

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al

Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto de investigación

**Comportamiento de *Sirex noctilio* F., de sus controladores biológicos  
y valoración económica de su control en forestaciones de Córdoba.**

**Período 2016-2017**

**Goñi, Juan Andrés**

**DNI 37.489.826**

**Directora:** Ing. Forestal *MSc.* Marcela Demaestri

**Codirectora:** Ing. Agr. Ana Cecilia Crenna

**Río Cuarto-Córdoba**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Título del Trabajo Final: Comportamiento de *Sirex noctilio* F., de sus controladores biológicos y valoración económica de su control en forestaciones de Córdoba. Período 2016-2017

Autor: Juan Andrés Goñi

DNI: 37.489.826

Directora: Ing. Forestal Marcela Demaestri

Co-Directora: Ing. Agr. Ana Cecilia Crenna

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión  
Evaluadora:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha de presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_.

## INDICE

RESUMEN .....	V
SUMMARY .....	VI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes .....	3
1.1 <i>Sirex noctilio</i> .....	3
1.1.1 Clasificación, origen y distribución .....	3
1.1.2 Morfología y ciclo de vida .....	5
1.1.3 Relación entre sexos.....	8
1.1.4 Sintomatología del ataque y niveles de daño .....	9
1.1.5 Época de emergencia y dinámica poblacional .....	13
1.2 Medidas de manejo .....	15
1.3 <i>Ibalia leucospoides</i> .....	17
1.3.1 Clasificación, origen y distribución .....	17
1.3.2 Morfología y ciclo de vida .....	17
1.3.3 Épocas de emergencias y relación de sexos .....	19
1.3.4 Nivel de parasitoidismo de <i>I. leucospoides</i> y sincronización con <i>S. noctilio</i> .....	20
1.4 <i>Beddingia siricidicola</i> .....	21
1.4.1 Clasificación, origen y distribución .....	21
1.4.2 Aspectos biológicos .....	21
1.4.3 Nivel de parasitismo y técnica de inoculación del nematodo .....	22
2. OBJETIVOS .....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
4.1 Fluctuación poblacional y razón sexual de <i>S. noctilio</i> . .....	31
4.2 Fluctuación poblacional y razón sexual de <i>I. leucospoides</i> . .....	33
4.3 Relación entre <i>S. noctilio</i> e <i>I. leucospoides</i> .....	35
4.4 Parasitoidismo de <i>S. noctilio</i> por <i>I. leucospoides</i> .....	36
4.5 Parasitismo de <i>S. noctilio</i> por <i>B. siricidicola</i> .....	36
4.6 Valoración económica de la técnica de control biológico mediante <i>B. siricidicola</i> y su conveniencia de aplicación según pérdidas de volumen maderable .....	37
5. CONCLUSIONES .....	39
6. BIBLIOGRAFÍA .....	41
7. ANEXOS .....	51

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hembra de <i>S. noctilio</i> .....	5
Figura 2: Macho de <i>S. noctilio</i> .....	5
Figura 3: Larva de <i>S. noctilio</i> .....	6
Figura 4: Ciclo de vida de <i>S. noctilio</i> .....	8
Figura 5: Síntomas de ataque de <i>S. noctilio</i> . Chorreaduras de resina .....	10
Figura 6: Síntomas de ataque de <i>S. noctilio</i> . Clorosis .....	10
Figura 7: Orificios de emergencia de adulto de <i>S. noctilio</i> .....	11
Figura 8: Síntomas de ataque de <i>S. noctilio</i> . Resto de abdomen en tronco .....	11
Figura 9: Macho de <i>I. leucospoides</i> .....	18
Figura 10: Hembra de <i>I. leucospoides</i> .....	18
Figura 11: Aplicación de herbicida .....	25
Figura 12: Martillo aplicador .....	26
Figura 13: Manga aplicadora .....	26
Figura 14: Corte de trozas .....	27
Figura 15: Rotulado y parafinado de las trozas .....	27
Figura 16: Jaulas de recolección .....	27
Figura 17: Fluctuación poblacional de adultos de <i>S. noctilio</i> .....	32
Figura 18: Fluctuación poblacional de adultos de <i>S. noctilio</i> según sexo .....	33
Figura 19: Fluctuación poblacional de <i>I. leucospoides</i> .....	34
Figura 20: Fluctuación poblacional de <i>I. leucospoides</i> según sexo .....	34
Figura 21: Relación de emergencia entre <i>S. noctilio</i> e <i>I. leucospoides</i> .....	35
Figura 22: Valor actualizado neto para cada sitio con distintos porcentajes de daño .....	38

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Razón sexual de <i>S. noctilio</i> .....	33
Cuadro 2: Correlación de Pearson. Coeficientes/probabilidades .....	35
Cuadro 3: Porcentaje de parasitoidismo por localidad y promedio provincial .....	36
Cuadro 4: VAN para tres sitios de producción con distintos porcentajes de daño .....	37

## RESUMEN

Córdoba posee zonas forestales de importancia comercial. *Sirex noctilio*, es una de las plagas más importantes de las plantaciones de *Pinus*, generando pérdidas económicas. El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento poblacional de *S. noctilio*; el grado de parasitismo de *Ibalia leucospoides* y *Beddingia siricidicola* y valorar económicamente la aplicación de este último en plantaciones de pinos para el periodo 2016-2017. Sobre 24 parcelas de árboles trampa distribuidas en Alpa Corral, Río de los Sauces, Villa General Belgrano y General Deheza definidas con el fin de garantizar la ovoposición de *S. noctilio*. Se cortaron trozas de 1 m de largo y en laboratorio, se registró el número de adultos emergidos discriminando sexo y especie. Se evaluó fluctuación poblacional; razón sexual; relación de emergencia entre *S. noctilio* e *I. leucospoides*; porcentaje de parasitismo. En una plantación de Alpa Corral, se estimó volumen total, costo de aplicación del nematodo y se calculó el VAN. La emergencia de *S. noctilio* se dio desde el 12 de diciembre al 31 de marzo, con picos poblacionales entre el 08 de febrero y el 07 de marzo con una razón sexual de 1,10. En cuanto a *I. leucospoides* emergió desde el 02 de diciembre al 23 de febrero con una razón sexual de 2,25 y un parasitoidismo de 11,66%. El coeficiente de correlación de Pearson (0,02) muestra una baja asociación entre ambas especies. El parasitismo por el nematodo fue de 19,43%. Si bien los porcentajes fueron bajos, el control biológico de *I. leucospoides* con la aplicación de *B. siricidicola* son una excelente herramienta para mantener una baja población de *S. noctilio*. A partir del 30% de daño el VAN se hace positivo, sin embargo se recomienda implementar el control biológico con porcentajes inferiores por su bajo costo, fácil aplicación y alta eficiencia.

**Palabras clave:** avispa barrenadora- *Pinus elliottii*- control biológico- VAN

## SUMMARY

Córdoba owns several forest areas of commercial importance. *Sirex noctilio* is one of the most important pests of *Pinus* plantations, which generates economic losses. The objective of this work was to determine the population behavior of *S. noctilio*; the degree of parasitism of *Ibalia leucospoides* and *Beddingia siricidicola* and to economically assess the application of the latter in pine plantations for the period 2016-2017. 24 plots of trap trees were delimited in Alpa Corral, Rio de los Sauces, Villa General Belgrano and General Deheza in order to guarantee the oviposition of *S. noctilio*. Logs of 1 m long were cut down and they were transferred to cages in a laboratory, reviewed twice a week, and the number of adults emerged was recorded, discriminating sex and species. Population fluctuation was evaluated; sexual ratio and emergency relationship between *S. noctilio* and *I. leucospoides* as well; together with percentage of parasitism. In a plantation of Alpa Corral, total volume and application cost of the nematode were estimated and the NPV was calculated. *S. noctilio* emerged from December 12th to March 31st, with population peaks between February 8th and March 7th with a sexual ratio of 1.10. *I. leucospoides* emerged from December 2 to February 23th with a sexual ratio of 2.25 and a parasitism of 11.66%. The Pearson correlation coefficient (0.02) shows a low association between both species. The parasitism by the nematode was 19.43%. Although the percentages were low, the biological control of *I. leucospoides* with the application of *B. siricidicola* is an excellent tool to maintain a low population of *S. noctilio*. From 30% damage, the NPV becomes positive, however it is recommended to implement the biological control with lower percentages due to its low cost, easy application and high efficiency.

**Keys word:** woodwasp- *Pinus elliottii*- biological control- Net present value (NPV)

## 1. INTRODUCCIÓN

Insectos forestales invasores causan importantes daños sobre plantaciones, dando lugar a la mortalidad de gran cantidad de árboles cuando se producen brotes de sus poblaciones, afectando la sanidad e integridad de los recursos forestales (Giai, 2017).

*Sirex noctilio* “avispa barrenadora de los pinos”, originaria de Eurasia y Norte de África, fue introducida accidentalmente en nuestro país en 1985. Su dispersión natural, mediante el vuelo, se vio acelerada por la acción del hombre, precisamente mediante el traslado de madera infestada, ya que las larvas que hay en su interior no mueren sino que continúan su desarrollo. Las avispas adultas salen luego de la madera, vuelan, se dispersan y atacan nuevas plantas repitiendo así el ciclo. De esta forma aumentó rápidamente su área de distribución inicial, encontrándose actualmente en casi todas las áreas forestadas con *Pinus* spp. de nuestro país. Este insecto con un alto potencial de daño, es el único dentro del grupo de los sirícidos capaz de producir la muerte de pinos en estado sanitario relativamente bueno, favoreciendo el ingreso de hongos xilófagos secundarios afectando la producción forestal comercial. Esta capacidad potencial para producir la muerte de plantas sanas lo ubica en una situación de mayor importancia respecto de otras plagas que también afectan a estas coníferas (Gómez, 2007; López *et al.*, 2010). Por otra parte, por tratarse de una plaga cuarentenaria para los países que importan productos de nuestros bosques, su presencia restringe la comercialización forestal con gran impacto en las economías locales y regionales (López *et al.*, 2002).

*S. noctilio* se caracteriza no solo por su capacidad potencial para matar árboles sanos, sino por su capacidad invasora, fundamentada en atributos biológicos tales como excelente habilidad para dispersarse, elevada fecundidad y una gran plasticidad genética que le permite explorar diferentes ambientes (Klasmer *et al.*, 2000).

En febrero de 1994, ingresó a Córdoba, donde fue registrada por primera vez en el Valle de Calamuchita, siendo responsable de la muerte de gran cantidad de árboles (López *et al.*, 2002). Esta región representaba, en 1990, el 10% de las plantaciones de coníferas del país con 34.863 ha cultivadas, siendo 31.125 ha de *P. elliotii* y *P. taeda* y 3.738 ha de *P. radiata*, y con 300.000 ha potencialmente aptas para forestar según la Dirección de Recursos Naturales Renovables (D.R.N.R) (Izurieta *et al.*, 1993). En 2008 la superficie se estimó en alrededor de 32.609 ha (Demaestri, 2008). En el 2013, los incendios afectaron 11.000 ha y en función de ponderaciones parciales realizadas según el ritmo de extracción de madera y fenómenos como vientos e incendios que disminuyeron la superficie, se estimó un área implantada de 21.000 ha (Zupán, 2013).

*S. noctilio* es una avispa primitiva que ataca preferentemente árboles debilitados, pero es su particular dinámica poblacional la que determina la importancia de su estudio. En este sentido, a bajas densidades poblacionales (niveles endémicos) se ha resaltado un

potencial beneficio de su presencia en plantaciones, ya que ejerce un raleo natural afectando aproximadamente 5-10 árboles por ha por año (0,5-1 %). Sin embargo, las poblaciones muestran una tendencia a estallar en picos de alta densidad (niveles epidémicos) en donde árboles sanos son afectados y el daño económico puede ser importante. Durante estas impredecibles epidemias se han estimado mortalidades en plantaciones de entre 30-70% de los ejemplares (Corley y Villacide, 2005).

Los daños que realiza este insecto son producidos por la larva en forma directa, la cual destruye la madera realizando perforaciones, disminuyendo así la calidad de la misma. Por la hembra indirectamente que al oviponer introduce un mucus fitotóxico, responsable del debilitamiento del árbol, dando como respuesta el marchitamiento del follaje; y esporas del hongo simbiote patogénico *Amylostereum areolatum* (Fr) Boidin, que produce el desecamiento de la madera y a su vez sirve como alimento para las larvas. La combinación del mucus y el hongo pueden producir la muerte del árbol (Coutts, 1969 a, b).

En Córdoba, la curva de crecimiento de *Pinus* spp. tiene su mayor incremento a partir de los 12 años, esperando un retorno económico a los 20-25 años aproximadamente. Ante la aparición de la avispa barrenadora se pierden muchos árboles que podrían tener un alto valor maderable y que no podrán llegar a la corta final (López, 2004).

El raleo sanitario es una práctica alternativa para sanear las plantaciones, pero ello debe acompañarse con el retiro del material raleado del monte, el chipeado, quemado o secado en estufa, para evitar la dispersión de la avispa, aumentando de ésta manera los costos de producción (López, 2004). Otra de las estrategias de manejo de *S. noctilo*, es el control biológico. Entre los agentes de control se encuentran el parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera-Ibaliidae) y el nematodo *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Villacide y Corley, 2006).

La valoración económica de las pérdidas provocadas por plagas forestales, representa una importante herramienta para demostrar a productores sobre la posible conveniencia de implementación de prácticas de manejo del monte, tendientes a disminuir la intensidad de las mismas (Benedict, 1964). En este sentido surge como interrogante si es viable económicamente la aplicación de un servicio encargado de la introducción artificial del nematodo *B. siricidicola*. Es reconocido que existe pérdida en volumen de madera cuando la plaga está presente en una plantación; la incógnita es determinar si el valor equivalente al volumen de madera extra que se produciría en una forestación a la cual se le aplicó un plan de control biológico, que disminuya el efecto perjudicial de la plaga, es mayor o igual al costo del servicio de aplicación.



## Antecedentes

### 1.1 *Sirex noctilio*

#### 1.1.1 Clasificación, origen y distribución

*S. noctilio* fue clasificado por Johan Christian Fabricius en 1793, dentro de la clase: Insecta, orden: Hymenoptera, suborden: Symphyta, superfamilia: Siricoidea, familia: Siricidae, subfamilia: Siricinae, género: *Sirex*, especie: *Sirex noctilio*, nombre vulgar: Avispa de la madera o Avispa barrenadora de los pinos. La familia Siricidae está conformada por 85 especies, siendo las de mayor importancia económica las de los géneros *Sirex*, *Urocerus* y *Tremex* (Spradberry y Kirk, 1978).

La avispa barrenadora de los pinos es originaria de Eurasia y norte de África, donde es endémica y raramente causa problemas sanitarios en los pinos (Spradberry y Kirk, 1978). Desde ese lugar se ha dispersado a otros países del mundo, produciendo importantes pérdidas económicas. Se asocia a árboles de los géneros *Larix*, *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga* como hospederos secundarios y del género *Pinus* como hospedero principal, siendo *P. radiata* la especie más susceptible al ataque (Morgan, 1968; Kirk, 1974; Spradberry y Kirk, 1978, 1981; Eldridge y Simpson, 1987; Carvalho *et al.*, 1992).

La primera irrupción de esta especie se registra en Nueva Zelanda en 1925, tras un período de sequía prolongada. Se debió así actuar con rapidez ante esta emergencia, para lo cual se implementaron medidas que fueron desde la quema de rodales a restricciones cuarentenarias (Lanfranco y Aguilar, 1990). Posteriormente en 1952, se registró su presencia en la isla de Tasmania y tan sólo 10 años después, fue hallada en Australia, en donde se constituyó la organización, *Sirex National Fund* para el control de la plaga, citado como el programa más importante para el manejo de una plaga (Madden, 1988).

En Sudamérica se detectó por primera vez en Uruguay en 1980 (Rebuffo, 1990). Brasil registró el primer ataque en 1988 (Iede *et al.*, 1989), mientras que en Chile recién se observó en 2001 (López, 2004). En 2005 se declaró en los Estados Unidos de Norteamérica (Hoebeke *et al.*, 2005). Chile sería el cuarto país sudamericano en registrar a *S. noctilio*, después de Uruguay, Argentina y Brasil; sin embargo, es el primero en importancia por la magnitud del recurso *P. radiata* (Lanfranco y Aguilar, 1990).

En Argentina ingresa desde el Uruguay. Por primera vez se registró en 1985 en Entre Ríos, Dpto. Gualeguaychú, observada sobre plantaciones de *P. radiata* y *P. elliottii*, (Espinoza *et al.*, 1986) y en el Dpto. Paysandú en parcelas de *P. taeda* de 20 años sin manejo silvícola, con pérdidas de hasta 60% (Valle *et al.*, 1996). En 1988 se lo detectó en el noreste de la provincia de Buenos Aires y accidentalmente ingresó a Bariloche (Río Negro), a fines de 1989, desde donde se dispersó a toda la zona Andino-Patagónica (Aguilar *et al.*, 1990). En el mes de agosto de 1993 se encontró en Paso de los Libres, noroeste de la provincia de

Corrientes (Vera, 1997); en el mismo año se registró en Jujuy, en 1995 apareció en la provincia de Salta (Quintana de Quinteros *et al.*, 1999; Muruaga de L'Argentier *et al.*, 2005) y en la de Misiones (Valle *et al.*, 1997). En la actualidad su distribución se ha ampliado a las provincias de Chubut y Neuquén (Fernandez-Arhex y Corley, 2003).

