis. Brasil. 23p.
- 30.- Ministerio de Economía, República Argentina. 1993. "Sirex noctilio, su presencia en Dina Huapi y el impacto sobre el recurso forestal de la región". Dirección general de bosques y fauna; delegación San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro. Argentina.
- 31.- Morgan, D. 1968. "Bionomics of Siricidae". Ann Review Entomology N°13:129-256.
- 32.- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. "The Sirex wasp in Victoria". Lands and forest division. Department of conservation, forest lamts and Melbourne. Australia. Bulletin N°29:40p.
- 33.- Neumann, F. G. y Minko, G. 1981. "The Sirex woodwasp in Australian radiata pine plantations". Australian Forestry 44(1):46-63.
- 34.- Nutall, M. J. 1980. "Beddingia siricidicola Bedding (Nematoda: Neotylenchidae) nematode parasite of Sirex". Forest and timber insects in New Zealand. Vol 48:7p.

- 35.- Pro-Chile. 1996. "Comercio exterior: exportaciones".  
Ministerio de Relaciones Exteriores. Dirección de  
Promoción de Exportaciones. Santiago, Chile.
- 36.- Ramírez, G. O. 1990. "Guía de Reconocimiento de plagas  
y enfermedades en plantaciones forestales".  
Ministerio de Agricultura. CONAF. Chile.
- 37.- Cerda, L. A. 1990. "Informe de visita técnica de  
verificación de denuncia sobre detección de la  
plaga forestal *Sirex noctilio* en la localidad de  
Bariloche (República Argentina)". Servicio  
agrícola y ganadero. Concepción. Chile. 6p.
- 38.- SAG, 1991. Resolución de Divulgación N° 1834.  
Ministerio de Agricultura. Chile.
- 39.- SAG, 1994. "Avispa de la madera del Pino". Folleto  
Técnico N°6. Chile.
- 40.- Spradbery, J. P. y Kirk, A. A. 1978. "Aspects of the  
ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera:  
Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey  
with special reference to the biological control  
of *Sirex noctilio* F. in Australia". Bulletin of  
entomological research 68(2):341-359.

- 41.- Sullivan, J. B. 1997. "Tipos de Fumigantes y sus Usos". Curso Internacional de Fumigaciones Cuarentenarias. Universidad Sto. Tomás. Escuela de Agronomía. Santiago. Chile.
- 42.- Rebuffo, S. 1990. "La avispa de la madera Sirex noctilio F. en el Uruguay". Nota Técnica. Ministerio de ganadería, agricultura y pesca. Montevideo. Uruguay. 17p.
- 43.- Talbot, P. 1977. "The Sirex - Amylostereum - Pinus association". Annual Review Phytopathology 15: 41-54.
- 44.- Taylor, K. L. 1981. "The Sirex woodwasp: Ecology and control an introduced forest insect. In: The ecology of pests - some Australian case histories. Kiching, R. L.; Jones, R. E, eds.". Melbourne. CSIRO: 231-248.
- 45.- USDA. 1994. "Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS)". Federal registered. 59 (13).
- 46.- Zondag, R. y Nutall, M. J. 1977. "Sirex noctilio Fabricius (Hymenoptera: Siricidae)". Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. N° 20: 8p.

