

CONTROL DE NIVELES POBLACIONALES ENDÉMICOS DE LA AVISPA DE LOS PINOS *Sirex noctilio* (HYMENOPTERA: SIRICIDAE) MEDIANTE EL RALEO SANITARIO DE HOSPEDEROS ATACADOS

VILLACIDE, J.M.¹; CORLEY, J.C.²

RESUMEN

La avispa de los pinos *Sirex noctilio* es una de las principales plagas de plantaciones de *Pinus* spp. Esta especie se caracteriza por poseer una dinámica poblacional determinada por la capacidad de estallar en picos de alta densidad de modo impredecible luego de largos periodos de lento crecimiento. Durante las epidemias es precisamente cuando el daño sobre el recurso forestal puede ser muy importante. El manejo de la plaga se basa típicamente en el control biológico con enemigos naturales que sostengan sus poblaciones en niveles endémicos. En este trabajo, evaluamos al raleo sanitario de los árboles atacados como alternativa de control

¹ Laboratorio de Ecología de Insectos, Grupo Forestal, INTA EEA Bariloche, CC 277, CP 8400 San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. Correo electrónico: jvillacide@bariloche.inta.gov.ar

² CONICET, Laboratorio de Ecología de Insectos, Grupo Forestal, INTA EEA Bariloche, CC 277, CP 8400 San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. Correo electrónico: jcorley@bariloche.inta.gov.ar

local. Nos preguntamos si esta estrategia es factible y si logra sostener la plaga en niveles con bajo riesgo de epidemias. Asimismo, describimos la dinámica de crecimiento poblacional de la plaga dentro de una plantación desde su colonización hasta el inicio de acciones de control. Realizamos un censo total de los árboles de una plantación e identificamos todos aquellos con ataque de la plaga para su posterior raleo y eliminación. A partir de datos de campo simulamos mediante un modelo, el daño de la plaga según el esfuerzo del raleo. Los resultados muestran que mediante el raleo sanitario se logró una reducción efectiva del 60.9% en el número de árboles atacados. Por otro lado, se sugiere que es posible sostener en el tiempo niveles locales endémicos de bajo impacto si el esfuerzo de raleo sanitario efectivo excede el 50%. Concluimos que el raleo sanitario se presenta como una herramienta efectiva de control de la plaga a nivel predial, que puede sumarse a los protocolos de MIP para *S. noctilio* en la Argentina.

Palabras clave: *Sirex noctilio*; MIP; raleo sanitario, Patagonia, pinos, plagas forestales.

ABSTRACT

CONTROL OF *Sirex noctilio* (HYMENOPTERA: SIRICIDAE) POPULATIONS AT ENDEMIC LEVEL THROUGH SANITARY FELLING

The woodasp *Sirex noctilio* is one of the main pests of softwood forestation in the Southern Hemisphere. The population dynamics of the species is, described by its capacity of reaching outbreak levels, unpredictably and after long periods of low, increasing densities. During epidemics the damage to forests may be significant. The population management of *S. noctilio* today is mainly based in the biological control by natural enemies, aimed at sustaining populations within endemic thresholds. In this paper, we study whether the sanitary thinning of attacked trees is a useful alternative for local wasp control. We ask if sanitary thinning is a feasible strategy and whether it can keep pest populations within endemic levels. In addition we describe the population dynamics of the pest since colonization and until control measures are applied. We carried out a complete census of the trees in a plantation and identified all those attacked by the pest in order to cut them down and eliminate them. Finally, by using field data we simulated, by means of a simple model, pest damage by thinning effort. Results show that by applying sanitary thinning we may reach an effective reduction of the 60.9% in number of attacked trees. Low endemic rates through time may be sustained if sanitary thinning efforts exceed 50%. We conclude that the sanitary thinning is an effective tool to control *S. noctilio* populations at a local level, that may could be added to MIP protocols for wood wasp management in Argentina.

Key words: *Sirex noctilio*; MIP; sanitary thinning, Patagonia, pines, forest pest.

