

**Diversidad y Estacionalidad de Escarabajos de
Corteza (Coleoptera: Scolytinae) en
Pinus taeda L. en Uruguay**

Lic. Demian Gómez

Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Opción Zoología

Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA)

Universidad de la República

Orientadora: Dra. Carmen Viera

Uruguay 2014

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
Forestación en Uruguay	4
Producción Forestal en Uruguay	4
Desarrollo Forestal y Aspectos Sanitarios	5
Introducción a los Escolítidos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae).....	8
Caracteres Diagnósticos de Scolytinae	8
Estatus Taxonómico del Grupo.....	9
Generalidades de Escolítidos	10
Escarabajos Barrenadores de Corteza	14
Asociación con Hongos Manchadores.....	18
Escarabajos de Corteza de Pino en Uruguay	21
OBJETIVO GENERAL	24
METODOLOGÍA	25
RESULTADOS	32
1. Especies de escolítidos en plantaciones de pino en Uruguay	32
1.1 Especies de escolítidos identificadas.....	33
1.2 Clave de identificación de escolítidos en plantaciones de pino.	40
2. Variación estacional de escarabajos de corteza en plantaciones de pino	42
3. Estudio de la relación entre la temperatura y la actividad de vuelo de los escarabajos de corteza en plantaciones de pino	47
DISCUSIÓN	52
Manejo de escarabajos de corteza: perspectivas y consideraciones	64
CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
AGRADECIMIENTOS	83
PUBLICACIONES, DIFUSIÓN Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS VINCULADOS CON LA TESIS	84

APÉNDICE I.....	86
APÉNDICE II.....	88
APÉNDICE III.....	93
APÉNDICE IV	97

RESUMEN

La forestación en Uruguay ha crecido considerablemente en los últimos veinte años. El aumento en la actividad forestal y la apertura de nuestras fronteras al tránsito de productos forestales han generado un incremento de los problemas sanitarios en el país con la introducción y establecimiento de nuevas plagas y enfermedades. Los escolítidos, considerados una de las plagas más importantes de bosques de coníferas a nivel mundial, han sido causantes de importantes pérdidas económicas en el sector forestal pinero en los últimos años. El presente estudio corresponde a la primera aproximación en la investigación de escolítidos en plantaciones comerciales de *Pinus taeda* para el país. Con el objetivo de estudiar las poblaciones de escolítidos en plantaciones comerciales de dicha especie en Uruguay, así como los factores determinantes de su actividad, se realizaron muestreos quincenales desde julio de 2012 a julio de 2013, en una plantación de Tacuarembó, utilizando trampas ventana de intercepción. Por otra parte, se utilizaron trozas cebo para determinar la duración total del desarrollo. Se detectaron tres especies de escarabajos de corteza: *Hylurgus ligniperda*, *Orthotomicus erosus* y *Cyrtogenius luteus*. Aunque en menor abundancia, dos especies de escolítidos de ambrosía también fueron detectadas: *Xyleborus ferrugineus* y *Xyleborinus saxesenii*. De las especies detectadas, *O. erosus*, *C. luteus* y *X. saxesenii* corresponden a nuevos reportes para el país. El ajuste de los modelos de captura en función de la temperatura deja en manifiesto el rol determinante que juega este factor en la actividad de los escolítidos para Uruguay. La variación en la actividad de vuelo y la duración generacional refleja diferencias en las condiciones climáticas óptimas para las diferentes especies. *H. ligniperda* presenta actividad de vuelo en períodos de menor temperatura (otoño e invierno), *O. erosus* en períodos de mayor temperatura (primavera y verano) y *C. luteus* en condiciones de alta temperatura con mayor actividad en verano. Entender las causas por las que se producen cambios en la distribución y abundancia de escolítidos, además de identificar las especies presentes, es imprescindible para diseñar y desarrollar un plan de manejo integrado.