En febrero de 1994, técnicos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables de la provincia de Córdoba capturaron en el Valle de Calamuchita sobre plantaciones de *Pinus* spp. un ejemplar de avispa, el que se presuponía como causante de la muerte de árboles. Este insecto fue identificado en la Facultad de Ciencias Forestales de El Dorado (Misiones), como *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera-Siricidae) “avispa barrenadora del pino” siendo este el primer registro en Córdoba (López *et al.*, 2002).

A partir de 1996 en la Universidad Nacional de Río Cuarto se comienza a investigar su presencia, distribución y grado de ataque en la región, su bioecología y controladores naturales, con el fin de establecer pautas de manejo. La especie fue declarada Plaga de la Agricultura en el año 1993 en Argentina, por resolución N° 258/93 del Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (IASCAV) (Quintana de Quinteros *et al.*, 1999) y en 1997 en Córdoba (López *et al.*, 2002).

Desde 2005 se observa un retroceso en la población de *S. noctilio* aunque con una presencia sostenida en la zona. A partir de 2007 se establece una red de árboles trampa, los que fueron utilizados como puntos de inoculación con el controlador biológico *B. siricidicola* (López *et al.*, 2009).

El hecho de transcurrir la mayor parte de su ciclo de vida dentro de la madera y debido al gran movimiento de madera en bruto desde y hacia países con producción forestal, posiblemente expliquen su actual distribución en todas las áreas forestadas del país (Corley *et al.*, 2002).

Para el manejo de la expansión geográfica se deben considerar acciones que generen efectos sobre la reproducción y/o sobre la dispersión de los individuos reproductivos, a fin de reducir la tasa de ocupación del territorio. Se proponen para esta etapa acciones que limiten los eventos dispersivos, en particular los de larga distancia como: barreras sanitarias, cuarentenas locales o control biológico con patógenos, así como aquellas que promuevan reducciones en el crecimiento poblacional: control biológico con parasitoides o predadores, control mecánico o control químico (Villacide *et al.*, 2014).

La actual distribución a nivel mundial, e incluso la presencia en forestaciones de la Argentina, desde el norte de nuestro país (Jujuy y la Mesopotamia) hasta el NO de la Patagonia sugiere que en sitios en donde sea posible plantar pinos, la plaga es capaz de establecerse (Klasmer *et al.*, 1997).

### 1.1.2 Morfología y ciclo de vida

Los adultos son de tamaño variable y pueden alcanzar de 9 a 36 mm de longitud, cuerpo cilíndrico "cintura ancha" y robusto. Como todos los insectos del mismo orden posee cuatro alas membranosas de color ámbar y abdomen con una espina terminal, semejante a un aguijón, que en el caso de la hembra le sirve para proteger el ovopositor. El cuerpo de la hembra de coloración azul oscura metálica, patas rojizas generalmente de mayor tamaño que el macho. Posee antenas setáceas, levemente pubescentes de 20 segmentos (Fig. 1). El ovopositor es largo y delgado, ligeramente más corto que el abdomen, presenta una vaina protectora cuando no está en uso, en la base lleva un par de órganos (micangios) que contienen un basidiomycete simbionte obligado (*A. areolatum*). Cerca de estos órganos se encuentran un par de glándulas productoras de mucus fitotóxico. Tanto las esporas del hongo como el mucus son expulsados a través del ovopositor al momento en que el insecto taladra la madera, ya sea para ovopositar o verificar la susceptibilidad del árbol. El macho es de coloración azul oscura metálica, exceptuando los segmentos abdominales 3° al 7°, que son café-amarillento; las patas son rojizas, excepto las posteriores que son negras. Las antenas, similares a las de la hembra, tienen 21 segmentos (Fig. 2) (Eldridge y Simpson, 1987; Neumann *et al.*, 1987; Aguilar y Lanfranco, 1988; Quintana de Quinteros *et al.*, 1999).



Figura 1: Hembra de *S. noctilio*



Figura 2: Macho de *S. noctilio*

Los huevos miden 1,4 a 1,6 mm de largo por 0,30 mm de ancho, tienen forma elipsoide, de color blanco y superficie lisa (Aguilar y Lanfranco, 1988).

Las larvas, de tipo oligópoda, alcanzan una longitud de hasta 30 mm después de 6-7 mudas, son cilíndricas de diámetro casi uniforme y de color blanco, la cabeza es redonda con mandíbulas dentadas y antenas unisegmentadas; las 3 pares de patas torácicas son rudimentarias, bien cortas tipo vestigiales (Fig. 3). El abdomen está libre de apéndices, y sólo presenta una espina supra-anal esclerizada de color café oscuro, que conserva en todos sus estadios (Aguilar y Lanfranco, 1988).



*Figura 3: Larva de S. noctilio*

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

La avispa barrenadora de los pinos es un insecto que cumple su ciclo dentro de la madera, sólo en estado adulto pasa su vida fuera del árbol. Normalmente completa su ciclo biológico en un año, pero en climas fríos una parte de la población puede realizar este ciclo en dos o tres años en condiciones rigurosas (Chrystal, 1928). En Argentina, en la región Andino-patagónica se han registrado ciclos generacionales cortos (anuales) y ciclos largos (bi o trianuales), siendo los bianuales los más frecuentes (Klasmer *et al.*, 2000), determinándose para Córdoba una sola generación anual (López, 2004). Mientras que en Brasil la avispa presenta ciclos generacionales cortos (3-5 meses) y largos (anuales) (Carvalho *et al.*, 1992).

La avispa posee metamorfosis completa (holometabolía), es decir, pasa por los estados de huevo, larva, pupa y adulto. En primavera, emergen los adultos de las plantas afectadas. Después de la emergencia se inicia un corto período de vuelo con fines de apareamiento y dispersión. El apareamiento se produce a la altura de la copa de los árboles donde se concentra un mayor número de machos. El vuelo del adulto es vigoroso y de corta duración, alcanzando sólo unos pocos kilómetros al año (30 a 50 Km/año), debido tal vez al hecho de que el período de vida de la hembra no excede de 5 días, y el de los machos de 12 días. Los adultos no se alimentan y sólo dependen de las reservas energéticas acumuladas en su fase larvaria. Los machos generalmente emergen poco antes que las hembras y ambos están sexualmente maduros al momento de emerger. Como parte de su estrategia de desarrollo, las hembras de *S. noctilio* seleccionan aquellos árboles que presentan un bajo vigor, para lo cual taladran con el ovopositor varias veces al hospedero, previo a la postura de los huevos, asegurando así que el árbol será colonizado por las larvas (Madden, 1974). La hembra es atraída por sustancias volátiles que producen los pinos dañados, débiles o estresados y caídos (Neumann *et al.*, 1987). La oviposición puede ocurrir con o sin

apareamiento y el sexo de la progenie estará determinado por la fertilización de los huevos (reproducción partenogenética facultativa). Así la hembra virgen puede ovopositar y originar solamente una progenie de machos, en tanto una hembra fecundada puede producir machos y hembras. Los huevos son puestos individualmente o de a pares, a 8 mm a partir de la corteza. El número de huevos varía de acuerdo con el tamaño y longevidad del insecto y fluctúa entre 50 y 500 huevos por hembra (Aguilar y Lanfranco, 1988).

Al mismo tiempo que depositan los huevos, inoculan las esporas del hongo simbionte pudridor de la madera y del mucus tóxico para la planta. El hongo junto con el mucus ocasionan la muerte de la planta. El mucus fitotóxico es una sustancia que produce el envejecimiento prematuro de la planta, modifica las tasas de respiración y transpiración iniciando su decaimiento, es transportado rápidamente a las acículas donde se produce la destrucción de la clorofila y la caída de las mismas. Localmente, en la zona donde es inyectado este mucus baja el contenido de humedad de la madera propiciando las condiciones para la germinación de las esporas del hongo inoculado. De esta forma cuando las larvas eclosionan de los huevos tienen alimento disponible (Talbot, 1963; Gómez, 2007).

Todas las especies del género *Sirex* presentan una asociación simbiótica con hongos del género *Amylostereum*, un pequeño grupo de basidiomicetes. En el caso de *S. noctilio* se trata de *A. areolatum*, el cual constituye un simbionte obligado de la avispa. Este hongo reduce el contenido de humedad de la madera a niveles más favorables para la eclosión de los huevos, aporta nutrientes esenciales a la larva y provoca la pudrición en la madera, facilitando así la actividad perforadora del insecto durante sus etapas larvales (Neumann y Minko, 1981).

Entre 14 a 28 días ocurre la eclosión de los huevos y las larvas comienzan a desarrollarse formando túneles en la madera y alimentándose al mismo tiempo del hongo simbionte (micetófagas), éstas no ingieren madera sino que extraen los nutrientes del micelio y el aserrín de las galerías es depositado detrás del cuerpo de la larva. En los primeros estadios (de hasta 9 mm de longitud) generalmente están en ángulo recto a la postura luego en la parte interna toman una dirección vertical (Morgan y Stewart, 1966).

La fase larval dura generalmente de 10 a 11 meses. Las larvas permanecen todo el invierno en el tronco, pasando por 6 a 7 estadios larvales, aunque excepcionalmente en Tasmania se han observado hasta 12 estadios, la supervivencia de las larvas en la madera es alta, dependiendo de la humedad que favorece la vida del hongo (alrededor del 20%). Al comienzo de la siguiente primavera se acercan a la corteza para transformarse en pupa, construyendo habitualmente una cámara pupal a 5 cm de la superficie exterior del fuste del árbol (Talbot, 1977; Aguilar y Lanfranco, 1988).

El período pupal dura de 3 a 5 semanas hasta la emergencia de los adultos. Normalmente, al año de colocado el huevo, está en condiciones de emerger el adulto (Fig. 4).

Esto sucede a través de un orificio cilíndrico en la corteza de 4 a 8 mm que realiza con sus poderosas mandíbulas (Spradberry, 1977; Taylor, 1981).



Figura 4: Ciclo de vida de *S. noctilio*

### 1.1.3 Relación entre sexos

La proporción de sexos esperada para una población de insectos partenogénicos facultativos, como es la de *S. noctilio* y que se encuentra en proceso de colonización, debiera ser muy superior en machos que en hembras, debido a que se produce un menor apareamiento de las hembras, provocando un mayor número de machos por partenogénesis (Taylor, 1981; Ruiz Gouet, 2006).

Da Silva (1995) expresó que la proporción de machos y hembras puede ser de hasta 20:1 cuando el insecto está colonizando un área. Cuando la relación de machos y hembras es de 1:1, habría un aumento de la población.

Los machos normalmente predominan, pudiendo variar, de 1,5:1 hasta 16,5:1 según Taylor (1981), Carvalho *et al.* (1992) determinaron la relación 6,42:1; Morgan y Stewart (1966) de 4:1 a 7:1 y citan que cuando la población de esta especie va aumentando la relación se acerca más a 1:1.

En Brasil, Carvalho *et al.* (1992) indicaron que la relación entre sexos se establece en 1,67:1 para ciclos cortos y 2,1:1 para el ciclo anual.

En Chile, en tres provincias estudiadas, Valdivia, Osorno y Llanquihue, Ruiz Gouet (2006) encontró un amplio rango de relación de sexos entre machos y hembras, los mismos van desde 0:1 hasta 18:1. El análisis fue realizado sobre larvas de *S. noctilio*, en un periodo de cuatro años, desde 2002 hasta 2005.

En Argentina, se alcanzaron relaciones de 9:1 (Muruaga de L'Argentier *et al.*, 2005) en la provincia de Jujuy. En Misiones, Eskiviski *et al.* (2002) determinaron una relación entre 0,64 a 2,8 machos por hembra, con una media de 1,87 machos por hembra y en Río Negro, Klasmer *et al.* (1997) obtuvieron un promedio de 0,96 machos por hembra. En Córdoba, se encontraron diferencias según los períodos analizados: López *et al.* (2010) para cuatro periodos de evaluación (desde 1997 hasta 2001), encontraron que la relación de sexos siempre fue favorable para los machos, registrándose los siguientes valores: 2,8:1 (1997-1998); 7,9:1 (1998-1999); 4,3:1 (1999-2000) y 3,7:1 (2000-2001); Santa (2003) encontró para el periodo 2001-2002, que las emergencias de adultos machos se anticipan aproximadamente una semana con una relación de 4,27:1; Barrionuevo (2012), para el periodo 2009-2010, encontró una relación macho/hembra de 1,41:1; Arrieta (2012) para el periodo 2010-2011, observó una mayor cantidad de hembras que de machos, con una relación de 0,81:1 y Julián (2014) durante los años 2012-2013, registró una relación de 1,65:1. Giai (2017) analizó 8 años (2008 a 2016), en tres zonas de la provincia, y encontró que los picos poblacionales de *S. noctilio* ocurrieron con posterioridad a periodos donde la razón sexual es mayor a 1, presuponiendo que se trataría de un proceso de recolonización.

#### **1.1.4 Sintomatología del ataque y niveles de daño**

Un indicador de que ha ocurrido oviposición en los árboles son las bolsas o escurrimiento de resina a lo largo del fuste, la cual toma una coloración blanquecina sobre la corteza de los árboles (Fig. 5). Al levantarla se observa en el cambium, en torno al orificio de ovipostura, una mancha oscura oval que corresponde a la acción del hongo simbiote (Madden e Irvine, 1971; Neumann *et al.*, 1982). Gotas cristalinas pegajosas al tacto corresponden a posturas nuevas; gotas blancas opacas, duras al tacto, a posturas viejas (Quintana de Quinteros *et al.*, 1999). Estos síntomas pueden observarse en todo el tronco del árbol, pero por lo general son más frecuentes en la parte media y media-alta de los mismos (López, 2004).



*Figura 5: Síntomas de ataque de *S. noctilio*. Chorreaduras de resina*

Paralelamente se produce a nivel del follaje, una clorosis progresiva, comenzando en el ápice y luego en pocas semanas en toda la copa, que finalmente toma una coloración café-rojiza, para luego desprenderse (Fig. 6). Esta sintomatología es más evidente a inicio de primavera (Aguilar y Lanfranco, 1988). Estos síntomas fisiológicos del ataque 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 (Neumann y Minko, 1981).



*Figura 6: Síntomas de ataque de *S. noctilio*. Clorosis*



La muerte de un árbol puede ocurrir tres a cuatro meses de ocurrido el ataque. En forma excepcional se ha observado mortalidad a los nueve meses (Taylor, 1981). Según Quintana de Quinteros *et al.* (1999) la muerte total o parcial del árbol ocurre a las 6 a 8 semanas.

Otra forma de confirmar la existencia de la plaga en una plantación es la presencia de troncos con perforaciones perfectamente circulares, correspondientes a la emergencia de los adultos (entre 5-6 mm de diámetro promedio) tanto en el tronco como en las ramas (Fig. 7). Galerías en la albura con aserrín bien compactado. Hembras o restos del abdomen en el tronco y ramas (Fig. 8) (Gómez *et al.*, 2010). Los orificios limpios y blanquecinos son del último periodo de emergencia y aquellos más oscuros, ennegrecidos por mohos y suciedad corresponden a ataque más antiguos (Villacide y Corley, 2006).



*Figura 7: Orificios de emergencia de adultos de S. noctilio*



*Figura 8: Síntomas de ataque de S. noctilio. Resto de abdomen en tronco*

Al hacer cortes transversales y longitudinales del fuste se observan galerías en ambos sentidos, las cuales son características por contener un aserrín granular compacto y pueden alcanzar hasta 200 mm de longitud. En algunos casos se observa la madera con manchas oscuras, que corresponden al hongo simbionte (Neumann y Minko, 1981).

Los daños que realiza este insecto son: la larva en forma directa destruye la madera y la hembra indirectamente, al oviponer introduce simultáneamente un mucus fitotóxico y

esporas del hongo simbiote patogénico (López *et al.*, 2010). El mucus provoca cambios fisiológicos rápidos del tronco y de las acículas; el hongo crece en las traqueidas del xilema extendiéndose por todo el árbol. Si bien, aisladamente, ni el hongo ni la secreción mucosa causan la muerte del árbol, la combinación de ellos es letal (Talbot, 1963).

En Australia y Nueva Zelanda, en plantaciones de *P. radiata* se registraron pérdidas ocasionadas por *S. noctilio* de hasta el 65% de los individuos en sitios de baja calidad para la especie (Madden, 1975; McKimm y Walls, 1980).

En Argentina, Valle *et al.* (1996) en la provincia de Entre Ríos registraron pérdidas de hasta un 60 % en parcelas de *P. taeda* de 20 años de edad; en Córdoba se han registrado porcentajes de plantas dañadas del 26,8% en plantaciones de *P. elliottii* (López *et al.*, 2002).