INTRODUCCIÓN

La avispa de los pinos, *Sirex noctilio* (Fabricius) (Hymenoptera: Siricidae) es una de las principales plagas de maderas blandas a nivel mundial. Actualmente, a un siglo de su primer detección fuera de su área nativa, *S. noctilio* se halla presente en gran parte de las regiones forestales del mundo con cultivos de *Pinus* spp. Durante la década del 80 su presencia es detectada en Sudamérica, en plantaciones de Brasil, Uruguay y Argentina, y recientemente se ha reportado su establecimiento en Chile. Desde su ingreso a la Argentina, la plaga se ha establecido en distintas regiones, desde la Mesopotamia hasta la Patagonia, abarcando un amplio rango de condiciones climáticas y de sistemas de producción forestal (Farji-Brener y Corley, 1998; Villacide y Corley, 2003).

S. noctilio es una avispa primitiva que ataca preferentemente árboles debilitados. En este sentido, se ha resaltado un potencial beneficio de su presencia en plantaciones, ya que a bajas densidades poblacionales (niveles endémicos) la plaga actúa como un agente de raleo natural, al eliminar árboles de mala calidad. En estos niveles su prevalencia es típicamente baja (5-10 árboles/ha/año) (Rawlings y Wilson, 1948; Madden, 1988). Sin embargo, como muchos otros insectos forestales, *S. noctilio* posee la capacidad de incrementar rápidamente sus densidades poblacionales, a niveles epidémicos, en donde el impacto sobre el recurso forestal es elevado y sus consecuencias económicas severas (Madden, 1975; 1988; Berryman, 1989).

La dinámica observada de las poblaciones de *S. noctilio* ha sido descripta como de «pulsos eruptivos» (Berryman, 1987). Mientras que la población de la plaga se mantiene durante un periodo variable en densidades endémicas, crece repentinamente y alcanza niveles epidémicos (Corley, Villacide y Bettinelli, 2002; Corley y Villacide, 2005). Estos picos de abundancia extraordinaria se inician sobre epicentros locales y rápidamente se expanden para abarcar grandes áreas. El retorno pos-estallido, a niveles endémicos puede estar determinado por una limitación del recurso (i.e.: destrucción efectiva del bosque) o mediante mortalidad por enemigos naturales (Berryman, 1987).

Las estrategias globales de manejo de insectos plagas con dinámicas poblacionales caracterizadas por su capacidad de estallar en picos de alta densidad, se enfocan típicamente hacia la reducción en frecuencia o

intensidad de estos estallidos (Corley y Villacide, 2005). Esto es porque el concepto de umbral de daño, típico de otros cultivos, parece de poca utilidad en sistemas longevos como los forestales, y cuando la plaga registra explosiones impredecibles (Gullan y Cranston, 2000). Bajo esta óptica, existe un número de opciones para reducir el impacto de los insectos plaga. En la mayoría de los casos, el control de la plaga se basa en la introducción de agentes de control biológico, el empleo de insecticidas químicos, o la manipulación del ambiente en donde se desarrolla la plaga (Muzica y Liebhold, 2000; Corley y Villacide, 2005).

Dentro de las opciones de manejo para *S. noctilio*, el control biológico clásico es una estrategia de uso generalizado. Su objetivo es recomponer factores biológicos reguladores, ausentes en el área donde la plaga es exótica, sosteniendo la población de modo constante en niveles de prevalencia bajos. Entre los agentes de control empleados para controlar a *S. noctilio*, se destacan los parasitoides *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), *Rhyssa persuasoria* y *Megarhyssa nortoni* (Hymenoptera: Ichneumonidae); y el nematodo *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding) (Nematoda: Neotylenchidae). Los antecedentes sobre la capacidad reguladora de estos agentes muestran resultados muy variables pero auspiciosos (Bedding y Akhurst, 1974; Spradbery y Kirk, 1978; Taylor, 1981; Nuttall, 1989; Haugen, 1990; Haugen y Underdown, 1990, 1993; Kidd y Jervis, 1997; Klasmer, Botto, Corley, Villacide y Fernández-Arhex, 2000; Klasmer, 2004). No obstante, se han reportado importantes estallidos poblacionales de *S. noctilio* en plantaciones tratadas con estos agentes de control (Neumann y Minko, 1981; Corley y Villacide, 2005).

