

CONTROL INTEGRADO DE *Sirex noctilio*. Roberto Ipinza Carmona y María Paz Molina, Ingenieros Forestales, División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Santiago. Braulio Gutierrez, egresado de Ingeniería Forestal.

INTRODUCCION

En Chile, las exportaciones forestales se sustentan fundamentalmente en las plantaciones de Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don), cuya superficie alcanza a aproximadamente a 1.200.000 ha. En 1990, las exportaciones llegaron a alrededor de 800 millones de dólares, demostrando un aumento sostenido a partir de 1985. Las proyecciones para el año 2000 indican una cifra superior a los 2000 millones de dólares.

El desarrollo actual y futuro de la actividad forestal exhibe una marcada dependencia en la especie pino insignie, esto obliga a extremar las medidas de seguridad en torno a la sanidad de esta especie forestal. Todo programa de protección sanitaria debe estar basado en un profundo conocimiento tanto de los agentes bióticos como abióticos causantes de daños, y particularmente de aquellos agentes bióticos exóticos que no poseen enemigos naturales. El insecto *Sirex noctilio* F. o *Avispa de la madera* se incluye dentro de éste grupo, pudiendo transformarse en una plaga de extraordinaria gravedad, como lo demuestran los niveles de ataque alcanzado en países donde se ha introducido. Uno de ellos es Australia, en el que debido a la similitud de características climáticas y de crecimiento del pino insignie con respecto a Chile, merece una especial atención.

A pesar de que las características climáticas y de crecimiento del pino en Chile son similares a las de Australia, es difícil predecir el impacto económico que causaría el comportamiento epidémico de *Sirex noctilio*.

Por lo general las cifras de daño entregadas por la bibliografía no aclaran si el insecto realizó una labor de raleador natural, o si el daño provoca efectivamente una pérdida financiera. Para Australia, por ejemplo, se sostiene que *Sirex* ha provocado un 10% de pérdidas absolutas en volumen de producción (Casals, 1988), aunque algunos autores consideran que estas cifras son sólo el resultado de evaluaciones hechas en las particulares condiciones de una epidemia. Aún así, se perdieron miles de árboles explotables y estas pérdidas no se pueden considerar como raleo benéfico.

Contribuye a dificultar la determinación del daño económico, el hecho de que existe demanda para cualquier tipo de madera de pino. Incluso los árboles recién muertos por ataque de *Sirex* pueden usarse para producción de chapa (Casals, 1988), aunque si ya han pasado unos meses la madera sólo será apropiada para ser usada como fuente de

energía (Emater/Paraná, 1989).

Un impacto económico directo de la presencia de *Sirex* en Chile, sería su efecto sobre la exportación de madera. Sin duda esta se resentiría, pues muchos países importadores podrían dejar de serlo debido a sus disposiciones cuarentenarias.

En el sureste Australiano, *Sirex*, fue introducido accidentalmente desde Nueva Zelanda, adonde posiblemente había ingresado en importaciones de madera. Primero se le detectó en Tasmania en 1950 y 10 años más tarde en Victoria, desde entonces se ha difundido gradualmente a casi todas las áreas donde crece *Pinus radiata*. En 1980 ya había extendido su distribución hasta New South Wales y Southern Australia, y aunque desde 1970 se han venido aplicando medidas de control biológico, ultimamente completadas con tratamientos silvícolas, la avispa se sigue expandiendo hacia el noreste, a una tasa promedio de 30 a 40 km/año.

Una peligrosa particularidad del ataque de este insecto es que durante sus primeras fases puede pasar inadvertido, al concentrarse en pequeñas cantidades sólo en árboles suprimidos, pero una vez establecido en ellos puede expandirse rápidamente como consecuencia de condiciones climáticas adversas para sus hospedantes, especialmente después de un período de sequía.

La detección, relativamente reciente, de *Sirex noctilio* en Uruguay, Brasil y especialmente en Argentina, constituye un riesgo potencial muy grande para Chile y ha provocado una creciente preocupación en el Sector Forestal Nacional. Más aún por la existencia de información escrita que indica que el insecto ya se encuentra en el país (Bedding, R., 1991).

En virtud de lo anterior, se ha creído conveniente realizar una revisión de los antecedentes bibliográficos relacionados con *Sirex noctilio*, de modo que estos puedan contribuir al conocimiento de esta plaga, y así estar en condiciones de enfrentar adecuadamente su accionar epidémico.

BIOLOGIA DE *Sirex noctilio*

Características generales

La Avispa taladradora de la Madera (*Sirex noctilio*) es un insecto originario del Hemisferio Norte, específicamente de Europa y Norte de Africa, lugares donde normalmente se le considera sólo como una plaga de carácter secundario, asociada a coníferas

de la familia Pinaceas. Efectivamente se han encontrado hembras de esta especie realizando oviposición sobre *Larix*, *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga*, pero sólo se ha comprobado la emergencia de adultos desde especies del género *Pinus*, señalándose a *Pinus radiata* como su hospedante principal (Eldridge y Simpson, 1987; Holsten 1970; Talbot, 1977).

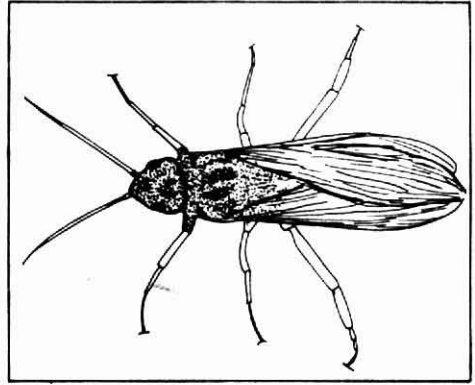
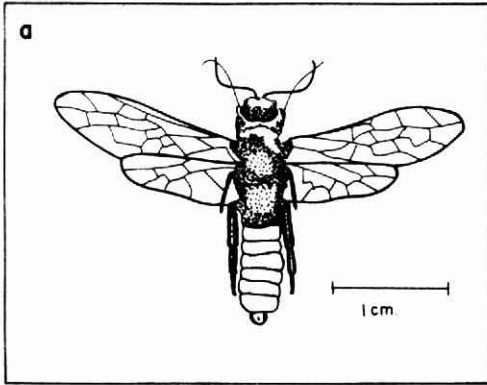
Los daños más serios y las pérdidas económicas más considerables se han producido en Australia y Nueva Zelanda, lugares donde han sido introducida, y han llegado a establecerse exitosamente como consecuencia de la similitud climática con su lugar de origen, la abundancia de árboles hospedantes producto de las extensas plantaciones de *Pinus radiata*, y también por la ausencia de sus enemigos naturales (Aguilar y Lanfranco, 1988; Eldridge y Simpson, 1987; Eldridge y Taylor, 1989; Hall, 1968; Neuman y Minko, 1981; Talbot, 1977).

En los últimos años se ha informado de daños considerables debido a esta Avispa en Uruguay, Argentina y Brasil (Aguilar y Lanfranco, 1988; Echeverría, 1985; Espinoza et al, 1986; Aguilar, Lanfranco y Puentes 1990).

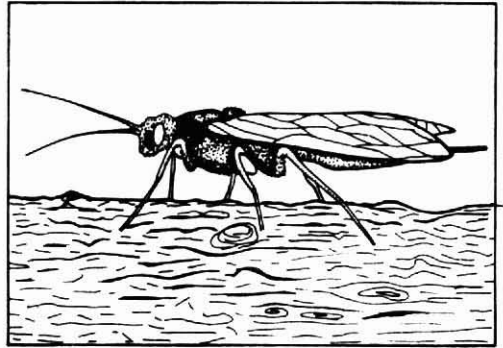
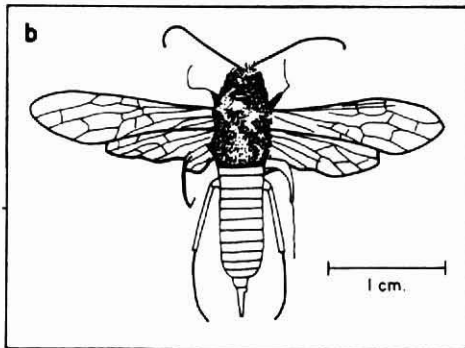
En los países sudamericanos se le ha encontrado sobre *Pinus elliottii* y *P. taeda*, pero la mayor cantidad de antecedentes e investigación se genera en Australia y Nueva Zelanda, donde fue introducida accidentalmente a principios de siglo y se ha difundido ampliamente atacando específicamente a *Pinus radiata*.

Las avispas adultas son grandes de cuerpos cilíndrico y robusto. El cuerpo de la hembra es de 2,5 - 4 cm, mayor tamaño que el del macho, de color azul metálico con patas de color pardorrojizo. Poseen antenas setáceas de 20 segmentos levemente pubescentes, caracterizándose por un grueso aguijón en el extremo del abdomen que le sirve como vaina para un ovipositor robusto, dotado de órganos especiales para contener esporas de un hongo simbiote asociado. El macho tiene la misma figura y básicamente es del mismo color, con excepción de los segmentos abdominales III y VII que son café amarillento, y las patas posteriores que son más oscuras. Las antenas son similares a las de las hembras pero con 21 segmentos. Ninguno de los dos sexos puede picar al hombre (Aguilar, Lanfranco 1988; Eldridge y Taylor 1989; Holsten, 1970). En la figura 1 se muestran los estados adultos de *S. noctilio*.

Figura 1
INDIVIDUOS ADULTOS DE *Sirex noctilio*



♂



♀

(Fuente : Neumann y Minko, 1981 Eldrige y Taylor, 1989)

Todas las especies del género *Sirex* tienen una asociación simbiótica con una especie de *Amylostereum*, un pequeño género de hongos saprófitos de gimnospermas. En el caso de *Sirex noctilio*, la relación es con *Amylostereum areolatum* con el que le une una simbiosis obligada (Eldridge y Simpson, 1987).

Ciclo biológico

Normalmente, el ciclo biológico de *Sirex noctilio* se produce en el transcurso de un año, pero algunos individuos pueden completarlo en 2 ó 3 meses, especialmente cuando el ataque se concentra en árboles de diámetro pequeño y las condiciones climáticas le son favorables. Este ciclo corto se presenta entre Verano y mediados de Otoño, cuando existe alto déficit hídrico (Aguilar, Lanfranco 1988; Espinoza et al 1986). Por otra parte el ciclo biológico puede extenderse por más de 12 meses, cuando las condiciones le son adversas. En este sentido Neumann y Minko (1981) afirman que normalmente cerca de un 9% de la población experimenta un ciclo de dos años, pero que en el más frío clima de Tasmania, este porcentaje puede llegar al 50% y que incluso puede requerirse de un tercer año para que se complete. 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.

Los adultos generalmente emergen desde Diciembre hasta finales de Abril, alcanzando un máximo de población a mediados de Verano (Aguilar y Lanfranco, 1988). Taylor (1981) señala que en Tasmania la emergencia de los adultos presenta cierto desfase, extendiéndose desde Enero hasta Mayo y con una cima poblacional en Enero y Marzo.

En ambos casos los machos emergen antes que las hembras y forman enjambres en torno a los ápices de los árboles más altos, donde se produce el apareamiento. Machos y hembras emergen sexualmente maduros y por tratarse de una especie partenogenética, la hembra puede ovipositar inmediatamente, sin necesidad de aparearse.

La dispersión se produce a través de poderosos vuelos de corta duración, extendiéndose sólo en unos pocos kilómetros por año, durante la época de Verano, probablemente debido a que el lapso de vida de las hembras rara vez excede los 5 días y el de los machos 12 días, y a menos de una semana para ambos sexos durante la temporada de Otoño (Neuman y Minko, 1981). Después de este vuelo inicial, las hembras comienzan la oviposición en árboles apropiados, taladrando agujeros a través de la corteza hacia la

albura y persistiendo en esta actividad hasta que mueren, lo que ocurre cuando se agotan las reservas de su cuerpo, puesto que en estado adulto no se alimentan (Holsten, 1970; Taylor, 1981).

Junto con los huevos, las hembras introducen mucus fitotóxico y esporas del hongo simbiote *Amylostereum areolatum*. Las esporas germinan antes de la eclosión de los huevos, acondicionando la madera para el desarrollo de las larvas.

Los huevos normalmente eclosionan dentro de 14 días después de la oviposición, aunque Holsten (1970) afirma que el período de incubación es de 16 a 28 días. Independiente de esta discrepancia, se reconoce que estos pueden permanecer latentes por mucho más tiempo, incluso varios meses, cuando la temperatura es baja, y que la eclosión se ve favorecida por las condiciones creadas por la acción del hongo y del mucus fitotóxico que la hembra inyecta en los túneles de oviposición (Eldridge y Taylor, 1989).

Taylor (1981) afirma que las larvas nacen de los huevos sólo cuando las perforaciones que los contiene son invadidas por hifas del hongo simbiote. Aunque Coutts (1969) señala que este estímulo no siempre es necesario.

Los huevos están encerrados en una vaina blanca suelta y lisa, son elipsoides y de color blanco, con una longitud de 1,3 a 1,6 mm por 0,3 a 0,35 mm de ancho. Son puestos en forma individual o de pares, en un número promedio de 200 por hembra, e insertados a unos 8 mm bajo la corteza.

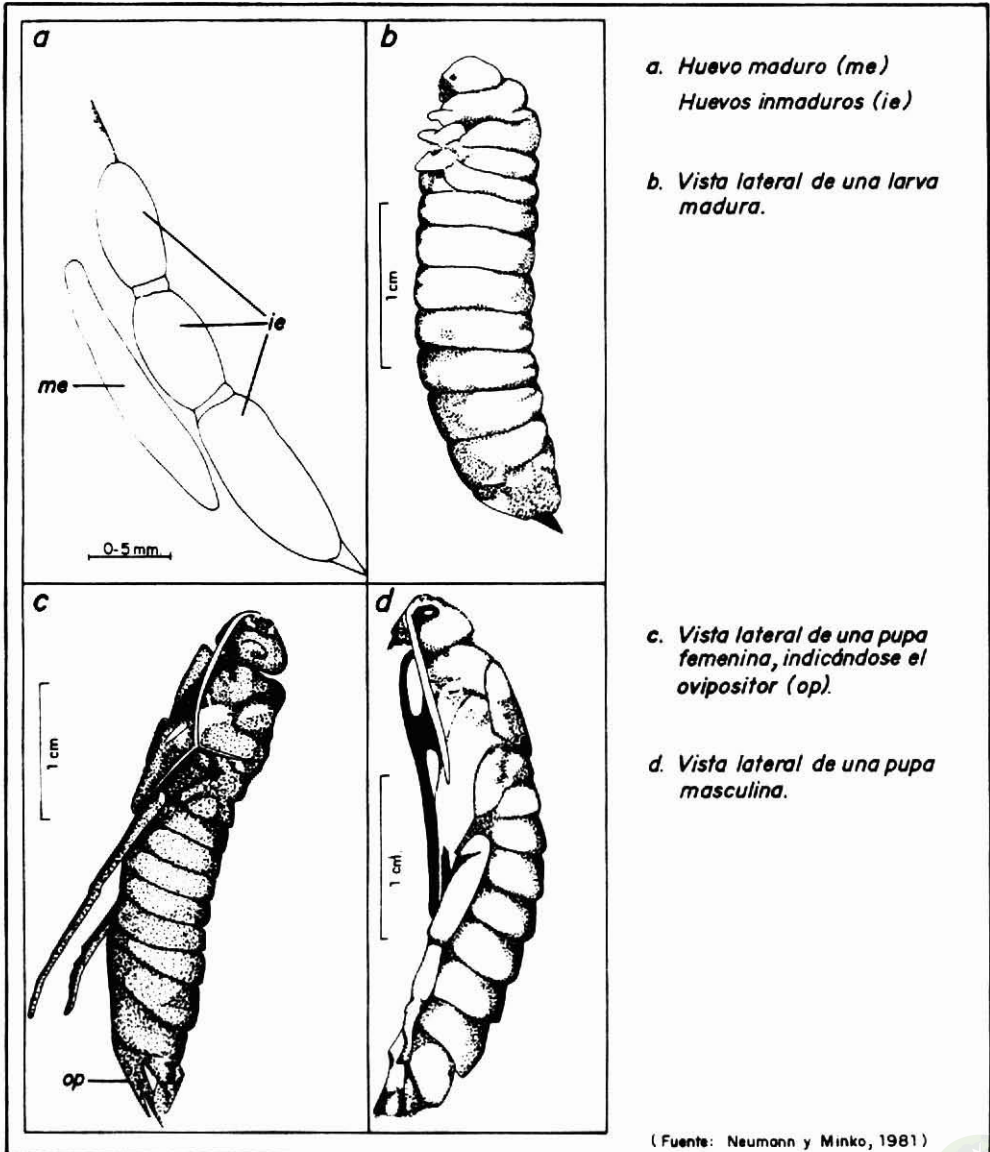
Después de la eclosión de los huevos, aparece una larva, la que mastica la madera alimentándose del hongo, el que para entonces, ha invadido las células de la madera que rodea el sitio de la oviposición. El período de desarrollo larval dura un año, durante el cual la larva crece, sin cambiar de forma, pasando por 6 ó 7 estados, en el mayor de los cuales alcanza 3 cm de longitud. Neuman y Minko (1981) destacan que se han observado larvas que pasan hasta por 12 estados, indicando que aparentemente se requieren 5 mudas para que pueda alcanzarse el estado de pupa.