INTRODUCCIÓN

Los escolítidos se encuentran entre los insectos más dañinos en sistemas forestales. Si bien la mayoría de las especies atacan material vegetal leñoso recientemente muerto, existen especies que atacan y matan árboles vivos. Los escarabajos de corteza se desarrollan principalmente en el floema de coníferas, realizando galerías que cortan el flujo de nutrientes del árbol. Cuando se dan las condiciones apropiadas, un gran número de individuos se establecen en el hospedero y el árbol muere por anillamiento. El rápido crecimiento del área forestada ocurrido en Uruguay en los últimos años, ha generado condiciones propicias para el aumento de plagas y enfermedades. A partir de 2008, y por primera vez desde la introducción del pino para forestación comercial hace más de 60 años, técnicos de empresas forestales comenzaron a registrar focos de varios árboles muertos asignado a escarabajos de corteza. Si bien se conocía la presencia de algunas especies de escolítidos en el país, no había precedentes del daño observado en plantaciones comerciales atribuido a estos insectos. A pesar de la importancia de los escarabajos de corteza en la producción forestal nacional, no existen hasta el momento trabajos sobre bioecología de escolítidos en Uruguay. El desconocimiento de la diversidad y las fluctuaciones poblacionales de escolítidos en el país, sugiere la necesidad de estudios en las principales zonas de producción forestal pinera.

Forestación en Uruguay

Producción Forestal en Uruguay

La forestación en Uruguay ha crecido considerablemente durante los últimos 20 años a partir del impulso político en la década de 1980 con la aprobación de la Ley N° 15939 (MGAP 2014). A partir de la puesta en vigor de dicha ley, la forestación creció hasta alcanzar al presente 962.000 hectáreas plantadas con un valor bruto de producción de 300 millones de dólares anuales (DIEA 2013). El sector forestal uruguayo, orientado principalmente a la producción de madera para celulosa y productos sólidos (aserrado y debobinado), alcanzó

536 millones de dólares en exportación de productos forestales (excluida la celulosa) en 2012 (DIEA 2013). A pesar de que las plantaciones de *Eucalyptus* L'Hér. representan aproximadamente el 70% de la superficie forestada total en el país, las plantaciones de *Pinus* L. son relevantes en la producción de madera de alta calidad. Si bien el pino fue introducido en Uruguay en 1810, la producción forestal pinera a gran escala se inició en 1940, principalmente con *Pinus radiata* Don (Porcile 2007). En 1950, semillas de *Pinus taeda* L. y *Pinus elliottii* Engelm., entre otras, fueron traídas de Estados Unidos. En 1953 se registran importaciones de semilla de varias especies de *Pinus* que se distribuyen luego en diversas forestaciones particulares. A partir de 1960, luego de observarse un buen comportamiento en cuanto a adaptación, crecimiento y sanidad por parte de las especies introducidas, se registran diversas investigaciones sobre ensayos de orígenes y procedencias (Porcile 2007). Actualmente las plantaciones de pino ocupan más del 25% del área forestada nacional, equivalente a 260 mil hectáreas. Estas plantaciones, mayoritariamente de *P. taeda* y *P. elliottii*, se ubican principalmente en el norte del país, en los departamentos de Tacuarembó y Rivera (DIEA 2013, MGAP 2014).

Desarrollo Forestal y Aspectos Sanitarios

Las plantaciones con especies de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus* introducidas en Uruguay presentaron inicialmente buenos rendimientos debidos en parte a la separación geográfica de sus enemigos naturales (Jeffries y Lawton 1984). Sin embargo, era esperable que este aislamiento geográfico no fuera permanente. En efecto, el incremento del área forestada y la apertura de nuestras fronteras al tránsito de productos forestales han generado un aumento de los problemas sanitarios en el país con la introducción y establecimiento de nuevas especies desde áreas donde los árboles son nativos hasta los nuevos ambientes (Wingfield *et al.* 2008). Por otra parte, el calentamiento global ha causado un aumento en la severidad de los brotes y expansión del rango de distribución de un gran número de plagas y enfermedades a nivel mundial (Fuentealba *et al.* 2013, Six y Bentz 2007). La implementación de buenas prácticas silvícolas enmarcadas en un manejo integrado para optimizar la

producción, se ha convertido en la base para reducir el daño de las plagas a niveles económicamente tolerables.

A pesar del reciente desarrollo de la forestación nacional a gran escala, los problemas sanitarios en lo referente a insectos y patógenos en plantaciones de pino se registran desde hace más de 90 años.

