



SAG  
Ministerio de  
Agricultura

Gobierno de Chile

CHILE LO  
HACEMOS  
TODOS

# • Informe •

## **PROGRAMA CONTROL BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae): 2006-2017**

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO



SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO  
División Protección Agrícola y Forestal

## INFORME

# PROGRAMA CONTROL BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae): 2006–2017

2018



INFORME PROGRAMA CONTROL BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* F.  
(Hymenoptera: Siricidae): 2006-2017

CONTENIDO TÉCNICO:

Sandra Ide M.

Marcos Beéche C.

Ariel Sandoval C.

Alex Opazo P.

Patricia Velazquez B.

Maritza Schafer V.

Juan Carlos Aravena P.

Claudio Barrientos H.

Hermann Sievert B.

Milixsa Gonzalez A.

Juan Valenzuela E.

Max Peragallo R.

Claudia Muñoz A.

Rodrigo Gallardo V.

SubDepto. Vigilancia y Control de Plagas Forestales.

DISEÑO:

Departamento de Comunicaciones y Participación Ciudadana, SAG

Primera Edición digital: Noviembre de 2018

## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES GENERALES.	5
2. ACTIVIDADES DE CONTROL BIOLÓGICO.	6
2.1. El nematodo <i>Deladenus siricidicola</i> .	7
2.1.1. Inoculación con <i>Deladenus siricidicola</i> de parcelas cebo y árboles naturalmente infestados por la plaga.	
2.2. Los parasitoides: <i>Megarhyssa nortoni</i> , <i>Rhyssa persuasoria</i> e <i>Ibalia leucospoides</i> .	
2.2.1. Curva de vuelo de <i>Megarhyssa nortoni</i> e <i>Ibalia</i> <i>leucospoides</i> .	10
2.3. Evaluación niveles de control del parasito y parasitoides sobre <i>Sirex noctilio</i> .	11
3. COMENTARIOS FINALES.	16
4. BIBLIOGRAFÍA.	

INFORME PROGRAMA CONTROL BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* F.  
(Hymenoptera: Siricidae): 2006-2017

# 1

## ANTECEDENTES GENERALES

Entre las plagas que afectan a las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don se encuentra *Sirex noctilio* Fabricius, 1793, (Hymenoptera: Siricidae), insecto originario de Europa y África del Norte, que en su lugar de origen ataca principalmente individuos debilitados de los géneros *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Larix*, *Abies* y *Picea*; siendo *P. radiata* una de las especies más susceptibles (Spradbery & Kirk, 1978; Madden, 1988; Eldridge & Taylor, 1989). Gysling *et al.* (2016) indican que al año 2014 las plantaciones forestales chilenas cubrían una superficie total de 2.426.722 hectáreas, de las cuales el 59,1% correspondían a la especie *Pinus radiata*, seguida por *Eucalyptus globulus* Labill.(23,6%) y *Eucalyptus nitens* Deane & Maiden (10,5%). Tal patrimonio ha permitido que el sector forestal tenga una significativa participación en la economía del país, es así como el año 2015, las exportaciones del sector forestal alcanzaron los 5.439 millones de dólares, correspondiendo al 8,7% del total de las exportaciones totales del país (CORMA, 2017).

Siendo *Sirex noctilio* una especie cuarentenaria para el país, en la década de los noventa, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en conjunto con algunas empresas forestales del país (Coordinadas a través de CPF S.A), desarrolló un programa de detección temprana de esta avispa, en las regiones en las que se cultiva *Pinus radiata*, orientado a su detección y control oportuno, mediante la utilización de diferentes técnicas de detección, tales como el uso de árboles cebo debilitados con herbicida; prospecciones visuales y la utilización de trampas de embudo, ubicadas en áreas de riesgo de ingreso de la plaga. Es así como el año 2001 la plaga fue detectada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en ejemplares aislados y bosquetes de *P. radiata* ubicados en las provincias de Los Andes (Región de Valparaíso) y posteriormente en las provincias de Llanquihue y Osorno (Región de Los Lagos) y en el año 2002 en Temuco (Región de La Araucanía), declarándose el Control Obligatorio de la plaga en el país, estableciéndose una estrategia de erradicación.

El año 2006 el SAG decide realizar un cambio de estrategia, reformulando el objetivo del programa de la erradicación a una de supresión (Res. N°5366/06 del SAG), basada en la implementación de un programa de control biológico, mediante el uso de un complejo de enemigos naturales de la plaga, estableciéndose los siguientes objetivos:

## Objetivos generales

- Reducir los niveles poblacionales de la plaga en el país.
- Reducir el impacto negativo de *Sirex noctilio* en áreas de producción comercial de *Pinus radiata* en Chile.
- Reducir el impacto negativo de *Sirex noctilio* en las exportaciones de productos forestales.

## Objetivos específicos

- Detección temprana de *Sirex noctilio* en el área en peligro, mediante parcelas cebo, prospecciones y trampas de embudo.
- Supresión de poblaciones de *Sirex noctilio* mediante la multiplicación y liberación del nematodo parásito *Deladenus siricidicola* y de los parasitoides *Megarhyssa nortoni* (Cresson), *Rhyssa persuasoria* (Linnaeus), *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth) y otros similares, obtenidos en diferentes lugares del mundo, de manera de aumentar la base genética de los mismos y su adaptabilidad a distintas condiciones climáticas nacionales.
- Contención del avance de *S. noctilio* mediante la regulación de movimiento de maderas hospederas hacia las áreas libres.
- Control de las vías de ingreso de la plaga desde el extranjero, mediante el control a los embalajes de madera de internación.

A través del presente documento se da cuenta de las actividades de control biológico implementadas en el país para reducir las poblaciones de *Sirex noctilio* dentro del periodo comprendido entre los años 2006 al 2017.

## 2

# ACTIVIDADES DE CONTROL BIOLÓGICO

La vasta experiencia en países como Nueva Zelanda y Australia, ha demostrado que la introducción de agentes de control biológico es la medida más eficaz para el control de *S. noctilio* (Poo, 2002). El uso de productos químicos no es recomendado, ya que no es práctico ni económicamente efectivo, y además puede tener efectos negativos sobre los enemigos naturales y el ambiente (Haugen *et al.*, 1990; Neumann *et al.*, 1987). La especie más ampliamente utilizada en el mundo para el control de la plaga ha sido un nematodo de la familia *Neotylenchidae*, denominado *Deladenus siricidicola* B. (Nuttall, 1980a), el cual ha demostrado ser muy exitoso en los lugares donde ha sido introducido. Un complejo de parasitoides complementan su accionar, entre los que se pueden mencionar *Ibalia leucospoides* (Hockenwarth) (Hym.: Ibaliiidae), *Rhyssa persuasoria* (Linnaeus) y *Megarhyssa nortoni* (Creson) (Hym.: Ichneumonidae) (Nuttall, 1980b).

De esta manera a partir de 1997 se inició en el SAG un plan orientado al conocimiento, búsqueda y obtención del complejo de enemigos naturales de *S. noctilio*, constituido básicamente por *Deladenus siricidicola*, *Ibalia leucospoides*, *Rhyssa persuasoria* y *Megarhyssa nortoni* para su utilización en el ámbito de un programa de supresión, como alternativa a un programa de control con fines de erradicación de la plaga, en caso que esta última no fuera posible ser lograda.

### 2.1 El nematodo *Deladenus siricidicola*

*Deladenus siricidicola* fue descubierto en Nueva Zelanda por Zondag (1966), determinándose que su origen era europeo. En ese continente se encuentran varias cepas de este nematodo, de las cuales dos se establecieron en Nueva Zelanda, pero sólo una de las cepas esterilizaba los huevos de las hembras de *S. noctilio* (Bedding, 1992). Esta especie puede ser encontrada en los huevos, larvas, pupas y adultos de *S. noctilio*, o en madera que contenga el hongo simbionte de *S. noctilio* (Nuttall, 1980a).

Bedding (1967, 1972) describió el ciclo de vida de *Deladenus siricidicola*, determinando que presenta dos fases, una de vida libre o micetófaga, durante el cual se alimenta del hongo



simbionte *Amylostereum areolatum* (Chaillat ex Fr.) Boidin y otra de vida parasítica donde el nematodo se introduce dentro de las larvas del insecto-plaga. La fase micetófaga comienza en la madera, donde el nematodo deposita sus huevos en las traqueidas, canales resiníferos y galerías, produciéndose allí la eclosión de los juveniles, los cuales en una primera etapa se alimentan de *A. areolatum*. Esta fase de vida libre puede continuar de forma indefinida, sin necesidad de parasitar las larvas de la plaga.