A pesar de esto, en Victoria, Australia, pueden emerger pequeños individuos machos después de tan sólo 3 estados larvarios, en un ciclo biológico de 2 a 3 meses que se presenta en árboles de diámetro pequeño.

Las larvas son blandas y de color blanco, con una cabeza redonda, bien desarrollada y dotada de fuertes mandíbulas oscuras y dentadas. Poseen tres pares de patas

torácicas, fuertemente pigmentadas pero muy rudimentarias, y un prominente aguijón oscuro o espina supraanal esclerosada en la punta del abdomen, la que retiene en todos sus estados y tal como se indica en la figura 2.

Figura 2
ESTADOS INMADUROS DE *Sirex noctilio*



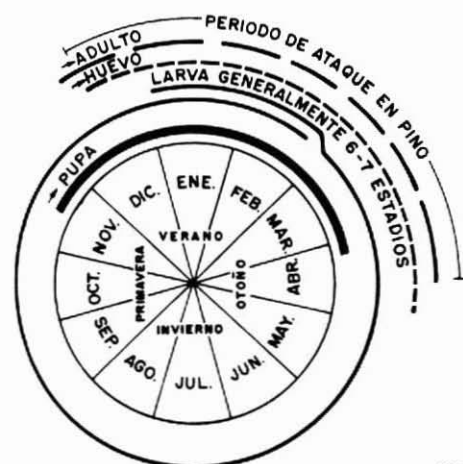
Durante las primeras etapas la larva permanece en la albura, avanzando en la madera hacia el duramen. Al terminar la tercera etapa alcanza una longitud de 6 a 8 mm y ha penetrado 15 a 20 mm en la madera. En el cuarto estado la galería se orienta hacia el duramen, mediante un sistema de túneles serpenteantes que posteriormente se dirigen otra vez hacia el exterior, a la zona cambial, para pupar en la albura, a unos 5 centímetros de la superficie de la corteza (Holsten, 1970; Eldridge y Taylor, 1989; Taylor 1981).

El período de prepupa es corto, alrededor de 2 semanas, seguido de una fase pupal de 20 a 28 días, los que se extienden entre Agosto y Septiembre según Espinoza et al (1986), o desde mediados de Noviembre hasta comienzos de Abril según Aguilar y Lanfranco (1981) citando a Neuman y Minko (1981).

Las pupas tienen una longitud promedio de 25 mm, son de color blanco marfil y gradualmente van adquiriendo el color del adulto.

Al finalizar esta fase se ha originado el imago, el que emerge de la cámara pupal en Verano u Otoño, a través de un agujero circular de 3 a 8 mm de diámetro perforado en la madera, y así da comienzo el ciclo nuevamente (Figura 3).

Figura 3
CICLO DE VIDA *Sirex noctilio*



CICLO DE BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* OBSERVADO EN EL SURESTE DE AUSTRALIA Y POSTULADO PARA CHILE EN CASO DE UNA EVENTUAL INTRODUCCION.

(Fuente: Aguilar y Lanfranco, 1988)

Potencial reproductivo, mortalidad y dispersión

La hembra adulta puede poner entre 50 y 500 huevos, dependiendo de su tamaño y longevidad. Según estudios de correlación citados por Neumann y Minko (1981), la hembra de tamaño medio tiene una disponibilidad de 212 huevos (fecundidad potencial). Tomando este valor como fecundidad, asumiendo una proporción de hembras en la población de 0,25, con un ciclo de vida anual y cero mortalidad en los estados intermedios, se llega a que el potencial reproductivo anual es de 53 hembras por cada una. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$PR = P (H Q) n$$

donde,

PR = Potencial reproductivo o biótico

P = Población original (Empieza en uno)

H = Número de huevos que produce cada hembra.

Q = Proporción de hembras en la población o razón sexual

n = Número de generaciones en un año.

En condiciones de campo no se produce la oviposición de todos los huevos y normalmente se produce mortalidad en algunos estados intermedios de desarrollo.

Según experimentos realizados en las condiciones ideales de oviposición (23°C y 45% H.R.), hembras encerradas en jaulas junto con enjambres de machos, en pinos verdes recién cortados pusieron en promedio el 82% de su contenido estimado de huevos, mientras que otras encerradas sobre trozos cortados con 3 ó 4 semanas de anticipación murieron sin ovipositar.

Las causas más comunes de muerte de los estados inmaduros de *Sirex* son:

a) Parasitismo de los huevos en los ovarios de la hembra adulta por progenie del nematodo *Deladenus siricidicola*, parasitismo de los huevos y/o larvas jóvenes por avispa *Ibalidae* y parasitismo de larvas maduras por avispa *Ichneumonidae*s y *Stephanidae*s.

b) Muerte por inanición de la larva, debido a escasez de nutriente fúngico, como consecuencia del antagonismo con hongos lignimaculans causante del azulado o bacterias que producen toxinas o competencia con estados micetófagos de *D. siricidicola*.

c) Incapacidad del adulto para emerger desde el material hospedante.

d) Abundantes cantidades de resina o niveles de humedad extremos en la madera, también pueden provocar la muerte de larvas jóvenes y huevos.

e) Condiciones climáticas, especialmente precipitaciones primaverales superiores al promedio, tienden a reducir la supervivencia del insecto dentro del árbol.

Después de completada su metamorfosis, el clima sigue influyendo en la emergencia de los imágos. La mayor emergencia de adultos se produce en los días en que la temperatura está sobre el promedio y la presión barométrica ha descendido.

Se señala que los adultos pueden permanecer varios días en el árbol esperando condiciones apropiadas para salir. Potencialmente las hembras pueden volar hasta 160 km, predominantemente a favor del viento, pero cuando la velocidad de éste se aproxima a los 10 kms/hr, dejan de volar deteniéndose sobre los árboles (Taylor, 1981).

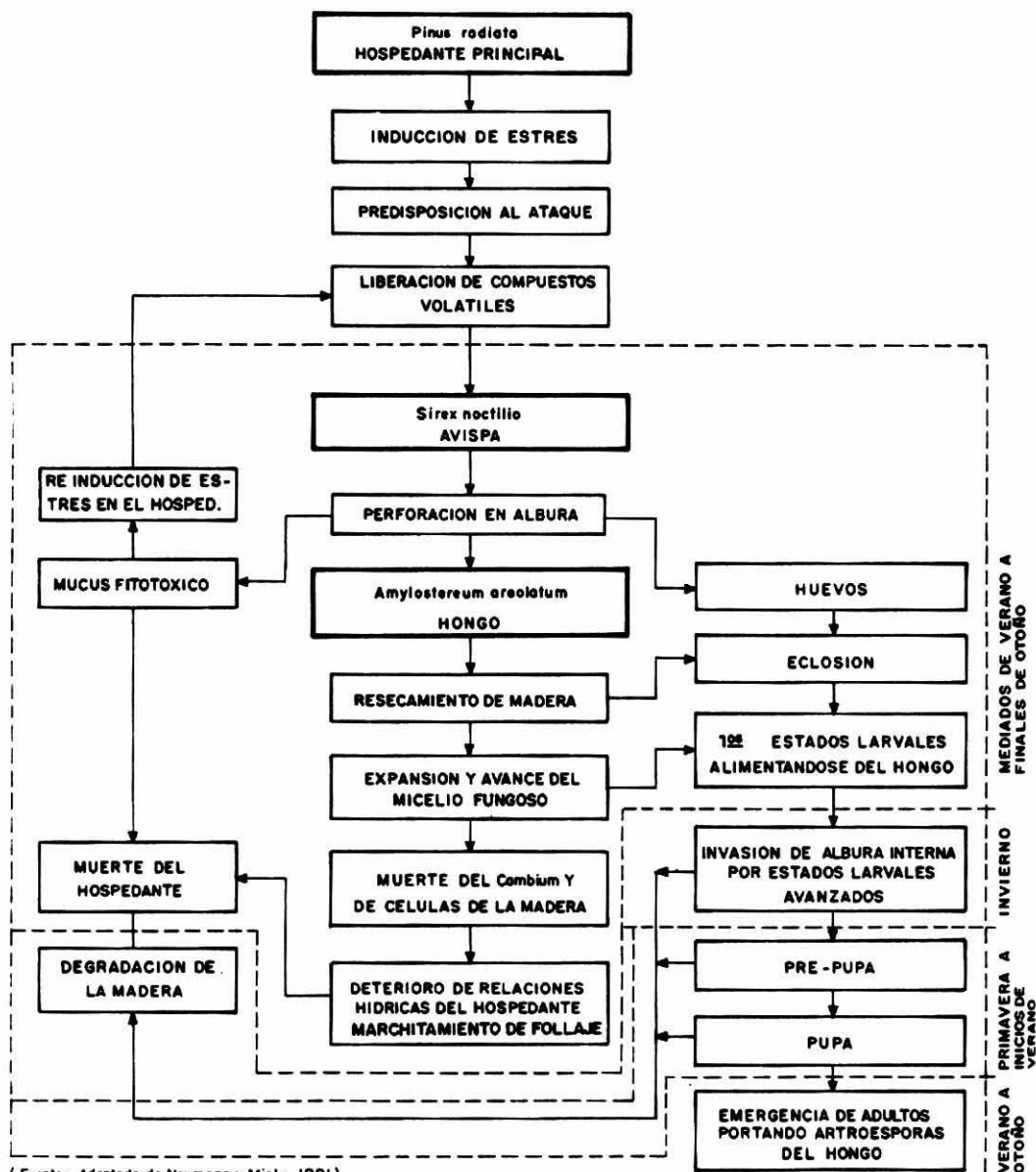
A pesar de su autonomía potencial de vuelo, en Australia su dispersión anual se realiza a una tasa que no supera los 30 a 40 km/año.

SIMBIOSIS

En todas las especies del género *Sirex* la hembra adulta lleva al hongo simbiote en un par de bolsas intersegmentales invaginadas, que sobresalen hacia el interior del cuerpo y que se conectan mediante ductos con el extremo interno del aparato ovipositor (Talbot, 1977).

Las relaciones simbióticas no se limitan al sirícido y el hongo. El nemátodo parásito de *Sirex*, *Deladenus siricidicola*, es totalmente dependiente en la naturaleza, tanto del hongo como de la avispa. Por otra parte las avispas parasitoides de *Sirex*, la localizan al menos parcialmente por el olor del hongo activo. A pesar de esta compleja trama de relaciones, la simbiosis principal es la que se verifica entre el hongo y la avispa, la que por la complejidad de los mecanismos involucrados constituye un notable ejemplo de coevolución (Taylor, 1981) (Figura 4).

Figura 4
 ESQUEMA DE RELACION *Pinus* - *Sirex* - *Amylostereum*



(Fuente: Adaptado de Neumann y Minko, 1981)

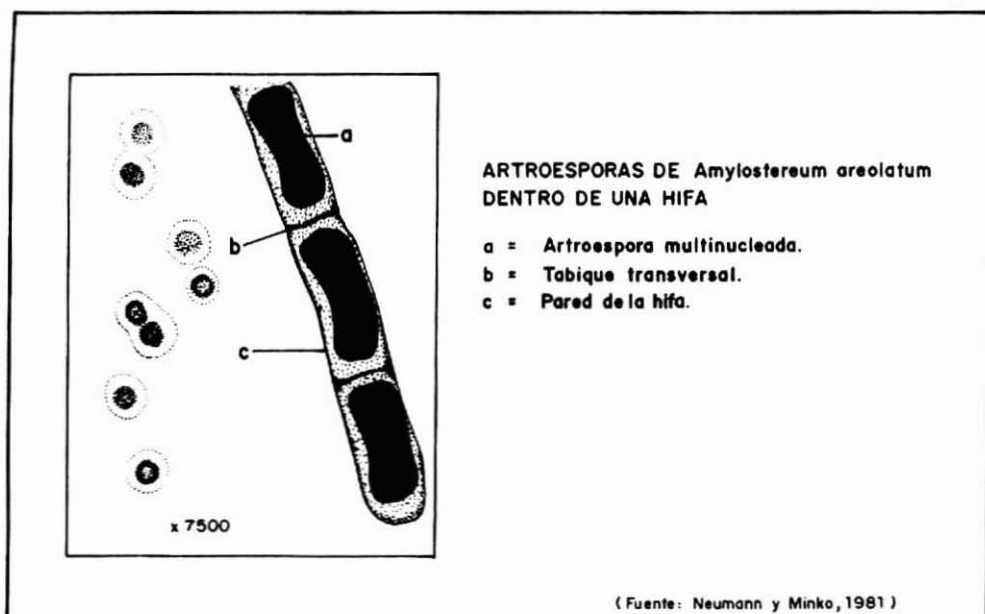
Identificación del hongo simbiote

Los hongos que se asocian con *Sirex* son Basidiomicetes (Corticáceas) del género *Amylostereum*. En el caso de *Sirex noctilio* se trata de *Amylostereum areolatum*, el cual constituye un simbiote obligado de la avispa. En otras asociaciones de especies de *Sirex* que atacan a *Cupresáceas*, *Taxáceas* y *Podocarpaceas* la simbiosis no es estricta (Eldridge y Simpson, 1987).

Frecuentemente ha habido desacuerdo en la identificación del hongo que se asocia con cada especie particular de *Sirex*. Es así como en un comienzo el simbiote de *Sirex 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 *Amylostereum chailletii*. Posteriormente estudios más rigurosos determinaron definitivamente que la especie asociada a *Sirex noctilio* es *Amylostereum areolatum*.

Se sugiere que *Stereum sanguinolentum* y *Amylostereum chailletii* (sinonimia de *Stereum chailletii*), pueden estar asociados, en Alemania a *Sirex juvencus* y *Sirex noctilio*, aunque otros autores afirman que en ese país ambas avispas portan a *Amylostereum 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 (Talbot, 1977). Aunque podría haber diferentes cepas del hongo con distintos niveles de agresividad, En la figura 5 se muestran las artrosporas de *Amylostereum areolatum*.