El gorgojo del pino *Pissodes castaneus* De Geer, registrado por primera vez en 1920 en los pinares de Maldonado, es oficialmente declarado plaga en 1921 (ONF-SYLVAE 1999, Ruffinelli y Carbonell 1944, Ruffinelli y Carbonell 1953, Ruffinelli 1967, Trujillo 1942). Esta especie de origen europeo ha sido introducida en América del Norte, América del Sur y África (Panzavolta y Tiberi 2010). Ataca coníferas (*Pinus* y *Abies* principalmente) y presenta entre una y dos generaciones anuales (Gomez y Hartel 2010). Las larvas realizan galerías en el eje vertical anillando ramas y troncos. La alimentación de adultos también puede ocasionar la muerte de brotes.

Las primeras detecciones de *Rhyacionia buoliana* (Schiff.), la polilla del brote del pino, se realizaron durante 1955 en Soriano y Canelones (Biezanko *et al.* 1957). Este insecto produce la muerte del ápice, ocasiona deformaciones fustales y pérdidas de crecimiento en altura, lo cual afecta la calidad de la madera y por consecuencia su rendimiento (Ide y Lanfranco 1994). Siendo *P. radiata* altamente susceptible a *R. buoliana*, se realizó un recambio de especie considerando a *P. taeda* como la mejor opción (Bentancourt y Scatoni 2010).

El escolítido europeo de los pinos *Hylurgus ligniperda* (F.) fue reportado en 1967 sobre *Pinus sp.* considerándose una plaga de escasa incidencia económica en el país (Bentancourt y Scatoni 2010, Ruffinelli 1967, Wood y Bright 1992). Como todos los escarabajos de corteza, *H. ligniperda* presenta hábitos floeófagos y elabora galerías de alimentación y reproducción debajo de la corteza.

La avispa taladradora del pino, *Sirex noctilio* Fabricius, fue detectada en 1980 y registró un brote epidémico severo en 1983 (González y Nosei 1999). S.

noctilio genera la muerte del árbol debido al mucus fitotóxico depositado por la hembra al momento de la oviposición. Por otra parte, inocula en el árbol un hongo simbiote, *Amylostereum aerolatum* (Chaillet ex Fr.) Boidin, que provee alimento para las larvas en desarrollo (Aguilar y Lanfranco 1988). Los escurrimientos de resina productos de la oviposición son fácilmente observables. Orificios de 5 mm de diámetro en la corteza son producidos por los adultos al emerger. Para 1986, un año después de ser declarada plaga en forma oficial, se introduce uno de sus controladores biológicos, el nemátodo *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* Bedding (Tylenchida: Neotylenchidae), en el marco de un manejo integrado (González y Nosei 1999). El amplio rango de distribución de *S. noctilio* y su alta capacidad de daño, hacen que se la considere en la actualidad como una de las principales plagas de bosques plantados de varias especies del género *Pinus*.

La creciente demanda de madera observada en los últimos años en conjunto con el desarrollo forestal, trajo como consecuencia un aumento de los problemas sanitarios. Los recientes brotes de plagas y enfermedades en plantaciones de pino y eucalipto, muestran una relación clara entre el desarrollo de la forestación y la aparición de los problemas sanitarios.

Introducción a los Escolítidos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Caracteres Diagnósticos de Scolytinae

Los escolítidos son insectos coleópteros de pequeño tamaño (generalmente sin superar los 10 mm de largo), con más de 6000 especies descritas (Ciesla 2011, Dajoz 1999, Wood 2007). Los estados inmaduros de los Scolytinae son similares en apariencia, lo cual torna prácticamente imposible discriminar especies (Ciesla 2011). Los huevos son pequeños, de color blanco perla y de forma redonda u oval. Las larvas son ápodas, con el cuerpo curvado y no esclerotizado. Presentan color blanco con una cápsula cefálica color ámbar y piezas bucales oscuras. La cabeza es libre, hipognata y subcircular. El tórax es generalmente de igual ancho que el abdomen. Las pupas son adécticas exaratas, por lo que presentan apéndices libres (antenas, palpos, patas y alas). La coloración general es blanca y se torna amarillenta a medida que avanza su maduración (Wood 2007).