También se produce la pérdida de la calidad de la madera debido a las galerías que las larvas horadan en la albura y a la acción degradadora del hongo simbiote. Hay una disminución del volumen de madera total aprovechable. No es posible utilizar la madera afectada si no ha recibido algún tipo de tratamiento adecuado para asegurar la muerte del insecto en el interior de la misma, pues las avispas continúan su desarrollo en las plantas apeadas y en la madera aserrada (Gómez *et al.*, 2010).

*S. noctilio* ataca arboles de edad intermedia, entre los 10 a 25 años, y cuyos diámetros superan los 10 cm. No produce daños masivos en el bosque, sino aislados, donde es atraído por los árboles suprimidos, con bajo vigor por competencia o sequía, escases de nutrientes o debilitados por ataque de otros insectos. También son atraídos por árboles dañados por el viento, afectados por el fuego o por un mal manejo de poda y raleo, evitando la madera con mayor contenido de humedad (López *et al.*, 2002). Según López (2004) las forestaciones más afectadas son aquellas cuyas edades superan los 15 años y donde existe una alta densidad de plantas, falta de manejo (podas y raleos) y/o estresadas por factores ambientales.

En sistemas forestales los cálculos agronómicos de los umbrales de daño económico no son particularmente relevantes. Esto está relacionado con varios aspectos del sistema forestal, principalmente con la “longevidad” del cultivo. Por otro lado, la avispa de la madera, como muchos otros insectos forestales, posee una dinámica poblacional caracterizada por pulsos eruptivos. Durante largos períodos de tiempo (años), las poblaciones de la plaga permanecen en niveles endémicos (baja incidencia) en donde el daño material es ínfimo (por debajo de un hipotético umbral de daño). La peligrosidad de *S. noctilio* es aparente cuando las poblaciones alcanzan los niveles epidémicos (alta incidencia) causando en poco tiempo daños muy severos (Corley y Villacide, 2005).

### 1.1.5 Época de emergencia y dinámica poblacional

Respecto a los periodos de emergencia se observa una relación directa entre la temperatura y la época de las primeras apariciones de los adultos, como así también de sus picos de emergencia (López, 2004). Los adultos comienzan a emerger generalmente en primavera-verano. Según Taylor (1981), la mayor emergencia se da en los días con temperaturas por encima de la media de la región y con presión atmosférica en baja.

Los periodos de emergencia en las regiones templadas de Europa ocurren en agosto y setiembre, mientras que en las áreas mediterráneas de setiembre a diciembre (Spradberry y Kirk, 1978). En Tasmania las emergencias ocurren entre diciembre y mayo, con máximas entre fines de enero y marzo (Klasmer *et al.*, 1997). En Australia los adultos emergen de diciembre a mayo, con picos de emergencia en enero y marzo (Neumann *et al.*, 1987).

En Uruguay emergen desde octubre a fines de abril, con picos en diciembre y febrero (Rebuffo, 1990).

En Brasil la mayoría de los adultos emergen desde octubre a abril, con picos en noviembre y diciembre, y registra otro en abril que corresponde a un ciclo corto de verano (Carvalho *et al.*, 1992; Iede *et al.*, 1993).

Dependiendo de la región y de las condiciones climáticas, en Argentina, los primeros adultos emergen al final de la primavera y verano (Quintana de Quinteros *et al.*, 1999); según Muruaga de L'Argentier *et al.* (2005) estudios realizados entre 1997 y 2002 en Jujuy registraron emergencias del insecto desde octubre a diciembre, con un pico poblacional en la segunda quincena del mes de noviembre; en Misiones y Corrientes, Eskiviski *et al.* (2002) durante los años 1998 a 2001 observaron que se inician en la segunda semana de octubre hasta la primera de enero, con un pico en la segunda semana de noviembre.

En la Patagonia la emergencia de los adultos ocurre entre diciembre y mayo o junio dependiendo de la zona y de las condiciones climáticas (especialmente la temperatura). Un pico de máxima emergencia se registra habitualmente entre fines de febrero y marzo. Los machos salen aproximadamente una semana antes que las hembras (Gómez, 2007). En Río Negro (Bariloche), Klasmer *et al.* (1997), desde mediados de enero hasta junio, registrando la mayor cantidad de individuos entre febrero y marzo; en Neuquén las emergencias ocurrieron entre los meses de diciembre y mayo, con un pico poblacional durante el mes de abril (Eskiviski *et al.*, 2002).

En Córdoba, López *et al.* (2010), durante 5 años de evaluación (desde 1997 hasta 2001), el periodo de emergencia de adultos de *S. noctilio* tuvo lugar desde principios de noviembre a fines de marzo. Los periodos de máxima emergencia en todos los años ocurrieron entre el 20 de noviembre al 1 de enero. Santa (2003) encontró que para las evaluaciones realizadas entre 2001-2002, las emergencias ocurrieron desde el 15 de

noviembre hasta el 11 de marzo, con un pico desde el 25 de noviembre al 15 de diciembre. Barrionuevo (2012) registró que para los estudios realizados durante 2009-2010, las emergencias comenzaron a mediados de noviembre y finalizaron a mediados de marzo, con un total de 77 individuos. Se observó un primer pico durante la segunda quincena de noviembre y se registró un segundo pico de emergencias, de menor importancia en número de individuos, entre fines de febrero y principios de marzo. Según Arrieta (2012), para el periodo 2010-2011, las emergencias de *S. noctilio* se extendieron durante 17 semanas, los primeros adultos aparecieron a principios de noviembre. Se registraron dos picos poblacionales durante las emergencias, el primero desde fines de noviembre a mediados de diciembre, mientras que el segundo se produjo desde fines de enero hasta mediados de febrero. Las últimas apariciones de la plaga ocurrieron a principios de marzo, habiéndose contabilizado un total de 100 individuos. Julián (2014) encontró, entre los años 2012-2013, que las emergencias de la plaga se extendieron desde el 27 de noviembre de 2012 hasta el 15 de abril de 2013, con un total de 69 individuos. El pico de emergencia se extendió desde la segunda semana de febrero a la primera semana de marzo; en ese lapso se concentró el 68,11% de las apariciones de los adultos de *S. noctilio*. Giai (2017) para el periodo 2008 a 2016, observo que en las localidades de Alpa corral, Río de los Sauces y Villa General Belgrano, las curvas de dinámica poblacional muestran un patrón semejante, con las primeras capturas a comienzos de noviembre y las últimas a finales de marzo del siguiente año, con una duración aproximada de 5 meses.

Es en la dinámica poblacional de la especie donde reside el problema que causa en las plantaciones. La misma presenta una conducta, que ha permitido clasificarla como de “pulsos eruptivos”. Estos, se inician desde epicentros localizados en sitios puntuales, pero rápidamente se expanden geográficamente para abarcar grandes áreas con una duración variable entre 1 y 10 años. Una vez alcanzado el máximo nivel de daño, las poblaciones declinan rápidamente hacia niveles endémicos por efecto de los enemigos naturales o por un excesivo ataque sobre el recurso (Villacide y Corley, 2007).

El incremento poblacional depende de la disponibilidad de material apto para desarrollarse, debido a que cuando se encuentra en bajas densidades no puede concentrar ataques de suficiente magnitud para matar árboles vigorosos (Taylor, 1981).

Los pulsos eruptivos suceden a intervalos irregulares, son severos y suelen ser rápidos. Las causas para dicha dinámica involucran variables ambientales, por ejemplo las sequías que actúan aumentando la proporción de árboles susceptibles durante las epidemias, las características de historia de vida de la plaga, incluyendo una rápida respuesta numérica, y, posiblemente, la capacidad de generación de árboles susceptibles a través de la inoculación de una sustancia fitotóxica y el desarrollo del hongo simbionte de la plaga (Corley y Villacide, 2005).

La estrategia global de manejo de la plaga debe procurar una disminución de la probabilidad de ocurrencia de estos estallidos o bien reducir su intensidad. El modelo conceptual de la estrategia de manejo para minimizar el daño por *S. noctilio* persigue dos objetivos concretos: reducir la magnitud del estallido poblacional o desplazarlo fuera del turno de corte de la especie forestal (Villacide y Corley, 2007).

## 1.2 Medidas de manejo

Por ser una plaga secundaria y oportunista, la prevención es importante ya que los daños causados por este insecto pueden disminuir mediante el monitoreo y la aplicación de tratamientos silviculturales (Iede *et al.*, 1993).

La mejor forma de prevenir el ataque es mediante un adecuado manejo silvícola que promueva el crecimiento vigoroso de las plantas, evitando la competencia. Las podas deben practicarse durante la época de detención del crecimiento vegetativo de las plantas y no deben ser excesivas. Los raleos también deben practicarse en tiempo y forma evitando dañar a las plantas que permanecen en el rodal. Estas actividades deben efectuarse al menos un mes antes del comienzo del período de vuelo puesto que el olor de la resina atrae a las avispas y los residuos en lo posible deben ser extraídos del rodal. Como medida preventiva la técnica utilizada para la detección precoz de la presencia en áreas de alto riesgo de infestación, consiste en instalar árboles trampa aproximadamente dos meses antes del pico poblacional de los adultos que varía según la región en que se encuentre (Gómez *et al.*, 2010). Se sugiere la instalación como mínimo de 4 parcelas de 10 árboles trampa cada una, por cada 100 ha, e inocular con el nematodo cada año hasta que más del 10% de la población de *S. noctilio* se encuentre infestada (Lanfranco y Aguilar, 1990). Las reforestaciones deben ser planificadas en zonas y sitios de bajo riesgo. De esta manera se reducirá sustancialmente la susceptibilidad del ataque de agentes dañinos (Lanfranco y Aguilar, 1990).

Por otro lado, el raleo sanitario de los árboles atacados ha demostrado ser otra herramienta eficaz para reducir la prevalencia de la plaga en un determinado sitio. La táctica consiste en el apeo de los árboles de una plantación que se hallen atacados por la plaga, desde los muertos (árboles con agujeros de emergencia, viejos) hasta los de ataque más reciente y/o dudosos (árboles sintomáticos). El raleo sanitario puede ser exhaustivo, buscando y hallando todos los individuos afectados por la plaga y aquellos que presenten un cuadro de riesgo (individuos oprimidos o estresados) o bien semi-exhaustivo, en donde el fin es lograr el descenso fuerte de la prevalencia de modo de facilitar las posteriores acciones de control biológico (Villacide y Corley, 2007).

En el aspecto legal, el Estado a través de mecanismos de control cuarentenario debe velar por la protección del recurso. El control debería ser realizado por personal capacitado en puertos, pasos fronterizos, terminales aéreas, control carretero, entre otros.

El control químico de este insecto con insecticidas, no es conveniente, debido a los aspectos biológicos de la plaga (emergencias prolongadas), altos costos, tiene un efecto temporal y consecuencias colaterales sobre el medio ambiente, debido a la clase de productos que son necesarios emplear; además por ser los insecticidas considerados uno de los factores perturbadores (índice de insostenibilidad) de mayor importancia en las zonas forestales (Lanfranco y Aguilar, 1990; López, 2004).

El control biológico es la técnica más ampliamente utilizada. Entre los controladores biológicos se cuentan varias especies de parasitoides (organismos que producen la muerte del hospedante) y una especie de nematodo parásito (organismos que no producen la muerte del hospedante).

Los agentes de control biológico requieren un periodo de algunos años, después de su liberación, para aumentar su población y alcanzar un equilibrio con la población de *S. noctilio*. Dichas liberaciones deberán comenzar apenas se detecta la presencia de la avispa en la zona, debido a que su población puede aumentar rápidamente y dirigirse a otras plantaciones susceptibles e incrementar los niveles actuales de ataque a niveles muy elevados o llegar a áreas no afectadas en poco tiempo, si no se toman las medidas adecuadas tanto de manejo de las forestaciones como de muestreo, liberación y evaluación de resultados (Haugen *et al.*, 1990; Haugen y Underdown, 1990).

Tanto en Australia como en Nueva Zelanda se utiliza un complejo de especies, todas introducidas y que actúan en diferentes etapas del ciclo de vida de *S. noctilio* y sin competencia entre ellas, responsables de hasta un 90% del control. Este complejo está integrado por tres especies de insectos parasitoides del orden Hymenoptera, dentro de los cuales se remarca a *I. leucospoides* por su introducción a nuestro país de forma conjunta con la plaga, y el nematodo *B. siricidicola* (Lanfranco y Aguilar, 1990).

El nematodo ha resultado ser el organismo de control más eficiente dado que puede alcanzar hasta el 90% de parasitismo en la población de *S. noctilio* (Gómez, 2007).

Una combinación del manejo forestal, insectos parasitoides y nematodos pueden disminuir la incidencia de la plaga (Lanfranco y Aguilar, 1990; Demaestri *et al.*, 1999), manteniendo la población de *S. noctilio* por debajo del nivel de daño económico (Taylor, 1976).

### **1.3 *Ibalia leucospoides***

#### **1.3.1 Clasificación, origen y distribución**

*I. leucospoides* Hochenwarth, 1785 es un insecto perteneciente a la clase: Insecta, orden: Hymenoptera, superfamilia: Cynipoidea, familia: Ibalidae, subfamilia: Ibalinae, género: *Ibalia*, especie: *Ibalia leucospoides* (Weld, 1952).

Esta especie es originaria de los bosques del Hemisferio Norte, hallada naturalmente en Francia, Inglaterra y Rusia. En el año 1927 se la introdujo a Nueva Zelanda desde Inglaterra, en el marco de un programa de lucha contra *S. noctilio*, que no fue eficiente hasta 1957 (Carvalho, 1993). En 1960 es introducida en Australia, país afectado también por la plaga (Taylor, 1981).

A diferencia de *Rhyssa persuasoria* y *Megarhyssa nortoni*, introducidas artificialmente en Neuquén hace poco tiempo (Villacide y Corley, 2007), *I. leucospoides* ingresó accidentalmente a Sudamérica junto con *S. noctilio*, habiéndose detectado en Uruguay en 1984 (Rebuffo, 1990) y en Brasil en 1990 (Carvalho, 1993).

En Argentina se registró por primera vez en la provincia de Río Negro, en 1993 (Aguilar *et al.*, 1990; Klasmer *et al.*, 2000) y posteriormente en 1997 se la detecta en el Valle de Calamuchita, Córdoba (López *et al.*, 1999; Zupán *et al.*, 1999). Desde allí se la introduce en Jujuy, lográndose su establecimiento en 2002 (Muruaga de L'Argentier *et al.*, 2005). También se halla presente en la región mesopotámica (López, 2004).

#### **1.3.2 Morfología y ciclo de vida**

*I. leucospoides* posee la cabeza, los ojos y antenas negros, el tórax y el abdomen de color marrón oscuro y las alas transparentes color ámbar. Su cuerpo puede medir de 5 a 16 mm de largo y la envergadura alar de 8 a 23 mm; las hembras poseen el ovopositor retráctil. Los rasgos más distintivos entre sexos son: en el macho el gaster se presenta cilíndrico en la parte media y en las antenas el tercer antenito posee una pequeña muesca (Fig. 9). Respecto a las hembras el gaster es más comprimido en forma de lámina y no posee la muesca en el tercer antenito (Fig. 10) (Nuttall, 1980).



Figura 9: Macho de *I. leucospoides*



Figura 10: Hembra de *I. leucospoides*

Presenta una metamorfosis completa, es decir pasa por los estadios de huevo, 4 estadios larvales, pupa exarata o libre y adulto. Su tiempo de vida adulta es de 10 a 15 días, período durante el cual se alimentan de néctar y exudados vegetales, aunque pueden sobrevivir y oviponer sin alimentarse (Fernández-Arhex y Corley, 2003).

Zondag (1959) determinó que *I. leucospoides* es facultativamente partenogénica, hembras sin fecundar dan machos y fertilizadas originan tanto machos como hembras.

Las hembras de este parasitoide oviponen un solo huevo en el orificio que *S. noctilio* realizó en su postura, atraídas por las sustancias volátiles que emanan del orificio cuando el hongo *A. areolatum* comienza a crecer, por secreciones de la larva o del adulto de *S. noctilio* y por una secreción atractiva presente en alta concentración en el aserrín compacto dejado por las larvas en el interior de las galerías (Spradberry, 1974; Quintana de Quinteros *et al.*, 1999).

Es un parasitoide en sus estadios inmaduros, mientras que es de vida libre como adulto. Es considerada como el parasitoide más eficiente en el control de *S. noctilio* (Spradbery y Kirk, 1978).

*I. leucospoides* es un parasitoide de huevo a punto de eclosionar, pero también de larvas de primer y segundo estadio de *S. noctilio*. Las hembras adultas ovipositan, a través del orificio dejado por la hembra de *S. noctilio* en su propia postura, sólo un huevo en el interior del hospedero. Es inicialmente un endoparasitoide pero cuando llega a su tercer estadio abandona la larva de *S. noctilio* y completa su desarrollo alimentándose externamente de la misma larva hospedera, transformándose en ectoparasitoide. Emergen en verano como adultos (Taylor, 1976 y 1978; Spradbery y Kirk, 1978; Neumann y Minko, 1981).

Es fácil diferenciar ambas larvas cuando se encuentran en el interior de los troncos debido a la ausencia de la espina supra-anal en *I. leucospoides* (López *et al.*, 2012).