Figura 5
HONGO SIMBIONTE DE *Sirex noctilio*



Beneficios de la asociación

El hongo simbiote *Amylostereum* se beneficia de la asociación con *Sirex* al ser ubicado en la madera de un hospedante adecuado, sin tener que penetrar por si mismo a través de ningún tejido protector, además su crecimiento se ve favorecido por las secreciones glandulares del insecto. Con este eficiente medio de dispersión, el hongo no necesita producir cuerpos frutales. Efectivamente estas estructuras pocas veces se desarrollan en la naturaleza, lo que sumado a la escasez de aquellos producidos artificialmente en aislamientos en cultivos, ha dificultado la identificación del hongo por los taxónomos.

Por otra parte el hongo simbiote reduce el contenido de humedad de la madera verde a niveles más favorables para la eclosión de los huevos (30 - 70%), aporta nutrientes esenciales a la larva y provoca una pudrición blanca (tanto de naturaleza oxidativa como hidrolítica) en la madera, facilitando así la actividad perforadora del insecto durante sus etapas larvales (Gilmour, 1965; Neuman y Minko, 1981; Talbot, 1977, Coutts y Dolezal, 1966). En estos aspectos la avispa depende del hongo para su supervivencia.

Relaciones entre la anatomía de *Sirex* y el transporte del hongo

A diferencia de los machos, las hembras adultas y las larvas femeninas, a partir del segundo estado larval, poseen estructuras especiales para el transporte del hongo asociado.

En la base del ovipositor de la hembra adulta hay dos sacos intersegmentales internos, los cuales contienen en su interior pequeños fragmentos del micelio del hongo. Cada saco está conectado por un ducto al tubo bajo el cual pasa el huevo durante la oviposición. En esta vía, cada huevo es inoculado con el hongo inmediatamente antes de pasar del ovipositor al árbol (Neuman y Minko, 1981; Gilmour, 1965).

En la larva existen unas estructuras llamadas órganos hipopleurales, los que se sitúan externamente uno a cada lado del cuerpo, entre el primer y segundo segmento abdominal; ellos consisten en unas especies de bolsillos formados por profundos pliegues de la piel. Estos órganos están llenos de artrosporas, o cortas hebras (hifas) de micelio, las que están retenidas en una serie de cavidades encajadas en frágiles plaquetas de cera. (Taylor, 1981; Talbot, 1977; Neuman y Minko, 1981, Gilmour, 1965).

No está claro como la larva llega a infectarse con el hongo, ni como lo transmite al individuo adulto. Talbot (1977) postula que los órganos hipopleurales reciben fragmentos del micelio del hongo desde las paredes del túnel, cuando las larvas comienzan su actividad horadora. Por su parte Taylor (1981) señala que el hongo es descargado desde los órganos hipopleurales al final de la exuvia larval por movimientos reflejos del ovipositor mientras la hembra adulta emerge de la piel pupal (muda).

Curiosamente en la etapa pupal parecen no haber órganos para portar el hongo, el que está ausente en este período, o presente sólo como una pequeña hifa en la última etapa de la pupa femenina (Talbot, 1977).

No es hasta después que la piel pupal ha sido mudada y que el adulto comienza a perforar su agujero de salida, que se inoculan los hongos en sus sacos intersegmentales (Gilmour, 1965).

Se postula que las placas cerosas que contienen al hongo se sueltan en los bolsillos de los órganos hipopleurales en la última etapa larval. La arrugada piel de la larva y de la pupa permanece unida al ovipositor del adulto, hasta el momento de su emergencia. Las placas se liberan y rompen por movimientos punzantes y reflejos de la hembra que comienza a horadar su camino de salida del árbol. De esta manera algunas partículas de

las placas cerosas entran en contacto con el ovipositor y, debido a su superficie pegajosa, quedan adheridas a él. Posteriormente los movimientos alternados del ovipositor hacen que estas partículas se deslicen hacia afuera, a través de la abertura genital, y entren a los sacos intersegmentales (Gilmour, 1965; Talbot, 1977; Taylor, 1981).

Una vez dentro del saco intersegmental, que probablemente posee un medio favorable, el hongo crece rompiendo las placas cerosas y proliferando hasta formar una masa de filamentos hifales. Al emerger el adulto, los sacos están llenos con estos filamentos y listos para inocular a un árbol vivo (Gilmour, 1965).

Talbot (1977) sugiere un método más simple de transmisión del hongo desde la larva al adulto. Postula que el hongo puede pasar directamente desde las paredes del túnel larval a los sacos intersegmentales de la hembra adulta, pero reconoce que parece más probable que el hongo sea adquirido por el adulto, desde paquetes cerosos que se localizan sobre el ovipositor y que debido a movimientos reflejos de éste, se dañan o rompen liberando el hongo.

Por otra parte, aunque se sugiera que los paquetes cerosos puedan ubicarse directamente en los sacos intersegmentales, no se han encontrado restos de ellos en las bolsas. Aún así en condiciones experimentales se han podido infectar sacos intersegmentales con hongo tomado directamente de los órganos hipopleurales, lo que sugiere que las secreciones de la larva y del adulto son similares químicamente y en su efecto sobre el hongo (Talbot, 1977).

COMPORTAMIENTO Y FORMA DE ATAQUE

Atracción y selección de los hospedantes

Existe consenso entre los distintos autores para afirmar que *Sirex noctilio* generalmente no produce daño masivo en el bosque, sino que presenta un efecto aislado sobre los árboles de menor vigor. En este sentido, es especialmente atraído por los árboles suprimidos, faltos de vigor por competencia o directamente por sequía, privados de nutrientes o debilitados por insectos u hongos desfoliadores. Los árboles dañados por el viento o por faenas de poda o raleo, también le son atrayentes. Se ha observado además, una marcada preferencia por árboles vivos más que por volteados. Por su parte Coutts (1965) indica que el insecto tiende a evitar la madera con mayor contenido de humedad, lo que demostró experimentalmente 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. Análogamente Talbot (1977), indica que cuando la presión osmótica de la sabia del floema es alta, como ocurre en un árbol dominante y vigoroso, la avispa normalmente lo rechaza.

A pesar de lo anterior, cuando la población del insecto es alta, puede atacar y destruir árboles vigorosos (Neumann y Minko, 1981; Aguilar y Lanfranco, 1988). En estos casos el daño se inicia en los árboles débiles y se extiende posteriormente a aquellos más saludables, evitando por lo general a los de diámetro inferiores a 7 cm. (Holsten, 1970; Neumann y Minko, 1981).

La atracción que ejerce el árbol sobre el insecto depende de la severidad y persistencia del estrés fisiológico. De acuerdo a esto, Neuman y Minko (1981) distinguen las siguientes características en los árboles más atractivos para *Sirex*.

a) Baja tasa de división celular en el cambium, pero valores sobre el promedio en transpiración y respiración.

b) Alta tensión hídrica en el sistema vascular, asociada con una baja turgencia celular y baja presión de resina en la madera.

c) Floema con deficiencias nutritivas, parcialmente deshidratado, pobremente aireado y con baja presión osmótica.

d) Permeabilidad de la corteza superior al promedio, lo que se asocia a altas tasas de emisión de sustancias volátiles que atraen a *Sirex*.

Algunos compuestos volátiles producidos en el cambium son importantes en la atracción de *Sirex*.

La base de la atracción parece estar en la liberación de los hidrocarburos monoterpénicos, lo que ocurre a través de la corteza de árboles fisiológicamente estresados con presión osmótica reducida y detención de crecimiento (Taylor, 1981; Talbot, 1977).

El 95% de los compuestos volátiles no acuosos, que emanan de las trozas de pino recién cortados, se componen de 11 hidrocarburos monoterpénicos y el 5% restante se compone de cetonas y de alcohol transpinocarveol. De este amplio rango de compuestos, los vapores de la cetona, del alcohol y de algunos monoterpenos (alfa-pineno, beta-pineno, 3.mirceno y beta-felandreno) han despertado las mayores respuestas en atracción

de hembras de *Sirex* mediante estimulación de su sistema nervioso (Neumann y Minko, 1981).

Talbot (1977) señala que los árboles dañados que exudan resina, son especialmente atractivos para *Sirex*, afirmando que son las sustancias volátiles las que constituyen el atrayente principal para la avispa. Además de esto, el contenido de humedad y presión de resina bajos, unidos a un follaje agonizante, puede llegar a constituir una segunda fuente de atracción.

En forma artificial se ha podido atraer a *Sirex* haciendo uso de árboles cebo. Estos se preparan realizando una poda alta y un anillado bajo las ramas remanentes del árbol. La sección del tronco bajo el anillado atrae a las hembras de *Sirex* en 10 a 12 días después de la intervención. El árbol cebo retiene esta capacidad por períodos variables pero significativamente más largos que árboles similares sin anillamiento. Maden e Irvine (1971) verificaron que los árboles tratados, que sobrevivían a la intervención y al ataque de una estación, seguían siendo atractivos a la temporada siguiente. Resultados similares se han obtenido inyectando árboles con soluciones de herbicidas (Neumann et al, 1982).

Coutts y Dolezal (1967) extrayendo franjas longitudinales de corteza y floema en Pino Insigne lograron concentrar significativamente el ataque de *Sirex* sobre la sección desnuda del tronco.

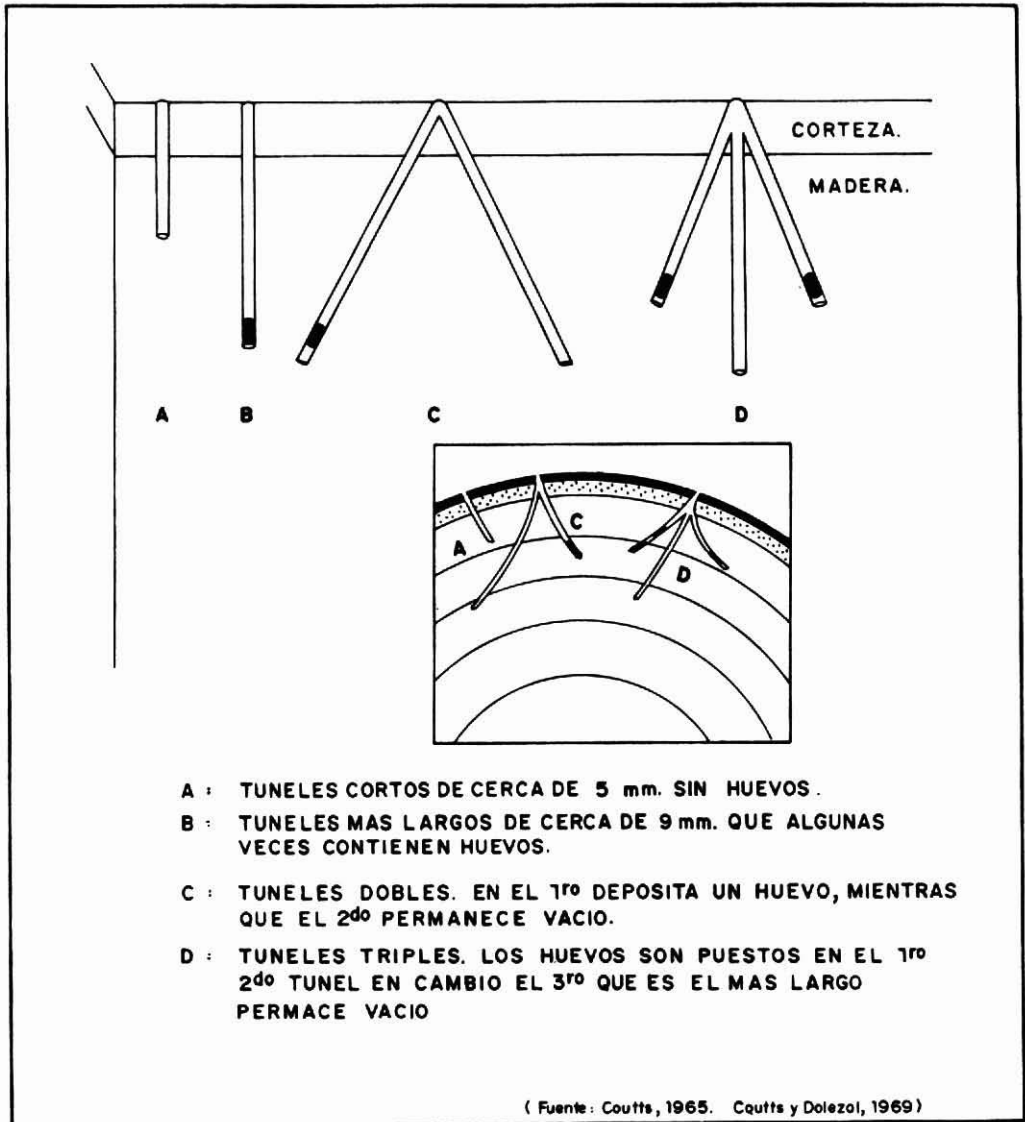
Los experimentos descritos tienen en común la atracción del insecto sobre árboles, o porciones de árboles, artificialmente debilitados lo que confirma la especial predilección que tiene el insecto por ese tipo de material.

Oviposición

La oviposición normalmente es precedida por una perforación exploratoria del posible hospedante (Eldridge y Taylor, 1989; Coutts y Dolezal, 1969). Si el árbol es vigoroso la hembra inyectará mucus fitotóxico y esporas del hongo. La postura de huevos la realiza sólo si se detecta que el árbol es poco vigoroso (Eldridge y Taylor, 1989; Coutts y Dolezal, 1969).

Se denomina sitio de oviposición a las perforaciones simples o múltiples que la hembra realiza a través de un agujero en la corteza (Figura 6).

Figura 6
ESQUEMA DE SITIOS DE OVIPOSICION



La proporción de túneles sencillos, dobles, triples etcétera, se denomina patrón de oviposición (Coutts, 1965) y está relacionado con la condición fisiológica del árbol (Coutts y Dolezal, 1969).

Para construir túneles múltiples, después de cavar el primer agujero, el insecto retira su ovipositor hasta que la punta está en el orificio de entrega y vuelve a cavar formando un ángulo con el túnel primitivo, de modo que ellos divergen a partir de un agujero de entrada común (Coutts y Dolezal, 1966; 1969).

Cuando la avispa taladra un túnel sencillo puede depositar o no, un huevo en él. Si los túneles son dobles normalmente coloca un huevo sólo en el primero, aunque en ambos deposita esporas del hongo. En cambio, cuando los túneles son triples, deposita un huevo en el primero y en el segundo, pero en el tercero, que está entre los otros dos y es el más profundo, suele depositar sólo esporas.

Se ha observado que cuando el contenido de humedad de la madera es muy alto o muy bajo, un gran porcentaje de los sitios de oviposición tiene sólo túneles sencillos, en cambio a medida que este parámetro se acerca a las condiciones apropiadas para el insecto, aumenta la proporción de túneles triples (Coutts, 1965).

En forma similar Neumann y Minko (1981) sostienen que los agujeros sencillos son hechos principalmente donde la presión osmótica del floema es alta (mayor de 12 atm), mientras que las perforaciones múltiples ocurren donde la presión es baja (2 a 8 atm).

Se afirma que las perforaciones sencillas contienen sólo mucus y artroesporas y que normalmente el insecto las practica para evaluar o predisponer a un árbol para su ataque posterior, en el que depositará sus huevos en perforaciones múltiples (Coutts y Dolezal, 1969; Taylor, 1981; Neumann y Minko 1981).

Forma de ataque y patogénesis

Sirex noctilio puede iniciar su ataque en las ramas de los árboles, particularmente en aquellos dañados por el viento, menos vigorosos o moribundos. En este material el insecto puede mantener latente una población baja por muchos años.

El incremento poblacional depende de la disponibilidad de material apto para desarrollarse, pues cuando *Sirex* está en bajas densidades no puede concentrar ataques de suficiente magnitud para matar árboles vigorosos.