Por su parte, los estudios realizados sobre el empleo de insecticidas químicos para el control de *S. noctilio*, reportan resultados exitosos (Horwood, Morgan y Stewart, 1970; Morgan, Stewart y Horwood, 1971; Cross, 1992). Sin embargo, la complejidad que presenta el sistema insecto-árbol, produce una serie de limitaciones que ponen en duda su efectividad (ej.: problemas en la traslocación del insecticida a causa del desarrollo el hongo simbiote de *S. noctilio*; *Amylostereum areolatum*). Por otro lado, a una escala mayor, la estructura espacial y temporal que presenta una plantación forestal hacen que la logística del control mediante insecticidas químicos sea muy costosa y ecológicamente inviable (Muzica y Liebhold, 2000; Villacide, Fernández-Arhex, Klasmer y Corley, 2004).

La combinación de medidas biológicas y silviculturales dentro de una estrategia de manejo integrado de la plaga (MIP) ha sido frecuentemen-

te propuesta (Taylor, 1981; Neumann y Minko, 1981, Neumann, Morey y McKimm, 1987; Madden, 1988; Haugen y Underdown, 1990). Las acciones silvícolas son sugeridas como una medida de control pasivo, cuyo objetivo es incrementar el vigor general de la plantación. Las prácticas forestales se enfocan principalmente hacia la reducción de la competencia entre los árboles mediante raleos y podas. Para *S. noctilio*, no se ha evaluado aún el efecto del raleo sanitario de los árboles atacados como estrategia de manejo para la reducción de la intensidad del ataque y el sostenimiento de niveles poblacionales endémicos.

El objetivo de nuestro trabajo es evaluar un método de control alternativo al biológico y químico, que permita regular las poblaciones de *S. noctilio* y mantener sus densidades en niveles de prevalencia endémicos. Nos preguntamos si la detección y posterior raleo de árboles atacados por la plaga es factible y si sus resultados contribuyen (y cómo) a sostener niveles poblacionales locales endémicos en plantaciones pequeñas de *Pinus* spp. Asimismo, describimos la dinámica de crecimiento poblacional de la plaga dentro de una plantación de la Patagonia desde su colonización hasta el inicio de acciones de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en una forestación ubicada a unos 20 km al este de la ciudad de Bariloche (Argentina) (71° 15'O - 41° 03' S), durante los meses de diciembre y enero de 2002 y 2003, respectivamente; antes del comienzo de la temporada de vuelo de la plaga. La plantación posee una superficie total de 93 ha, formadas por dos macizos constituidos principalmente por *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta*, con un distanciamiento original entre plantas de 3 x 3 m. El ambiente donde se encuentra la plantación es característico del ecotono bosque - estepa patagónica, con precipitaciones medias anuales menores a los 600 mm. La plantación se halla aislada por más de 7 km de otras forestaciones de *Pinus* spp. Mediante relevamientos no organizados se ha detectado la presencia de *S. noctilio* en las parcelas. La plaga se presenta en muy baja densidad y sobre árboles aislados, patrón típico observado durante los periodos iniciales de colonización (Villacide et al., 2004). En la plantación no se han efectuado introducciones de biocontroladores hasta el momento del estudio.

Monitoreo de la plaga y acción de control

Para establecer la densidad de la plaga dentro de la plantación, realizamos un censo de todos los árboles siguiendo el protocolo sugerido por Villacide et al. (2004). Sobre el total de los árboles presentes en la plantación, todos los árboles atacados fueron geo-posicionados, medidos sus diámetros (DAP; a 1.3 m de altura) y los identificamos según la especie y la temporada de ataque. Los árboles afectados por *S. noctilio* son fácilmente distinguibles por la sintomatología del ataque reciente, consistente en el amarillamiento de copa y resinación puntual típica (temporada 0) o por los orificios de emergencia de los adultos de la plaga. Los orificios que se presentan blanquecinos y limpios corresponden al último periodo de emergencias (temporada -1), mientras que aquellos ennegrecidos por moho y suciedad corresponden al ataque más antiguo (temporada -2 o anterior) (Villacide et al., 2004).