FIGURA N°1.  
Huevos de *Sirex noctilio* parasitados con *Deladenus siricidicola* (Foto: SAG).

Una vez que los nematodos ubican las larvas de *S. noctilio*, las penetran a través de la epidermis con ayuda de los estiletes que poseen en el extremo anterior de su cuerpo. Dentro de la larva, los nematodos se reproducen rápidamente dirigiéndose a los órganos reproductivos. Una larva de *S. noctilio* puede ser invadida por hasta por 100 nematodos (Bedding & Akhurst, 1974). En las hembras adultas de *S. noctilio*, los nematodos invaden ovarios, oviductos y huevos provocando esterilidad y afectando la viabilidad de los mismos; cuando las hembras parasitadas de *Sirex noctilio* emergen, copulan con los machos y posteriormente oviponen normalmente (Bedding & Akhurst, 1974). Sin embargo, en vez de colocar huevos viables, sólo deposita huevos estériles, que pueden llegar a contener hasta 200 nematodos

juveniles (Eldridge & Taylor, 1989). Estos nematodos vuelven a la madera dando inicio nuevamente a la fase de vida libre (Bedding & Akhurst, 1974). En los machos adultos de *Sirex noctilio*, se produce una hipertrofia testicular, sin embargo esta estrategia no es útil, ya que la producción de espermios y su traslado a las vesículas ocurre tempranamente en las pupas, antes que los nematodos juveniles invadan los testículos. En consecuencia, los machos infestados no transmiten los nematodos durante la cópula y por lo tanto son fértiles (Bedding, 1972; Nuttall, 1980a).

El uso del nematodo tiene una serie de ventajas sobre el complejo de parasitoides, ya que al presentar un fase de vida libre puede ser criado y multiplicado en condiciones de laboratorio en medios de cultivos de uso corriente con el hongo *A. areolatum*; constituyéndose en un método sencillo, rápido, eficiente y de bajo costo, que puede ser inoculado fácilmente en el campo (Bedding & Akhurst, 1974).

Durante el año 1998 se firmó un convenio de cooperación entre SAG y EMBRAPA (Brasil) para el traspaso de un pie de cría de *D. siricidicola* a Chile, y capacitación a profesionales chilenos para la reproducción del nematodo en condiciones de laboratorio. Este material biológico quedó en condición de cuarentena en el Laboratorio de CPF-S.A, ubicado en Los Ángeles, Región del Biobío, hasta que se necesitara usarlo.

La producción masiva del nematodo *D. siricidicola* para su inoculación en Chile se inició el año 2006 en el Laboratorio de CPF-S.A., localizado en la ciudad de Los Ángeles (Región del Biobío), y a partir del año 2007 en el Laboratorio Regional del SAG de Osorno (Región de Los Lagos).

El Laboratorio del SAG de Osorno sigue un estricto protocolo de producción de dosis de *D. siricidicola*, donde la bioseguridad es de vital importancia, lo que asegura una producción de calidad. En los años que lleva funcionando el laboratorio de producción del nematodo nunca se ha producido un problema de contaminación. El SAG produce en promedio 1.000 dosis anualmente siguiendo el protocolo de producción creado por científicos australianos quienes optimizaron su producción. Los primeros años de producción de nuestro laboratorio se utilizó la cepa de *D. siricidicola* que se mantenía criopreservada hasta que en campo se comenzaron a detectar niveles de parasitismo altos en algunos puntos de muestreos, optándose por realizar aislamientos de *D. siricidicola* y de su hongo simbionte, desde aquellos predios donde los niveles de parasitismo fueran los más altos de la temporada evaluada. Esta actividad es realizada anualmente, de esa manera se evitan problemas de domesticación del nematodo.

El estándar del SAG establece que cada dosis (de 20 ml de solución) debe contener como mínimo 1.000.000 de nematodos juveniles; aunque el año 2015 cada dosis producida por el SAG contenía 2.100.000 de nematodos juveniles. El rendimiento promedio de una dosis es de 5 árboles. Las dosis producidas por el SAG son utilizadas para efectuar inoculación de parce-

las cebo y árboles naturalmente infestados en predios de pequeños y medianos propietarios forestales.



FIGURA N°2.

Matraces con trigo, el hongo *Amylostereum aerolatum* y *Deladenus siricidicola*.  
Laboratorio Regional del SAG/Osorno, Región de Los Lagos (Foto: SAG)

### 2.1.1 INOCULACIÓN CON *Deladenus siricidicola* DE PARCELAS CEBO Y ÁRBOLES NATURALMENTE INFESTADOS POR LA PLAGA.

La inoculación con *Deladenus siricidicola* se efectúa en el 100% de las parcelas cebo instaladas dentro de las áreas bajo cuarentena de la plaga. Esta actividad comenzó el año 2006 en las parcelas cebo ubicadas en las regiones de Los Lagos, Los Ríos y La Araucanía. Actualmente se inoculan todas las parcelas cebo localizadas en las regiones de O'Higgins, el Maule, Biobío, La Araucanía y Aysén, de acuerdo a las metas anuales establecidas por el SAG; además, en los últimos años se han estado realizando inoculaciones de árboles infestados naturalmente. La acción del SAG se concentra en los predios de pequeños y medianos propietarios forestales, en tanto las grandes empresas forestales realizan similar acción en sus predios.

A partir del año 2006 y hasta el año 2017 el SAG ha inoculado 12.171 parcelas cebo en todo el país, lo que constituye más de 60 mil árboles que han sido proporcionados por pequeños y medianos propietarios (Cuadro N°1). Adicionalmente el año 2016 se inició una inoculación de árboles naturalmente infestados, en zonas con bajos niveles de parasitismo y alta infestación por *Sirex noctilio*, inoculándose entre el año 2016 y 2017, 2.904 árboles distribuidos en las regiones de O'Higgins, del Maule, Biobío, La Araucanía y Aysén.



FIGURA N°3.

Inoculación de parcelas cebo con *Deladenus siricidicola* en la Región de Los Lagos (Foto: SAG).

CUADRO N°1.

Número de parcelas cebo inoculadas con *Deladenus siricidicola* por Región y año.

REGIÓN	NÚMERO DE PARCELAS CEBO INOCULADAS												
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL
VALPARAÍSO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
METROPOLITANA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
O'HIGGINS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	6
EL MAULE	-	-	-	-	-	-	30	100	123	172	254	302	981
BIOBÍO	-	-	-	14	43	152	224	356	333	420	373	355	2.270
LA ARAUCANÍA	114	358	308	374	362	536	387	373	384	398	355	343	4.292
LOS RÍOS	407	694	276	200	314	235	166	146	105	57	54	0	2.654
LOS LAGOS	-	-	353	411	392	343	189	143	69	28	26	0	1.954
AYSÉN	-	-	-	-	-	-	7	16	16	16	8	14	77
<b>TOTAL</b>	<b>521</b>	<b>1.052</b>	<b>937</b>	<b>999</b>	<b>1.111</b>	<b>1.266</b>	<b>996</b>	<b>1.118</b>	<b>1.014</b>	<b>1.075</b>	<b>1.064</b>	<b>1.018</b>	<b>12.171</b>

Desde el año 2012 en las regiones de Los Lagos y Los Ríos se disminuyó la cantidad de parcelas inoculadas, debido a los altos niveles de control biológico detectados. Durante el año 2016 no se instalaron parcelas cebo en esas regiones, por lo cual el año 2017 sólo se realizó control biológico a través de la liberación de parasitoides. Sin embargo, dichas regiones continúan con las actividades de vigilancia de la plaga, con el fin de tomar las medidas de control necesarias si se llegara a detectar un incremento de las poblaciones de la plaga.