En Australia el ataque de *Sirex* suele concentrarse entre mediados de Verano y de Otoño, es decir en el período en que la humedad del suelo generalmente es limitante y cuando la tasa de crecimiento del hospedante, al igual que el nivel de carbohidratos del floema están declinando rápidamente. De esta forma la inoculación del hongo y del mucus ocurre justo cuando los árboles presentan la menor tolerancia. Por estas razones experimentan una rápida mortalidad, la que incluso puede producirse en 6 a 8 semanas en algunos sectores de Victoria.

Al momento de avipositar la hembra deposita simultáneamente mucus fitotóxico y esporas de *Amylostereum areolatum*. El mucus causa clorosis en el follaje al alterar el flujo de nutrientes, creando un debilitamiento del árbol que lo hace más susceptible al ataque del hongo. A su vez la acción del hongo favorece la eclosión de los huevos y la alimentación de las larvas (Turnbull et al, 1972; Neumann y Minko, 1981; Eldridge y Taylor, 1989; Aguilar y Lanfranco, 1988; Espinoza et al, 1986).

La rápida traslocación del mucus hacia el follaje, produce un síndrome complejo de reacciones adversas en el árbol, de acuerdo con Neumann y Minko (1981) algunas de ellas son:

a) Cesa la mitosis y el crecimiento.

b) Se incrementa la actividad enzimática asociada a la conversión de nutrientes almacenados en forma de azúcares simples.

c) Aumento de la actividad respiratoria, lo que provoca un rápido agotamiento de los niveles de azúcares.

d) Destrucción de clorofila seguida del colapso del sistema vascular, lo que causa clorosis y caída prematura del follaje.

Las condiciones creadas por la acción del mucus fitotóxico, favorecen la germinación y crecimiento de *Amylostereum areolatum*. Con el desarrollo de este patógeno comienza la muerte de las células del floema, cambium, radios leñosos y también la desecación del tejido leñoso que se encuentra próximo al micelio (Eldridge y Taylor, 1989; Coutts y Dolezal, 1966).

Las hifas invaden los tejidos vasculares y traqueidas, ya sea por perforación o al disolver las paredes celulares en los puntos de contacto. Dentro de la traqueida, la difusión del hongo es significativamente más rápida a lo largo de la fibra que en sentido radial o

tangencial a ella (Neumann y Minko, 1981).

Como resultado de estos procesos las relaciones hídricas del hospedante se desmoronan completa e irreversiblemente.

Después que muere el árbol se produce una significativa degradación de la madera, como resultado de la actividad horadora de las larvas (Neumann et al, 1982; Neumann y Minko, 1981), para terminar con su desintegración por la acción conjunta de factores climáticos, insectos y hongos lignícolas.

En un comienzo se atribuyó la muerte del árbol a la acción del hongo, argumentando que éste cortaba el suplemento de agua hacia la copa, pues al secar la madera impedía que esta cumpliera la tarea conductora, y agregando además que podría liberar toxinas que afectarían al follaje (Coutts 1965; Coutts y Dolezal, 1966). Pero si bien, el desarrollo del hongo puede bloquear el flujo de savia, a través de una traqueomicosis, y así explicar la muerte al árbol, no justifica los rápidos cambios fisiológicos que se manifiestan durante las dos primeras semanas del ataque, cuando este aún no se ha difundido (Talbot, 1977).

Para explicar este fenómeno Coutts (1969) postula que alguna sustancia es translocada desde el sitio del ataque y que ella tiene un poderoso efecto sistémico sobre el árbol completo. Indica que es posible que se trate de una secreción del insecto la que está involucrada en la patogénesis.

Actualmente se reconoce que la muerte del árbol se debe a la acción del hongo sobre un individuo previamente debilitado por la acción del mucus fitotóxico, y que normalmente ni el hongo ni el mucus, son capaces de matar al árbol por sí solos, debiendo necesariamente actuar en combinación (Talbot, 1977; Neumann y Minko, 1981). La larva horadora no toma parte en la muerte del vegetal y solamente daña la madera.

Experimentos puntuales, señalan que *Amylostereum areolatum* es capaz de matar por sí solo a plantas de pino cultivadas a partir de explantos in vitro, pero no a árboles mayores en terreno. Efectivamente después de inyectar artificialmente el hongo en árboles de *Pinus radiata*, no se observaron efectos tóxicos. Sin embargo, al inyectar mucus de *Sirex noctilio*, los cambios fisiológicos tomaron lugar rápidamente (Talbot, 1977).

SINTOMATOLOGIA Y SIGNO

En síntesis, las características sintomatológicas del ataque de *Sirex noctilio* son:

clorosis progresiva e irreversible de las acículas, marchitez repentina del follaje adulto, y posteriormente del follaje de la estación, y una marcada caída de las acículas al iniciarse el período caluroso del verano (Neumann y Minko, 1981). Estos síntomas fisiológicos del ataque de *Sirex* son evidentes en la copa después de 5 a 10 días de la oviposición y son consecuencia de la rápida translocación al follaje del mucus fitotóxico inyectado por la hembra durante el ataque.

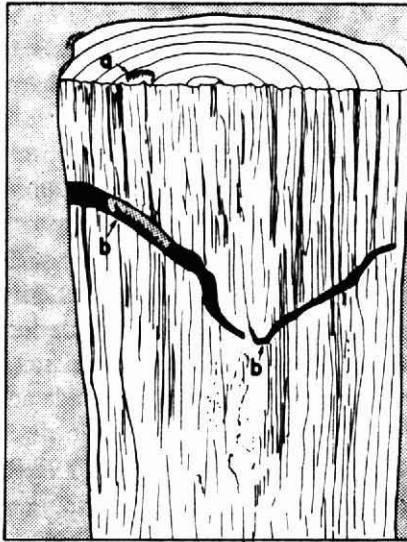
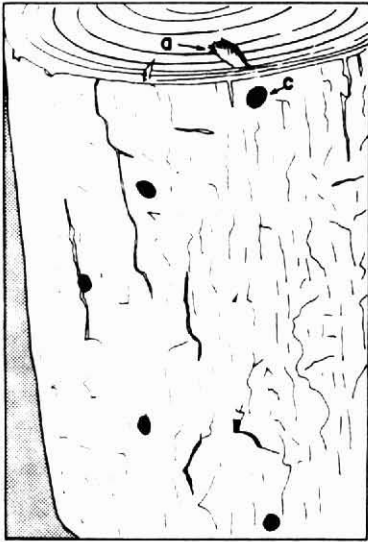
Una característica clásica en los árboles atacados por *Sirex noctilio* es la aparición de pequeñas gotas de resina que escurren por el tronco desde todos los puntos de oviposición (Aguilar y Lanfranco, 1988; Cassals, 1988; Espinoza et al, 1986; Neumann y Minko, 1981). Estos pequeños flujos de resina, que adoptan un color blanquecino sobre la superficie de la corteza, son según Eldridge y Taylor (1989) una evidencia que confirma que ha sido *Sirex* el agente de daño (figura 7)

El examen de la superficie de la madera inmediatamente bajo la corteza con flujo de resina, puede revelar una mancha vertical alrededor del diminuto agujero de postura (Eldridge y Taylor, 1989). Estas manchas oscuras, de forma oval o como bandas estrechas de color pardo grisáceo, corresponden a la acción del hongo que se manifiesta degradando la madera, principalmente a lo largo de la fibra en la albura más externa (Neumann y Minko, 1981; Aguilar y Lanfranco, 1988), y que al extenderse la infección eventualmente cubrirán el tronco del árbol.

A nivel del follaje se observa clorosis progresiva que se manifiesta después de 2 a 4 semanas, comenzando por las acículas viejas unidas al tronco y en las partes más bajas de las ramas. La porción basal de las hojas es la primera en mostrar el efecto. Posteriormente, si el árbol no es capaz de neutralizar el ataque, la clorosis y caída prematura se extiende a las acículas de las yemas, acompañándose del marchitamiento repentino de las hojas nuevas de las puntas de las ramas y la parte superior de la copa (Coutts, 1969). Durante este proceso se puede observar un gradual cambio de coloración hacia distintos matices del rojo, de modo que antes de la total caída de las acículas, el árbol se puede distinguir fácilmente por el acentuado color pardorrojizo que manifiesta.

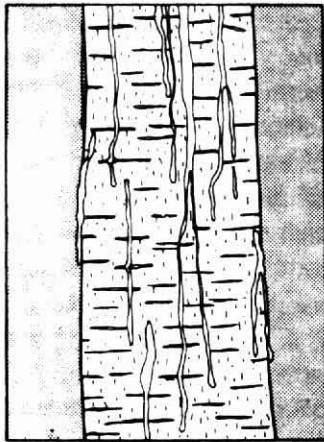
Otros elementos de diagnóstico son perforaciones circulares de 3 a 7 mm de diámetro en la corteza, las que corresponden a los agujeros de salida de los adultos (Aguilar y Lanfranco, 1988; Neumann y Minko, 1991). Estas aparecen después de 12 meses en toda la longitud del tronco, aunque en árboles grandes pueden estar sobre 4 a 6 metros de altura, por lo que son difíciles de ver a simple vista (Eldridge y Taylor, 1989).

Figura 7
EVIDENCIAS DEL ATAQUE DE *Sirex noctilio*

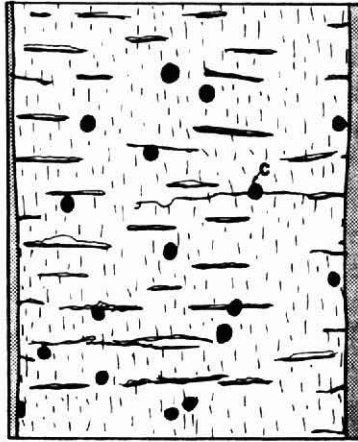


DEGRADACION TIPICA DE LA MADERA Y SINTOMAS DE DAÑO EN *Pinus radiata* DEBIDO AL ATAQUE DE *Sirex noctilio*.

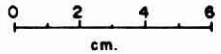
- a = Galería larval en sección transversal.
- b = Galería larval en sección radial.
- c = Orificios de emergencia.



GOTAS DE RESINA ESCURRIENDO EN ARBOLES AFECTADOS.



ORIFICIOS DE EMERGENCIA DE INSECTOS ADULTOS



(Fuente : Neumann y Minko, 1981 Lavaderos, 1987)

La presencia de pequeños agujeros, con un diámetro aproximado de 0,14 mm, lo mismo que las galerías larvales y cámaras pupales vacías son elementos que permiten identificar al agente de daño. En el caso de las galerías larvales del fuste, estas son transversales y longitudinales con una extensión de hasta 20 cm, caracterizándose por contener en su interior un aserrín granular y compacto (Espinoza et al 1986; Neumann y Minko, 1981).

Los árboles atacados y muertos resultan evidentes en Otoño hasta fines de Invierno. Las grandes áreas afectadas son claramente observables desde el aire, aunque el daño normalmente comienza por los árboles suprimidos, los que no son detectables en inspecciones aéreas (Eldridge y Taylor, 1989).

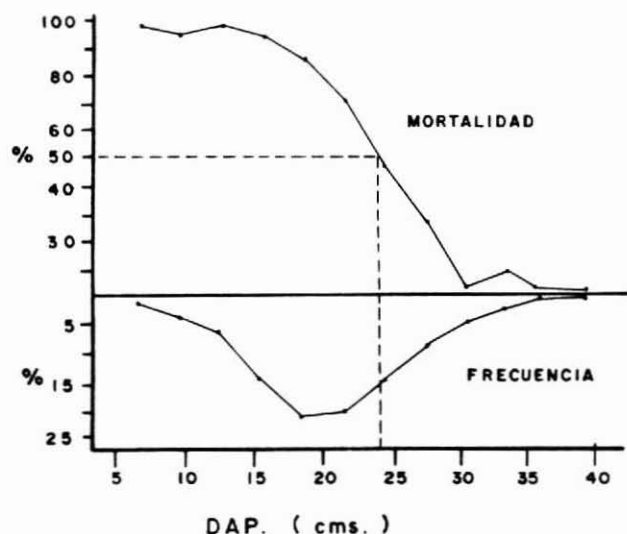
Eventualmente puede ocurrir que los árboles afectados no presenten síntomas externos, por esta razón en Nueva Zelanda es común el tener que observar secciones transversales del fuste. En ellas aparecen franjas radiales con manchas blancas y oscuras donde ha penetrado el hongo. Estas observaciones, además han permitido detectar que el ataque de *Sirex noctilio* comunmente evita la formación de las últimas capas de la madera de verano, en el anillo de crecimiento, dañando el cambium y a los radios leñosos, lo mismo que las traqueidas, las que se ven corroidas y repletas de hifas.

SUSCEPTIBILIDAD Y RESISTENCIA DEL HOSPEDANTE

Generalmente los árboles con la mejor capacidad para tolerar el ataque de *Sirex noctilio* son saludables, sin daño y presentan un crecimiento vigoroso, sobre buenos sitios y en rodales con regímenes de manejo apropiados.

Como norma se afirma que los individuos vigorosos con mayor desarrollo de copa, como los dominantes del rodal, son los más resistentes, mientras que aquellos suprimidos son los más vulnerables. Efectivamente, al analizar una plantación infectada se concluyó que el nivel de mortalidad se correlaciona significativamente con el DAP, determinándose adicionalmente que en términos de diámetro el umbral está entre los 23 y 26 cm. Bajo ese diámetro la mayoría de los individuos muere, en cambio sobre él, el número de supervivientes es significativamente superior. De acuerdo a Neumann y Minko (1981) los individuos con DAP superior a 29 cm permanecen sanos (figura 8).

Figura 8
RELACION ENTRE MORTALIDAD CAUSADA POR ATAQUE DE *Sirex noctilio*
Y DIAMETRO DE LOS HOSPEDANTES



(Fuente: Neuman y Minko, 1981)

Coutts (1968) agrega que parece existir una determinación genética de la resistencia al ataque, lo que es confirmado por Neumann y Minko (1981), quienes afirman que el follaje de algunos clones de *Pinus radiata* no es afectado adversamente por el mucus fitotóxico, y que incluso pueden neutralizar el ataque cuando este aún se manifiesta vigoroso en árboles cercanos de igual tamaño y edad.

La susceptibilidad del árbol se relaciona con la tasa de respiración del tejido floemático, estableciéndose que bajo condiciones de estrés, la respiración total del árbol aumenta, lo que produce un agotamiento del sustrato respiratorio y declinación de la presión osmótica. Estos fenómenos comienzan a manifestarse en la porción donde la tasa respiratoria es máxima, siendo esa zona la primera y más atacada por *Sirex noctilio*, con esto se explica además por qué se produce variación en la intensidad del ataque a lo largo del tronco.

La máxima tasa de respiración se produce a una altura que es proporcional al tamaño del árbol, y es ahí donde en individuos estresados se liberan los hidrocarburos monoterpénicos que atraen a *Sirex*. Al contrario, en árboles que crecen en buenos sitios, y con mayor precipitación, la declinación de la presión osmótica se produce en lugares muy localizados que no se relacionan con el tamaño del árbol.

Los árboles sanos y vigorosos tienen reservas adecuadas para resistir el ataque de *Sirex noctilio*, lo que realizan a través de dos mecanismos. El primero consiste en la inundación con resina de los agujeros de oviposición, lo que produce mortalidad de larvas y huevos, además de ejercer un efecto inhibitorio o tóxico sobre el hongo. El segundo mecanismo contempla la compartimentalización de la madera infectada por el hongo mediante una barrera de polifenoles fungiestáticos (Taylor, 1981; Coutts y Dolezal, 1966; Coutts, 1970). Ambos métodos dependen de la constitución genética y vigor del hospedante.