### 1.3.3 Épocas de emergencias y relación de sexos

En Brasil, las emergencias de *I. leucospoides* ocurren en los meses de noviembre a mayo, presentando un pico en diciembre y otro en abril, que corresponde al ciclo anual y ciclo corto, respectivamente (Carvalho, 1993).

En Argentina, Jujuy, las fechas de emergencia se concentran desde el 21 de noviembre al 5 de diciembre (Muruaga De L'Argentier *et al.*, 2005); en Misiones, comienzan en la tercera semana de octubre y finalizan la primera de enero, con un pico en las dos últimas semanas de noviembre (Eskiviski *et al.*, 2002). En Patagonia según Klasmer *et al.* (2000), las emergencias de este parasitoide se producen desde mediados de enero a fin de mayo en forma sincronizada con *S. noctilio*.

En Córdoba, López (2004) encontró, para un periodo de evaluación de 5 años (desde 1997 hasta 2001), que el periodo de emergencia se extendió desde fines de noviembre hasta fines de febrero. Las mayores emergencias se concentraron entre el 20 de noviembre al 18 de diciembre en todos los periodos. Santa (2003), durante 2001-2002, determinó que las emergencias ocurrieron desde el 22 de noviembre hasta el 27 de diciembre, registrando las máximas emergencias entre el 30 de noviembre y el 20 de diciembre. Según Barrionuevo (2012), durante 2009-2010, las emergencias comenzaron a principios de noviembre, alcanzando un pico en la segunda quincena de ese mes y culminando a mediados de diciembre. Arrieta (2012), registró para el periodo 2010-2011, que las emergencias iniciaron a principios de noviembre, culminando a principios de febrero, registrando dos picos poblacionales, el primero se observó durante la segunda quincena de noviembre, y el segundo a fines de enero. Julián (2014), determinó, durante los años 2012-2013, que las emergencias comenzaron a fines de noviembre, finalizando a mediados de abril, detectando dos picos poblacionales, el primero, con un mayor número de individuos, entre fines de noviembre y mediados de diciembre; y el segundo a partir de la segunda semana de febrero hasta la primera semana de marzo.

Según Crystal (1930), en Nueva Zelanda, los machos emergen generalmente antes que las hembras y permanecen cerca de los árboles esperando la salida de éstas.

En cuanto a la relación de sexos, se entiende que a bajas densidades poblacionales aumenta la presencia de machos, producto de la reproducción partenogenética y por el contrario, en altas densidades por reproducción sexual tienden a equilibrarse los sexos (Bain, 2005).

En Argentina, en Misiones, Eskiviski *et al.* (2002) encontraron una razón, promedio en cuatro años de estudio de 2,64.

En Córdoba, se analizaron varios periodos: López *et al.* (2012) encontró un promedio de 1,1:1 en los tres periodos evaluados, registrando un valor de 0,6:1 (1998-1999);

1,2:1 (1999-2000) y 1,5:1 (2000-2001); Santa (2003) para el periodo 2001-2002, determino una relación de 2,63:1; Barrionuevo (2012) para los años 2009-2010, de 2:1; Arrieta (2012), para el periodo 2010-2011, de 1,66:1 y Julián (2014), para el periodo 2012-2013, de 1,25:1. En la mayoría de los periodos evaluados las emergencias de adultos machos de *I. leucospoides* fue mayor a la de hembras.

#### **1.3.4 Nivel de parasitoidismo de *I. leucospoides* y sincronización con *S. noctilio***

*I. leucospoides*, ha sido introducido en nuestro país posiblemente en forma conjunta con la plaga a través de un proceso denominado *ecesis* (Quintana de Quinteros y Fidalgo, 1993). Es un parasitoide arrenotoco de origen holártico, considerado un importante agente de control por poseer atributos poblacionales, tales como robustez, excelente capacidad reproductiva, rápida y distante capacidad de dispersión (Taylor, 1976 y 1981; Carvalho, 1993). Ha sido utilizado con éxito relativo en ambientes de clima templado, templado-cálido y subtropical para regular poblaciones de *S. noctilio* (Madden, 1988).

El escaso control alcanzado por avispas parasitoides en ciertos lugares, puede deberse a las dificultades que tienen para localizar a su hospedante. En este sentido el hongo simbiote *A. areolatum* juega un papel importante en la atracción de los parasitoides, que responden a distintas concentraciones de éstos en la madera, permitiéndoles encontrar a las larvas para parasitarlas (Taylor, 1981).

En Australia mostraron valores de parasitoidismo de 12,7 a 28,9% (Neumann *et al.*, 1987). Rebuffo (1990) reportó el 24% en Uruguay; en Brasil, 29,05% para el ciclo corto y 30,09% para el ciclo anual (Carvalho, 1993); en Chile, se registraron entre 25 y 30% de parasitoidismo en el año 2005 (Ruíz Gouet, 2006).

En Argentina se citan parasitoidismos entre 6,4 y 25,8% en Jujuy (Muruaga de L'Argentier *et al.*, 2005); Eskivisky *et al.* (2002) en Misiones observaron un parasitoidismo promedio de 40.2%; entre 20 y 40% en Bariloche-Río Negro (Klasmer *et al.*, 2000). Existe una buena sincronización de emergencia entre huésped-parasitoide en la región patagónica de Argentina. Esta sincronización también ocurre a nivel generacional, lo que implica que el parasitoide también retarda su emergencia cuando lo hace *S. noctilio* (Klasmer *et al.*, 1997).

En Córdoba, Santa (2003) en el periodo 2001-2002, registró un nivel de parasitoidismo de 22,93%. López *et al.* (2012), para un periodo de evaluación de 5 años (1997- 2001), obtuvo los siguientes porcentajes de parasitoidismo para cada periodo: 16,94 (1997-1998); 47,46 (1998-1999); 22,53 (1999-2000); 22,53 (2000-2001), con un promedio de 27,36%. Barrionuevo (2012), encontró un valor de 18,95% para el ciclo 2009-2010 con un valor de coeficiente de correlación de Pearson de 0,92; Arrieta (2012), en el 2010-2011, encontró un valor de 13,04% con un coeficiente de de 0,94. En todos los casos se observó

una fuerte y positiva asociación entre las dos especies, con una buena sincronización desde el comienzo de la fecha de emergencia.

Julián (2014) halló un valor de parasitoidismo para el periodo 2012-2013 de 11,53 % con un coeficiente de 0,13, que no refleja correlación entre la emergencia de ambas especies.

Actualmente se está estudiando la posibilidad de introducir en Argentina otros parasitoides como lo son *Rhyssa* sp. y *Megarhyssa* sp. (parasitan larvas maduras de *S. noctilio*) (Iede *et al.*, 2000), y así poder obtener, conjuntamente con la actividad de *I. leucospoides*, niveles de parasitoidismo de hasta el 40% como lo cita Haugen *et al.* (1990).

## **1.4 *Beddingia siricidicola***

### **1.4.1 Clasificación, origen y distribución**

El nematodo fue clasificado por Bedding en: Phylum: Nematoda, Clase: Secernentes, Orden: Neothylenchida, Familia: Neothylenchidae, Género: *Deladenus* (*Beddingia*), Especie: *Beddingia siricidicola* Bedding.

*B. siricidicola* es originario de Europa y norte de África, desde donde se ha movilizado, junto con su huésped o en forma artificial, como agente de control biológico.

En 1962 por primera vez se observa a *B. siricidicola* en laboratorio parasitando a *S. noctilio* en Nueva Zelanda (Zondag, 1969). Posteriormente fue registrado en 19 países de Europa por Bedding y Akhurst (1978), desde donde fue introducido a Nueva Zelanda, Uruguay, Brasil (Iede *et al.*, 1993) y Argentina (Valle *et al.*, 1996).

En Argentina, se instaló en 1996 el laboratorio de Cría del nematodo en la Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo del INTA en Misiones que actualmente produce dosis para las plantaciones de todo el país.

### **1.4.2 Aspectos biológicos**

Su ciclo biológico se produce en dos fases: una de vida libre o micetófaga (miden 2 mm, su estilete es más corto y fino 10 a 11  $\mu$ , son ovíparas y colocan alrededor de 1.000 huevos), y otra parasítica (mide 5 a 25 mm, el estilete es largo y fuerte de 19 a 25  $\mu$ , se reproducen por ovoviviparidad y colocan hasta 10.000 larvas juveniles) (Bedding, 1968). En la primera, el nematodo se mueve libremente a lo largo de los vasos de árboles afectados por la avispa, alimentándose del hongo *A. areolatum*. En este proceso puede entrar en contacto con una larva de *S. noctilio*, transformándose al estado infectivo o parasítico alimentándose de forma endoparásita de larvas, pupas y adultos de la avispa (alimentación entomófaga). Dentro de la larva de la avispa, las hembras del nematodo alcanzan grandes proporciones (1.000 veces el volumen original) y producen miles de nematodos. Cada hembra infectiva del nematodo puede producir hasta 10.000 larvas juveniles, las cuales migran al sistema

reproductivo de *S. noctilio* cuando éste pupa, provocando esterilidad en las hembras (Taylor, 1981; Lanfranco y Aguilar, 1990).

Este nematodo produce la atrofia de los ovarios lo que ocasiona la esterilización de las hembras debido a que invade sus células sexuales antes de la cópula y la postura de los huevos. No obstante, las hembras de *S. noctilio* parasitadas ponen huevos que son estériles porque están llenos de nematodos en su interior, y por lo tanto de ellos no eclosionarán larvas de *S. noctilio* y de esta manera se interrumpe el ciclo. Al ser una parte del ciclo del nematodo de vida libre en la madera alimentándose del hongo simbionte ofrece dos ventajas operativas: su cultivo y cría masiva en laboratorio, para luego a través de la técnica de inoculación artificial ser aplicado en árboles atacados por *S. noctilio*, en donde desarrollará su ciclo parasítico; y la dispersión natural por la avispa del nematodo en las plantaciones junto con el hongo simbionte y ello es la base para su establecimiento en la región (Gómez, 2007).

En los machos adultos se produce una hipertrofia testicular. En ellos la estrategia de *B. siricidicola* no es útil, ya que la producción de espermios en los machos de *S. noctilio* y su traslado a las vesículas seminales ocurre tempranamente en las pupas antes de que los nematodos juveniles invadan los testículos. En consecuencia, estos machos infestados no transmiten los nematodos durante la cópula y sus espermios son absolutamente normales y viables. Es entonces sólo a través de las hembras que el nematodo asegura su continuidad y su dispersión, todo en perfecta sincronización con el ciclo biológico de *S. noctilio* (Bedding, 1968 y 1972; Bedding y Akhurst, 1978; Zondag, 1975 y 1979; Taylor, 1981).

### **1.4.3 Nivel de parasitismo y técnica de inoculación del nematodo**

En Australia se desarrolló un Programa Nacional de Control Biológico con la utilización del nematodo *B. siricidicola* (Bedding y Akhurst, 1974) y se comprobó que es el agente más efectivo para el control de la avispa *S. noctilio* (Haugen y Underdown, 1993), pudiendo llegar a un nivel de parasitismo del 99% en condiciones experimentales y un 70% a campo (Iede *et al.*, 1992). En 1998 los índices de parasitismo en Australia y Nueva Zelanda estuvieron próximos al 100%, cuando se llevó a cabo un programa de control biológico intensivo (Iede *et al.*, 1998b).

En Brasil también se implementó este mismo programa, con resultados variables. En las zonas controladas oportunamente con *B. siricidicola* se determinó hasta 80% de parasitismo, mientras que los datos se alejan del anterior en otras zonas donde la iniciación de las acciones se retrasó y también se realizaron pocas inoculaciones (Iede *et al.*, 1998 a, b). Da Silva (1995) determinó niveles de parasitismo de 72,7% hasta el 77% en el Sur de Brasil. En Argentina, Eskivisky *et al.* (2002) observaron en estudios de 4 años (1998-2001) un

promedio de 12% de parasitismo, con un aumento de hasta 43%, posiblemente debido a la dispersión natural del nematodo.

En Córdoba, resultado de las inoculaciones, se determinó un valor promedio de parasitismo del 21,95% para cuatro períodos, desde 1997 a 2001 (López *et al.*; 2009). Santa (2003) para el periodo 2001-2002 obtuvo un porcentaje de parasitismo de 53,65% en los árboles trampa y un parasitismo natural (adultos parasitados que emergieron de árboles no inoculados) de 61,11%, en la zona del Valle de Calamuchita. En periodos posteriores, se registraron los siguientes valores: 2008-2009: 26,47%; 2009-2010: 96,42%; 2010-2011: 29,88%; 2011-2012: 80,05%; 2012-2013: 73,52% y del 36,02% para el periodo 2013-2014. Los niveles de parasitismo en la región son aceptables registrándose una disminución de la población de la plaga, detectándose además la presencia del nematodo en forma natural en árboles donde no se realizaron inoculaciones (Crenna, *et al.*, 2014).

En Australia Neumann *et al.* (1987) recomiendan realizar las inoculaciones entre los meses de mayo a julio, pues durante este período es cuando se obtienen los mejores índices de parasitismo, debido a que en esta zona la emergencia de los adultos ocurre entre diciembre y mayo con picos de emergencia desde enero a marzo (Taylor, 1969). En Brasil las aplicaciones durante los meses de enero, febrero, mayo, julio y setiembre presentan índices satisfactorios (Iede *et al.*, 1989), con periodos de emergencia desde octubre a abril con picos de poblaciones en noviembre y diciembre (Carvalho *et al.*, 1992; Carvalho, 1993). En los dos casos se realizan las aplicaciones entre los 3 y 5 meses posteriores a los picos de emergencia de los adultos.

Aproximadamente se inoculan 2.500 a 3.000 nematodos por árbol (Lanfranco y Aguilar, 1990; Valle *et al.*, 1997).

El nivel de parasitismo obtenido está muy relacionado a condiciones ambientales, metodología y fechas de aplicación.

En la provincia de Córdoba se observa que los mayores porcentajes de parasitismo ocurren cuando se inocula entre junio y agosto. La mayor eficiencia de las inoculaciones, se obtuvo entre los 6 y 7 meses anteriores a los picos de emergencias (López, 2004).

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el comportamiento poblacional de *Sirex noctilio*, el grado de parasitismo de sus controladores biológicos y valorar económicamente la aplicación del nematodo en forestaciones de Córdoba para el periodo 2016-2017.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la fluctuación poblacional y la razón sexual de *S. noctilio*.
- Determinar la fluctuación poblacional y la razón sexual de *I. leucospoides*.
- Conocer la relación de *S. noctilio* e *I. leucospoides*.
- Estimar el parasitoidismo de *S. noctilio* por *I. leucospoides*.
- Estimar el parasitismo de *S. noctilio* por *B. siricidicola*.
- Valorar económicamente la aplicación del nematodo como práctica de control biológico, mediante la modelación de pérdidas volumétricas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el mes de octubre del 2015 se delimitaron 24 parcelas de muestreo o parcelas trampas, en forestaciones de las localidades de Alpa Corral, Río de los Sauces (Sierra de Comechingones), Villa General Belgrano (Valle de Calamuchita) y General Deheza (zona de llanura), ubicándolas mediante coordenadas geográficas con el uso de GPS. Las mismas estuvieron formadas por grupos de 5 árboles de *P. elliotii*, seleccionando aquellos suprimidos, tortuosos o bifurcados y con una distribución uniforme dentro de la forestación. Los árboles seleccionados fueron registrados en planillas de campo con los siguientes datos, lugar, fecha, diámetro a la altura del pecho (DAP) y perímetro basal, este último dato es necesario para definir la dosis de herbicida a aplicar.

Sobre el tronco de estos árboles se realizaron cortes a 1,3 m de altura con un hacha, inclinada unos 45° con respecto al tronco. En dichos cortes se aplicó con una jeringa el herbicida Dicamba al 48% (a una dosis de: 1 ml. cada 10 cm. de perímetro basal) con el fin de debilitar los árboles y que resulten en este estado atractivos al ataque de *S. noctilio* (Fig. 11) (Neumann *et al.*, 1987; Vera, 1997). La avispa es atraída por sustancias volátiles que emiten los árboles debilitados o estresados. Esta circunstancia es aprovechada para detectar la presencia de *S. noctilio* mediante el debilitamiento artificial de los pinos con herbicida (Spradberry y Kirk, 1978; Klasmer *et al.*, 1997).

Dicamba es una auxina sintética derivada del ácido benzoico, postemergente y se absorbe a través de hojas, tallos y raíces. Es sistémica, circulando tanto por xilema como por floema. Modifica el transporte de ácido indolacético, produciendo efectos auxínicos en la planta. Se formula como concentrado soluble (CASAFE, 2009).



*Figura 11: Aplicación de herbicida*

En marzo-abril de 2016 se monitorearon las parcelas trampas y se registraron en planillas de campo aquellos árboles trampa que presentaron síntomas de ataque de la avispa:

amarillamiento de las acículas, gotas de resina en el tronco (chorreaduras) y ausencia de orificios de emergencia, para su posterior inoculación con el nematodo.