## 2.2. Los parasitoides: *Megarhyssa nortoni*, *Rhyssa persuasoria* e *Ibalia leucospoides*

*Megarhyssa nortoni*, *Rhyssa persuasoria* e *Ibalia leucospoides* fueron introducidas y liberadas en Australia y Nueva Zelandia en la década de los años 60, luego de pasar por una cuarentena, sin que hasta ahora se reporte algún ataque a algún organismo que no haya sido el objetivo de control (Miller and Clark 1935, 1937; Zondag 1959; Cameron 1965; Nuttall 1972; Taylor 1976, 1978; Murphy 1998). Estos parasitoides han ayudado a controlar las poblaciones de *Sirex noctilio* en los países mencionados anteriormente, evitando que esta continúe provocando daños económicos y ambientales.

*Megarhyssa nortoni* es originaria de Norteamérica y es específico de insectos de la familia Siricidae que ataca especies arbóreas de coníferas (Taylor, 1976; Nuttall, 1980b; Murphy, 1998). En Chile no existen especies nativas de la familia Siricidae, solo están presentes dos especies de insectos introducidos accidentalmente al país (*Sirex noctilio* y *Urocerus gigas* L, 1758) y que están asociadas a árboles del género *Pinus*. Adicionalmente, no existen especies de árboles nativos del género *Pinus*. Por lo cual no existe riesgo que este parasitoide ataque a un insecto nativo.



FIGURA N°4.  
Hembra de *Megarhyssa nortoni* (Foto:SAG).

La especie es un ectoparasitoide de larvas de siricidos que atacan coníferas, un 20% de la población no entra en diapausa y presenta un ciclo de vida corto (tres meses de duración) con emergencia a fines de primavera y mediados de verano y un ciclo anual con emergencias a inicios de primavera del siguiente año (Taylor, 1976; Newman *et al.*, 1987; SAG datos sin pub.). Esta característica hace que la especie logre establecerse rápidamente en un área dada (Nuemman *et al.*, 1987). Sin embargo, debido a su gran tamaño, presenta una tasa de dispersión bastante baja (aprox. 8 km), por lo cual es necesario realizar su liberación en campo y así acelerar una mejor distribución espacial.

*Rhyssa persuasoria* es originaria de Europa, Japón, Marruecos, Canadá, USA (Arizona, Nevada, Nuevo México); fue Introducida a Nueva Zelanda desde Europa y a Australia desde Europa (Inglaterra, Francia, Portugal España, Italia, etc.), USA (Colorado, Arizona), Canadá, Marruecos, Turquía y Japón.



FIGURA N°5.  
Hembra de *Rhyssa persuasoria* (Foto: SAG).

*Rhyssa persuasoria* también es un ectoparasitoide de larvas y pupas de siricidos que atacan coníferas (Spradbery, 1970), cuya población mayoritariamente entra en diapausa en invierno, lo que hace más lento su establecimiento. Al igual que *Megarhyssa nortoni* presenta un bajo nivel de dispersión, debido principalmente a su tamaño.

*Ibalia leucospoides* es el tercer parasitoide específico utilizado para el control de *Sirex noctilio*, esta especie originaria de Europa (Kerrich, 1983), había sido ingresado, al país por el SAG, previamente para el control de *Urocerus gigas gigas* (Hym.: Siricidae), especie exótica asociada a arboles debilitados de *Pinus radiata*. Cuando *Sirex noctilio* se estableció en el país, *Ibalia leucospoides* tenía una amplia distribución geográfica y prontamente fue detectada atacando huevos y larvas de primer y segundo estadio de la plaga (Ruiz, 2007). Es importante mencionar que *Ibalia leucospoides* presenta una estrecha relación con especies de la familia Siricidae, que atacan coníferas.

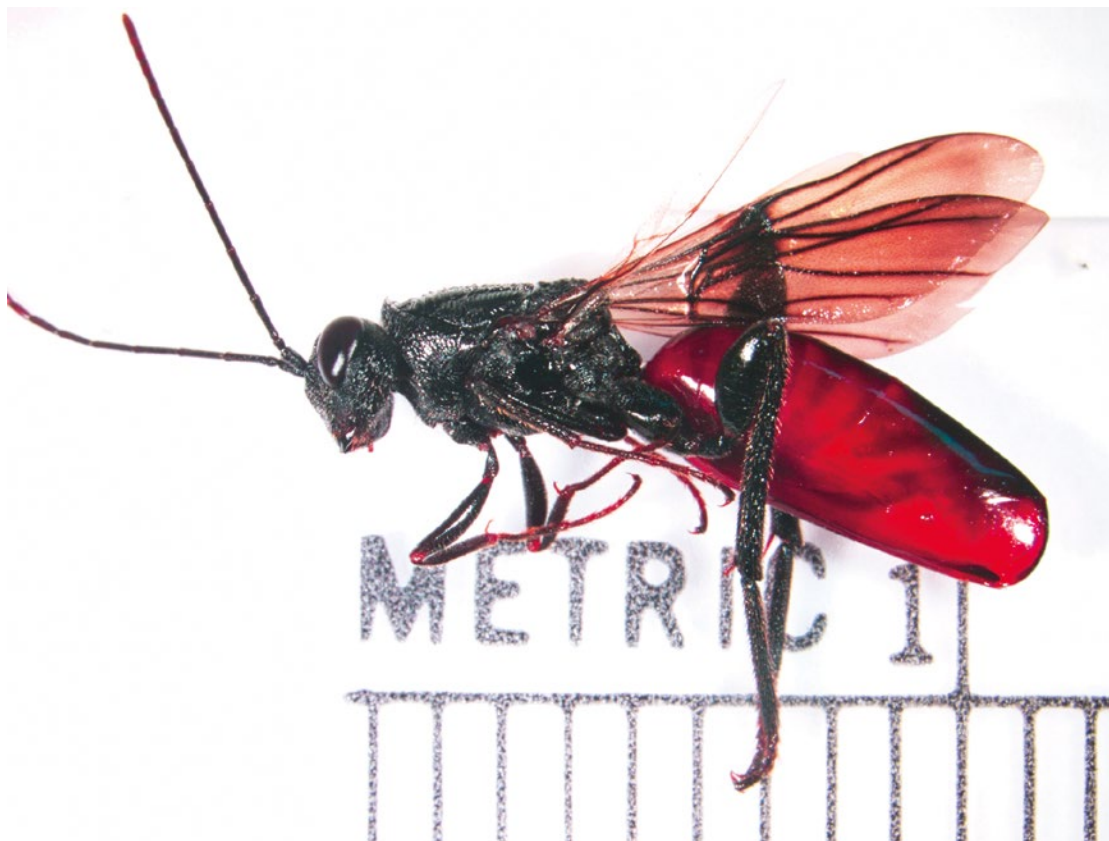


FIGURA N°6.  
Hembra de *Ibalia leucospoides* (Foto: SAG).

La colecta de *Megarhyssa nortoni* (Hym.: Ichneumonidae) y *Rhyssa persuasoria* (Hym.: Ichneumonidae) fue realizada en nueva Zelandia entre los años 2004 y 2008, en una labor conjunta entre CPF S.A. y el SAG a través de un proyecto desarrollado con el financiamiento del Fondo SAG. La cuarentena y multiplicación del material colectado fue llevado a cabo en la Estación de Cuarentena de Insectos de la Madera del SAG de Lo Aguirre/Región Metropolitana.

Especialistas del SAG desarrollaron protocolos de crianza y de multiplicación para la producción de los parasitoides, en base a lo realizado previamente en Australia, los que fueron transferidos a las empresas forestales, a través de CPF S.A.







FIGURA N°7.

Colecta de parasitoides en Nueva Zelanda, año 2007 (Foto: SAG).

Debido a la baja tasa de dispersión (aprox. 8 km) de *M. nortoni*, el SAG estableció insectarios regionales de producción de *M. nortoni*, con el fin de mejorar su distribución y además aumentar su población, ya que se determinó que la especie tenía una capacidad máxima de producir 60 huevos durante toda su vida. Actualmente, el SAG cuenta con cinco centros regionales de producción de parasitoides, cuyo principal objetivo es la reproducción de *Megarhyssa nortoni* y en forma secundaria coleccionar los ejemplares de *Ibalia leucospoides* emergidos desde las trozas de *Pinus radiata* presentes en un insectario, esto último se denomina "repique" (Cuadro N°2).

CUADRO N°2.

Centros de producción de *Megarhyssa nortoni* e *Ibalia leucospoides* del SAG, por Región.