Otros mecanismos involucrados en los fenómenos de tolerancia, además de los mencionados, son: la capacidad del árbol para eliminar prematuramente el follaje adulto que concentra gran cantidad de mucus fitotóxico, y la capacidad para desarrollar nuevos tejidos funcionales de floema, cambium y xilema en torno a las lesiones (Neumann y Minko, 1981).

La resina es un elemento de gran incidencia en los mecanismos de tolerancia de las coníferas a numerosos hongos patógenos e insectos plagas. En pinos se ha correlacionado positivamente la resistencia a hongos con la capacidad del árbol para movilizar resina y se ha determinado también que los compuestos volátiles y las propiedades físicas de esa sustancia se relacionan con la resistencia al ataque de insectos (Kile y Turnbull, 1972).

Particularmente en el caso de *Sirex noctilio*, Gilmour (1965) indica que el árbol puede resistir el ataque secretando resina en los agujeros de oviposición, señalando además que esta respuesta del árbol depende de su contenido de humedad y del número de perforaciones por unidad de área. En esta situación el flujo de resina es la primera respuesta que se observa en el árbol, precediendo a la síntesis de polifenoles en las zonas donde la madera es afectada, y actuando como una barrera físico mecánica o química que limita la dispersión de *Amylostereum areolatum*. Por su parte Coutts (1965) señala que la capacidad de un árbol para sobrevivir a un ataque de *Sirex* depende, entre otros factores, de la presión y densidad de resina, como también de la cantidad y tamaño de los canales resiníferos. Adicionalmente se menciona que los árboles que producen grandes flujos de resina, tienen menos posibilidades de morir que aquellos que sólo producen pequeñas gotas o burbujas de ella (Coutts y Dolezal, 1966).

Los componentes volátiles y no volátiles de la resina de *Pinus radiata* inhiben el crecimiento de *Amylostereum*. Los efectos inhibitorios de esta sustancia se asocian con los compuestos terpenicos y con los alcoholes terpenoides presentes en la oleoresina.

Posiblemente sean el alfa y beta pineno los compuestos volátiles más importantes en esta inhibición. Estos comprenden el 98% de la fracción de aguarrás en la oleoresina de pino. Otros compuestos volátiles son más inhibidores, pero aparentemente se presentan en cantidades muy bajas como para ser efectivos (Kile y Turnbull, 1972).

Experimentalmente se ha confirmado que la resina es tóxica para los hongos degradadores de la madera, ya sea cuando se agrega al medio de cultivo o cuando el hongo es expuesto a sus vapores. Particularmente la resina y ácidos resinosos no volátiles, incorporados al medio de cultivo en concentraciones inferiores al 1%, inhiben el crecimiento de *Amylostereum areolatum*.

Además de secretar resina, los árboles que resisten el ataque de *Sirex* crean una barrera de polifenoles que encierra al hongo y detiene su crecimiento. En esta barrera participan componentes como la pinosilvina, etermonometílico de pinosilvina y vanilina. Los dos primeros compuestos tienen reconocidas propiedades fungitóxicas e inhibitoras de numerosos hongos de pudrición de la madera, incluido *Amylostereum areolatum* (Coutts, 1970).

Los polifenoles se concentran en cantidades apreciables dos semanas después de la oviposición, sugiriéndose que son productos a partir de alimentos translocados desde la copa o desde otros lugares almacenados.

Al iniciarse el ataque, el árbol con posterioridad a la emisión de resina comienza a concentrar polifenoles. Si esta respuesta la manifiesta con rapidez podrá controlar al hongo, pero también es posible que sea superado por la intensidad del ataque y no pueda seguir reaccionando. Esto puede deberse a que existe un límite a la cantidad de polifenoles que un árbol puede producir o porque la intensidad del ataque deteriora la salud general del árbol (Coutts y Dolezal, 1966).

La producción de resina está fuertemente influenciada por características fenotípicas como tamaño y vigor del árbol, la dependencia de la disponibilidad de carbohidratos para la producción de polifenoles entrega un nexo mayor entre vigor y resistencia al ataque de *Sirex*.

Existe por supuesto un control genético en los árboles para tolerar el ataque de la avispa. Es así como la gran variación en la capacidad de los árboles para resistir inyecciones de mucus, permite realizar estudios de resistencia genética con el objeto de cultivar clones resistentes (Taylor, 1981). En este sentido Turnbull et al (1972), reconociendo que existe una relación entre la reacción experimentada por ramas verdes

de pino sumergidas en solución acuosa de mucus extraído de avispas hembras y la resistencia al ataque del árbol del cual proviene la rama, han desarrollado un "ensayo de mucus". Esta prueba permite evaluar la tolerancia de los árboles a *Sirex noctilio* y así identificar a aquellos que pueden constituir una fuente de material para propagar clones o progenies resistentes al ataque de la avispa taladradora de la madera.

CONTROL INTEGRADO

El control integrado es un programa de manejo de una plaga y/o enfermedad donde se combinan o integran varias técnicas de control. La efectividad de dos o más técnicas de control no sólo se observa en el efecto sinérgico, sino también en el costo total, que es menor que si cualquiera de cada una de ellas se aplicase por separado. En resumen, el objetivo básico de esta técnica es mantener, en un marco de factibilidad social, la interacción hombre, plaga y ambiente en un estado en que la ecología y la economía sean compatibles.

Se analizan los aspectos de exclusión, erradicación, control químico, silvícola y biológico, y como estos pueden integrarse para optimizar el esfuerzo de control a un costo mínimo.

Exclusión

Esta alternativa de control está destinada a excluir el territorio de Chile del *Sirex*. La estrategia para evitar la introducción de la avispa al país se basa en una estructura de severas cuarentenas.

En Chile, *Sirex noctilio* aún no ha sido oficialmente detectado, pero constituye un riesgo importante, considerando que actualmente más del 90% del recurso boscoso existente está constituido por *Pinus radiata*. Por otra parte su existencia en Argentina, Uruguay y Brasil acrecenta este riesgo, principalmente por el gran flujo comercial y turístico con estos países.

Especial preocupación existe por la situación en la frontera con Argentina, pues en ese país no se han llevado a cabo programas de control de plagas forestales. Particularmente en Bariloche, existen 5.000 hectáreas en condiciones de susceptibilidad a *Sirex* y la posibilidad de avance del insecto desde esa ciudad hacia territorio chileno es totalmente factible, porque si bien no hay plantaciones en todo el trayecto, si hay plantaciones lineales o cortinas, árboles aislados y bosquetes por los cuales podría pasar de la misma forma que lo hizo la Polilla del Brote (Forestal Celco, 1991).

La exclusión consiste en restringir el movimiento de material que probablemente pueda transportar al insecto, para esto existe una normativa que lleva a cabo el S.A.G. (Servicio Agrícola y Ganadero) y que se refiere a aspectos cuarentenarios y también de detección temprana o precoz, estas últimas son consideradas en las medidas de erradicación.

Las medidas legales tendientes a evitar el ingreso de *Sirex* (Casals, 1988; Forestal Celco, 1991) se refieren a las mercaderías que ingresan al país: madera aserrada y trozas. Los cuerpos legales son: La resolución 14 (1990) del SAG sobre internación de madera y la resolución 696 (1990) sobre tránsito de madera por Chile.

Estas resoluciones prohíben la internación de coníferas provenientes de países con presencia del insecto, además obliga a los países que presenten este ataque y que deban transitar por Chile, a hacerlo en contenedores cerrados y solamente por puntos habilitados en las regiones I, II y III. Pero lamentablemente esta normativa no incluye los embalajes de madera, así que en este momento puede estar ingresando al país una variadísima fauna. Además de lo anterior, se está implementando un programa de inspección de embalajes, en el cual al detectar algún agente cuarentenario vivo, se procede a la destrucción de su elemento portador con fuego o a fumigarlo con bromuro de metilo.

Las medidas de cuarentenas son totalmente inútiles si la plaga se encuentra en un estado incipiente en el país. Esto mueve a realizar algunas reflexiones sobre si la onda u ola primaria de la plaga ha penetrado en el país. Esta onda primaria aunque se sepa la causa, no es perceptible sobre los árboles hasta que aparecen los síntomas o se captura un insecto, es decir, se hace evidente la presencia de una onda visible. Entonces imponer una cuarentena estricta es factible siempre y cuando ésta se lleve a cabo antes de la llegada de la ola de infección.

La cuarentena no puede detener la ola de síntomas porque esta no es, en absoluto, una ola real, sino solamente una serie de acontecimientos que tienen lugar independientemente al cabo de un tiempo más o menos fijo después del paso de la ola real. Estas reflexiones son las que explican en parte el fracaso generalizado de la expansión regional de una plaga.

Erradicación

Estos programas deben ser destinados hacia la detección temprana o destrucción del material infectado. El SAG ha establecido un sistema de detección precoz sobre la base de que los cuerpos legales no surtan el efecto previsto, para esto se localizaron rodales de alto riesgo cerca de puertos marítimos y a sectores de aforo del físico de aduana, los que

se cree serán los primeros en ser atacados. También se ha contemplado un programa de inspección de embalajes.

Otro componente de la estrategia preventiva es la mejora de la calidad de las plantas de vivero, prevención y control del fuego, aplicación de raleos oportunos y selectivos, además de la detección temprana de síntomas efectuada por personal entrenado en terreno y familiarizado con las condiciones locales. Esto último suplementado con la inspección rutinaria de plantaciones y detallada vigilancia de la plaga.

La erradicación de *Sirex noctilio* desde grandes plantaciones bien manejadas no es posible ni necesaria, pues ellas proveen condiciones que sólo permiten el desarrollo de pequeñas poblaciones del insecto. Ocasionalmente podrían presentarse aumentos localizados de la población, pero debido a la ausencia de hospedantes adecuados, el daño declinará en forma natural. Además pequeñas poblaciones de *Sirex*, en plantaciones bien manejadas, pueden ayudar a la propagación natural y dispersión de sus agentes de control biológico (Neumann y Minko, 1981).

Desafortunadamente, en extensas plantaciones sobredensas existe una gran cantidad de individuos suprimidos con baja tolerancia a *Sirex noctilio*, los que pueden sustentar poblaciones mayores del insecto, y al presentarse condiciones adversas, como sequías o deficiencias nutritivas permitirán la expansión de la avispa hacia el resto de los árboles, complicando la situación de esas áreas y justificando por lo tanto la adopción de medidas de control.

Aplicación de tratamientos químicos

Sirex puede ser controlado al usar una combinación de medidas silviculturales y biológicas, pero no es posible hacerlo sólo mediante tratamientos químicos.

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.

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 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.

Morgan et al (1971), al aplicar los insecticidas fosforados y sistémicos, Fosfamidon y Bidrín en Pino Insigne, determinaron que ambos hacen disminuir la longevidad y fecundidad de *Sirex noctilio*. También señalan que los efectos sobre las larvas y huevos son destacables, especialmente en el caso de Bidrín, que ofrece un control absoluto en todas las dosis ensayadas. Agregan que ninguno de los dos productos inhibe el crecimiento del hongo dentro del árbol, encontrándose en la mayoría de los agujeros de oviposición gran cantidad de hifas.

Considerando que las larvas de *Sirex* 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. Desafortunadamente los productos asperjados en las zonas basales de los fustes se difunden suficientemente en la madera como para inhibir el crecimiento del hongo, mientras que las inyecciones en el tronco producen una translocación en forma espiralada, sin un movimiento lateral del producto químico en la madera del árbol (Talbot, 1977).

Eldridge y Taylor (1989) destacan que las larvas de *Sirex noctilio* pueden sobrevivir al tratamiento de la madera cuando esta se impregne con sales C.C.A. (Cobre, Cromo, Arsénico) y que posteriormente emergen de ella como adultos viables. Por el contrario, señala que las fumigaciones con bromuro de metilo son efectivas para matar a las larvas dentro de la madera. Este último tratamiento, debido a la alta toxicidad del producto, debe realizarse bajo estrictas normas de seguridad, manteniendo la madera en una atmósfera confinada durante la aplicación y permitiendo una adecuada ventilación para disipar el gas al término del tratamiento.

Opción silvícola

Existe acuerdo en el valor de mejorar las prácticas silvícolas como un medio de controlar los ataques de *Sirex noctilio* sobre plantaciones de *Pinus radiata*, ya que el ataque ocurre principalmente en rodales con árboles débiles suprimidos, sobredensos y dañados por el fuego, heladas o sequía (Talbot, 1977).

Algunos tratamientos silvícolas que incrementan el vigor del rodal son apropiados para mejorar su resistencia a los ataques de *Sirex noctilio*. Es así como los raleos,

al incrementar el diámetro de los árboles, reduce la resistencia del daño sobre los individuos seleccionados. La fertilización sin embargo, no parece tener efectos tan importantes (Coutts, 1965).

Experimentos realizados en Nueva Zelanda confirman que la avispa taladradora puede atacar y matar a los árboles cuando estos son podados en los meses de Verano. Las cifras derivadas de ese ensayo indican que un 39 a 60% de los individuos podados entre Septiembre y Febrero, son atacados por la avispa, mientras que en los testigos sin podar, este valor no excede de 28% (Zondag, 1964; Coutts, 1965).

Espinoza et al (1986) señalan como apropiado para prevenir el daño, realizar los raleos en forma oportuna. Ellos recomiendan que estas intervenciones se hagan en forma sistemática y selectiva, extrayendo hileras completas de la plantación, y también los individuos menos desarrollados, o atacados por *Sirex*, en las hileras remanentes. La faena se debe completar con la eliminación total de los residuos. Destacan que usando este esquema no se produce daño significativo, y que al no ralear el nivel de ataque puede superar el 60% de los árboles, tal como se señala en la figura 8.

De acuerdo con Eldridge y Taylor (1989), en sectores donde *Sirex* ya está establecido, se puede minimizar el riesgo adoptando las siguientes medidas:

- a) Evitando la plantación en terrenos de fuerte pendiente donde no se realizarán raleos.
- b) Restringiendo las podas altas y raleos, al período entre Mayo y Noviembre, es decir fuera de la estación de vuelo del insecto.
- c) Raleando en forma selectiva para mantener el vigor de los árboles del rodal durante la rotación.
- d) Evitando dañar los árboles por fuego o tratamientos silviculturales.
- e) Eliminando rápidamente los árboles dañados por causas naturales.
- f) Manteniéndose un alto nivel de higiene en los rodales eliminando los árboles enfermos y muertos.

Un efecto lateral no esperado en ensayos realizados en Victoria, Australia, donde se probaban herbicidas para raleo químico no comercial de *Pinus radiata*, mediante

inyecciones a la base del tronco, fue que los árboles tratados podían atraer a gran cantidad de avispas, aunque la población de ellas en el sector fuera baja. Este hecho observado en Australia vino sólo a corroborar el principio del árbol cebo descubierto hace muchas décadas. Los árboles cebo localizados estratégicamente son de gran utilidad para la detección temprana, vigilancia periódica y el control de *Sirex noctilio* en plantaciones de pino susceptibles (Neumann et al, 1982). Se han detenido efectos análogos al anillar a los árboles para convertirlos en cebos.

Otra alternativa de control silvícola es la implementación de programas de mejora genética que permitan cultivar individuos resistentes a *Sirex*. En este sentido, se ha observado que un individuo vigoroso produce más etileno cuando es atacado por la avispa, de modo que esta variable puede servir como indicador del grado de resistencia (Talbot, 1977). De igual forma se puede identificar al material más tolerante utilizando las "Pruebas de Mucus" y posteriormente propagar a aquellos más promisorios.

Alternativa biológica

Las medidas de control biológico contemplan la introducción desde su lugar de origen y el establecimiento en el lugar de control, de enemigos naturales sean estos parásitos o predadores del insecto plaga que se pretende regular.