En junio de 2016 fueron inoculados, con el nematodo *B. siricidicola*, los árboles con síntomas de ataque de la avispa. La época de inoculación tiene como finalidad que los nematodos tengan tiempo suficiente para distribuirse e incrementar en número hasta alcanzar niveles realmente reguladores, lo que puede tomar varios años (Haugen *et al.*, 1990).

Para las inoculaciones se preparó una gelatina con la dosis de nematodos, para garantizar la hidratación de los mismos hasta que penetren en la madera, para lo cual se disolvió 30 gr de gelatina sin sabor en 100 ml de agua hirviendo, se mezcló la gelatina con una batidora y luego se adicionó 200 ml de agua helada (12°C), se continuo batiendo hasta alcanzar el máximo volumen y luego se redujo la velocidad, agregándole la dosis. El traslado de la mezcla a la zona de inoculación se realizó dentro de una caja de telgopor, conteniendo sacos de hielo para mantener la temperatura entre 5 y 15°C (Valle *et al.*, 1997).

A campo, una vez seleccionados los árboles con síntoma de ataque, fueron apeados, se eliminaron las ramas y se realizaron orificios con un martillo aplicador a una profundidad promedio de 1 cm (Fig. 12). En fustes de diámetro superior a 15 cm se realizaron dos líneas de orificios, a una distancia aproximada de 30 cm entre orificios. En los árboles de diámetro menor a 15 cm los orificios se hicieron a la misma distancia, pero en una única línea. Posteriormente se colocó el inóculo con mangas aplicadoras, en cada uno de los orificios, ejerciendo una leve presión (Fig. 13). Dicho material permaneció en el campo hasta la fecha próxima a la emergencia de *S. noctilio*.



**Figura 12: Martillo aplicador**



**Figura 13: Manga aplicadora**

Las dosis de nematodos *B. siricidicola* fueron enviadas desde el Laboratorio de Cría en la E.E.A. INTA Montecarlo-Misiones. Cada dosis contiene aproximadamente 1.000.000 de individuos en 20 ml de suspensión, con una vida útil de 7 días, siendo suficiente esta cantidad para inocular entre 4 y 10 árboles, dependiendo del tamaño de los mismos. Se utilizaron 18 dosis y fueron inoculados 50 árboles (3 árboles por dosis).



En octubre de 2016, previo a la emergencia de los adultos de *S. noctilo*, se cortaron de los árboles apeados dos trozas de 1 m de largo, una a la altura del DAP y otra de la parte media del fuste (Fig. 14). En uno de los extremos de cada troza se rotuló con el número de parcela y árbol y en ambos extremos se realizó un parafinado para evitar un desecamiento prematuro (Fig. 15). Las trozas fueron transportadas y colocadas en el depósito de SENASA-Río Cuarto, en jaulas (0,35 de ancho x 0,65 m de profundidad x 1,10 m de alto) con tejido mosquitero y una puerta frontal (Fig. 16).



**Figura 14: Corte de trozas**

**Figura 15: Rotulado y parafinado**

**Figura 16: Jaulas**

A partir de ese momento, las jaulas fueron revisadas dos veces por semana hasta las últimas emergencias. Los ejemplares se colocaron en recipientes con alcohol etílico al 70%, para su conservación y posterior reconocimiento en el laboratorio de Zoología Agrícola de la UNRC. El análisis de los individuos recolectados se realizó antes de culminar una semana desde su captura, para evitar transformaciones en el contenido abdominal que pudieran dificultar la observación de nematodos.

En planillas de laboratorio se registró fecha, especie y sexo de los individuos colectados. Estos datos fueron registrados según parcela y ubicación geográfica, y sintetizados en un cuadro (Anexo 1).

Se utilizó un Diseño en Bloques Completos Aleatorizados (DBCA). Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza, y al no cumplir con los supuestos del análisis, se les realizó una transformación  $\log_{10}(y+1)$ .

El tiempo transcurrido desde la primera emergencia de adultos hasta la última observada en laboratorio se ordenó en rangos de 15 días, dando como resultado 13 fechas de muestreo (13 quincenas). Se consideraron como bloques cada localidad (Alpa Corral, Río de los Sauces, Villa General Belgrano y General Deheza); la unidad experimental representada por 2 trozas de *P. elliottii* proveniente de cada parcela trampa. Se identificó al número de adultos emergidos.

Para establecer la fluctuación poblacional, fueron elaboradas curvas de emergencia de *S. noctilio* e *I. leucospoides* utilizando el número de adultos emergidos agrupados en

forma quincenal. La razón sexual para ambas especies se calculó dividiendo el número de individuos machos emergidos por el número de hembras emergidas (macho/hembra) (Anexo 2).

Para conocer la relación entre la emergencia de ambas especies, los datos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante correlación de Pearson usando el programa INFOSTAT (2010). El coeficiente de Pearson mide la magnitud de la asociación lineal entre dos variables independientemente de las unidades de medida de las variables originales; y representa la covarianza de los valores muestrales estandarizados. Asume valores entre -1 y 1, y el signo indica la dirección de la asociación; valores negativos indican que cuando uno de los valores es más grande que su media, el otro valor es más pequeño que su media (Balzarini *et al.*, 2008).

Se planteó el siguiente modelo estadístico e hipótesis:

$$y = \mu + (\alpha \cdot x) + \varepsilon, \text{ donde:}$$

y: Número de individuos de *S. noctilio* emergidos quincenalmente.

$\mu$ : Media poblacional del número de individuos de *S. noctilio* emergidos quincenalmente.

$\alpha$ : Coeficiente de correlación (tasa de cambio de la variable “y” por cada unidad de cambio de la covariable “x”).

x: Covariable número de individuos de *I. leucospoides* emergidos quincenalmente.

$\varepsilon$ : Error experimental.

H<sub>0</sub>: No existe correlación entre el número de individuos de *S. noctilio* y el número de individuos de *I. leucospoides*, emergidos quincenalmente ( $\alpha = 0$ ).

H<sub>a</sub>: Existe correlación entre el número de individuos de *S. noctilio* y el número de individuos de *I. leucospoides*, emergidos quincenalmente.

La estimación del parasitoidismo de *S. noctilio* por *I. leucospoides* se realizó mediante la siguiente ecuación (López, 2004):

$$\text{Parasitoidismo (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de individuos emergidos de } I. \text{ leucospoides}}{\text{N}^\circ \text{ de individuos emergidos de } I. \text{ leucospoides} + S. \text{ noctilio}} \times 100$$

La determinación del parasitismo por el nematodo se realizó en laboratorio utilizando una lupa estereoscópica de 35X. Se cortó al insecto por la unión del tórax con el abdomen, conservando esta última porción, la que se vació completamente para observar junto a su contenido la presencia del nematodo. El contenido del abdomen fue colocado en una caja de Petri empleando agua para diluir y alcohol para dispersarlo. En esta etapa el análisis de la hembra se diferencia del de los machos; en el caso de los machos se revisó el contenido como si fuera uniforme dado que no contiene mucus fitotóxico ni huevos. La revisión del contenido, en busca de nematodos resultó minuciosa y detallada. Los nematodos

aparecieron como pequeños husos curvos de color blancuzco o levemente traslúcido. En el caso de las hembras, dado que el contenido del abdomen se compone de los huevos y de un concentrado de mucus fitotóxico de consistencia gelatinosa de aspecto transparente, tomando un color ámbar a medida que envejece, se eliminó este último para simplificar la tarea. Una vez vaciada la totalidad del abdomen, se obtuvo, además del sistema digestivo y otros tejidos, los huevos en grupos. Sobre este sustrato se procedió a aplicar agua y alcohol, para posteriormente revisar tanto el medio como el contenido de los huevos. Se consideraron parasitados solo aquellos individuos que contenían nematodos en el interior del abdomen.

La determinación del porcentaje de parasitismo se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Parasitismo (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de adultos de } S. \textit{noctilio} \text{ parasitados}}{\text{N}^\circ \text{ total de adultos de } S. \textit{noctilio}} \times 100$$

Para determinar la conveniencia de aplicación de la técnica de control biológico mediante el nematodo *B. siricidicola*, se realizó una modelación con distintas situaciones; se simuló una plantación expuesta a distintos niveles de daño 10%; 20%; 26,8% (López, 2004); 30%; 40%; 50%; 60% y 70% (Corley y Villacide, 2005), sin manejo silvícola. Se usó para ello un modelo de estados y transiciones propuesto por Mitchell y Cameron (1985) para estimar el volumen producido en cada situación particular.

$$V = a * H_o^b * DR^c$$

Dónde:

V: Volumen del rodal [m<sup>3</sup>/ha].

H<sub>o</sub>: Altura dominante [m].

DR: Índice de Densidad Relativa.

a, b, c: Parámetros particulares.

Los datos que fueron utilizados corresponden a una plantación forestal localizada en el campo experimental Las Guindas de la UNRC (Alpa Corral, Córdoba), la misma cuenta con tres sitios de producción: valle; ladera baja y ladera alta. Las densidades reales, iniciales y finales para los tres sitios son las siguientes: para el valle 900 y 630 plantas/ha, para la ladera baja 800 y 600 plantas/ha y para la ladera alta 800 y 500 plantas/ha, considerando un turno de corta a los 27 años de edad. La reducción anual de la densidad sigue un comportamiento casi lineal iniciándose a partir del año 18, momento donde comienza a tener efecto el fenómeno de la competencia, visualizándose una disminución en el stand de plantas, ello expresado como muerte natural al ser una plantación sin manejo (Fernandez Corradi, 2017).

Los volúmenes obtenidos mediante el modelo en la situación original (cambios reales en la densidad) se contrastaron con los volúmenes obtenidos mediante el modelo con

diferentes niveles de daño, para obtener de esta manera el volumen extra producido en cada caso, al momento del turno de corta.

Se eliminó del análisis el efecto ambiente, debido a que las evaluaciones se realizaron sobre la misma plantación; y el efecto tiempo, debido a que se aplicó el mismo turno de corta para todas las situaciones.

Se realizó el cálculo del costo de aplicación anual de la técnica de control biológico con el nematodo *B. siricidicola*, desde el año 15 hasta el año 27 de la plantación. Ya que las forestaciones más afectadas por *S. noctilio* son aquellas cuyas edades superan los 15 años o cuyos diámetros a la altura de pecho (DAP) oscilan entre 15 y 30 cm (López, 2004). Se consideraron gastos, amortizaciones e intereses, necesarios para la prestación del servicio a productores locales o regionales, desde la instalación de parcelas trampas, hasta la inoculación del nematodo en los árboles trampa (Anexo 3). Se tomaron los precios promedios de marzo 2018. En nuestro estudio se consideraron los recursos requeridos para instalar e inocular 8 parcelas trampas, con 5 árboles cada una, en una superficie de 100 ha.

Se analizó la conveniencia económica de la práctica de control biológico mediante la técnica del análisis Beneficio/Costo, estimándose el Valor Actualizado Neto (VAN). Se consideró como beneficio neto sin proyecto al valor equivalente al volumen producido por hectárea en las situaciones con distintos niveles de daño para cada sitio. Como gastos con proyecto, al valor equivalente del costo de la prestación de servicio por hectárea; como ingreso neto con proyecto al valor equivalente de volumen producido por hectárea en la situación original para cada sitio y como beneficio neto con proyecto a la diferencia entre los ingresos y costos con proyecto.

Los valores se actualizaron a una tasa de interés del 6% (Price, 1997; Laclau *et al.*, 2002). La elección de esta tasa obedece a que tratándose de una forestación ya implantada, tiene un costo de oportunidad similar al fundiario. Para la evaluación se consideró un periodo de análisis de 13 años (desde el año 15 al 27).

$$VAN = \sum_t^1 \left( \frac{Bn}{(1+r)^t} - \frac{C}{(1+r)^t} \right)$$

Bn: beneficio neto para el inversionista en el periodo de análisis, proveniente de la diferencia de producción por ataque, por el precio de venta.

t: tiempo desde el inicio del proyecto hasta el año final del análisis.

C: representa el gasto anual del control estimado a través del costo de brindar el servicio.

El análisis del VAN para las distintas situaciones, permitió establecer la conveniencia de implementar las medidas de control biológico.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Fluctuación poblacional y razón sexual de *S. noctilio*

Al analizar las emergencias de adultos de *S. noctilio* ocurridas durante el periodo 2016-2017, de 24 parcelas de árboles trampa, solo se registraron emergencias en el 50 % de las mismas (Anexo 1).

En todas las localidades evaluadas, las emergencias se prolongaron por un periodo aproximado de cuatro meses. El inicio fue el 12 de diciembre (Fig. 17), coincidente con lo hallado por Eskiviski *et al.* (2002) en Neuquén; más temprano que lo registrado por Klasmer *et al.* (1997) en Bariloche-Río Negro; y más tardía que lo registrado por López *et al.* (2010), Santa (2003), Barrionuevo (2012), Arrieta (2012), Julián (2014) y Giai (2017) en Córdoba; Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones y Corrientes, y Muruaga de L'Argentier *et al.* (2005) en Jujuy.

Estadísticamente solo se determinó la ocurrencia de un único rango con mayores emergencias coincidiendo con lo hallado en Córdoba por López *et al.* (2010), Santa (2003), Julián (2014) y Giai (2017). Mientras que Barrionuevo (2012) y Arrieta (2012) encontraron dos. En este lapso de tiempo se concentró el 65 % de las apariciones de los adultos de *S. noctilio* (Fig. 17).

El rango de mayor emergencia se extendió desde el 08 de febrero hasta el 07 de marzo, similar a lo encontrado por Julián (2014) en Córdoba y Klasmer *et al.* (1997) en Bariloche. Diferente a lo obtenido por Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones y Corrientes, Santa (2003), López *et al.* (2010), Barrionuevo (2012) y Arrieta (2012) en Córdoba, y Muruaga de L'Argentier *et al.* (2005) en Jujuy, quienes encontraron en general la mayor cantidad de emergencias de la plaga entre principios - mediados de noviembre y la primer semana de enero.

Las últimas apariciones de la plaga ocurrieron el 31 de marzo (Fig. 17); similar a lo hallado por López (2004) en Córdoba; más temprano a lo registrado por Julián (2014) en Córdoba, Klasmer *et al.* (1997) en Bariloche y Eskiviski *et al.* (2002) en Neuquén; y más tarde que lo registrado por Santa (2003), Barrionuevo (2012), Arrieta (2012) y Giai (2017) en Córdoba, Muruaga de L'Argentier *et al.* (2005) en Jujuy y Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones y Corrientes.

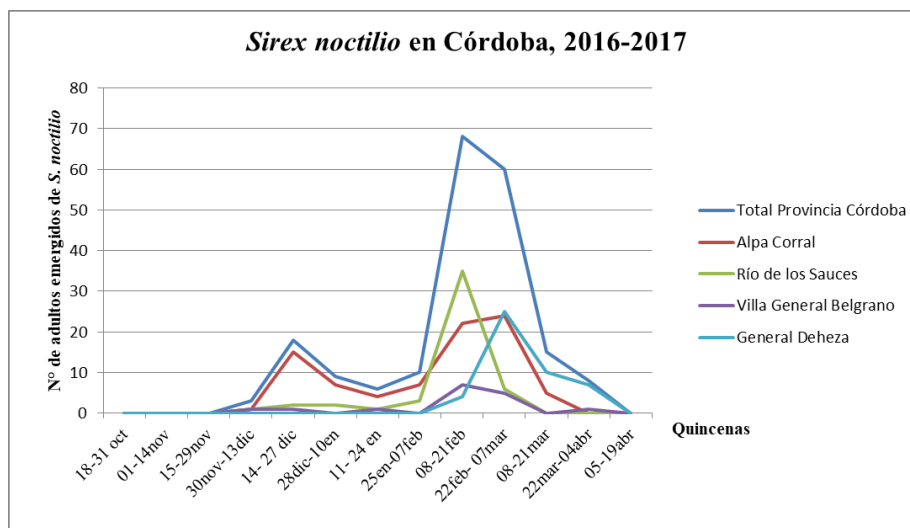


Figura 17: Fluctuación poblacional de adultos de *S. noctilio* por localidad y promedio regional en el periodo 2016-2017

Se contabilizó un total de 197 individuos; valor superior al hallado por López (2004) en el periodo 1997-1998 con 49 individuos y en el periodo 1998-1999 con 124, Barrionuevo (2012) para el periodo 2009-2010 con 77 individuos, Arrieta (2012) en el periodo 2010-2011 con 100 individuos, Capra (2015) para el periodo 2011-2012 con 14 individuos y Julián (2014) con 69 individuos; e inferior valor al encontrado por López (2004) en el periodo 1999-2000 con 481 y en el periodo 2000-2001 con 1328 individuos.

En Alpa Corral, Río de los Sauces y Villa General Belgrano el rango de mayor emergencia ocurre en las quincenas 9 y 10, ocupando un intervalo de tiempo entre el 8 de febrero al 7 de marzo. En General Deheza se retrasa respecto a las zonas anteriores ocurriendo del 22 de febrero al 21 de marzo, correspondiendo a las quincenas 10 y 11 (Fig. 17).