Mediante un raleo sanitario, todos los árboles identificados con ataque fueron apeados y removidos de la plantación. Posteriormente, el material fue enterrado a una profundidad de 1.5 m dentro de fosas realizadas con pala mecánica, en la periferia de los lotes forestales. Esta metodología, equiparable al quemado a cenizas, asegura la remoción efectiva del material afectado, mientras que disminuye el riesgo de incendios.

Para cuantificar la incidencia de la plaga postratamiento, antes del comienzo de la siguiente temporada de vuelo de los adultos de *S. noctilio*, realizamos durante enero de 2004 un nuevo monitoreo en el total de la plantación. Este muestreo consistió en un nuevo censo de los árboles atacados (i.e.: se contabilizaron solamente los árboles con ataque, dado que el número total de árboles solo se redujo por el raleo sanitario aplicado). Los árboles nuevos hallados con ataque se identificaron y rotularon (nº ID), se les tomó su posición y su diámetro (a 1.3 m de altura).

Evaluación del impacto ocasionado por la plaga

A partir de los datos del impacto de la plaga obtenidos en los monitoreos, elaboramos un modelo de simulación sencillo para calcular el crecimiento poblacional de la plaga (número de árboles atacados) en relación con los niveles de ataque y eficiencia del tratamiento. El modelo está basado en ecuaciones en diferencia, incluye densidad-dependencia en la tasa de crecimiento y estocasticidad en eficiencia de raleo y la tasa de crecimiento. La estocasticidad fue definida como una función de densi-

dad de probabilidad, asumida como uniforme entre valores de m , n , para la eficiencia de raleo y normal (m,d), donde $m=2.23$ y $d=0.41$ (parámetros obtenidos de los datos de campo) para la tasa de crecimiento (Gilman y Hails, 1997). De este modo consideramos que estas variables, tasa de crecimiento y eficiencia de raleo, están afectadas por un esfuerzo de muestreo/extracción variable y por eventos climáticos, respectivamente (Ecuación 1).

$$Aa_{(t+1)} = \frac{[(1 - Er) \cdot Aa_{(t)} \cdot \lambda] (1 - Aa_{(t)})}{k}$$

Ecuación 1. Modelo de evaluación del impacto de la plaga en función del nivel de raleo sanitario. $Aa_{(t)}$ es el número de árboles atacados por *S. noctilio* en una temporada dada, Er la eficiencia de encuentro/raleo árboles atacados, λ la tasa crecimiento anual (árboles atacados) y k la capacidad de carga ambiental (= total del árboles de la plantación).

Evaluamos mediante 10 corridas del modelo, por un período de 45 años cada una, los siguientes rangos de eficiencia de raleo de árboles atacados (m , n): 0%, 10-20%; 40-50% 50-60% y 70-80%. La condición inicial, en todos los casos, fue de 59 árboles atacados.

RESULTADOS

Censamos un total de 53.649 árboles en pie. La intensidad del ataque acumulada durante los tres primeros años desde el ingreso de la plaga al predio, en términos de árboles atacados, fue de 0.46%, mientras que posterior al tratamiento el nivel de ataque registrado fue de 0.18%. La eficiencia en la reducción de la magnitud del ataque, estimada como la proporción de árboles atacados hallados posraleo (temporada 1) sobre el total de árboles atacados durante tres temporadas consecutivas (-2; -1 y 0) fue del 60.9% (FIG. 1). El descenso en el número de árboles atacados en la temporada -1 puede ser consecuencia de que en la temporada -2 se hallen incluidas dos temporadas de ataque consecutivas (-3 y -2). Para estas últimas, es dificultoso distinguir con exactitud el momento de ataque, mediante la inspección visual de los hospederos atacados.