Este tipo de control se propone como una solución al problema de *Sirex 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 (Eldridge y Taylor, 1989).

En el sudeste Australiano se ha utilizado esta estrategia de control, introduciendo y liberando avispas y nemátodos parásitos de *Sirex noctilio*, con lo que se han obtenido distintos grados de regulación de su población (Neumann et al, 1982). En Tasmania el control ha sido satisfactorio y las poblaciones de *Sirex* han declinado rápidamente a niveles muy bajos, mientras que en Victoria los nemátodos y avispas no siempre han sido capaces de prevenir el daño a las plantaciones, probablemente como consecuencia de la muy baja tasa de dispersión de estos agentes (Neumann y Minko, 1981).

Los principales agentes de control biológico de *Sirex* incluyen al nemátodo *Deladenus siricidicola* (*Neotylenchidae*) y a varias avispas parásitas de las familias *Ichneumonidae*, *Ibaliidae* y *Stephanidae* (Neumann y Morey, 1984; Eldridge y Taylor, 1989; Talbot, 1977; Neumann y Minko, 1981).

Algunos parásitos australianos nativos también infectan ocasionalmente a *Sirex*, pero no en grado significativo. Es el caso *Certonotus tasmanensis* (*Ichneumonidae*) que ha alcanzado niveles de parasitismo en Victoria y Tasmania de hasta 15%. Aún así su presencia es esporádica, resultando poco probable que juegue un papel importante en el control (Taylor, 1981). Adicionalmente, Talbot (1977) indica que las aves silvestres pueden tener un pequeño efecto en el control de la población de *Sirex*, pero que puede llegar a ser importante en algunas áreas específicas.

De entre los principales parásitos de *Sirex*, las avispas *Rhyssa persuasoria* (*Ichneumonidae*) e *Ibalia leucospoides* (*Ibaliidae*) fueron las primeras en ser introducidas a Nueva Zelanda, desde Inglaterra. Posteriormente se intentó introducir otras especies, pero sólo algunas de ellas se criaron con éxito, llegando a establecerse definitivamente las especies *Ibalia rufipes drewsewi* (*Ibaliidae*), *Megarhyssa nortoni nortoni*, *Odontocolon geniculatus* (*Ichneumonidae*) y *Schlettererius cinctipes* (*Stephanidae*) (Taylor, 1981). Ultimamente se ha confirmado la aclimatación en áreas de New South Wales de *Rhyssa hoferi*, procedente de norteamérica (Eldridge y Taylor, 1989).

La acción de estas avispas parasitarias es sinérgica, pues más que competir por las larvas de *Sirex noctilio*, se complementan entre sí.

Las especies *Ibalia leucospoides* e *I. rufipes drewseni* atacan a *Sirex* antes y después de la eclosión de los huevos, pudiendo parasitar el primer o segundo estado larval (Eldridge y Taylor, 1989). Ambas son endoparásitos hasta el tercer estado después emergen de la larva hospedante para transformarse en ectoparásitos.

I. leucospoides emerge más o menos en el mismo período que su hospedante, de manera que sólo puede atacar a *Sirex* cuando los huevos eclosionan en pocas semanas después de la oviposición. La subespecie *I. leucospoides ssp ensiger* emerge un poco más tarde en el Verano y por lo tanto mejora la eficiencia del control. Por Otra parte *I. rufipes drewseni* emerge en Primavera de modo que sólo puede atacar a *Sirex* cuando la eclosión de los huevos está retrasada. Por lo tanto no hay competencia entre ellas, aunque atacan al hospedante en el mismo estado de desarrollo (Taylor, 1981).

Las especies de *Rhyssa*, *Megarhyssa* y *Schlettererius* atacan a las larvas de *Sirex* en etapas más avanzadas de desarrollo (Eldridge y Taylor, 1989). estas emergen tarde en la Primavera o a comienzos de Verano, cuando la madera se ha resecado y muchas larvas de *Sirex* están retornando hacia la corteza para pupar. Todas las hembras de estos parásitos poseen un largo ovipositor, el que insertan a través de la madera para pinchar la larva del siricído y paralizarle. El huevo del parásito se deposita sobre la larva hospedante y el

individuo que emerge de él se alimenta ectoparasíticamente sobre el estado inmaduro de *Sirex*. Como consecuencia, la larva hospedante es destruida en pocas semanas. Después el parásito, especialmente *Megarhyssa*, puede pupar, y emergen adultos que atacan otra vez a la misma generación de hospedantes de la cual recién han emergido (Taylor, 1981).

Odontocolon geniculatus es un insecto pequeño que emerge en Primavera y que por poseer un avipositor corto, complementa el control, atacando a las larvas de *Sirex*, que por desarrollarse tardíamente se encuentran cerca de la superficie.

Neumann y Morey (1984) afirman que de las avispas mencionadas, sólo *Ibalia* puede ofrecer posibilidades de impacto sobre la población de *Sirex* del Norte de Victoria. Esto contrasta con antecedentes obtenidos en Tasmania, donde *Rhyssa*, especialmente *Rhyssa persuasoria*, tiene un comportamiento superior al de *Ibalia leucospoides*. Coincide, sin embargo con Talbot (1977), quién indica que *Rhyssa* es insuficiente para controlar a *Sirex* por sí sola, requiriendo complementarla con *Ibalia*, para obtener elevados porcentajes de parasitismo.

El escaso control alcanzado por algunas avispas puede deberse a las dificultades que tienen para localizar a su hospedante. En este sentido el hongo simbiote de *Sirex*, *Amylostereum areolatum*, juega un papel importante en la atracción de esos parásitos, los que responden a distintas concentraciones de estos en la madera, permitiéndoles encontrar a la larva de *Sirex* para parasitarla (Talbot, 1977; Taylor 1981).

El más efectivo agente de control biológico de *Sirex* es el nemátodo *Deladenus siricidicola* (Eldridge y Simpson, 1987; Eldridge y Taylor, 1989).

Talbot (1977) señala también como muy provisorio a *D. wilsoni*, pero agrega que ellos presentan el inconveniente de afectar a las avispas parásitas, especialmente a la de los géneros *Ibalia* y *Rhyssa*. Esta última aseveración es refutada por Neumann y Morey (1984), quienes señalan que la eficacia de los parásitos no se altera por efecto de *Deladenus siricidicola*, agregando que los niveles de emergencia de las avispas parásitas, al igual que sus proporciones de sexos, son independiente de la acción del nemátodo y que por lo mismo ambos agentes son complementarios.

Efectivamente, en lugares donde el nemátodo y las avispas parásitas se han introducido juntos e intensivamente, se han logrado tasas de control de hasta 90% (Eldridge y Taylor, 1989).

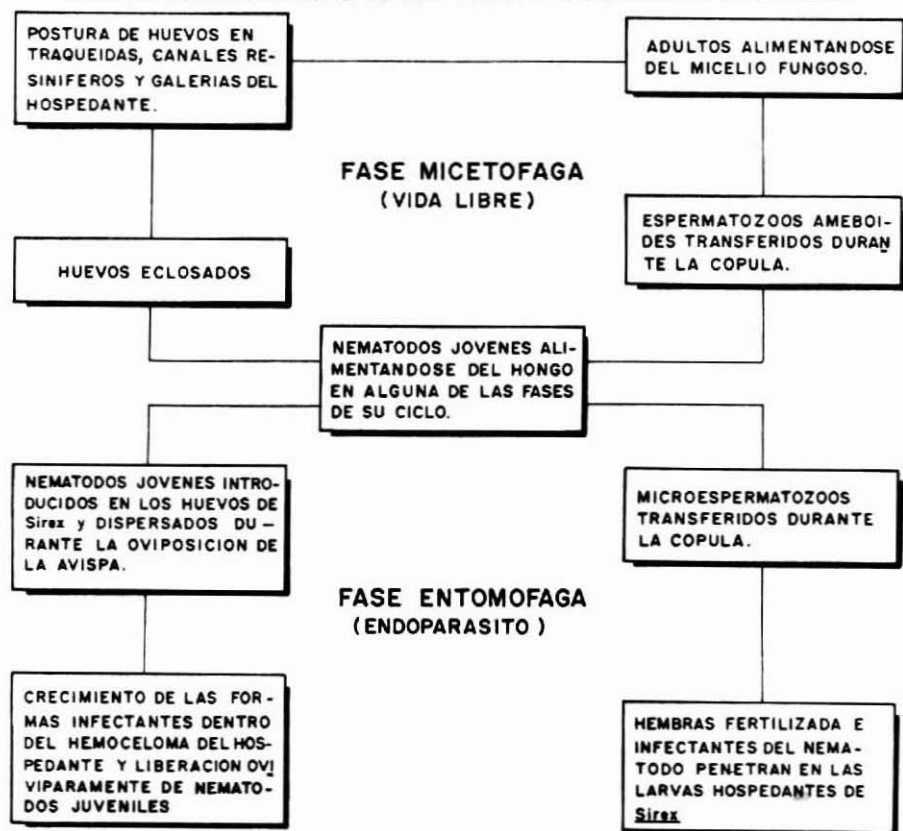
El nemátodo es superior a las avispas parasitarias como agente regulador, lo que

sugiere que el control de *Sirex* debe orientarse a la supresión de su capacidad reproductiva más que al parasitismo de sus estados inmaduros (Neumann y Morey, 1984).

Deladenus siricidicola es un nemátodo que se caracteriza por su extraordinario dimorfismo, la hembra presenta una fase de vida libre, de alimentación micetófaga y otra forma endoparásita de alimentación entomófaga. Al infectar a *Sirex noctilio* produce en los individuos adultos una atrofia de huevos y ovarios y una hipertrofia de testículos, como consecuencia de esto, las hembras son esterilizadas, aunque no afecta a la fertilidad de los machos (Talbot, 1977; Taylor, 1981; Neumann y Morey, 1984; Zondag, 1979; Eldridge y Taylor, 1989). En la figura 9 se indica un diagrama del ciclo de vida del nemátodo *Deladenus siricidicola*.

Figura 9

DIAGRAMA DEL CICLO DE VIDA DE *Deladenus siricidicola*



(Fuente: Taylor, 1981)



Una larva de *Sirex noctilio* parasitada por una cepa efectiva de *Deladenus*, llega a contener hasta cien nemátodos. Al comenzar la pupación, la reproducción del parásito se incrementa rápidamente, liberándose los nemátodos juveniles en forma ovovivípara dentro de la hemoceloma de la pupa hospedante, para posteriormente migrar hacia sus órganos reproductivos. Al emerger la avispa hembra parasitada, oviposita normalmente, pero junto con el mucus y el hongo simbionte, deposita sólo cáscaras de huevos, las que contienen hasta 200 nemátodos jóvenes. Estos migran a la madera alimentándose del hongo que allí se desarrolla, posteriormente crecen y ponen sus huevos en la zona próxima al agujero de oviposición de las avispas, quedando a la espera de que otra hembra sana los siga dispersando (Taylor, 1981).

Neumann y Morey (1984) demuestran experimentalmente que la presencia del nemátodo no tiene efecto significativo sobre la mortalidad de huevos de *Sirex noctilio* y tampoco influencia en el número de adultos que emergen ni en su proporción de sexos. Además concluyen que el parásito no produce mortalidad de estados juveniles de la avispa y que tampoco incide sobre el tamaño de los adultos. Esto último difiere de otros antecedentes que indican que las larvas de *Sirex* pueden morir de hambre, antes de alcanzar el tercer estado larval, cuando la densidad del nemátodo en la madera es alta, o que como consecuencia de la competencia entre la larva y la fase micetófaga del nemátodo, se producen avispas adultas más pequeñas (Taylor, 1981).

Deladenus siricidicola puede ser rápida y efectivamente introducido en las plantaciones donde no se presenta en forma natural. Para ello el método más adecuado es cultivarlo masivamente sobre *Amylostereum areolatum* y posteriormente inyectarlo con una jeringa en árboles que poseen larvas de *Sirex noctilio* (Zondag, 1979). Este procedimiento permite cultivar millones de nemátodos y almacenarlos en frío por más de cuatro meses. En el anexo 1 se incluye la metodología utilizada por la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) para la preparación, almacenamiento, transporte y aplicación de inóculos de nemátodos (Tadeu, E. 1989).

La dispersión de nemátodos después de su inoculación artificial, depende del grado de actividad de las avispas, si este es bajo la posibilidad de establecimiento y dispersión de *Deladenus* es reducida.

Manejo integrado de *Sirex*

Es evidente que en un momento en que se empieza a tomar conciencia sobre el valor del ambiente y por la necesidad de fomentar las exportaciones forestales se debe procurar un razonable equilibrio entre las tecnologías contaminantes para controlar el

Sirex y la efectividad del control. En un intento de contribuir hacia la optimización del control de esta plaga se deberá construir una matriz de actuaciones por áreas sensibles o zonas de riesgo. En cada una de estas áreas se deberá tener presente los esquemas básicos de manejo que las distintas compañías realizan en esas zonas. Se deberá tener especial cuidado con los esquemas de manejo para producir fibra debido a que las plantaciones localizadas en estas zonas son las que exhiben el mayor nivel de riesgo del *Sirex*. Esto no significa que se deben descuidar las plantaciones con una silvicultura intensiva, ya que recientes observaciones en Brasil (Rusiñor, 1991) indican la presencia de *Sirex* en plantaciones manejadas en forma intensiva.

Una vez definida los estratos de riesgos se deben realizar inspecciones y vigilancia continuas y permanentes. El éxito de las medidas que aconseja el control integrado dependen fuertemente de la temprana detección de los árboles afectados. La intensidad del muestreo en los estratos definidos es una función del nivel de riesgo y el costo de reposición del cultivo.

Después de la detección será necesario evaluar rápidamente el o los focos, para proceder inmediatamente a cumplir el calendario de manejo integral de la plaga.

La moderna investigación en regulación de poblaciones de *Sirex noctilio* prescribe como forma de control la combinación del efecto de los reguladores biológicos con la localización estratégica de grupos de árboles, que mediante inyecciones de herbicidas se han hecho artificialmente atractivos y susceptibles a *Sirex* (Neumann y Minko; Neumann y Morey, 1984).

Se puede mejorar rápidamente el control de *Sirex* en plantaciones de pino sin raleo, donde el nemátodo y las avispas parásitas están establecidas, al usar un sistema de árboles cebo por al menos dos años seguidos. El sistema consiste en grupos de 10 árboles emplazados estratégicamente para que sean de fácil acceso, y separados entre grupos por aproximadamente un kilómetro. Ellos son inyectados con una solución del herbicida Dicamba al 20% durante comienzos de Octubre a Noviembre (Neumann y Morey, 1984). En el anexo 2 se describe la metodología para establecer árboles cebos utilizados por la Empresa Brasileira de Investigaciones Agropecuarias (EMBRAPA) (Tadeu, E., Pentead, S. y machado, D. s/f).

Los árboles tratados emiten poderosas sustancias volátiles que atraen a *Sirex*, constituyéndose en un habitat ideal para el insecto y sus enemigos naturales. *Sirex* oviposita abundantemente sobre estos árboles, además el desarrollo, maduración y la subsecuente emergencia de imagos de la avispa taladradora y de sus parásitos, lo mismo

que la capacidad infectiva del nemátodo no se ven afectadas adversamente por el tratamiento con herbicida (Neumann et al, 1982; Neumann y Morey, 1984).

El control biológico puede ser mejorado al voltear los árboles trampa después del período de vuelo de *Sirex*, e inyectarlos con una preparación de *Deladenus*, a razón de 4 ó 5 descargas de 1 ml, con 2.500 nemátodos, cada una por metro de tronco. Con esto se asegura que las hembras de *Sirex* se esterilizarán antes de emerger. Posteriormente se espera que la hembra estéril disperse al nemátodo, durante su actividad ovipositora, y con esto contribuya al rápido colapso de la población de *Sirex* en la plantación (Neumann y Minko, 1981; Neumann y Morey, 1984).