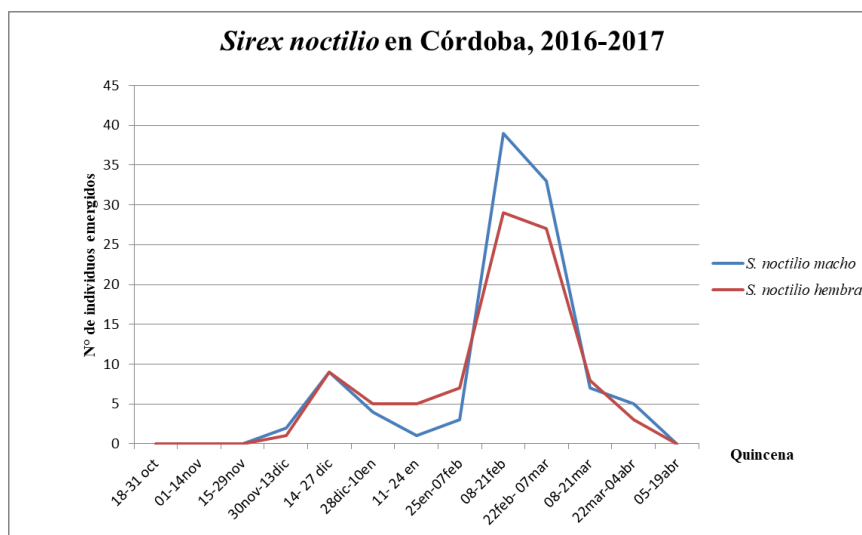
En cuanto a la proporción de sexos (Fig. 18), se observó una mayor cantidad de machos que de hembras, registrando en el periodo evaluado 103 machos y 94 hembras. La relación macho: hembra obtenida para Córdoba fue de 1,1:1 (Cuadro 1), siendo este valor inferior al hallado por Santa (2003), López (2004), López *et al.* (2010), Barrionuevo (2012) y Julián (2014) y sensiblemente superior al registrado por Arrieta (2012).

El valor total hallado se acerca a 1, mostrando un equilibrio entre machos y hembras lo que indica que la población de esta especie va en aumento, coincidiendo con lo citado por Morgan y Stewart (1966) y Da Silva (1995).

En Río de los Sauces esta relación es la más elevada (Cuadro 1), lo que permitiría suponer que estaría ocurriendo un proceso de recolonización, coincidiendo con Giai (2017).

**Cuadro 1:** Razón sexual de *Sirex noctilio* por localidad. Periodo 2016-2017

Localidades	N° Machos	N° Hembras	Razón Sexual
Alpa Corral	35	50	0,7
Río de los Sauces	39	11	3,55
Villa General Belgrano	9	7	1,29
General Deheza	20	26	0,77
Total Córdoba	103	94	1,1



**Figura 18:** Fluctuación poblacional de adultos de *S. noctilio* según sexo. Periodo 2016-2017

#### 4.2 Fluctuación poblacional y razón sexual de *I. leucospoides*

Al analizar las emergencias de adultos de *I. leucospoides* ocurridas durante el periodo 2016-2017, del total de parcelas (24) de árboles trampa, solo 6 registraron emergencias (Anexo 1).

Las emergencias se extendieron por un periodo aproximado de tres meses. Comenzaron el 2 de diciembre (Fig. 19), más temprano a lo encontrado por Klasmer *et al.* (2000) en Patagonia y más tardío a lo registrado por López (2004), Santa (2003), Barrionuevo (2012), Arrieta (2012) y Julián (2014) en Córdoba, Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones y Muruaga de L'Argentier *et al.* (2005) en Jujuy.

Se registró un único pico poblacional, coincidiendo con López (2004), Santa (2003) y Barrionuevo (2012) en Córdoba y Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones; diferente a lo registrado por Arrieta (2012) y Julián (2014) en Córdoba, quienes observaron dos picos poblacionales del parasitoide.

El pico de emergencia tuvo una duración aproximada de un mes, el cual se extendió desde el 02 de diciembre al 27 de diciembre, comportamiento similar al obtenido por López (2004), Santa (2003) y al primer pico poblacional registrado por Julián (2014) en Córdoba.

Las últimas apariciones fueron el 23 de febrero (Fig. 19), similar a lo registrado por López (2004); anterior a lo registrado por Julián (2014) en Córdoba y Klasmer *et al.* (2000) en Patagonia; y más tarde a lo registrado por Santa (2003), Barrionuevo (2012) y Arrieta (2012) en Córdoba; Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones y Muruaga de L'Argentier *et al.* (2005) en Jujuy.

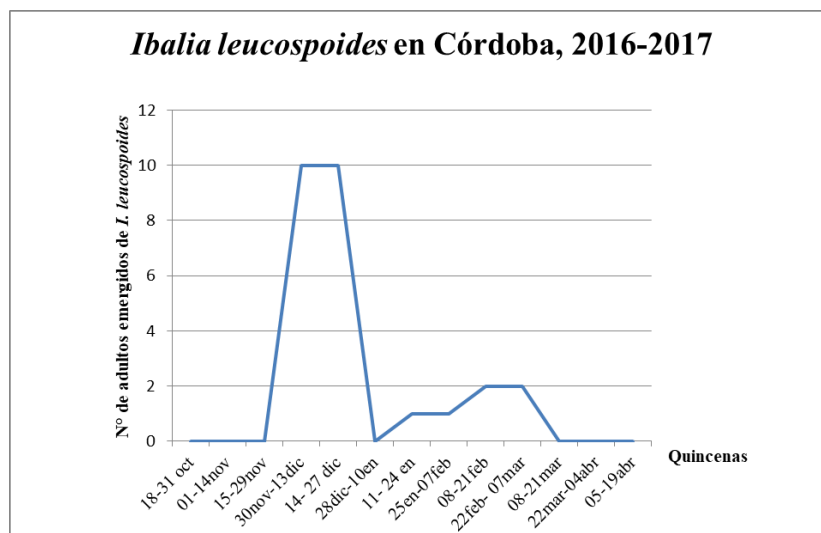


Figura 19: Fluctuación poblacional de adultos de *I. leucospoides*. Periodo 2016-2017

En cuanto a la proporción de sexo obtenida durante el periodo de estudio, fue mayor la cantidad de machos que de hembras (Fig. 20) con una relación macho: hembra de 2,25:1, valor superior a lo registrado por López (2004), Barrionuevo (2012), Arrieta (2012) y Julián (2014); e inferior a lo hallado por Santa (2003) para Córdoba.

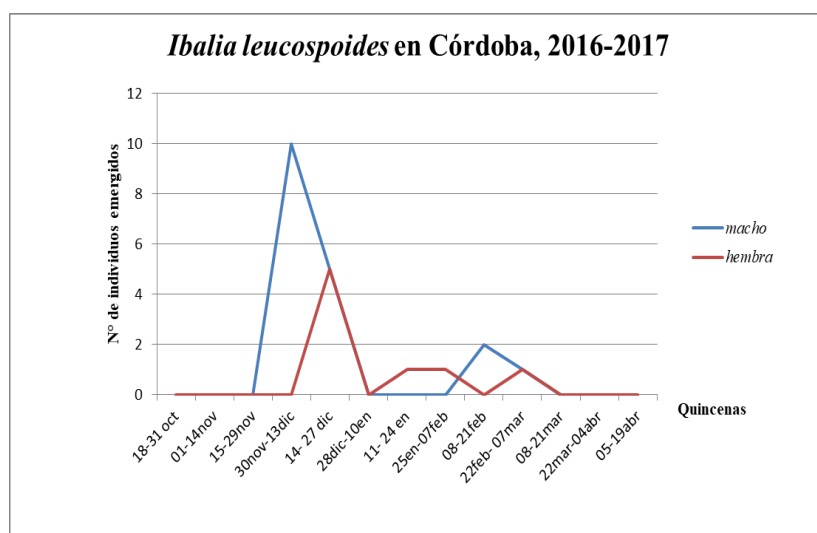


Figura 20: Fluctuación poblacional de adultos de *I. leucospoides* según sexo. Periodo 2016-2017



### 4.3 Relación entre *S. noctilio* e *I. leucospoides*

Las emergencias de *I. leucospoides* iniciaron a principio de diciembre, diez días antes que la aparición de la plaga (Fig. 21), similar a lo hallado por Barrionuevo (2012); diferente a lo registrado por Arrieta (2012) y Julián (2014) quienes encontraron que la aparición del parasitoide con la plaga coincidía; mientras que Santa (2003) y López (2004) hallaron que primero aparecía la plaga con un desfase entre una y dos semanas con su parasitoide. Según Klasmer *et al.* (1997), estos desfases son típicos del comportamiento que caracteriza las relaciones predador-presa.

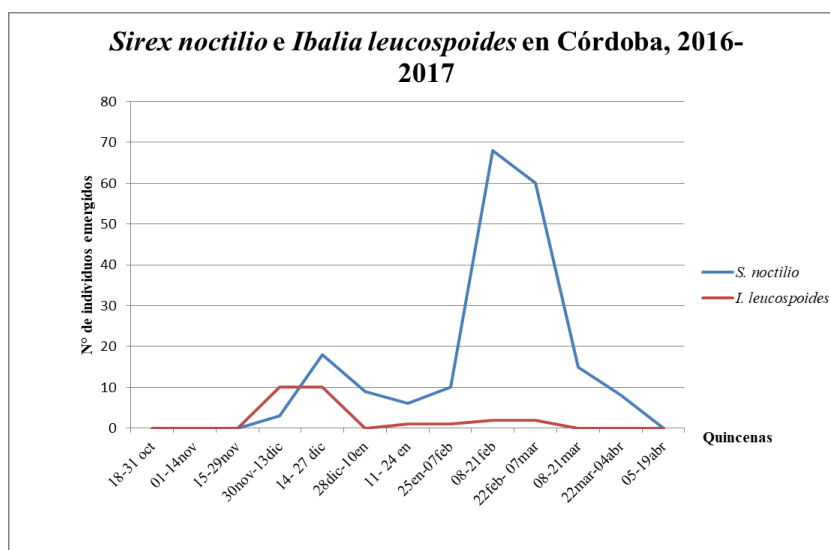


Figura 21: Relación de emergencia entre *S. noctilio* e *I. leucospoides*. Periodo 2016-2017

Al someter los datos de emergencia de la plaga y el parasitoide al análisis de correlación de Pearson, se determinó una probabilidad asociada de 0,8950 (mayor a 0,01) por lo tanto se acepta la hipótesis nula planteada; que no existe correlación entre la emergencia de ambas especies. El coeficiente de correlación de Pearson es positivo con un valor de 0,02 (Cuadro 2). Valores similares a los encontrados por Julián (2014) y diferentes a los registrados por López (2004), Barrionuevo (2012) y Arrieta (2012).

Cuadro 2: Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades

	Coeficiente	Probabilidad
	<i>S. noctilio</i>	<i>I. leucospoides</i>
<i>Sirex</i>	1,00	0,895
<i>Ibalia</i>	0,02	1,00

#### 4.4 Parasitoidismo de *S. noctilio* por *I. leucospoides*

El valor de parasitoidismo de *S. noctilio* por *I. leucospoides* para el periodo 2016-2017, en Córdoba fue de 11,66% (Cuadro 3), similar al registrado por Julián (2014), e inferior a lo hallado por López (2004), Santa (2003), Barrionuevo (2012) y Arrieta (2012) en la zona de estudio y a los valores registrados por Klasmer *et al.*(2000) en la Patagonia y Eskiviski *et al.* (2002) en Misiones. El valor máximo de parasitoidismo hallado fue en Villa General Belgrano con un 23,81% (Cuadro 3).

**Cuadro 3:** Porcentaje de parasitoidismo por localidad y promedio provincial. Periodo 2016-2017

Localidad	Parasitoidismo
Alpa Corral	3,41
Río de los Sauces	16,67
Villa General Belgrano	23,81
General Deheza	14,81
Pomedio Córdoba	11,66

#### 4.5 Parasitismo de *S. noctilio* por *D. siricidicola*

El valor de parasitismo de *S. noctilio* por el nematodo en Córdoba fue de 19,43%, para el periodo 2016-2017.

En Alpa Corral fue de 18,75%, 6,15% en Río de los Sauces, 60% en Villa General Belgrano y 33% en General Deheza. Los porcentajes obtenidos en Alpa Corral y Río de los Sauces son menores a los registrados por López *et al.* (2009), Santa (2003) y Crenna *et al.* (2014) para los periodos comprendidos entre 2008 y 2014. Los bajos valores de parasitismo obtenidos en estas dos localidades pueden atribuirse a la demora en el traslado de la cepa del nematodo desde INTA-Montecarlo a Río Cuarto, ocurrida por inconvenientes en el transporte, lo que podría haber afectado la supervivencia de los mismos.

En Villa General Belgrano el parasitismo es similar a lo registrado por Santa (2003); mayor a los encontrado por López *et al.* (2009) y Crenna *et al.* (2014) en los periodos 2008-2009, 2010-2011, 2013-2014; y menor a los hallados por Crenna *et al.* (2014) en los periodos 2009-2010, 2011-2012 y 2012-2013.

En General Deheza el valor de parasitismo es similar a lo hallado por Crenna *et al.* (2014) en los periodos 2010-2011 y 2013-2014; mayor a lo registrado por López *et al.* (2009) y Crenna *et al.* (2014) en el periodo 2008-2009; mientras que fue menor a lo que registró Santa (2003) y Crenna *et al.* (2014) en los periodos 2009-2010, 2011-2012, 2012-2013.

#### 4.6 Valoración económica de la técnica de control biológico mediante *B. siricidicola* y su conveniencia de aplicación según pérdidas en volumen maderable

La aplicación del modelo de Mitchell y Cameron (1985) permitió simular los efectos que tendría un cambio en la densidad (en términos de número árboles por hectárea) sobre el incremento del volumen del rodal y posteriormente utilizarlo en el cálculo del VAN.

La reducción en las densidades reales al final de la rotación para el valle, ladera baja y ladera alta fueron del 30%, 25% y 37,5% respectivamente, atribuida a la muerte natural.

Cuando el nivel de daño es menor al porcentaje de muerte natural no se observaron pérdidas en el volumen final de madera, ya que en este caso la plaga estaría simulando un raleo natural. Los valores de VAN negativos, indicarían que se estarían usando recursos económicos en la implementación del control biológico sin producción de volumen extra al turno de corta final.

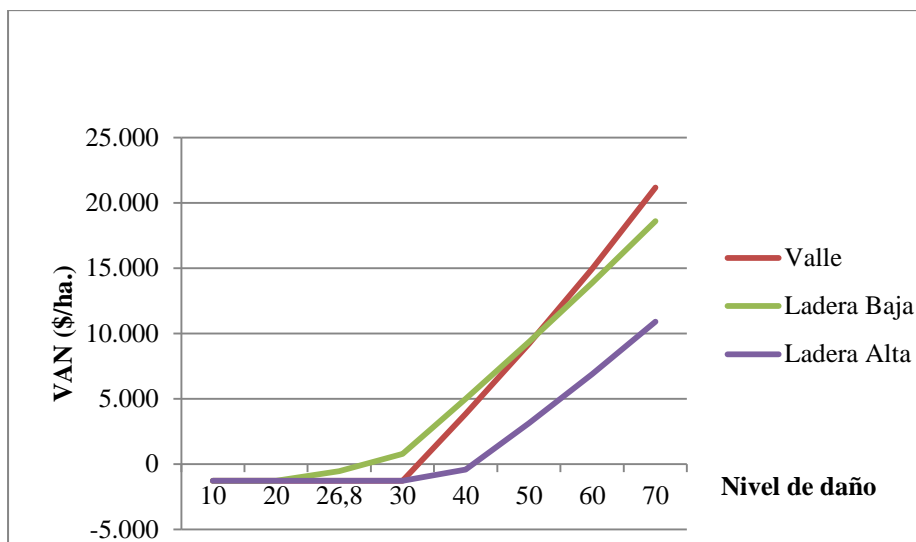
En ladera baja, el VAN se hace positivo a partir de valores próximos al 30% de daño, mientras que en el valle valores cercanos al 34% y en ladera alta al 40% (Cuadro 4).

**Cuadro 4:** VAN para tres sitios de producción con distintos porcentajes de daño

Resultados del VAN (\$/ha.)								
% Daño	10	20	26,8	30	40	50	60	70
<b>Sitio</b>								
<b>Valle</b>	-1.270	-1.270	-1.270	-1.270	3.835	9.216	14.951	21.161
<b>Ladera Baja</b>	-1.270	-1.270	-531	792	5.003	9.350	13.867	18.606
<b>Ladera Alta</b>	-1.270	-1.270	-1.270	-1.270	-412	3.128	6.873	10.894

La intersección de la curva del VAN con el eje “x” para cada sitio, indica el porcentaje de daño por encima del cual convendría económicamente aplicar control biológico (Fig. 22).

La probabilidad de obtener porcentajes de daño altos, es mayor en plantaciones sin manejo y en los peores sitios de producción como la ladera alta, ya que la plaga es atraída por árboles suprimidos y con bajo vigor por competencia (López *et al.*, 2002).