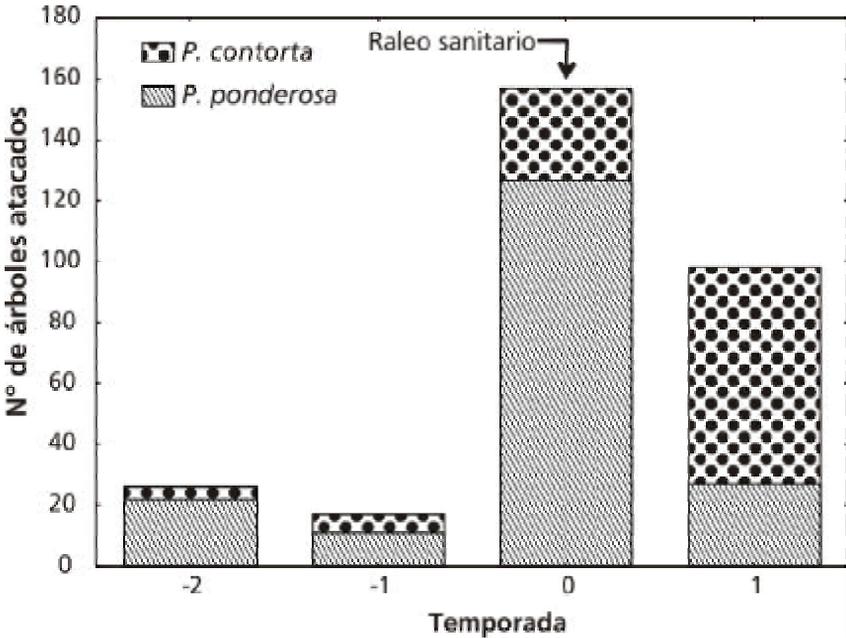


Figura 1. Incidencia de la plaga pre y posraleo sanitario de los árboles hallados con ataque mediante una censo total de la plantación. La reducción efectiva postratamiento fue del 60.9 %.

En términos relativos, el ataque fue más intenso en las parcelas de *P. contorta* (0.83%, sobre 10045 árboles censados) que en las de *P. ponderosa* (0.37%, de 43604 árboles censados). Posterior al raleo sanitario, se observó una fuerte disminución (83.8%) de la incidencia de *S. noctilio* en las parcelas de *P. ponderosa*, registrando valores similares a los hallados en el primer año de ataque. Sin embargo, la reducción postratamiento lograda en las parcelas de *P. contorta* no fue tan marcada (14.1%).

Los diámetros de los árboles atacados por *S. noctilio* se encuentran por debajo de la media general de la plantación. No obstante, para *P. ponderosa* la plaga muestra una tendencia hacia la selección de los árboles de diámetros intermedios e incluso del estrato dominante a medida que transcurren las temporadas de vuelo sin acciones de control.

La magnitud del daño y el nivel poblacional de la plaga (en términos de árboles atacados) varía en función de la intensidad del raleo sanitario de

los árboles atacados. Sin ningún tipo de control (Fig. 2a) la intensidad del daño ocasionado por *S. noctilio* rápidamente alcanza una asíntota determinada por la capacidad de carga ambiental (número de árboles disponibles). Similares resultados son observados cuando el raleo sanitario de árboles atacados es realizado con un esfuerzo inferior al 20% (Fig. 2b).

Por otro lado, según nuestro modelo, cuando el esfuerzo de raleo sanitario constante está entre el 40-50%, la intensidad del daño se ve disminuida y desplazada en el tiempo (Fig. 2c). La supresión efectiva de un estallido poblacional y el sostenimiento en el tiempo de dicha supresión, se evidencia recién cuando los niveles de extracción anuales superan el 50% de los árboles atacados (Fig. 2d). Por otro lado, la reducción tendiente a la extinción local de la plaga, sería factible solamente cuando el esfuerzo de extracción supere el 70% (Fig. 2e).