REGIÓN	UBICACIÓN	AÑO INSTALACIÓN
O'HIGGINS	Santa Cruz (1ª etapa)	2016
EL MAULE	Parral	2013
BIOBÍO	Los Ángeles	2013
LOS RÍOS	Valdivia	2010
LOS LAGOS	Osorno	2014

La primera liberación de *M. nortoni* fue realizada en Argentina el año 2005, en el marco del Programa Bilateral entre Argentina y Chile para el Control de *Sirex noctilio* en la Patagonia argentina. Las liberaciones masivas en Chile comenzaron el año 2006, luego de producirse el cambio en la estrategia de Erradicación a Contención y Supresión (Res. 5366/06 del SAG).

En total se han liberado más de 11.000 ejemplares de *M. nortoni* provenientes de centros de producción del SAG y de las empresas forestales. *Rhyssa persuasoria* fue producida por el SAG y liberada entre los años 2008 y 2009 en dos regiones, no detectándose su establecimiento en el país. Adicionalmente, se ha realizado el repique de 172 mil ejemplares de *I. leucospoides* (Cuadro N°3).

Las liberaciones realizadas por el SAG se efectúan privilegiando aquellas áreas donde los niveles de control son menores al 50%, con mayor presencia de la plaga, que limiten con el área en peligro, así como la posibilidad que los parasitoides puedan dispersarse en busca de su presa (*S. noctilio*), para lo cual se debe tener una visión de la conectividad entre los rodales donde se realizaran las liberaciones.

Las liberaciones de los parasitoides se efectúan en núcleos, para *Megarhyssa nortoni* cada núcleo de liberación está compuesto por un mínimo de 30 hembras y 30 machos, liberados en una misma temporada o en temporadas sucesivas hasta completar la cantidad de 60 ejemplares por punto de liberación. Para *Ibalia leucospoides* cada núcleo de liberación está compuesto de 100 ejemplares (entre machos y hembras).

CUADRO N°3.

Número de individuos liberados por el SAG y las empresas forestales. Años: 2006 a 2017.

REGIÓN	<i>Megarhyssa nortoni</i>	<i>Ibalia leucospoides</i>	<i>Rhyssa persuasoria</i>
VALPARAÍSO	60	174	-
METROPOLITANA	253	1.642	-
O'HIGGINS	225	2.738	-
MAULE	2.993	25.286	-
BIOBÍO	4.677	120.031	-
LA ARAUCANÍA	1.322	9.163	58
LOS RÍOS	465	3.256	-
LOS LAGOS	747	5.403	59
AYSÉN	340	4.340	-
<b>TOTAL</b>	<b>11.082</b>	<b>172.033</b>	<b>117</b>

Los parasitoides son enviados en neveras, con unidades de frío, para disminuir el metabolismo de los insectos y evitar de esa manera el estrés ocasionado por el transporte.

Para el envío, cada parasitoide adulto de *Megarhyssa nortoni* es puesto en forma individual, en un frasco de tamaño adecuado que permite que el insecto este completamente extendido, incluido el ovipositor. Al llegar al lugar de liberación se retiran los frascos con los adultos de la nevera y se dejan bajo el dosel del rodal, a temperatura ambiente, sin exponerlos directamente al sol. Luego se espera hasta que los parasitoides vuelen. Si los parasitoides demoran en dejar el frasco que los contienen, se les ayuda, con sumo cuidado, para no provocarles un daño físico (Figura N°8).





FIGURA N°8.

Proceso de liberación de *Megarhyssa nortoni*, Sector de Palena, Región de Los Lagos (Foto: SAG).

El año 2008 el SAG observó por primera vez el establecimiento de *Megarhyssa nortoni* en el país, la especie fue detectada en un predio de la Región de Los Lagos, ubicado en la comuna de Puyehue. Al año 2017 se encuentra distribuida entre las regiones de O'Higgins y Aysén (Figura N°9).

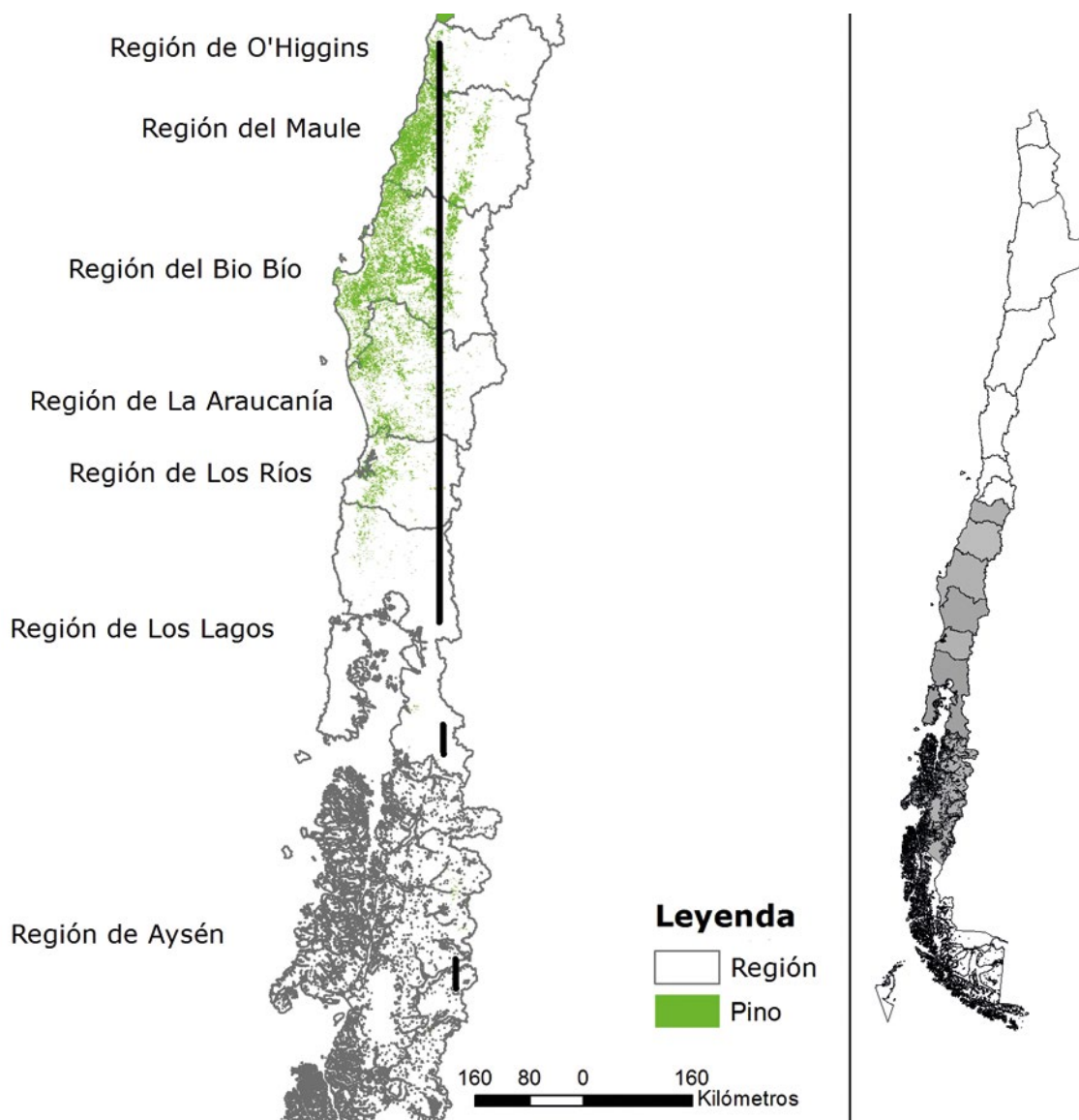


FIGURA N°9.

Distribución nacional de *Megarhyssa nortoni*. Año 2017 (Fuente: SAG).

*Ibalia leucospoides* también está ampliamente establecida en el país, su rango de distribución abarca desde la Región de Valparaíso hasta la de Aysén (Figura N°10).