**Figura 22: Valor actualizado neto del control biológico para cada sitio con distintos porcentajes de daño**

En la plantación bajo estudio el volumen obtenido al final de la rotación es de 430,92; 320,90 y 250,66 m<sup>3</sup>/ha para valle, ladera baja y ladera alta respectivamente con un promedio de 334,16 m<sup>3</sup>/ha equivalente a 561,74 m<sup>3</sup> estéreo. Teniendo en cuenta que el precio de 1 m<sup>3</sup> estéreo es \$150 (Zupán, 2018)<sup>1</sup> y el costo de control es de \$144/ha/año; 0,96 m<sup>3</sup> estéreo/ha/año pagarían el costo de control.

Si se toma únicamente como objetivo del control biológico obtener un mayor volumen de producción, puede que se esté dejando de lado potenciales beneficios que podría causar la ausencia de la plaga en nuestras forestaciones. Al tratarse de una plaga cuarentenaria para los países que importan productos de nuestros bosques, su control favorecerá la comercialización forestal con otros países, impactando en la economía local y regional. Otro aspecto es el comportamiento cíclico de *S. noctilio*, que mediante constante monitoreo y manejo preventivo, se evitarían posibles estallidos poblacionales.

<sup>1</sup>Comunicación personal. Técnico Regional Córdoba. Dirección de Producción Forestal. Ministerio de

## 5. CONCLUSIONES

- En las plantaciones de General Deheza, zona de llanura, el número de individuos ha ido en aumento, probablemente por tratarse de plantaciones jóvenes donde la avispa está en proceso de colonización.
- En plantaciones de Alpa Corral y Villa General Belgrano la relación macho/hembra de *S. noctilio* permitiría presuponer que la población de la plaga se encuentra en un constante aumento. Esto podría ocurrir como respuesta a la mayor susceptibilidad a la que han quedado expuestas las plantaciones a causa de los incendios, eventos climáticos adversos sucedidos en años anteriores y carencia de manejo silvícola, factores que tienden a disminuir el vigor de las plantaciones.
- En la localidad de Río de los Sauces la razón sexual de *S. noctilio* permitiría presuponer que la población de la plaga se encuentra en un proceso de recolonización.
- La mayor presencia de machos de *S. noctilio* provocaría una mayor tasa de apareamiento con las hembras, lo que puede determinar en las próximas generaciones, un mayor número de individuos hembras.
- El bajo nivel poblacional de *I. leucospoides* sumado a la falta de sincronización con la plaga se vio reflejado en un bajo valor de parasitoidismo, por lo que el control biológico con este parasitoide no tuvo el éxito esperado.
- La diferencia en cuanto al número de individuos encontrados de *I. leucospoides* respecto a periodos anteriores estarían relacionadas con la baja población de *S. noctilio* en los mismos periodos, ya que es difícil la sobrevivencia y aumento de la población del parasitoide al carecer de su presa.
- Los aceptables valores de parasitismo por *B. siricidicola* obtenidos en el Villa General Belgrano y General Deheza son resultados de una correcta logística, desde la coordinación en el tiempo de envío de las dosis hasta el momento oportuno de inoculación a campo; mientras que los bajos valores obtenidos en Alpa Corral y Río de los Sauces obedecieron a inconvenientes en el traslado de la cepa.
- La mortalidad ocasionada por *I. leucospoides* y *B. siricidicola* a las poblaciones de *S. noctilio* en ausencia de otro tipo de manejo, no serían suficientes para garantizar la prevención de los estallidos poblacionales característicos de la plaga en la región.
- El establecimiento de *I. leucospoides* junto a *B. siricidicola* y la posible introducción del grupo *Rhissines* con un manejo silvicultural adecuado, permitiría mantener una baja población de *S. noctilio* conforme a los niveles de sanidad apropiadas para las plantaciones.

- Los niveles de daño por encima de los cuales el control biológico es rentable son elevados, sin embargo, se recomienda aplicarlo con niveles inferiores ya que al tratarse de una plaga cuarentenaria, su manejo permitirá aumentar la comercialización forestal con otros países. Mencionando además su bajo costo, fácil aplicación y alta eficiencia.
- En posteriores trabajos se recomienda incorporar al estudio económico, el análisis costo de efectividad, para valorar otro tipo de ventajas además de las económicas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, A. y D. LANFRANCO. 1988. "Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenóptera-Siricidae): una revisión", *Bosque*: 9(2): 87-91.
- AGUILAR, A., D. LANFRANCO y O. PUENTES. 1990. Prospección para la detección de *Sirex noctilio* (Hymenoptera-Siricidae) en Bariloche-República Argentina. Informe de Convenio N° 180 (CONAF/UACH). Serie Técnica. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 13 p.
- ARRIETA, M. S. 2012. *Estudios de Sirex noctilio e Ibalia leucospoides en el Valle de Calamuchita- Córdoba (2010-2011)*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 40 p.
- BAIN, J. 2005. *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) The new zealand experience. Forest Biosecurity and Protection, Forest Research, Private Bag 3020, Rotorua, New Zealand.
- BALZARINI M. G., L. GONZÁLEZ, M. TABLADA, F. CASANOVES, J. A. DI RIENZO y C. W. ROBLEDO. 2008. Manual del usuario InfoStat. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 336 p.
- BARRIONUEVO, C. 2012. *Estudios de Sirex noctilio e Ibalia leucospoides en el Valle de Calamuchita- Córdoba (2009-2010)*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 35 p.
- BEDDING, R. A. 1968. *Deladenus wilsoni* N. sp. and *D. siricidicola* N. sp. (Neotylenchidae) entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasps. *Nemalologica* 14: 515-525.
- BEDDING, R. A. 1972. Biology of *Deladenus srivicidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-micetophagous nematode parasitic in siricid woodwasps. *Nematologica* 18: 482-493.
- BEDDING, R. A. y AKHURST, R. J. 1978. Geographical distribution and host preferences of *Deladenus* spp (Nematoda: Neotylenchidae) parasitic in siricid woodwasps and associated hymenopterous parasitoids. *Nematologica* 24: 286-294.
- BENEDICT, W. V., 1964. La lucha contra las Plagas y Enfermedades Forestales. Simposio Sobre Enfermedades e Insectos Forestales Internacionalmente peligrosos, Organizado por FAO, en Inglaterra.

- CAPRA, M. A. 2015. *Comportamiento de Sirex noctilio e Ibalia leucospoides en pinares de Córdoba (2011-2012)*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 35 p.
- CARVALHO, A. G., J. H. PEDROSA-MACEDO y H. R. SANTOS. 1992. "Bioecología de *Sirex noctilio* Fabricius 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de *Pinus taeda* L." Conferencia regional da vespa da madeira *Sirex noctilio*, na America do Sul, Florianópolis. Anais Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/Funcema.
- CARVALHO, A. G. 1993. Parasitismo de *Ibaliasp.* (Hymenoptera: Ibaliiidae) em *Sirex noctilio* Fabricius 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em Sao Francisco de Paula. R.S. Curitiba. EMBRAPA/CNPF. **Boletim de Pesquisa Forestal: 26-27.**
- CASAFE. 2009. **Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina.** Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. 14° Edición. Tomo 2. Buenos Aires, Argentina. 1944 p.
- CORLEY, J. C., J. M. VILLACIDE y J. BETTINELLI. 2002. Dinámica poblacional de la plaga *Sirex noctilio*: endemias y epidemias. INTA EEA Bariloche. Revista **SAGPYA Forestal** N° 23: 1-9.
- CORLEY J. y J. VILLACIDE. 2005. **Una Visión Dinámica del Manejo de la Plaga Forestal *Sirex noctilio*.** INTA Bariloche, Río Negro. **IDIA XXI** 5:(8) 136-138.
- COUTTS, M. P. 1969 a. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. Effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* sp. (Thelephoraceae). **Australian Journal of Biol. Sci.** 22:915-924.
- COUTTS, M. P. 1969 b. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. II. Effects of *S. noctilio* mucus. **Australian Journal of Biol. Sci.** 22:1153-1161.
- CRENNA, C.; DEMAESTRI, M.; GARCIA, J.; MALDONADO, C. y O. D'ANGELO. 2014. Parasitismo de *Sirex noctilio* F. por *Beddingia (Deladenus) siricidicola* B. en plantaciones de pinos del Valle de Calamuchita – Córdoba. Actas XXVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, 2 y 3 de octubre de 2014.
- CRYSTAL, R. 1928. The *Sirex*, woodwasps and their importance in forestry. Bulletin Entomology Research 19: 219-247.



- CRYSTAL, R. N. 1930. Studies of *Sirex* Parasites: The biology and post-embryonic development of *Ibalia leucospoides* Hochenwarth (Hymenoptera-Cynepoidea). Oxford Forestry Memories. Serie B 11: 1-63.
- DA SILVA, S. M. 1995. *Estabelecimento e eficiência de agentes de controle biológico de Sirex noctilio F. 1793 (Hymenoptera: Siricidae), em Pinus taeda L., nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Tesis de Maestría. Universidad Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. 92 p.
- DEMAESTRI, M.; E. ZUPAN y A. LOPEZ. 1999. Experiencias de manejo de *Sirex noctilio* F. en el sur del Departamento Calamuchita. Córdoba. X Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Jujuy. p. 281.
- DEMAESTRI, M. 2008. **Efecto de variables de sitio sobre el grado de ataque de *Sirex noctilio* Fabricius en plantaciones de *Pinus elliottii* Engelm.** Tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agropecuarias, Orientación: Producción Vegetal. Escuela de Posgraduación. FAV-UNRC.
- ELDRIDGE, R. H. y J. A. SIMPSON. 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): 24-26.
- ESKIVISKI, E., M. BENNESCH y G. FARALDO. 2002. Fluctuación poblacional y control biológico de *Sirex noctilio* en el Departamento Manuel Belgrano, Misiones. **IX Jornadas Técnicas Forestales. INTA-FCF-MEYNRNYT**. El Dorado, Misiones, Argentina. 5 p.
- ESPINOZA, H., A. LAVANDEROS y C. LOBOS. 1986. Informe reconocimiento de la plaga *Sirex noctilio* en plantaciones de Uruguay y Argentina. Santiago, Chile. 20 p.
- FERNANDEZ-ARHEX, V. y J. C. CORLEY. 2003. Biología del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), enemigo natural de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). **Patagonia forestal** (4): 4-5.
- FERNÁNDEZ CORRADI, I. 2017. *Desarrollo de tablas de producción para rodales de Pinus elliotti implantados en la Sierras de Comechingones, Córdoba*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 37 p.

- GIAI, A. N. 2017. *Estudio de la dinámica poblacional de Sirex noctilio F. en plantaciones de pinos de Córdoba*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 37 p.
- GOMEZ, C. A. 2007. *Sirex noctilio*, la avispa de los pinos. **Forestal** (13): 55-60.
- GÓMEZ, C. A., A. G. GRESLEBIN y M. RAJCHENBERG. 2010. Plagas y enfermedades de *Pinus* spp. de la región Andino Patagónica de Argentina. 1ª ed. Esquel.Fac.de Ingeniería. UNPSJB. 90p. ISBN 978-987-05-8935-8.
- HAUGEN, D. y M. UNDERDOWN. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle outbreak. **Australian Forestry**. 53(1): 33-40.
- HAUGEN, D., R. BEDDING, M. UNDERDOWN y F. NEUMANN. 1990. National strategy for control of *Sirex noctilio* in Australia. **Australian Forest Grower** 13 (2): 1-8.
- HAUGEN, D. y M. UNDERDOWN. 1993. Reduced parasitism of *Sirex noctilio* in radiata pines inoculated with the nematode *Beddingia siricidicola* during 1974-1989. **Australian Forestry**. 56 (1): 45-48.
- HOEBEKE, E., D. HAUGEN y R. HAACK. 2005. *Sirex noctilio*: discovery of a Palearctic siricid woodwasp in New York. **Newsletter of the Michigan Entomological Society**.50 (1-2): 24-25.
- IEDE, E., R. BEDDING, S. PENTEADO, y D. MACHADO. 1989. Programa nacional de controle da vespa da madeira. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas- CNPF/ EMBRAPA, Curitiba, PR. Brasil. 10 p.
- IEDE, E., S. SILVA, D. GAIAD, y S. PENTEADO. 1992. Uso de Inimigos Naturais no Controlo Biológico de *Sirex noctilio* F., 1793. Em *Pinus*. Simposio de Controlo Biológico, 3 (1992) Aguas de Lindoia. Anais dos resumos. Jaguariuna: EMBRAPA-CNPDA. p: 38-40
- IEDE, E., S. PENTEADO, D. GAIAD y S. SILVA. 1993. Panorama a nível mundial da ocorrência de *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) In: **Conferencia Regional Da Vespa Da Madeira *Sirex noctilio* Na América do Sul**. 1992. Florianopolis. Anais Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/Funcema: 23-33.
- IEDE, E., S. PENTEADO, y E. SCHAITZA. 1998a. *Sirex noctilio* problem in Brazil: detection, evaluation, and control. Proceeding of a Conference: Training in the Control of *Sirex noctilio* by the Use of Natural Enemies. USDA Forest Service, FHTET. (13): 45-52.

- IEDE, E., S. CHIARELLO PENTEADO, y M. PEREIRA LEITE. 1998b. Utilização do Nematóide *Deladenus siricidicola* (Nematoda: Neotylenchidae) no Controle Biológico de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), Praga de *Pinus* spp. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, Valdivia, Chile.
- IEDE, E., P. KLASMER, y S. PENTEADO. 2000. *Sirex noctilio* in South America: distribution, monitoring and control. XXI International Congress of Entomology. Brazil. Book 1.
- IZURIETA, G., D. ABUD, J. IZAURALDE. 1993. Plantaciones de Pinos de la Provincia de Córdoba. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Paraná, 7 p.
- JULIAN, J. J. 2014. *Comportamiento de Sirex noctilio e Ibalia leucospoides en el Valle de Calamuchita- Córdoba (2012-2013)*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 40 p.
- KIRK, A. A. 1974. Bioclimates of Australia *Pinus radiata* areas and *Sirex noctilio* localities in the Northern Hemisphere. **Australian Forestry**. 37:126-131.
- KLASMER, P., J. CORLEY y E. BOTTO. 1997. Presencia de la avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) en la región andino-patagónica de Argentina. Estado actual de las investigaciones para su control biológico. **Serie Programa de Investigación y Desarrollo Ambiental N° 20**. Universidad de Belgrano. 11 p.
- KLASMER, P., E. N. BOTTO, J. C. CORLEY, J. M. VILLACIDE Y V. FERNANDEZ ARHEX. 2000. "Avances en el control biológico de *Sirex noctilio* en la región patagónica de la Argentina". **Serie Técnica IPEF**. 13 (33): 21-30.
- LACLAU, P., L. M. POZO, G. HUERTA, ANENMATTEN, F. LETOURNEAU. 2002. Rentabilidad De La Forestación Con Pino Ponderosa (*Pinus Ponderosa* (Dogl.) Laws) En El Noroeste De La Patagonia Argentina. **BOSQUE** 23 (1): 21-35.
- LANFRANCO, D. y A. AGUILAR. 1990. Opciones de control para *Sirex noctilio*: una revisión (Hymenóptera-Siricidae). **Bosque** 11(2): 9-16.
- LÓPEZ, A., M. DEMAESTRI, E. ZUPAN, O. BAROTTO, E. TRUMPER y R. BALBOA. 1999. *Sirex noctilio* en el Valle de Calamuchita-Córdoba. **X Jornadas Fitosanitarias Argentinas**. Jujuy. p. 280.

- LÓPEZ A., M. DEMAESTRI, E. ZUPAN y O. BAROTTO. 2002. Antecedentes de *Sirex noctilio* (Hymenóptera-Siricidae) en el Valle de Calamuchita, Córdoba, Argentina. **Bosque** 23(1):111-114.
- LÓPEZ, A. 2004. **Estudios del comportamiento y control biológico de *Sirex noctilio* como parte de las estrategias de manejo en la región del Valle de Calamuchita-Córdoba-Argentina.** Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 77 p.
- LÓPEZ, A., M. DEMAESTRI, J. GARCÍA y C. CRENNNA. 2009. Estado actual de *Sirex noctilio* (avispa barrenadora de los pinos) en el Valle de Calamuchita - Córdoba. **XIII Jornadas Fitosanitarias Argentinas.** Termas de Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina. p: 47.
- LÓPEZ, A., E., M. DEMAESTRI, J. GARCÍA, E. ZUPÁN, y C. CRENNNA. 2010. **Comportamiento de *Sirex noctilio* en el Valle de Calamuchita, provincia de Córdoba, Argentina.** Quebracho - Revista de Ciencias Forestales, vol. 18, núm. 1-2, 2010, pp. 106-111 Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- LÓPEZ, A., M. DEMAESTRI, E. ZUPAN, M. IBÁÑEZ, J. GARCÍA y C. CRENNNA. 2012. *Ibalia leucospoides* parasitoide de *Sirex noctilio* en Córdoba, Argentina. Revista de Ciencias forestales Quebracho. 20 (1,2):68-77.
- MADDEN, J. L. 1974. Oviposition behavior of the woodwasp, *Sirex noctilio*, F. **Australian Journal of Zoology** 22: 341-351.
- 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. 1988. *Sirex* in Australasia. En: **Dinamics of forest insect populations: Patterns, Causes and Management Strategies.** A. A. Berryman (ed) Plenum Press, p 407-429.
- MADDEN, T. L., C. J. IRVINE. 1971. The use of lure trees for the detection of *Sirex noctilio* in the field, **Australian Journal of Zoology** 35: 165-166.
- MCKIMM, R. y J. WALLS. 1980. *Sirex noctilio* F. and its insects parasitoide and nematode parasite in *P. radiata* plantations at Delatite, east-central -Victoria. Australian Forestry Research Newsletter. 6: 229-230.