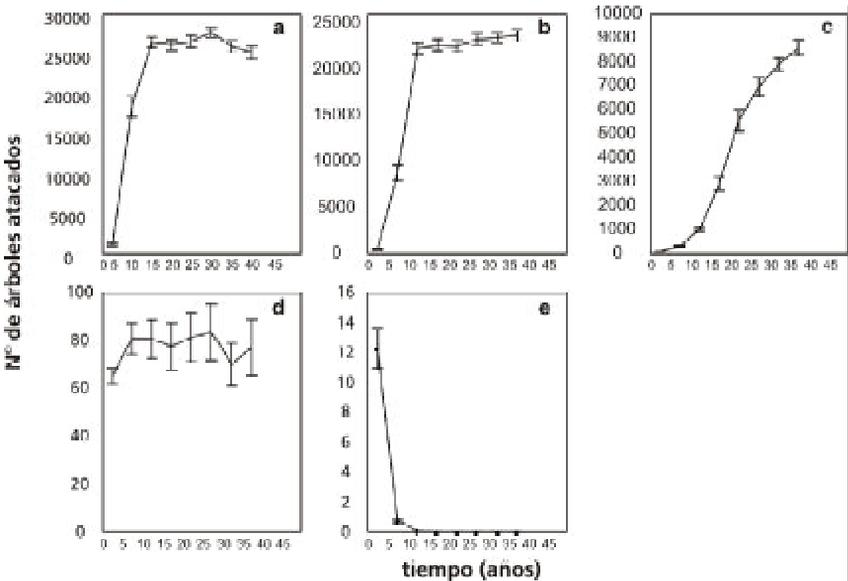


Figura 2. Crecimiento poblacional de la plaga en función del porcentaje de extracción de huéspedes atacados (raleo sanitario). La figura (2a) muestra el crecimiento poblacional de la plaga en ausencia de manejo ($m=n=0$); (2b) eficiencia de extracción de hospederos de 10-20 % ($m=0.1$, $n=0.2$); (2c) eficiencia de 40-50 % ($m=0.4$, $n=0.5$); (2d) eficiencia de 50-60 % ($m=0.5$, $n=0.6$); (2e) eficiencia de 70-80 % ($m=0.7$, $n=0.8$).

DISCUSIÓN

El raleo sanitario mediante extracción y eliminación de árboles atacados hallados a través de un censo de la plantación, redujo fuertemente los niveles de incidencia de la plaga. Esta reducción efectiva, de ser constante en el tiempo, puede evitar las epidemias locales y sostener las poblaciones plaga en niveles de prevalencia de escasa significación económica. Por otro lado, si la reducción es importante, se establece un escenario en donde la probabilidad de extinción local es muy alta.

La reducción de la prevalencia de la plaga, se logra mediante la remoción física del total de hospederos hallados con sintomatología de ataque. Sin embargo, el raleo sanitario puede no conducir necesariamente a la erradicación de la plaga. Dificultades en la detección de árboles atacados o durante la extracción, explican niveles de reducción efectiva variables, especialmente si tenemos en cuenta que estas acciones se realizan con niveles poblacionales de la plaga muy bajos. Bajo este contexto, la detección de los árboles atacados se ve fuertemente influenciada por la densidad de los mismos. La observación de que la lucha contra la plaga por raleo sanitario no es absoluta, ha sido parte de la línea argumental en favor de acciones de control biológico.

Sin embargo, un resultado importante de este estudio, es que la efectividad de la acción no depende de la remoción total de los árboles atacados (i.e.: la extinción local de la plaga) sino que debe alcanzar un valor crítico (superior al 50%) para ser útil en términos de cumplir el objetivo fundamental: la prevención de daños estallidos poblacionales. Por su parte, si la efectividad de la remoción supera el 70% de modo constante, la población plaga entra en un camino hacia su extinción local, fundamentalmente por la estocasticidad ambiental.

Los efectos de una acción puntual (esto es una única extracción del material detectado) se limitan a bajar los niveles de incidencia en la temporada siguiente, pero no alteran la tendencia de incremento hacia los niveles de ataque epidémicos. La excepción a esto, esta dada obviamente, por el hallazgo y extracción de la totalidad de los árboles atacados dentro de la plantación. El raleo sanitario en una única temporada puede contribuir al control de la plaga, pero sumado a otras acciones de control dentro de un manejo integrado.

La densidad de la plaga en la plantación estudiada, en términos de árboles atacados, se halla en niveles endémicos (Corley et al. 2002). No

obstante, este estudio muestra que durante los tres primeros años desde su ingreso a la plantación, la plaga ha mostrado una tendencia hacia el crecimiento poblacional, que se refleja no solo en el número de árboles atacados, sino en la selección de diámetros de éstos. El crecimiento observado indica que la plaga se halla instalada en la plantación y que además, de no mediar acciones de manejo, la tendencia hacia niveles poblacionales epidémicos provocaría, como consecuencia, un daño económico importante (Madden, 1975; Villacide et al., 2004). Es importante recordar aquí que se desconocen las causas últimas de los estallidos poblacionales, pero estos son más probables o más intensos, cuanto mayor son los niveles poblacionales durante las epidemias.