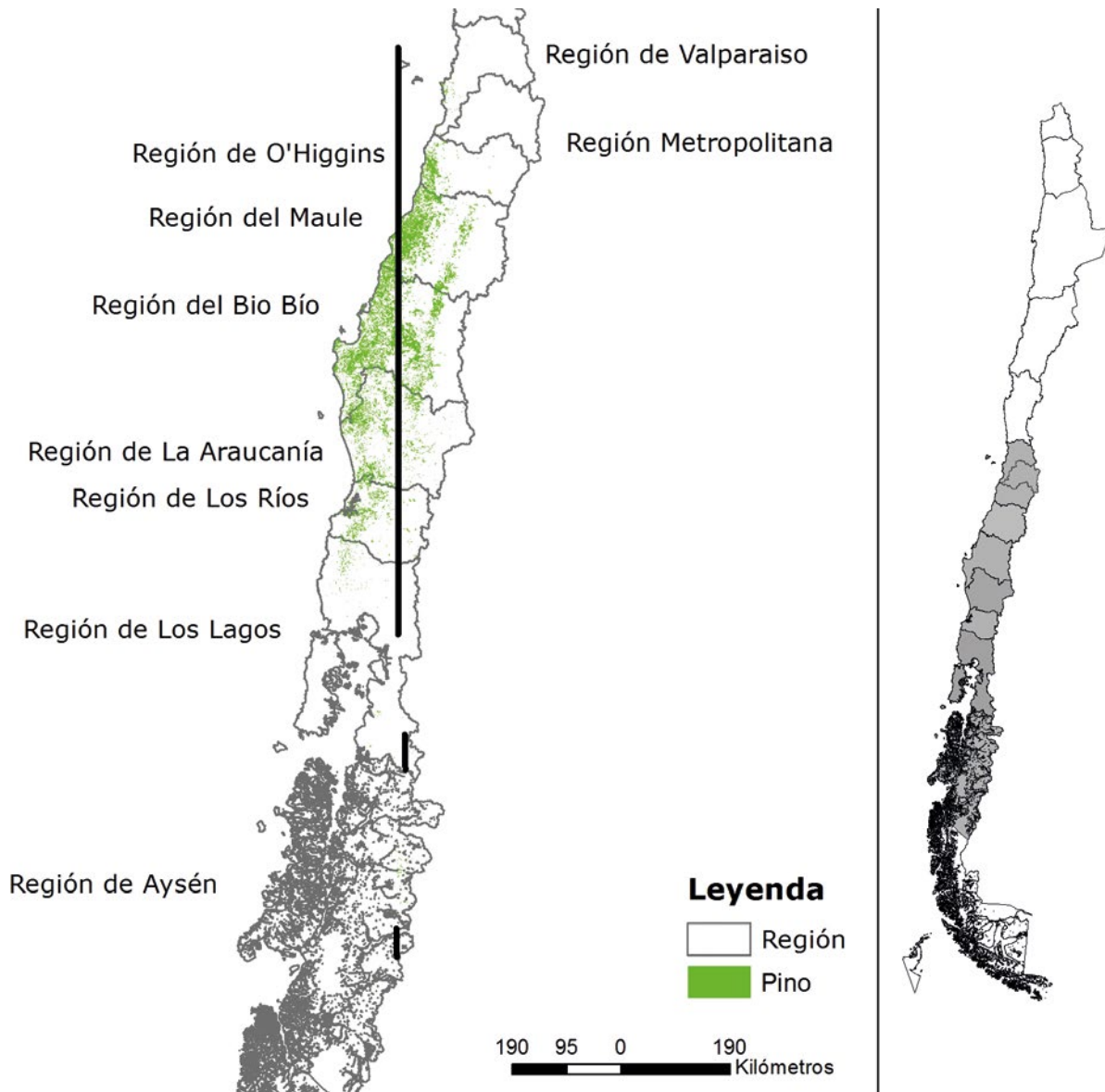


FIGURA N°10.  
Distribución nacional de *Ibalia leucospoides* Año 2017 (Fuente: SAG).

### 2.2.1. CURVA DE VUELO DE *Megarhyssa nortoni* E *Ibalia leucospoides*

A través de la información generada en los insectarios de producción de *Megarhyssa nortoni* se ha logrado establecer los periodos de vuelo de la especie, así como la de *Ibalia leucospoides*.

A continuación se entregan los antecedentes generados en los insectarios que el SAG posee en el Biobío y en Valdivia. La colecta de trozas se ha realizado entre julio y septiembre de cada año.



En insectario del SAG, ubicado en Valdivia, la emergencia de *Megarhyssa nortoni* se ha concentrado entre los meses de noviembre y febrero. En tanto en el insectario ubicado en Los Ángeles, las emergencias se concentran entre octubre y marzo. En ambos casos, los machos nacen primero (Figura N°11).

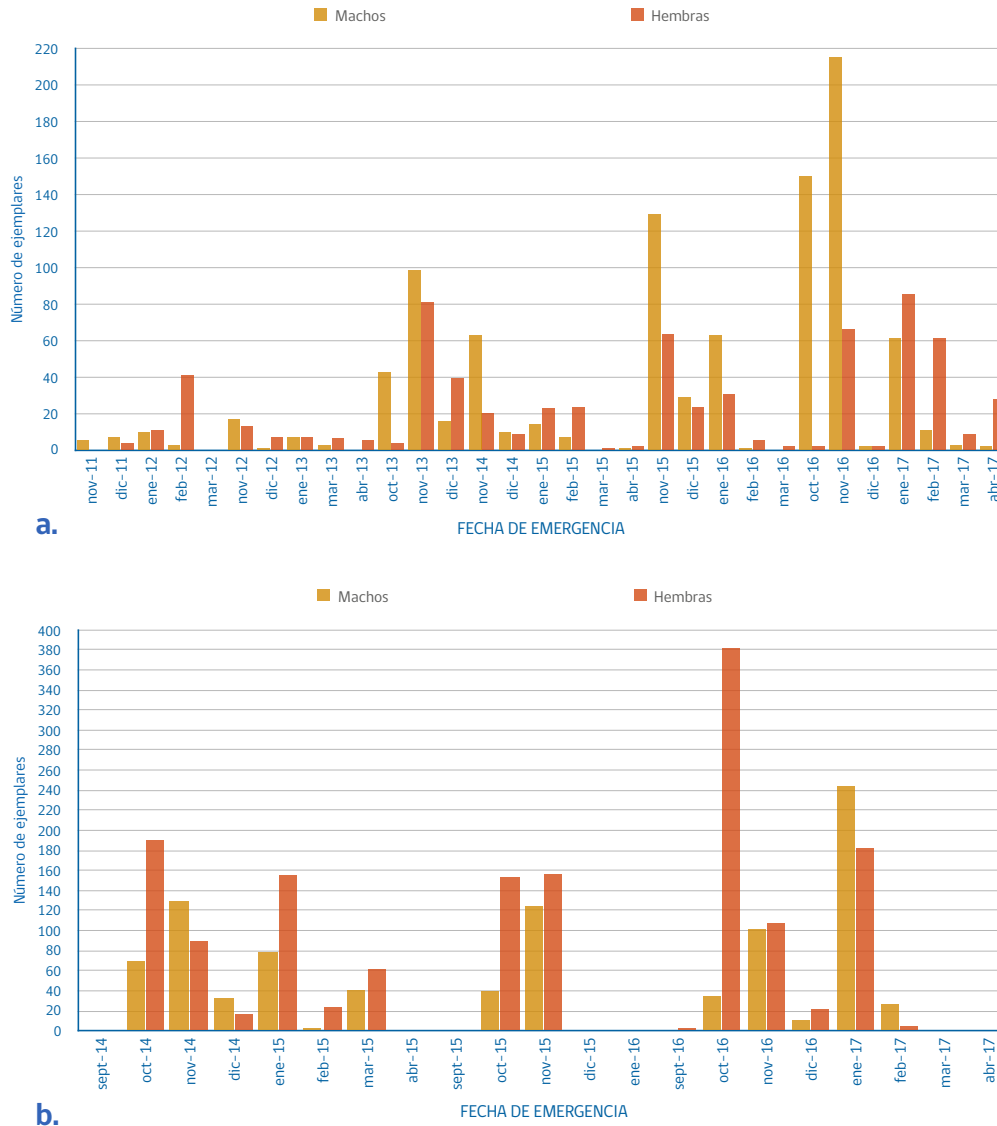
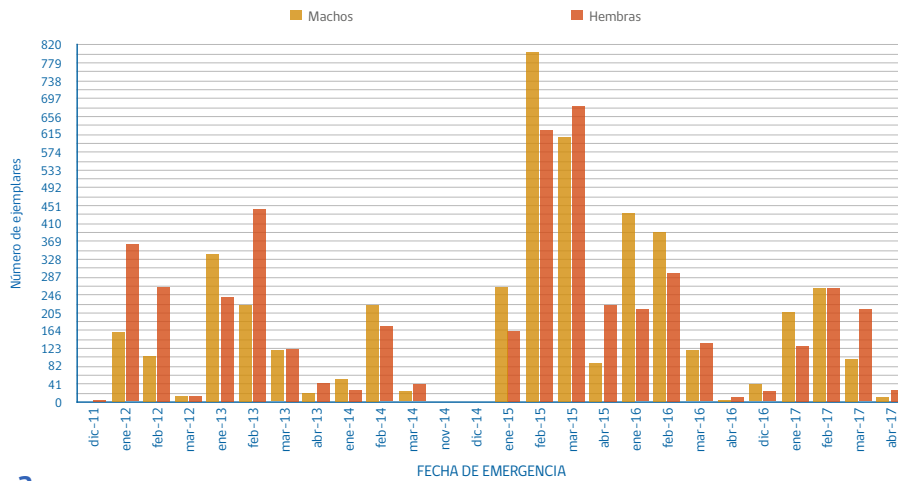