- MITCHELL, K. y Y. CAMERON. 1985. Managed Stand Yield Tables for Coastal Douglas-Fir: Initial Density and Precommercial Thinning. Land Management Report Number 31. B. C. Ministry of Forests Research Branch. 1985. 69 p.
- MORGAN, F. D. 1968. Bionomics of siricidae. **Annu. Rev. Entomol.** 13: 239-256.
- MORGAN, F. y N. STEWART. 1966. The biology and behavior of the woodwasp *Sirex noctilio* F. in New Zealand. **Transactions of the Royal Society of New Zealand (Zoology)** 7: 195-204.
- MURUAGA DE L'ARGENTIER, S., S. QUINTANA DE QUINTEROS, C. GALLARDO y H. VILTE. 2005. Establecimiento de *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) endoparásito de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en La Almona (Jujuy, Argentina). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina** 64 (1-2): 23-25.
- NEUMANN, F. G. y G. MINKO. 1981. The *Sirex* woodwasp in Australian radiata pine plantations. **Australian Forestry.** 44 (1): 46-63.
- NEUMANN, F. G., J. A. HARRIS, F. KASSABY y G. MINKO. 1982. An improved technique for early detection and control of the *Sirex* woodwasp in *P. radiata* plantations. **Australian Forestry.** 45(2): 117-124.
- NEUMANN, F. G., J. L. MOREY y R. J. MC KIMM. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. **Department of Conservation. Forests and Lands.** Victoria, Australia. p: 29- 41.
- NUTTALL, M. J. 1980. Insect parasites of *Sirex* forest and timber insects in New Zealand. Forest Research Institute New Zealand Forest Service. p: 10-47.
- PRICE, C. 1997. Twenty-five years of Forestry Cost-Benefit Analysis in Britain. **Forestry** 20, 171-188
- QUINTANA DE QUINTEROS, S. y P. FIDALGO. 1993. Registro de una nueva plaga forestal en el NOA. **C.I.R.P.O.N.** Boletín MIP N° 36: 2-3.
- QUINTANA DE QUINTEROS, S. L., S. MURUAGA DE L' ARGENTIER, H. VILTE y C. GALLARDO. 1999. Avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* F. Plaga forestal clave de importancia económica y cuarentenaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Talleres gráficos Universidad Nacional de Jujuy. 46 p.
- REBUFFO, S. 1990. "La avispa de la madera *Sirex noctilio* F. en el Uruguay". Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales. Dirección Forestal. 17 p.

- RUIZ GOUET, M. C. 2006. **Razón sexual de *Sirex noctilio* Fabricius y detección de sus potenciales enemigos naturales, mediante el estudio de parcelas cebo, implementadas por el servicio Agrícola y Ganadero entre los años 2002-2005 en la X Región de Chile.** Tesis de grado. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 75 p.
- SANTA, G. 2003. Aspectos bioecológicos y evaluación de parasitismo en *Sirex noctilio* F. (Himenoptera-Siricidae) en las forestaciones del sur del Valle de Calamuchita-Córdoba. Trabajo final presentado para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 42 p.
- SPRADBERRY, J. 1974. The responses of *Ibalia* species (Hymenoptera: Ibalidae) to the fungal symbiontes of siric woodwasp hosp. *Journal of Entomology. Serie A.* 48 (2): 217-222.
- SPRADBERRY, J. 1977. The oviposition biology of siricid woodwasps in Europe. ***Ecological Entomology* 2: 225-230.**
- SPRADBERRY, J. y A. KIRK. 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. Australia. ***Bulletin of Entomological Research*, 68: 341-359.**
- SPRADBERRY, J. P., A. A. KIRK. 1981. Experimental studies on the responses of European siricid woodwasp to host trees. ***Ann. Appl. Biol.* 98: 179-185.**
- TALBOT, P. 1963. Taxonomy of the fungus associated with *Sirex noctilio*. Agriculture Research Institute. University of Adelaide p: 47-53.
- TALBOT, P. 1977. The *Sirex-Amylostereum-Pinus* association. *Annual Review of Phytopathology.* 15: 41-54.
- TAYLOR, J. K. 1981. The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. En: Kitching, K. L. y R. E. Jones. **The ecology of pests.** Melbourne, Australia. Cap.12. p: 230-248.
- TAYLOR, K. L. 1969. Effectiveness of control of *Sirex noctilio* by parasites. *Australia Forestry.* 21 (1): 49-50.
- TAYLOR, K. L. 1976. 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* (Berl.)32: 1-10.
- VALLE, G., J. CINTO, J. KRIEGER y M. FERNÁNDEZ CANEDO. 1996. Plan de lucha contra *Sirex noctilio* F. en la provincia de Misiones. INTA. Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de Misiones. Universidad Nacional de Misiones. Pino Camby S.A. Montecarlo, Misiones.
- VALLE, G.; BENNESCH, M. y E. ESKIVISKI. 1997. Monitoreo y control biológico de la avispa de la madera. INTA Misiones. Montecarlo. 14 p.
- VERA, J. 1997. Avispa barrenadora de los pinos *S. noctilio* F. en Misiones y Corrientes. Programa de control en la Provincia de Corrientes. 2º Workshop sobre Fitosanidad Forestal Del Mercosur. El Dorado. Misiones. 51 p.
- VILLACIDE, J. M. y J. C. CORLEY, 2006. Control de niveles poblacionales endémicos de la avispa de los pinos *Sirex noctilio* (Hymenóptera: Siricidae) mediante el raleo sanitario de hospederos atacados. **RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias**. 35(1):121-134. INTA. Bs. As., Argentina.
- VILLACIDE, J. y J. CORLEY. 2007. Manejo integrado de la avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio*. En: Villacide, J. y J. Corley. **Serie técnica: Manejo integrado de plagas forestales**. Laboratorio de ecología de insectos, INTA, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. Cuadernillo 1. 12 p.
- VILLACIDE J, MACIOCCHI M. y J. CORLEY. 2014. Avispas exóticas en la Patagonia: la importancia de la ecología de invasiones en el manejo de plagas. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 24:154-161. Agosto 2014.
- WELD, L. H. 1952. **Cynipoidea (Hym.) 1905-1950**. Michigan: Privately Printed. 150 p.
- ZONDAG, R. 1959. Progress report on the establishment in New Zealand of *Ibalia leucospoides* a parasite of *Sirex noctilio*. **New Zealand Forestry Research Notes**. 20: 1-11.
- ZONDAG, R. 1969. A nematode infection of *Sirex noctilio* F. in New Zealand Journal Forestry Science, Wellington. 12 (4): 732-747.
- ZONDAG, R. 1975. "Controlling *Sirex* with a nematode", Proc. 28 th N.Z. Weed and Pest control Conference: 196-199.

- ZONDAG, R. 1979. "Control of *Sirex noctilio* F. with *Deladenus siricidicola* Bedding. Part II. Introductions and establishments in the South Island. 1968-75", N.Z. Journ. Forest. Science 9 (1): 68-76.
- ZUPAN, E., M. DEMAESTRI y A. LÓPEZ. 1999. Relación entre emergencia de adultos del parasitoide *Ibalia leucospoides* H. y *Sirex noctilio* en el Valle de Calamuchita-Córdoba. **X Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Jujuy, Argentina. p: 279.**
- ZUPAN, E. 2013. Aproximación a la evaluación de los daños causados por los incendios que afectaron los macizos forestales del departamento Calamuchita. Ministerio de Agroindustria- Presidencia de la Nación. Subsecretaria de Desarrollo Foresto Industrial. Córdoba forestal.



## 7. ANEXOS

**Anexo 1:** Ubicación geográfica de las parcelas de árboles trampas; fechas de emergencias, número de adultos emergidos por especie y por parcela; número de parcelas con emergencia de *S. noxtilio* e *I. leucospoides* por localidad

Zona	Parcela	Coordenadas geográficas	Fecha de emergencia	Sirex		Ibalia		N° Parcelas con emergencias de Sirex	N° Parcelas con emergencias de Ibalia
				M	H	M	H		
Alpa Corral	18	32°39'607" S 64°45'394" O	13/3/2017	1	1	s.e	s.e	4	1
	19	32°39'20" S 64°45'29,4" O	13/2/2017	s.e	1	s.e	s.e		
			20/2/2017	s.e	1	s.e	s.e		
			2/3/2017	3	1	s.e	s.e		
			8/3/2017	s.e	1	s.e	s.e		
	20	32°35'168" S 64°43'106" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	21	32°35'13,8" S 64°43'0,3" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	62	32°35'369" S 64°43'292" O	12/12/2016	1	s.e	s.e	s.e		
			16/12/2016	s.e	1	s.e	s.e		
			20/12/2016	5	5	s.e	1		
			23/12/2016	1	s.e	1	s.e		
			27/12/16	s.e	3	s.e	s.e		
			9/1/2017	4	1	s.e	s.e		
			30/1/2017	1	s.e	1	s.e		
			17/2/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			16/2/2017	2	1	s.e	s.e		
			20/2/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			23/2/2017	2	2	s.e	s.e		
			2/3/2017	9	2	s.e	s.e		
			8/3/2017	2	s.e	s.e	s.e		
	63	32°35'20" S 64°43'58" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
64	32°35'384" S 64°43'476" O	3/1/2017	s.e	1	s.e	s.e			
		9/1/2017	s.e	1	s.e	s.e			
		17/1/2017	s.e	4	s.e	s.e			
		30/1/2017	s.e	3	s.e	s.e			
		2/2/2017	s.e	3	s.e	s.e			
		9/2/2017	s.e	4	s.e	s.e			
13/2/2017	s.e	9	s.e	s.e					

			20/2/2017	s.e	2	s.e	s.e		
			23/2/2017	1	3	s.e	s.e		
			2/3/2017	1	s.e	s.e	s.e		
	23	32°35'036" S 64°38'648" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	26	32°35'101" S 64°37'995" O	27/12/2016	2	s.e	s.e	s.e		
			3/1/2017	s.e	1	s.e	s.e		
			6/1/2017	s.e	1	s.e	s.e		
			13/1/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			6/2/2017	1	1	s.e	s.e		
			13/2/2017	7	4	s.e	s.e		
			16/2/2017	9	s.e	s.e	s.e		
			20/2/2017	9	1	s.e	s.e		
			2/3/2017	6	s.e	s.e	s.e		
	27	32°33'93,7" S 64°39'140" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	28	32°33'800" S 64°38'851" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e	3	1
	59	32°28'051" S 64°48'577" O	2/2/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			9/2/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			13/2/2017	1	1	s.e	s.e		
			20/2/2017	s.e	2	s.e	s.e		
	60	32°28'085" S 64°48'346" O	2/12/2016	s.e	s.e	10	s.e		
			12/12/2016	1	s.e	s.e	s.e		
	70	Valls nueva cerca de Isla Verde	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	71	32°29'216" S 64°45'088" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	72	San José II nueva después de P23	-	s.e	s.e	s.e	s.e		

**Valle de Calamuchita:**

	4	31°48'566" S 64°35'933" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	8	31°53'631" S 64°42'998" O	13/1/2017	s.e	1	s.e	1		
			13/2/2017	s.e	2	s.e	s.e		
	50	31°54'395" S 64°39'045" O	16/2/2017	2	s.e	s.e	s.e		
			20/2/2017	2	s.e	s.e	s.e		
			2/3/2017	s.e	1	s.e	s.e		
			31/3/2017	s.e	1	s.e	s.e		
	68	31°52'290" S 64°41'766" O	12/12/2016	s.e	1	s.e	s.e		
			16/12/2016	s.e	s.e	s.e	1		
			20/12/2016	s.e	s.e	2	s.e		

			23/12/2016	s.e	s.e	s.e	1		
			27/12/2016	1	s.e	s.e	s.e		
			20/2/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			23/2/2017	2	1	s.e	s.e		
			2/3/2017	1	s.e	s.e	s.e		
	69	31°52'406" S 64°42'209" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		

**Zona de Llanura:**

Gral. Deheza	65	32°43'826" S 63°45'909" O	23/12/2016	s.e	s.e	s.e	1	2	2
			16/2/2017	s.e	s.e	1	s.e		
			23/2/2017	s.e	1	s.e	s.e		
			2/3/2017	2	3	s.e	s.e		
			16/3/2017	s.e	3	s.e	s.e		
	66	32°44'20,9" S 63°46'18,3" O	-	s.e	s.e	s.e	s.e		
	67	32°44'014" S 63°46'264" O	16/12/2016	s.e	s.e	1	1		
			23/12/2016	s.e	s.e	1	s.e		
			13/2/2017	s.e	s.e	1	s.e		
			20/2/2017	3	1	s.e	s.e		
			23/2/2017	3	2	1	1		
			2/3/2017	3	11	s.e	s.e		
			8/3/2017	3	3	s.e	s.e		
			13/3/2017	1	s.e	s.e	s.e		
			27/3/2017	4	2	s.e	s.e		
31/3/2017	1	s.e	s.e	s.e					

s.e: sin  
emergencia

**Anexo 2:** Número de adultos de *S. noctilio* e *I. leucospoides* emergidos en laboratorio ordenadas en forma quincenal y razón sexual de ambas especies

Fecha	<i>Sirex noctilio</i> Macho	<i>Sirex noctilio</i> Hembra	<i>Sirex noctilio</i> Total	<i>Ibalia leucospoides</i> Macho	<i>Ibalia leucospoides</i> Hembra	<i>Ibalia leucospoides</i> Total
18 - 31 Oct	0	0	0	0	0	0
01 - 14 Nov	0	0	0	0	0	0
15 - 29 Nov	0	0	0	0	0	0
30 Nov - 13 Dic	2	1	3	10	0	10
14- 27Dic	9	9	18	5	5	10
28 Dic - 10 Ene	4	5	9	0	0	0
11 - 24 Ene	1	5	6	0	1	1
25 Ene - 07 Feb	3	7	10	0	1	1
08 - 21 Feb	39	29	68	2	0	2
22 Feb - 07 Mar	33	27	60	1	1	2
08 - 21 Mar	7	8	15	0	0	0
22 Mar - 04 Abr	5	3	8	0	0	0
05 – 19 Abr	0	0	0	0	0	0
TOTAL	103	94	197	18	8	26
Relación M:H	<b>1,1</b>		<b>2,25</b>			

**Anexo 3:** Gastos, amortizaciones e intereses, necesarios para el cálculo del costo de aplicación anual de la técnica de control biológico mediante el nematodo *B. siricidicola* en 40 árboles de *P. elliottii* a productores locales o regionales

**Gastos:**

ITEM	Precio Unitario (\$)	Cantidad	Total (\$)
Herbicida <sup>2</sup>	356,16	0,28 l.	99,72
Dosis <sup>3</sup>	200	10 ud.	2.000
Gelatina	15	10 ud.	150
Aerosoles	54	5 ud.	270
Cinta peligro	33	1 ud.	33
Combustible motosierra	31	5 l.	155
Aceite cadena	198	1,75 l.	345,8
Aceite mezcla	170	0,25 l.	42,5
Combustible camioneta	28	93,6 l.	2.620,8
GM y R motosierra	9.400		12,53
GM y R camioneta	600.000		3024
Viático	1.000	1	1.000
Jornal	1.600	1	1.600
Total gastos para 8 parcelas			11.353
Total gastos/hectárea			<b>113,53</b>

**Amortizaciones e Intereses:**

ITEM	vida útil (años)	Valor Nuevo (\$)	Residual (%)	Valor Residual (\$)	Amortización (\$)	Interés <sup>4</sup>	Costo fijo
Motosierra	10	9.400	15	1.410	799	810,75	
GPS	10	10.000	10	1.000	900	825	
Martillo	15	150	30	45	7	14,63	

<sup>2</sup>Fabbroni SA., 2018. Comunicación personal

<sup>3</sup>Eskiviski, E., 2018. Comunicación personal

<sup>4</sup>Costo de oportunidad utilizado 15% (Pereyra, C., 2018). Comunicación personal.

Manga	2	75	0	0	37,5	5,63	
Camioneta	15	600.000	0,3	180.000	28.000	58.500	
Total					29.744	60.156	89.900
Total Costos fijos para inocular 240 parcelas							89.900
Parcelas inculadas por día							8
Parcelas inculadas en el mes de junio (30 días)							240
Total A + I para inocular 8 parcelas							3.000
Total A + I/hectárea							<b>30</b>

Costos por hectárea				
N° hectáreas	N° de parcelas	N° árbol/parcela	Total árboles	Costos por hectárea
100	8	5	40	<b>144</b>