En síntesis, esta forma de control facilita las relaciones implicadas en la regulación biológica, pues concentra a *Sirex* y a sus enemigos sobre una mayor cantidad de árboles lo que facilita que se produzcan las interacciones entre ellos (Neumann y Morey, 1984).

Esta breve descripción del control integrado en ningún caso implica que no se deben usar insecticidas, sino que su alto costo y su aún escasa efectividad, por lo difícil que es su implementación, ligada al alto costo ambiental lo hacen una alternativa aplicable en situaciones muy específicas.

Finalmente, para el correcto manejo sanitario de la avispa se debe recordar además que:

- a) El pino insigne es la especie más susceptible a su ataque.
- b) Las plantaciones sobre suelos pobres de la VII y VIII Regiones, en condiciones de alta temperatura, son apropiadas para el desarrollo de *Sirex*.
- c) El manejo inadecuado realizado por los pequeños propietarios constituye una vía para la dispersión de la plaga. Así como también los actuales esquemas de producción de fibra de las grandes empresas, particularmente en sus rodales con gran densidad de árboles por hectárea en la VI, VII y VIII Regiones.
- d) Sin considerar el daño que pueda producir, su sola presencia en el país puede ser un tropiezo para las futuras exportaciones.

Frente a este tipo de consideraciones se destaca la importancia de manejar la información necesaria para enfrentar adecuadamente un eventual brote epidémico, o

mejor aún, para adoptar las medidas que eviten que este se produzca.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Sr. Nelson Vergara, Jefe de Proyectos de Forestal CELCO y al Sr. Ricardo Rusiñor, Jefe de la Unidad de Protección Fitosanitaria de la misma empresa por los valiosos comentarios y sugerencias para mejorar el documento. A Don Sergio Fuenzalida por la traducción del idioma portugués al español de los anexos 1 y 2. También expresamos nuestro reconocimiento a Don Emilio Benavides por la paciencia en la confección de diagramas y dibujos.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, A.; Lanfranco, D. (1988): La avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) y las implicancias de su introducción potencial en Chile; Tema: Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae). Concepción, Corporación Nacional Forestal. 13 p.

Akhurts, R. J. (1975) Cross-breeding to facilitate the identification of *Deladenus* spp., nematode parasites of woodwasp. *Nematologica* (21): 267-272.

Allgemeine Forstzeitung (1981) Der burgenländische wald: Die urbarialgemeinden.

Australia, Forestry Commission, Tasmania (1976) Forest Pest and Diseases, Leaflet, Forestry Commission, Tasmania.

Bedding, R.A. (1968) *Deladenus wilsoni* N. sp. and *D. siricidicola* N. sp. (Neotylenchidae), entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasps, *Nematologica* (14): 515-525.

Bedding, R.A. (1972) Biology *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-mycetophagous nematode parasitic in siricid woodwasp. *Nematologica* (18): 482-493.

Bedding, R.A. (1974) Five new species of *Deladenus* (Neotylenchidae), entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasp. *Nematologica* (20): 204-225.

Bedding, R.A. (1991). Controlling the woodwasp *Sirex noctilio*. Nematode Group. Csiro Division Entomology 7 p.

Bedding, R.A.; Akhurst, R.J. (1974) Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the

biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of the Australian Entomological Society 13:129-135.

Bedding, R.A.; Akhurst, R.J. (1978) Geographical distribution and host preferences of *Deladenus* species (nematoda: Neotylenchidae) parasitic in siricid woodwasp and associated Hymenopterous parasitids. Nematologica (24): 286-291.

Benz, G.; Aizawa, K.; Jaques, R.P.; Harper, J.D.; Pinnock, D.E. (1976) Proceedings of the first international colloquium on invertebrate pathology and IXth annual meeting. Canadá, Society for Invertebrate Pathology Queen's University at Kingston. iii-461 pp.

Bowling, P.J.; Dolezal, J.E. (1970) Initial note on the development of a "mucus test" to determine resistance of *Pinus radiata* to attack by *Sirex noctilio*. Australian Forest Res. 5 (1) : 57-62.

Cameron, E.A. (S/F) Californian Station The Siricinae (Hym: Siricidae) and their parasities. Bulletin Tecnical Commonwealth Institute of Biology Control. pp. 1-31.

Casals, B.P. (1988) Seminario: La avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) y las implicancias de su introducción potencial en Chile; Tema: *Sirex noctilio* una plaga potencial de peligro económico, Concepción, Corporación Nacional Forestal. 7 p.

Commonwealth Scientific Industrial Research Organization (1973) A setback to *Sirex* Rural Research N° 81 : 28-32.

Coutts, M.P. (1965) *Sirex noctilio* and the Physiology of *Pinus radiata*; some studies of interactions between the insect, the fungus, and the tree in Tasmania. Bulletin Commonwealth of Australia Department of National Development Forestry and Timber Bureau, Bulletin N° 41, 79 p.

Coutts, M.P. (1968) Rapid physiological change in *Pinus radiata* following attack by *Sirex noctilio* and its associated fungus, *Amylosterum* spp. Australian Journal Science 30 (7): 275-276.

Coutts, M.P. (1969) The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*; I. Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. Australian Journal Biological Science 22: 915-924.

Coutts, M.P. (1969) The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*; II Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. Australian Journal Biological Science 22:915-924.

Coutts, M.P.; DOLEZAL, J.E. (1965) *Sirex noctilio*, its associated fungus, and some aspects

of wood moisture content. Australian Forest Research 1 (4) : 14-22.

Coutts, M.P.; Dolezal, J.E. (1966) Poliphenols and resin in the resistance mechanism of *Pinus radiata* attacked by the wood wasp, *Sirex noctilio*, and its associated fungus. Leaflet (101) 19 p.

Coutts, M.P.; Dolezal, J.E. (1966-67) Some effects of bark cincturing on the physiology of *Pinus radiata*, and on *Sirex* attack. Australian Forest Research 2 (2) : 17-26.

Coutts, M.P.; Dolezal, J.E. (1969) Emplacement of fungal spores by the woodwasp, *Sirex noctilio* during oviposition. Forest Science 15 (4) : 412-416.

Dolezal, J.E. (1966-67) Some observations on behaviour of *Sirex noctilio* when used for artificial attack on *Pinus radiata*. Australian Forest Research 2 (4) : 26-30.

Echeverria, N.E. (1985) Informe sobre *Sirex noctilio*. Instituto Nacional Forestal. Ministerio de Economía, Uruguay. 13 p.

Eldridge, R.H.; Simpson, J.A. (1987) Development of contingency plans for use against exotic pests and diseases of trees and timber; 3. Histories of control measures against some introduced pests and diseases of forest and products in Australia. Australian Forestry 50 (1) : 24-36.

Elliott, D.A. (1976) The influence of disease and insect problems on management practice in Kaingaroa Forest. New Zealand Journal of Forestry Science 6 (2) : 188-192.

Emater/Paraná. 1989. Video: Vespa da madeira inimigo do pinos. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa Florestal. Brasil. 24 minutos.

Eriksson, K.B. (1965) Crossing experiments with races of *Ditylenchus dipsaci* on callus tissue cultures. Nematologica (11) : 244-248.

Eriksson, K.B. (1974) Intraspecific variation in *Ditylenchus dipsaci*; 1. Compatibility test with races. Nematologica (20) : 147-162.

Espinoza, Z.H.; Lavanderos, V.A.; Lobos, A.C. (1986) Informe reconocimiento de la plaga de *Strex noctilio* en plantaciones de pinos de Uruguay y Argentina. Santiago de Chile, s.e. 20 p.

FAO (1986) Uruguay. *Sirex noctilio* on conifers. Plant Protection Bulletin 34 (3) 164.

Forest Research Institute (1974) *Sirex*, a situation report. What's new in forest research (13) : 4 p.

- Forest Research Institute, New Zealand. (1978)** Report for 1 January to 31 December 1977. Report Forest Research Institute. New Zealand 133 pp.
- Forestal Celco S.A. 1991.** Día de Trabajo en Control Biológico de Plagas y Enfermedades Forestales. Informe Final. Constitución, Marzo 1991. 103 p.
- Gilmour, J.W. (1964).** The life cycle of the fungal symbiont of *Sirex noctillo*. New Zealand Microbiological Society Conference, May 1964. 80-89 pp.
- Groves, R.H.; Cullen, J.M. Maelzer, DA. Geier, P.W.; Briese, D.T. (1981)** The ecology of pests Some Australian case histories. VIII, 254 p.
- Grujic, D. (1979)** Contribution to the knowledge of woodwasp (Hymenoptera: Siricidae) from localities in Serbia. Archiv Bioloskih Nauka 28 (3-4) : 169-174.
- Hall, M.J. (1968)** A survey of siricid attack on Radiata Pine in Europe. Australian Forestry (32) 155-162
- Haugen, D.A.; Bedding, R.A.; Underdown, M.E.; Neumann, F.G. (1990)** National strategies for control of *Sirex noctillo* in Australia. Australian Forest Grover 13 (2) 8 p.
- Haugen, D.A. (1990).** Control procedures for *Sirex noctillo* in the green triangle: review from detection to severe outbreak (1977-1987). Australian Forestry 53 (1) : 24-32.
- Haugen, D.A.; Underdown, M.E. (1990)** *Sirex noctillo* control program in repose to the 1987 green triangle putbreak. Australian Forestry 53 (1) : 33-40.
- Hocking, H. (1967)** Parasitims of *Sirex noctillo* by *Certonotus tasmaniensis*. Journal Australian Entomological Society (6) : 57-60.
- Holstein, H.E. (1970)** La avispa taladradora de madera; un insecto foráneo, plaga potencial del pino insigne. El forestal (4) 4 p.
- Hosking, G.P. (1977)** Insect survey in the Canterbury windthrow. What's New in Forest Research (48) : 4 pp.
- Kazmierczak, T. (1979)** The European species of the tribe rhyssini (Hymenoptera, Ichneumonidae). Acta Agraria et Silvestris (18) : 103-119; 127-137.
- Kile, G.A. (1974)** Drying in the sapwood of Radiata Pinus after inoculation with *Amylostereum* and *Sirex mucus*, Australian Forest Research 6 (4) : 35-40.

- Kile, G.A.; Bowling, P.J.; Dolezal, J.E.; Bird, T. (1974) The reaction of *Pinus radiata* twigs to the mucus of *Sirex noctilio* in relation to resistance to *Sirex* attack, Australian Forest Research 6 (3) : 25-34.
- Kirk, A.A. (1974) Bioclimates of Australian *Pinus radiata* areas and *Sirex* localities in the Northern Hemisphere. Australian Forestry (37) : 126-131.
- Klitscher, J.A. (1987) Mortality trends in *Pinus radiata* in Rotorua región. New Zealand Forestry (2) : 23-25.
- Lavanderos, V.A. (1988) Seminario: la avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) y las implicancias de su introducción potencial en Chile; Tema: factores que predisponen su presencia, métodos de prevención. Concepción, Corporación Nacional Forestal. 11 p.
- Lee, B. (1981) Pests control pests: but at what price?. New Scientist 89 (1236): 150-152.
- Madden, J.L. (1972) Host finding mechanism in *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) and two groups of Siricid parasites. In: Rafe, P.M. ed. XIII International Congress of Entomology, Moscow, 2-9 August, 1968. Proceeding v. 3 66 p.
- Madden, J.L. (1975) An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research (65) : 491-500.
- Madden, J.L. (1977) Direct evaluation of cambial activity in trees. Australian Forest Research 7 (3) : 145-150.
- Madden, J.L. (1977) Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Bulletin of Entomological Research 63 (3) : 405-426.
- Madden, J.L. (1981) Egg and larval development in the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Australian Journal of Zoology 29 (4) : 493-506.
- Madden, J.L. (1982) Avian predation of the wasp, *Sirex noctilio* F., and its parasitoid complex in Tasmania. Australian Wildlife Research 9 (1) : 135-144.
- Madden, J.L. (1968) *Sirex* in Australasia. In: Berrymann, Alan A. ed. Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications. p. 407-429.
- Madden, J.; Bashford, R. (1977) 1. The life history and behaviour of *Chlenias* sp., a geometrid defoliator of radiata pine in Tasmania. 2. Population biology of *Chlenias* sp., a geometrid defoliator of *Pinus radiata* in Tasmania. Journal of the Australian Entomological Society 16 (4) : 371-378.

- Madden, J.L.; Coutts, M.P. (1974)** The role of fungi in the biology and ecology of woodwasps (Hymenoptera: Siricidae). In: Batra ed. Insect. Fungus Symbiosis. Allanheld. pp. 165-174.
- Madden, J. L.; Irvine, C.J. (1971)** The use of lure trees for the detection of *Sirex noctilio* in the field. Australian Forestry 35 (2) : 164-166.
- Marsden, J.S.; Martin, G.F.; Parham, D.J.; Smith, T.J.R. (1980)** Returns on Australian agricultural research. The joint Industries Assistance Commission-CSIRO benefit-cost study of the CSIRO Division of Entomology. viii, 107 p.
- McKimm, R.J.; Walls, J.M. (1980)** A survey of damage caused by the *Sirex* wood wasp *Sirex noctilio* in the radiata Pine plantation at Delatite, north-eastern Victoria, between 1972 and 1979. Forestry Technical Papers, Forests Commission, Victoria (28) : 3-11.
- Minko, G. (1981)** Chemicals for non-commercial thinning of *Pinus radiata* by basal stem injection. Australian weeds 1 (1) : 5-7.
- Morgan, David F. (1968)** Bionomics of Siricidae. Ann. Review of Ent. N° 13: 239-256.
- Morgan, F.D.; Stewart, N.C.; Horwood, D.W. (1971)** Translocations of insecticides in radiata pine and effectiveness on *Sirex noctilio*. Australian Forestry 35 (3) : 133-142.
- Mucha, S. (1965)** The establishment and spread of *Sirex noctilio* F. in Tasmania from 1950 to 1964. Australian Forest research 3 (1) : 3-23.
- Neumann, F.G. (1970)** Abnormal *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Australian Entomological Society (9): 168-169.
- Neumann, F.G. (1979)** Insect pest management in Australian Radiata Pine plantations. Australian Forestry 42 (1) : 30-38.
- Neumann, F.G.; Harris, J.F.; Kassaby, F.Y.; Minko, G. (1982)** An improved technique for early detection and control of the *Sirex* wood wasp in Radiata Pine plantations. Australian Forestry 45 (2) : 117-124.
- Neumann, F.G.; Minko, G. (1981)** The *Sirex* woodwasp in Australian Radiata Pine plantations. Australian Forestry 44 (1) : 46-63.
- Neumann, F.G.; Morey, J.L. (1984)** Influence of natural enemies on the *Sirex* woodwasp in herbicide treated trap trees of radiata pine in North Eastern Victoria. Australian Forestry 47 (4) : 218-224.