FIGURA N°11.  
Curva de emergencia de *Megarhyssa nortoni* en Insectario SAG,  
a) Región de Los Ríos, b) Región del Biobío.

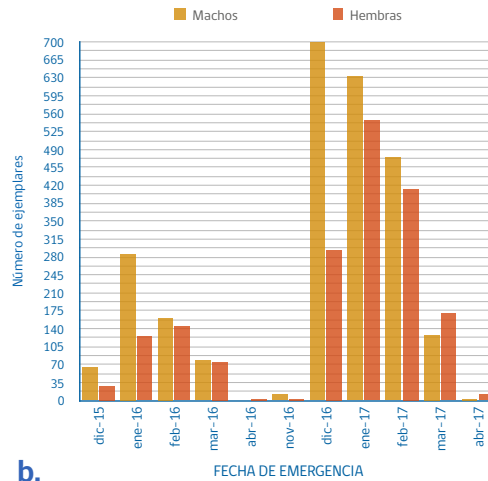
En ambos casos, el mes de mayor emergencia de machos y hembras ha variado entre años y entre insectarios, no observándose un patrón. El inicio de la emergencia de machos, algunas veces se ha producido con una diferencia de hasta un mes, lo que ha implicado que se deba manejar las condiciones de su almacenamiento, con la finalidad de que existan machos disponibles para cruzarse con las hembras.

Cabe mencionar, que la cantidad de individuos emergidos no es comparable, entre insectarios ya que tienen diferentes dimensiones, siendo el ubicado en la Región del Biobío el de mayor tamaño.

En tanto, la emergencia de *Ibalia leucospoides* se concentró entre diciembre y marzo de cada temporada, con las mayores emergencias producidas entre enero y marzo (Figura N°12).



a.



b.

FIGURA N°12.

Curva de emergencia de *Ibalia leucospoides* en Insectario SAG,  
a) Región de Los Ríos, b) Región del Biobío.

### 2.3. Evaluación niveles de control del parásito y parasitoides sobre *Sirex noctilio*.

El establecimiento, parasitismo y distribución espacial del parásito y parasitoides asociados a *S. noctilio*, es determinado a través de un muestreo dirigido a árboles de *Pinus* sp. con infestación natural en predios positivos a la plaga, en cuadrículas previamente numeradas de 50 x 50 km, en cada una de las regiones con presencia de la plaga (Figura N°13).

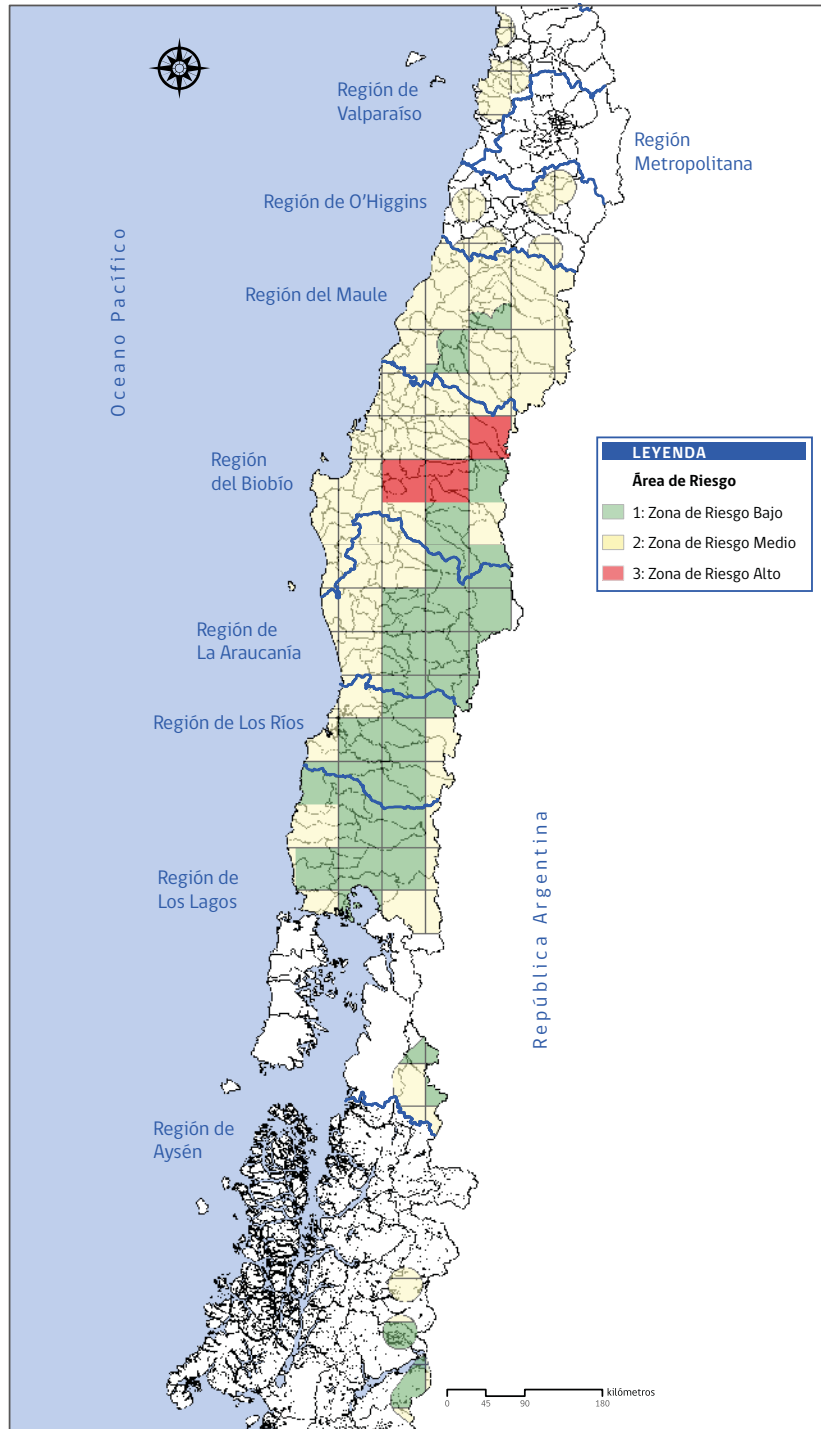


FIGURA N°13.

Mapa de las regiones con cuadrículas y áreas de cuarentena por *Sirex noctilio* (Fuente: SAG).

Cada año, se seleccionan aquellas cuadrículas con presencia de áreas cuarentenadas por *S. noctilio*, en las cuales está presente el hospedero vegetal y la plaga, procediéndose a elegir predios en cada uno de ellos. La cantidad de predios a evaluar, en cada cuadrícula, depende

de la probabilidad de dispersión de la plaga (bajo, medio y alto). Para aquellas cuadrículas de riesgo bajo (color verde) se seleccionan 2 predios, para las de riesgo medio (color amarillo) 4 predios y para las de riesgo alto (color rojo) se seleccionan seis predios.