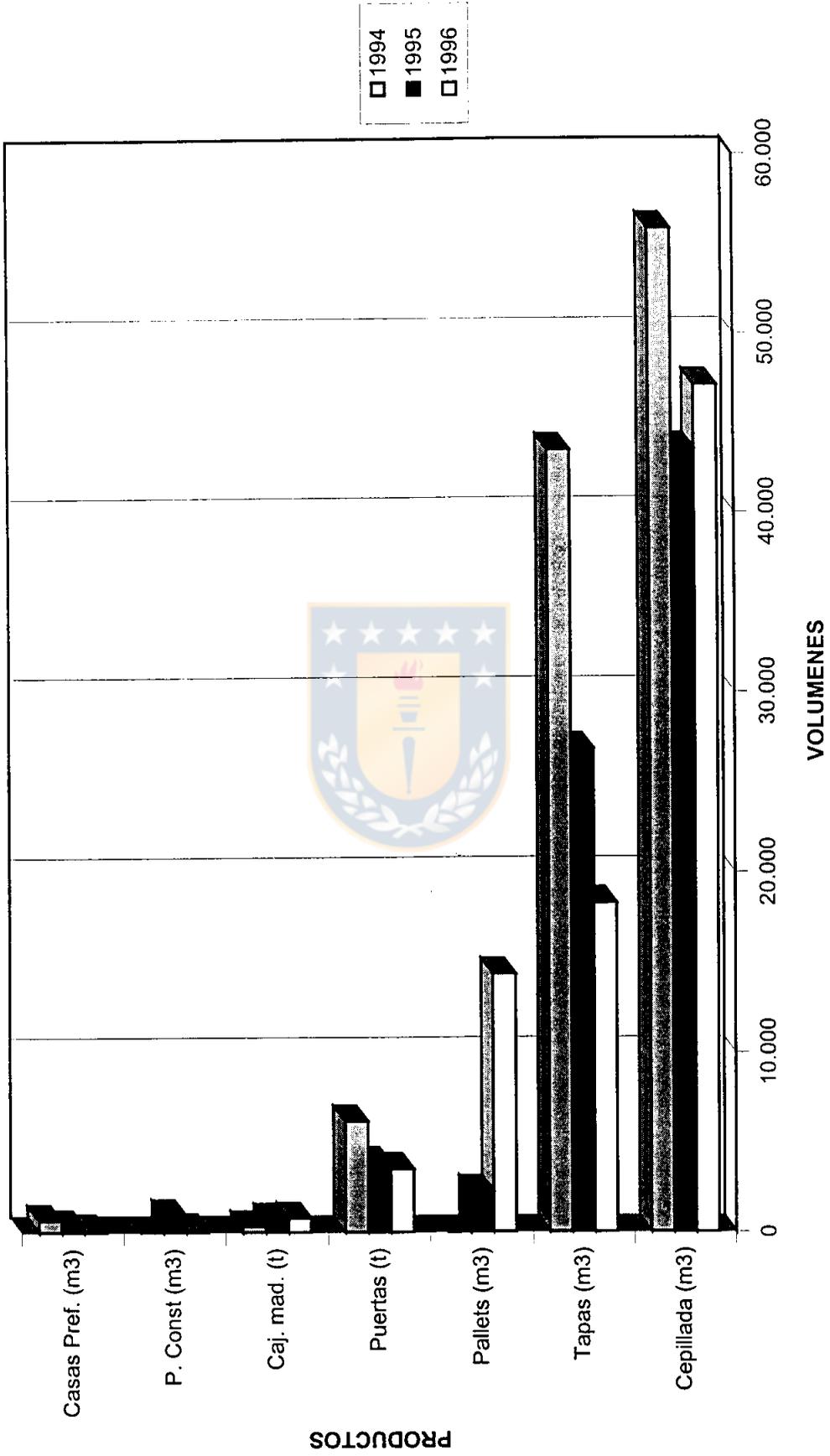
**ANEXOS**



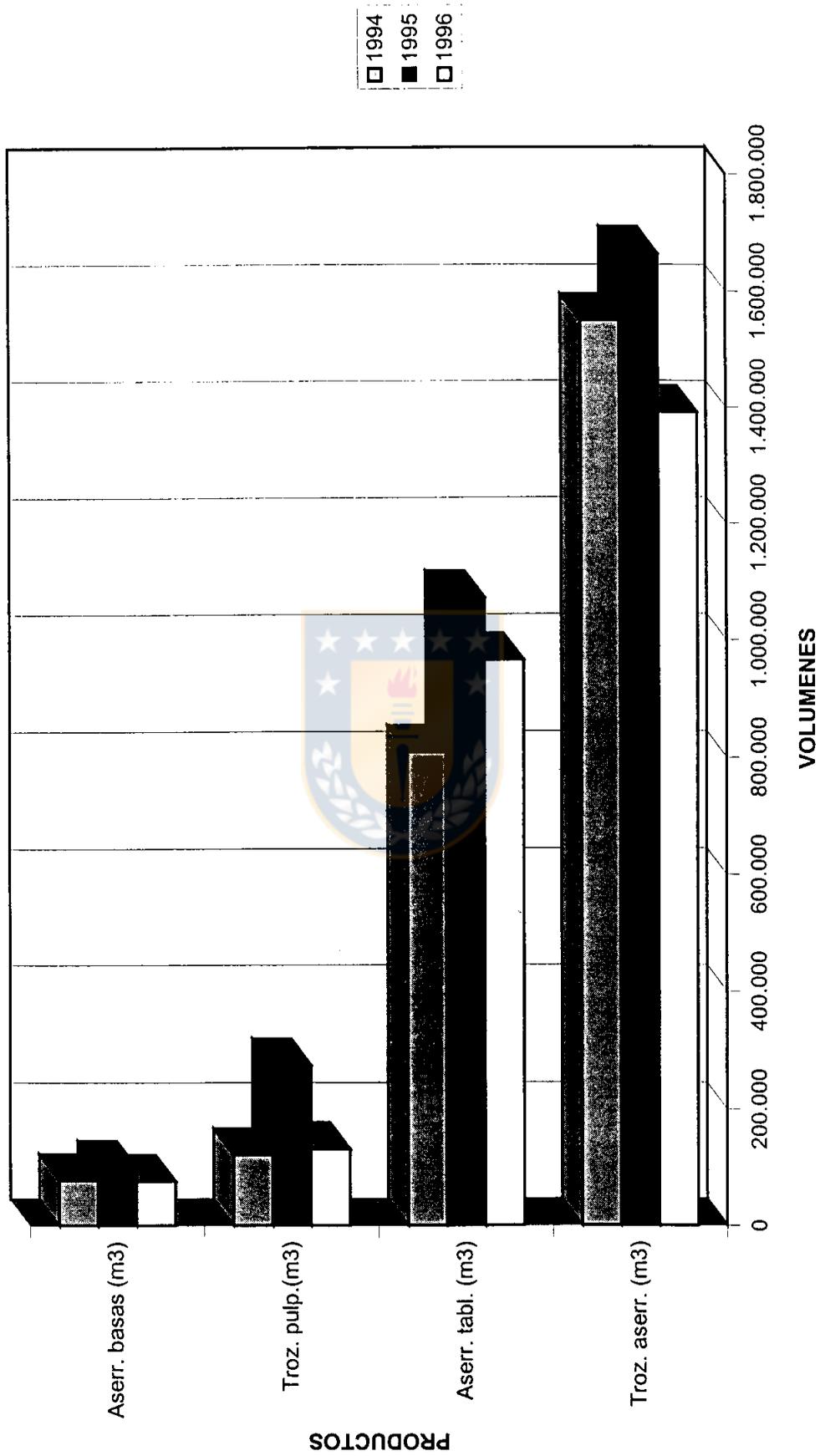
## ANEXO 1

Gráficos 1 y 2 que presentan el comportamiento del volumen anual de exportación, en relación a los años 1994, 1995 y 1996, de los productos seleccionados como posibles portadores de S. noctilio, si ocurre su eventual ingreso a Chile.