Un resultado adicional de este estudio es la demostración de que el censo en sistemas forestales, se presenta como una alternativa válida para la detección y mapeo del daño causado por insectos. A diferencia de los métodos de clasificación (Binns, 1994) aplicados comúnmente en agroecosistemas, el censo provee de información de calidad sobre el estado de la plaga y permite aplicar medidas de control cultural. Su empleo puede extrapolarse a otras plagas forestales si es factible el reconocimiento de los síntomas de ataque, y si la topografía, diseño y estado silvícola de la plantación (Ej. podas, densidades) permiten su recorrida en terreno. Recordemos que las plantaciones forestales poseen características particulares, específicamente su longevidad, el diseño espacial y el alto valor económico de cada ejemplar cultivado. Por otro lado, el censo permite contar con información valiosa sobre el estado de la plaga que puede ser utilizado en estudios sobre su dinámica espacial o temporal.

CONCLUSIONES

La combinación del censo de árboles y el raleo sanitario de todos los árboles hallados con ataque por *S. noctilio*, condujo a una reducción efectiva de la incidencia de la plaga. No obstante, si esta práctica se efectúa de modo sistemático en el tiempo, la probabilidad de estallidos poblacionales se ve fuertemente reducida, limitando de este modo el impacto de la plaga durante el turno de corte del cultivo (Corley y Villacide, 2005). La metodología de manejo propuesta puede ser implementada dentro de una estrategia de manejo integrado que involucre el manejo silvícola de las plantaciones y el control biológico de la plaga. La

implementación de esta técnica de control requiere un importante esfuerzo operativo, por lo cual su aplicación como estrategia de manejo local se limita a predios chicos y medianos (inferiores a las 100 ha forestadas).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la estancia Fortín Chacabuco y a Rasta Pino SRL por sus importantes contribuciones al desarrollo de este trabajo. Este estudio ha sido parcialmente financiado por el Proyecto de Investigación Aplicada 04/04, SAGPyA. J. Corley es investigador de CONICET.

BIBLIOGRAFÍA

- BEDDIN, R.; AKHURST, R. 1974. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. *Journal of the Australian Entomological Society*, Vol. 13, 129-135.
- BERRYMAN, A.A. 1987. The theory and classification of outbreaks. En: Barbosa, P. y J. Schults (Eds.) *Insect outbreaks*. Academic Press, pp.3-30.
- BERRYMAN, A. 1989. *Forest Insects. Principles and practice of population management*. Plenum Press. 279 p.
- BINNS, M.R. 1994. Sequential sampling for classifying pest status. En: L. P. Pedigo, L.P.; Buntin, G.D. *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC. Boca Raton Florida, pp.137-173.
- CORLEY, J.C.; VILLACIDE; J.M.; BETTINELLI, J. 2002. Dinámica poblacional de la plaga *Sirex noctilio*: endemias y epidemias. *SAGPyA Forestal*, 23:2-8.
- CORLEY, J.C.; VILLACIDE. J.M. 2005. Una visión dinámica del manejo de la plaga forestal *Sirex noctilio*. *IDIA XXI* 5: (8) 136-138.
- CROSS, D. J. 1992. Penetration of methyl bromide into *Pinus radiata* wood and its significance for export quarantine. *New Zealand Journal of Forestry Science* 21: 235-245.
- FARJI-BRENER, A.G.; CORLEY, J.C. 1998. Successful invasion of hymenopteran insects in NW Patagonia. *Ecologia Austral* 8:237-249.
- GILMAN, M.; HAILS; R. 1997. *An introduction to ecological modelling. Putting practice into theory*. Blackwell Science. 202 p.
- GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. 2000. *The insects. An outline of entomology*. 2nd Edition. Blackwell Science, 470 p.
- HAUGEN, D. 1990. Control procedures for *Sirex noctilio* in the Green Triangle: Review from detection to severe outbreak. *Australian Forestry* 53: (1) 24-32.