Para seleccionar los predios que son evaluados se considera la siguiente información:

- o Predios positivos a *S. noctilio* por movimiento de maderas.
- o Incidencia de la plaga según lo observado durante la instalación de parcelas cebo del año anterior, tanto las instaladas por el SAG, como las empresa forestales.
- o Resultados de la evaluación de los niveles de parasitismo efectuados por el SAG.
- o Denuncias fitosanitarias de presencia de *S. noctilio*, corroboradas por el SAG.
- o Predios positivos a *S. noctilio* obtenido a través de prospecciones SAG (con respaldo de informes fitosanitarios).
- o Información de predios positivos a *S. noctilio* obtenido a través de prospecciones empresas forestales (con respaldo de informes fitosanitarios).

Cada muestra está compuesta por tres trozas de un metro de largo, provenientes de tres árboles infestados por *Sirex noctilio*, extraídas del tercio medio del árbol elegido. Los árboles son seleccionados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- o Se selecciona en forma dirigida árboles con presencia de *Sirex noctilio* (oviposturas de la temporada anterior, respingos de resina, copa clorótica, etc.), pudiendo ellos ser de *Pinus radiata* u otra especie de *Pinus hospedera*, ubicados preferentemente en distintos sectores del rodal elegido.
- o En aquellos cuadrantes donde la presencia de *Sirex noctilio* es muy baja y donde no sea posible contar con tres árboles en un mismo rodal, se puede seleccionar árboles de predios vecinos que no estén a más de 2 km de distancia.
- o Se seleccionan árboles infestados que presenten un DAP mínimo de 15 y hasta un máximo de 25 cm. Para el caso donde los focos se remiten a rodales con una alta variabilidad de DAP, los rangos pueden ampliarse a mínimos de 8 cm de DAP.

Las muestras son mantenidas, en condiciones de crianza natural, en el Laboratorio Regional de Entomología del SAG de la Región de Los Lagos, ubicado en la ciudad de Osorno, hasta la obtención de adultos de *Sirex noctilio* y de los parasitoides: *I. leucospoides*, *R. persuasoria* y *M. nortoni*. En cada ejemplar hembra de *Sirex noctilio* se evalúa la presencia de *D. siricidicola* en los huevos, en tanto en los machos se evalúa la presencia del nematodo en el hemocele. Posteriormente se obtienen los niveles de parasitismo de *D. siricidicola* y de los parasitoides, por predio, cuadrante y Región.

Las primeras inoculaciones con *D. siricidicola* y liberación de parasitoides, en el país, comenzaron el año 2006 en las regiones del sur de Chile, completándose 11 años en las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (Cuadro N°4). La plaga se ha dispersado de sur a norte, por lo tanto la cantidad de años realizando labores de control biológico varía de acuerdo a la llegada de la plaga a una Región en particular.

CUADRO N°4.

Número de años con aplicación de control biológico (parásito-parasitoide) por Región hasta el año 2017.

REGIÓN	AÑO INICIO CONTROL BIOLÓGICO	Nº AÑOS
VALPARAÍSO	2016	1
METROPOLITANA	2014	2
O'HIGGINS	2016	1
MAULE	2012	5
BIOBÍO	2009	8
LA ARAUCANÍA	2006	11
LOS RÍOS	2006	11
LOS LAGOS	2006	11
AYSÉN	2012	5

En la Región de Los Ríos y de Los Lagos, después de 6 años, el nivel de parasitismo logrado por el complejo de biocontroladores (parásito y parasitoides) alcanzó un 100% de control (Figura N°14); unido al hecho que la cantidad de hembras total por año siempre fue menor a 100 individuos. Posteriormente, en ambas regiones, los niveles de control han descendido; pero en la temporada 2015-2016 la cantidad de hembras emergida en las 14 muestras colectadas en la Región de Los Ríos fue de 13 (Figura N°14, b) y en la Región de Los Lagos de 6 hembras emergidas desde 14 muestras (Figura N°14,a), es decir actualmente se observa una baja población de *S. noctilio* en esas regiones.

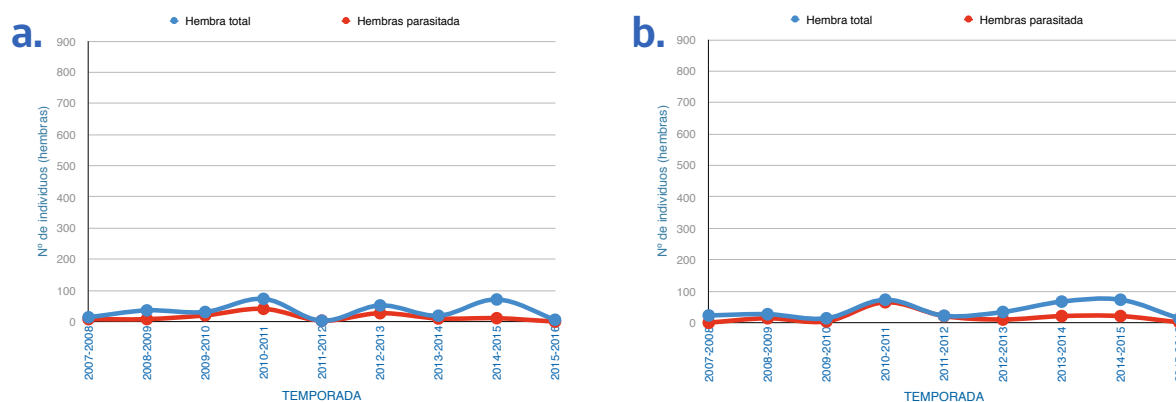


FIGURA N°14.

Total de hembras de *Sirex noctilio* (azul) y hembras parasitadas por *Deladenus siricidicola* (rojo).

a) Región de Los Lagos; b) Región de Los Ríos.

En consideración a los altos niveles de parasitismo y a la baja cantidad de hembras de *Sirex noctilio* se decidió que desde el año 2017 no se continuaría con inoculaciones en esas regiones, sólo con liberaciones de parasitoides en áreas donde se detecte la plaga.

En la Región de La Araucanía, en la temporada 2015-2016 se alcanzó un 62,8% de parasitismo, con la emergencia de 239 hembras de *S. noctilio*, de las cuales 136 no estaban parasitadas (Figura N°15a). En la Región del Biobío los niveles de control han ido en aumento desde la temporada 2012-2013; aun cuando la población de *S. noctilio* continuó alta las temporadas 2013-2014 y 2014-2015, situación que varió en la temporada 2015-2016, cuando emergieron 864 hembras (48 muestras), de las cuales sólo 136 no estaban parasitadas (Figura N°15b).

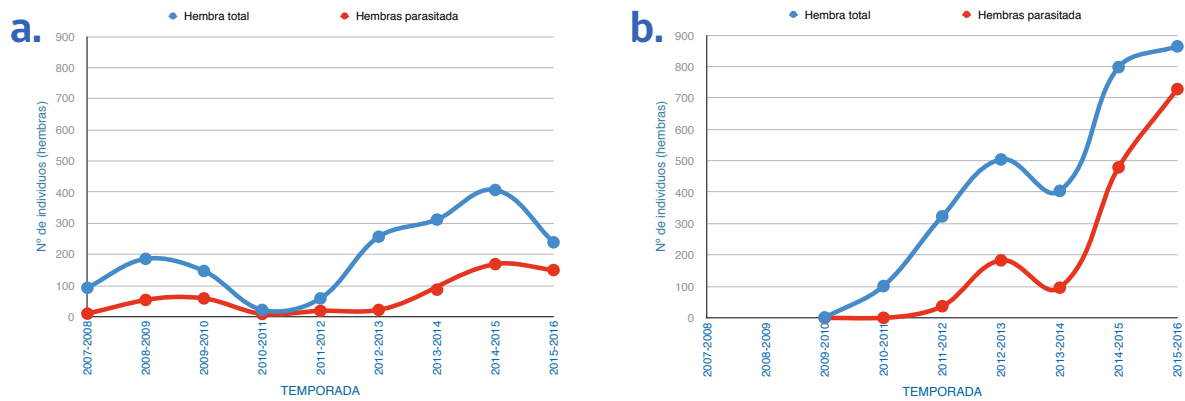


FIGURA N°15.

Total de hembras de *Sirex noctilio* (azul) y hembras parasitadas por *Deladenus siricidicola* (rojo).

a) Región de La Araucanía; b) Región del Biobío.