- Neumann, F.G.; Morey, J.L.; Mckimm, R.J. (1987). The *Sirex* wasp in Victoria. Conservation. Forest Lamts & Melbourne Bulletin 29, 40 p. Conservation.
- New Zealand Forest Research Institute. (1978) Report for 1 January to 31 December 1977. Review of Applied Entomology A, 67, 3399.
- Nuttall, M.J. (s.f) *Rhyssa lineolata* (Hymenoptera: Ichneumonidae), as a parasite of *Sirex noctilio* in New Zealand. New Zealand Journal Forest Science 4 (3) : 487-494.
- Nuttall, M.J. (1980) *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidas) Nematode parasite of *Sirex*. Forest and Timber Insects in New Zealand (48) : 7 p.
- Nuttall, M.J. (1980) Insect parasites of *Sirex* (Hemiptera: Ichneumonidae, Ibalidae, and Orussidae). Forest and Timber Insects in New Zealand (47) : 11 p.
- Ohmari, C.P. (1980) Insect pests of *Pinus radiata* plantations: present and possible future problems. Australian Forestry 43 (4) : 226-232.
- Paton, R.; Creffield, J.W. (1987) The tolerance of some timber insect pests to atmospheres of carbon dioxide and carbon dioxide in air. International Pest Control 29 (1) : 10-12.
- Pinnock, D.E. (1976) Research on microbial control of insects in Australia. Proceedings of the 1st International Colloquium on Invertebrate Pathology and IXth Annual Meeting, Society for Invertebrate Pathology Queen's University at Kingston, Canada. 74-77 pp.
- Rawling; G.B. (1949) Recent observations on the *Sirex noctilio* population in *Pinus radiata* forest in New Zealand. In: Seventh Pacific Congress, Auckland. pp. 411-421.
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne; informe final de consultoría. Santiago de Chile. 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantas de pino insigne, informe final de consultoría. Anexo 1, Calendario detallado de la misión. Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 2, Importancia de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987) Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne, informe final de consultoría. Anexo 3 - 4, Ciclo de vida de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).

- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 5, Factores que regulan las poblaciones de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 6, Control de *Sirex noctilio*. Santiago, Chile 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne, informe final de consultoría. Anexo 7, Problemática que pueden presentar diversas plagas foráneas en Chile y línea general de acción cuarentenaria. Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).
- Robredo, J.F. (1987)** Prevención y control de plagas en plantaciones de pino insigne informe final de consultoría. Anexo 8, Algunos aspectos de la acción cuarentenaria de contenedores Santiago, Chile. 53 p. (8 anexos).
- Rusiñor, R. (1991)** Comunicación Personal.
- Schopf, R. (1987)** On the importance of animals as vectors of plant pathogenic microorganisms in forest ecosystems. Allgemeine Forst - und Jagdzeitung 158 (1) : 1 - 11.
- Shain, L.; Hillis, W.E. (1972)** Ethylene production in *Pinus radiata* in response to *Sirex - Amylostereum* attack. Phytopathology 62 (12) 1407 - 1409.
- Simpson, R.F.; McQuilkin, R.M. (1976)** Identification of volatiles from felled *Pinus radiata* and the electro and tennograms they elicit from *Sirex noctilio*. Entomologia Experimentalis et Applicata 19 (3) : 205-213.
- Sirex Foundation Committee (s.f.)** A guide to WASP threat to our softwood forests. 6 p.
- Spradbery, J.P. (1977)** The oviposition biology of siricid in Europe. Ecological Entomology 2(3) : 225-230.
- Spradbery, J.P.; 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.
- Spradbery, J.P.; Kirk, A.A. (1981)** Experimental studies on the responses of European siricid woodwasps to host trees. Annals of Applied Biology 98 (2) : 179-185.
- Stillwell, M.A. (1960)** Decay Associated with woodwasp in balsam fir weakened by insect attack. Forest Science 6 (3) : 225-231.

- Sydney, New South Wales (1978)** Forestry Abstracts. Australia, Forestry Commission of New South Wales. Forestry Protection Series.
- Tadeu, E.I. (1989)** Preparação do inóculo de nematóide armazenamento, transporte e aplicação. Centro nacional de Pesquisa do Florestas. CNPF/EMBRAPA, Paraná. 3 p.
- Tadeu, E.I.; Penteado, S.; Machado, D. (S/F)** Seleção e instalação de arvores - armadilha para detecção da vespa - da madeira. CNPF/EMBRAPA, FUNCEMA 1 p.
- Talbot, P.H. (1977)** The *Sirex Amylostereum Pinus*. Association. Annals Review Phytopatology (15) : 41-54
- Taylor, K.L. (1976)** The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga 21 (4) : 429-440.
- Taylor, K.L. (1978)** Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera : Siricidae) in Tasmania. Oecologia (32) : 1-10.
- Taylor, K.L. (1980)** Studies with *Sirex noctilio* 1 (Hymenoptera: Siricidae) and its parasites that illustrate the importance of evaluating biological control attempts. Acta ecológica, Oecológica Applicata (2) : 181-187.
- Taylor, K.L. (1981)** The *Sirex* woodwasp: Ecology and control an introduced forest insect. In: Kiching, R.L.; Jones, R.E. The ecology of pest. 213-242 pp.
- Titze, J.F. (S/F)** Some aspects of the metabolism of *Amylosterum aerolatum*, the fungal symbiont of *Sirex noctilio*, in cultures on wood of *Pinus radiata*. Australian Forest Research 4 (4) : 19-22.
- Titze, J.F. (1965)** Physiological suppression in Pine radiata and its susceptibility to *Sirex*. Australian Forest Research 1 (3) : 51-55.
- Titze, J.F. (1968)** *Sirex* Wasp and its effect on productivity. In: 5th I.F.A. Conference Perth, (mimeog.) 9 p.
- Titze, J.F. Turnbull, R.A. (1970)** The effect of club gland secretions of *Sirex noctilio* on the growth of the symbiotic fungus *Amylosterum areolatum*. Australian Forest Research 4 (4) : 27-29.
- Titze, J.F.; Mucha, S. (1965)** Testing of vigorous regrowth trees for resistance to *Sirex* by infestation with caged insect. Australian Forest Research 1 (4) : 14-22.

- Titze, J.F.; Stahl, W. (1969)** Inoculation of *Pinus radiata* trees with *Amylosterum areolatum* the symbiotic fungus of *Sirex noctilio*. Australian Forest Research 4 (4) : 3-14.
- Titze, J.F.; Turnbull, C.R.A. (1970)** The development of *Sirex noctilio* in *Pinus radiata* logs in an oxygen-enriched atmosphere. Australian Forest Research 4 (1) : 39-40.
- Webster, J.M. (1980)** Biocontrol : The potencial of entomophilic in hincinematodes insect management. Journal of Nematology 12 (4) : 270-278.
- Zondag, R. (1964)** *Sirex* in pruning and thinning operations. New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Forest Pathology Branch report N° 10.
- Zondag, R. (1969)** A nematode infection of *Sirex noctilio* (F) in New Zealand. New Zealand Journal of Science (12) : 732-747.
- Zondag, R. (1973)** Introduction and establishment on *Deladenus siricidicola* Bedding. A new nematode parasite of *Sirex noctilio* F. in New Zealand. Forest Entomology Reports (35) : 35-38.
- Zondag, R. (1975)** Controlling *Sirex* with a nematode. In: Proceedings of the 28th N.Z. Weed and Pest Control Conference. pp. 196-199.
- Zondag, R. (1979)** Control of *Sirex noctilio* F. with *Deladenus siricidicola* Bedding; part 2. Introductions and establishments in the South Island 1968-75. N.Z. Journal of Forestry Science 9 (1) : 68-76. Journal of Forestry Science 9 (3) 268-276.
- Zondag, R. (1982)** Insect of the exotic forest of the Central North Island New Zealand. New Zealand Entomology 7 (3); 276-280.
- Zondag, R.; Nuttall, M.J. (1977)** *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) *Sirex*. Forest and Timber Insect in New Zealand N° 20 7 p.

ANEXO 1

PREPARACION, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y APLICACION DE INOCULO DE NEMATODO

Se considera que una mezcla de alrededor de 100.000 nemátodos es adecuada para la aplicación en 50 árboles.

PREPARACION DEL INOCULO

La preparación del inóculo para la aplicación de los nemátodos debe seguir el siguiente procedimiento :

- 1.- Hierba medio litro de agua.
- 2.- Pesar 150 grs. de gelatina en polvo sin sabor y disolverla con una pequeña cantidad de agua fría, esperar 2 a 3 minutos y agregar agua caliente revolviendo constantemente.
- 3.- Batir la gelatina con una batidora a una velocidad media hasta quedar completamente disuelta (por lo menos 2 minutos) y dejar enfriar por 10 minutos.
- 4.- Preparar un volumen de un litro de agua fría (1 ó 2°C) y agregar a la gelatina disuelta.
- 5.- Batir la mezcla a velocidad más alta hasta alcanzar el volumen máximo de la mezcla (aproximadamente 2 minutos).
- 6.- Cuando se haya alcanzado el volumen máximo, reducir la velocidad y vaciar el contenido de 5 tubos de ensayo con nemátodos (5 millones) y agregar algunas gotas de colorante líquido. Continuar batiendo, hasta que el colorante quede bien distribuido (aproximadamente 1 minuto). Se pueden utilizar diferentes colorantes para cada día de la semana para así asegurar que el inóculo es fresco.
- 7.- Vaciar la mezcla dentro de bolsas plásticas resistentes y recuperar el máximo posible de mezcla del recipiente y de las espas de la batidora.
- 8.- Lavar inmediatamente con agua caliente las espas, el recipiente y los tubos, éstos pueden ser luego reutilizados.

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

- 1.- El inóculo con gelatina debe ser almacenado y transportado en cajas de espuma plástica o térmica a una temperatura entre 5°C y 15°C.
- 2.- La suspensión concentrada de nemátodos debe ser almacenada a 5°C, pero nunca congelada.
- 3.- Evite almacenar el inóculo con gelatina de un día para otro. En caso de que esto fuera necesario, almacene a 5°C. El producto en estas condiciones debe ser usado al comienzo del día siguiente.

PROCEDIMIENTO PARA LA INOCULACION DE LOS NEMATODOS

Objetivo

Obtener la máxima cantidad de adulto de *Sirex* parasitados. Para la inoculación la dosis aproximada es 1.000 nemátodos esparcidos a cada 30 cm en árboles recientemente muertos por *Sirex*.

Materiales

- Inóculo de gelatina
- Martillo aplicador
- Jeringa de inoculación de 50 ml.

Métodos

- 1.- Para hacer las inoculaciones es necesario seleccionar árboles infectados recientemente por *Sirex*, por ejemplo los que exhiben presencia de manchas de hongos y los que no presentan orificios de salida o emergencia.
- 2.- Derribar el árbol y retirar todas las ramas de la copa, ésta operación facilita el acceso al fuste del árbol para realizar la inoculación.
- 3.- Hacer orificios de inoculación usando un martillo, usarlo correctamente para que regrese libremente sin ser empujado para afuera evitando dañar el vaciador, cuando el martillo queda atorado al orificio, procure tirarlo perpendicularmente al tronco, la profundidad del orificio deberá tener una media de 10 mm.

4.- La distancia entre los orificios deberá ser la siguiente:

- a) Trozas con diámetro de 5 a 15 cm una simple hilera de orificios cada 30 cm de distancia.
- b) Troncos con diámetro superior a 15 cm dos hileras de orificios a lo largo del tronco, cada 30 cm de distancia. Una hilera en la posición de las 18:00 hr y otra en una posición de las 14:00.

5.- El inóculo con gelatina es transportado en bolsas plásticas de polietileno inyectado de 6 litros, dentro de una caja de espuma plástica con bolsas de hielo. Cuando la gelatina no ha sido utilizada déjela en la caja, con la tapa cerrada para mantener la temperatura entre 5 y 15 °C.

6.- Para llenar la jeringa, haga un pequeño orificio en el canto de bolsa plástica y presione la gelatina dentro de la misma, evite hacer bolsas de aire en la jeringa.

7.- Coloque el émbolo en la jeringa e inserte la misma en el orificio de inoculación, presione el émbolo para que la gelatina penetre en el orificio.

8.- Cuando el orificio esté lleno de gelatina, haga una leve presión con el dedo. Esta compactación es necesaria para tener la certeza que la gelatina está íntimamente en contacto con la parte interna del orificio.

9.- La jeringa de inoculación debe ser lavada con agua después del uso para evitar obstrucciones.

OBSERVACIONES

- La inoculación de los nemátodos debe ser realizada entre Febrero y mediados de Agosto.

- Los mejores árboles para hacer la inóculación son aquellos recientemente muertos, con presencia de manchas fúngicas de color parda y de forma regular.

- El tenor de humedad de la madera debe estar sobre el 40%, aunque esto no es siempre posible.

- La temperatura ambiente para la inoculación debe estar bajo los 20 °C, ya que a temperaturas altas tiende a secarse la gelatina causando la muerte de los nemátodos.

- Es muy importante asegurar que los bordes del vaciador del martillo de aplicación permanezcan afilados ya que si el vaciador esta con los bordes irregulares los nemátodos serán incapaces de entrar en la traqueidas de la madera. El cambio de vaciadores deberá ser hecho cuando sea necesario, de todas manera deberá ser cambiado al final del día.

PORCENTAJE DE ARBOLES A SER INOCULADOS

- En sectores con 1 a 5 árboles infestados de *Sirex* por hectárea, se deben colocar los árboles cebos en redes de 500 m e inocularlos con nemátodos cuando estos sean infectados por el *Sirex*. Todos los árboles infestados naturalmente podrán ser inoculados.

- En áreas con 6 a 25 árboles infestados por *Sirex* por hectárea se inoculan 5 árboles por ha, bien distribuidos. Se establecen los árboles cebos en mallas de 500 m y se inoculan con los nemátodos durante el año subsiguiente.

- Cuando se contabilicen 25 ó más árboles infestados de *Sirex* por ha, se inoculan el 20% de ellos, por ejemplo todos los árboles infestados de *Sirex* en cada cinco líneas de plantación.

ANEXO 2

SELECCION E INSTALACION DE ARBOLES CEBOS PARA LA DETECCION DE LA AVISPA DE LA MADERA.

1.- Epoca: 1 de Agosto al 30 de Septiembre, dos meses antes de la cima poblacional de adultos de la avispa de la madera que ocurre generalmente entre Noviembre y Diciembre.

2.- Objetivos: Los árboles cebos son establecidos para:

- Detectar la presencia de *Sirex* en plantaciones con índices poblacionales bajos, del insecto, principalmente en plantaciones con riesgo de contagio.

- Proporcionar puntos de inoculación de nemátodos, que son los agentes de control biológico más eficaces.

- Fortalecer los puntos de liberación precoz de insectos parasitoides.

3.- Métodos: Para que un árbol funcione como cebo, este debe estar debilitado, ya que de esta forma puede atraer a la avispa de la madera. El "estrés" puede ser provocado por un anillamiento, retirando una banda de corteza de 5 cm de ancho y que alcance en profundidad al xilema, y a una altura de 5,5 m.

Registrar: fecha, lugar de instalación, diámetro medio de los árboles, etcétera.

La instalación de los grupos de árboles cebos debe seguir las recomendaciones expuestas más abajo:

- Decidir anticipadamente el lugar y el número de grupos que deberán ser instalados.

- Los grupos deben ser de 5 árboles, de preferencia con DAP entre 10 y 20 cm.

- En poblaciones sin manejo silvícola, el grupo debe colocarse en una línea; en poblaciones con manejo debe estar esparcido.

- Colocar los grupos de los árboles seleccionados como cebos.

- Eliminar los árboles muertos dentro de un grupo.

4.- Número de grupos de árboles cebos y su distribución: En áreas donde el *Sirex* está presente, hasta una distancia de 10 km, deberán ser instalados grupos de 5 árboles cada 500 m. Para distancias de 11 a 50 km los grupos serán espaciados cada 1000 m, sobre los 50 km principalmente en área de límites los grupos serán distanciados cada 10 km.

Instalar unos grupos, procurando cubrir toda el área de reforestación y en lugares de fácil acceso.

5.- Revisión de los grupos de árboles cebos: Revisar los grupos de árboles cebos en Enero y Mayo para verificar o no la presencia del ataque del insecto.