- HAUGEN, D.A.; UNDERDOWN, M.G. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle outbreak. *Australian Forestry* 53: (1) 33-40.
- HAUGEN, D. A.; UNDERWON, M.G. 1993. «Reduced parasitism of *Sirex noctilio* in radiata pines inoculated with the nematode *Beddingia siricidicola* during 1974-1989.» *Australian Forestry* 56(1): 45-48.
- HORWOOD, D.W.; MORGAN, F.D.; STEWART, N.C. 1970. Effectiveness of contact insecticides against the woodwasp *Sirex noctilio*. *Australian Forestry* 34: 49-59.
- KIDD, N.A.C.; JERVIS, M. 1997. The impact of parasitoids and predators on forest insect population. En Watt, A.; Sotork, N.; Hunter, M. Eds. Chapman & Hall, pp. 49-68.
- KLASMER, P. BOTTO, E.N.; CORLEY, J.C.; VILLACIDE, J.M.; FERNÁNDEZ-ARHEX, V. 2000. Avances en el control Biológico de *Sirex noctilio* en la región patagónica argentina. 1er. Simposio do Cone Sul sobre Manejo de Pragas e Doencas de Pinus, Brasil, Serie técnica IPEF.
- KLASMER, P. 2004 Evaluación del nematodo *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematodo:Neotylenchidae) como potencial agente para el control de *Sirex noctilio* F. (hymenoptera: Siricidae) en la Patagonia Argentina. En: Investigación Forestal al servicio de la producción II, SAGPyA-PFD, pp. 74-77.
- MADDEN, J. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae), en *Pinus radiata*. *Bulletin of entomological research* 65: 491-500.
- MADDEN, J. 1988. *Sirex* in Australasia. En: «Dynamics of forest insect populations. A.A. Berryman (ed) Plenum Press, pp. 407-429.
- MORGAN, F.; STEWART, N.C.; HORWOOD, D.W. 1971. «Translocation of insecticides in Radiata Pine and Effectiveness on *Sirex noctilio*.» *Australian Forestry* 35(3): 133-142.
- MUZICA, R.M.; LIEBHOLD, A. M. 2000. A critique of silvicultural approaches to managing defoliating insects in North America. *Agricultural and Forest Entomology* 2: 97-105.
- NEUMANN F.G.; MINKO, G. 1981. The *sirex* wood wasp in Australian radiata pine plantations. *Australian Forestry* 44 (1), 46-63.
- NEUMANN, F.G.; MOREY, J.L. MCKIMM, R.J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. *Bulletin n° 29. Lands and Forest Division*, 44 p.
- NUTTALL, M. J. 1989. *Sirex noctilio* F., *Sirex* wood wasp (Hymenoptera:Siricidae). En: CAMERON, P.J.; HILL, R.L.; BAIN, J. Y THOMAS, W.P. (Eds.) A review of biological control of pest and weeds in New Zealand 1874 to 1987. Technical Communication n° 10 – C.A.B., pp 299-306.
- RAWLINGS, G.B.; WILSON, N.M. 1948. *Sirex noctilio* as a beneficial and destructive insect to *pinus radiata* in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry* 6 (1): 1-11.
- SPRADBERY, J.P.; KIRK; A.A. 1978. Aspect of the ecology of siricid woodwasp

(Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. *Bulletin of entomological research* 68: 341-359.

TAYLOR, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. The ecology of Pest. Some Australian case histories. En: R. L. Kitching y R. E. Jones (Eds.). CSIRO, Australia, pp. 231-248.

VILLACIDE, J.M.; CORLEY, J.C. 2003. Distribución potencial del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) en la Argentina. *Revista Quebracho*, 10:4-13.

VILLACIDE, J.M.; FERNANDEZ-ARHEX, V.; KLASMER, P.; CORLEY, J.C. 2004. Estrategias de manejo de la plaga *Sirex noctilio*: definiendo escalas y acciones. *SAGPyA Forestal* 30: 13-18.

Original recibido en noviembre de 2005 y aprobado en junio de 2006.