En la Región del Maule, por otro lado, durante los años evaluados la población de hembras ha sido menor a los 150 ejemplares, y los niveles de parasitismo han variado entre 13,8% (temporada 2012-2013) hasta un máximo de 58,1% (temporada 2015-2016) (Figura N°16b).

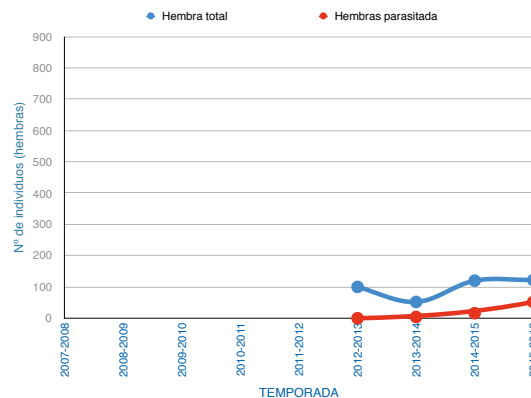


FIGURA N°16.

Total de hembras de *Sirex noctilio* (azul) y hembras parasitadas por *Deladenus siricidicola* (rojo).

Región del Maule.

En la Región Metropolitana, en las muestras analizadas no ha sido detectado el parásito, pero si la presencia de *I. leucospoides*, en tanto en la Región de Aysén aún no se ha detectado el parásito, pero si se detectó a los parasitoides *I. leucospoides* y *M. nortoni*.



### 3

## COMENTARIOS FINALES

1. El uso del control biológico de la plaga ha demostrado ser eficiente y amigable con el ambiente. Después de 11 años del uso de *Deladenus siricidicola* y el complejo de controladores biológicos se han alcanzado tasas de control biológico cercanos al 100% en múltiples puntos en las áreas bajo cuarentena. Las regiones de Los Lagos y Los Ríos presentan un alto nivel de control y bajas poblaciones de la plaga.
2. Las regiones donde se ha establecido más recientemente *Sirex noctilio* presentan niveles de parasitismo menores que las logradas en las regiones del sur, pero se estima que es solo una cuestión de tiempo, para que se logre un equilibrio con la plaga.
3. No se ha registrado ningún cambio de hospederos de los parasitoides, *Megarhyssa nortoni* sigue asociada a *Sirex noctilio* e *Ibalia leucospoides* a *Sirex noctilio* y *Urocerus gigas gigas*, ambas especies exóticas asociadas a especies de *Pinus* spp. Por lo cual se estima que la especificidad de ambas especies ha sido crucial para evitar que estos parasitoides ataquen a insectos nativos.
4. El SAG ha desplegado un importante esfuerzo por parte del estado, para el control de *Sirex noctilio*, especialmente del recurso humano que ha trabajado en el programa.
5. Pequeños y medianos propietarios forestales han sido favorecidos por el Estado para controlar la plaga, en predios de los cuales, el SAG ha implementado actividades de control biológico sin costo para los propietarios.
6. A su vez, los pequeños y medianos propietarios forestales han aportado al control biológico de la plaga con más de 55 mil árboles de *Pinus* spp.
7. El SAG ha desarrollado un exitoso programa de control biológico de la plaga, a través del cual se han logrado un aumento del conocimiento del comportamiento de la plaga y de sus controladores biológicos, el desarrollo de protocolos de crianza de parasitoides. Información que ha sido traspasada al sector forestal del país.





4

BIBLIOGRAFÍA

1. BEDDING, R. 1967. Parasitic and free-living cycles in entomogenous nematodes of the genus *Deladenus*. *Nature*, 214:174-175.
2. BEDDING, R. 1972. Biology of *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-mycetophagous nematode parasitic in siricid woodwasps. *Nematologica*, 18:482-493.
3. BEDDING, R. & AKHURST, R. 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.
4. BEDDING, R. 1992. Biological control of *Sirex noctilio* using the nematode *Deladenus siricidicola*. In: Bedding, R.; Akhurst, R.; Kaya, H. *Nematodes and the biological control of insect pests*. Melbourne. CSIRO. pp. 11 - 20.
5. CAMERON, E. 1965. A method for shipping adult parasites of Siricidae. *Canadian Entomologist* 97: 945-946
6. CORMA, 2017. EXPORTACIONES. <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/aportes-a-la-economia> (consultado el 31/01/2017).
7. ELDRIDGE, R. & TAYLOR E. 1989. *Sirex* woodwasp. A pest of pine in N.S.W. *Forest Protection Series N°1*. Forestry Commission of New South Wales. 5p.
8. GYSLING, A.; ALVAREZ, V.; SOTO, A.; PARO, E.; TOLEDO, R.; POBLETE, P.; GONZÁLEZ, P. & BAÑADOS. J. 2016. ANUARIO FORESTAL 2016. Boletín Estadístico N° 154. INFOR, 169 p.
9. HAUGEN, D.; BEDDING, R.; UNDERDOWN, M. & NEUMANN, F. 1990. National strategy for control of *Sirex noctilio* in Australia. *Australian Forestry Grower*, 13(2):7-16.
10. Kerrich, G. 1983. On the taxonomy of some forms of *Ibalia* Latreille (Hymenoptera: Cynipoidea) associated with conifers. *Zool. J. Linn. Soc.*, 53:65-79.

11. MADDEN, J. 1988. *Sirex* in Australasia. in: Dynamics of Forest Insect Populations: Patterns, Causes, Implication. (Ed.: Berryman A.).
12. MILLER, D. & CLARK. A. 1935. *Sirex noctilio* (Hym.) and its parasite in New Zealand. Bulletin of Entomological Research, 26: 149- 154.
13. MILLER, D. & CLARK. A. 1937. The establishment of *Rhyssa persuasoria* in New Zealand. New Zealand Journal of Science and Technology, 19: 63-64.
14. MURPHY, S. 1998. Indigenous *Siricid* spp. parasitoid communities and principal biological control agents of *Sirex noctilio* in Australasia: a review, pp. 31-35. In Iede, E., E. Schaitza, S. Penteado, R. C. Reardon, and S. Murphy, eds. Proceedings of a conference: Training in the control of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies. Colombo, Brazil, November 4-9, 1996. USDA Forest Service FHTET 98-13
15. NEUMANN, F.; MOREY, J. & MCKIMM, R. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Melbourne, Department of Conservation, Forest and Lands. (Bulletin N°29). 41p.
16. NUTTALL, M. 1972. Culture, liberation and establishment of *Ibalia leucospoides* in New Zealand. New Zealand Forestry Research Institute, Forest Entomology Report No. 31.
17. NUTTALL, M. 1980a. *Deladenus siricidicola* B. (Nematoda: Neotylnchidae), nematode parasite of *Sirex*. Forest Research Institute, New Zealand Forest Service. Forest and Timber Insect in New Zealand N°48. 11p.
18. NUTTALL, M. 1980b. Insect parasites of *Sirex*. New Zealand Forest Service. Forest and Timber Insect in New Zealand N°47. 12p.
19. POO, C. 2002. Antecedentes poblacionales de *Sirex noctilio* Fabr. (Hymenoptera: Siricidae) y factores que favorecen la infestación y epifitias en *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. Valdivia. 46p.
20. RUIZ, C. 2007. Razón sexual de *Sirex noctilio* Fabr. y evaluación de sus potenciales enemigos naturales, mediante el estudio de parcelas cebo implementas por el Servicio Agrícola y Ganadero entre los años 2002 y 2005 en la X Región de Chile. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile.
21. SPRADBERRY, J. 1970. Host Finding by *Rhyssa persuasoria* (L.) an Ichneumonid parasite of siricid woodwasps. Animal Behaviour, 18(1):103-114.
22. SPRADBERRY, J. & KIRK, A., 1978. Aspects of the ecology of siricids woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bull. Ent. Res., 68:341-359.

23. TAYLOR, K. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control of *Sirex noctilio* in Australia. *Entomophaga*, 21(4): 429-440.
24. TAYLOR, K. 1978. Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Tasmania. *Oecologia*, 32: 1-10.
25. ZONDAG, R. 1959. Progress report on the establishment in New Zealand of *Ibalia leucospoides* (Hockenw.), a parasite of *Sirex noctilio* (F.). New Zealand Forestry Research Notes, 20: 1-10.
26. ZONDAG, R. 1966. Observations on a nematode disease of *Sirex noctilio* (F.). NZ For. Res. Inst. For. Entomol. Report N°19.