**PRODUCTOS EXPORTADOS SEGUN VOLUMEN Y AÑOS**



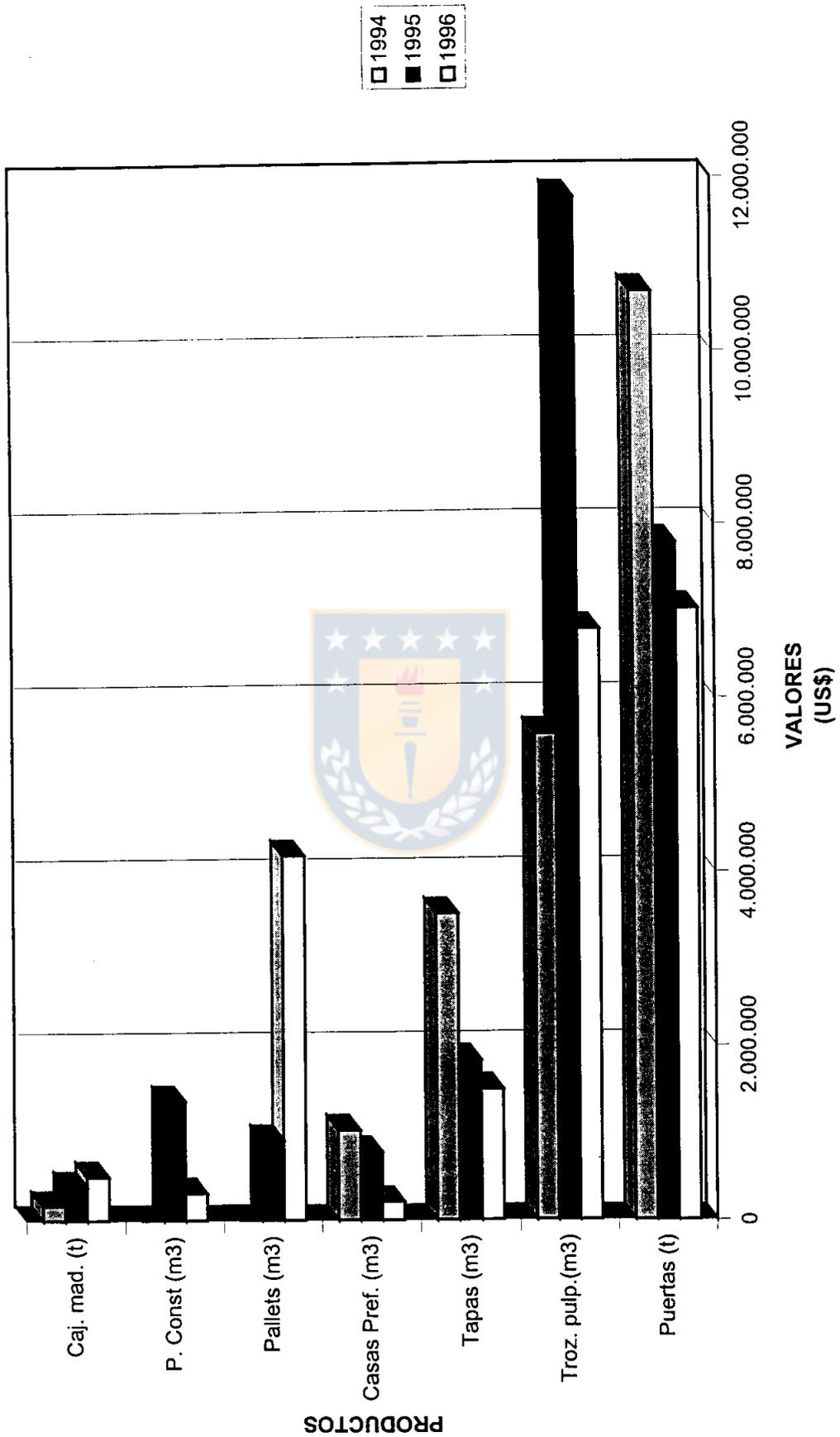
PRODUCTOS EXPORTADOS SEGUN VOLUMEN Y AÑOS



## ANEXO 2

Gráficos 3 y 4 que presentan el comportamiento de los valores anuales de exportación, en relación a los años 1994, 1995 y 1996, de los productos seleccionados como posibles portadores de S. noctilio, si ocurre su eventual ingreso a Chile.

**PRODUCTOS EXPORTADOS SEGUN VALORES Y AÑOS**



**PRODUCTOS EXPORTADOS SEGUN VALORES Y AÑOS**