Los adultos presentan un cuerpo cilíndrico, robusto, con tegumento muy esclerotizado (Bentancourt *et al.* 2009), caracterizándose por no presentar un rostro desarrollado en comparación con otros curculiónidos (Fig. 1). Son de tamaño variable según la especie, entre 1 y 9 mm. Presentan cabeza visible; ojos generalmente arriñonados; antenas geniculadas con escapo variable y funículo de uno a siete segmentos (Jordal 2013). La inserción de la antena es cercana a los ojos o la base mandibular. La maza antenal, formada por varios segmentos fusionados con o sin suturas visibles, presenta desde forma oval a fuertemente aplanada u oblicuamente truncada (Jordal 2013). El labro está ausente y las mandíbulas son cortas y anchas. Las patas son de tamaño regular, con fémures engrosados y cortos, tibias comprimidas y dentadas, fórmula tarsal 5-5-5. Los élitros presentan un margen basal recto a fuertemente procurvo pudiendo presentar un fino relieve o crenulación; terminados con un marcado declive presentando tubérculos o dentículos (Wood 2007). El abdomen presentan cinco esternitos visibles; octavo terguito oculto en hembras y expuesto en machos.



Figura 1. *Orthotomicus erosus* en vista dorsal (A) y vista lateral (B).

Los escolítidos pueden ser fácilmente confundidos con integrantes de las subfamilias Platypodinae, Cossoninae y de la familia Bostrichidae. Los platipódidos se diferencian principalmente por su ojo circular (arriñonado en escolítidos) y por el tamaño del primer segmento del tarso (más largo que la tibia). También presentan el cuerpo aplanado (cilíndrico en escolítidos) y alargado (López *et al.* 2007). A su vez se diferencian de los cosónidos en que éstos presentan ojo circular y un rostro levemente desarrollado (no desarrollado en escolítidos). Los bostríquidos se diferencian en que no presentan los tres segmentos distales de la antena fusionados en una maza verdadera (Borowski y Węgrzynowicz 2007).

Estatus Taxonómico del Grupo

Las primeras cinco especies de escolítidos fueron descritas por Linneo en 1758. En 1807, Latreille fue el primero en otorgarles el estatus de familia y a partir de esta fecha el número de especies se fue incrementando por estudios de diversos autores a lo largo del siglo XIX (Knížek y Beaver 2004). En 1910, Hagedorn incluyó 1234 especies de escolítidos en 115 géneros. Durante la segunda mitad del siglo XX, Wood y Bright realizaron importantes contribuciones en la sistemática de escolítidos del continente americano (Wood y Bright 1987, 1992). Su trabajo de 1992, que agrupa las 5812 especies descritas hasta el momento en 225 géneros y 25 tribus, constituye el primer intento luego del catálogo de Hagedorn (1910) de categorizar las familias a nivel mundial, y continúa siendo una de las mejores referencias del taxón, a pesar de las diversas actualizaciones posteriores.

Debido a la importancia de los escarabajos de corteza en la industria forestal, numerosos autores han realizado contribuciones en áreas diversas. Se ha publicado un volumen considerable de artículos incluyendo notas sobre biología, ecología y métodos de manejo, listas sinópticas de especies, reportes de plagas, etc. Paralelamente a este acervo bibliográfico, numerosos autores han publicado catálogos para facilitar el acceso y el análisis de la abundante información disponible. En 1911, Trédl y Kleine publicaron la primera revisión bibliográfica en la revista *Entomologische Blätter*, con 1800 citas (Knížek y Beaver 2004). Posteriormente se realizaron diversas revisiones alcanzando más de 21000 citas en el catálogo de Wood y Bright (1987). El aumento de publicaciones en escolítidos a nivel mundial sumado al desarrollo de catálogos *on line* ha discontinuado este tipo de publicaciones.

Tradicionalmente ambos grupos taxonómicos, Scolytinae y Platypodinae, han sido considerados como familias separadas dentro de la superfamilia Curculionoidea (Knížek y Beaver 2004). A pesar de que Crowson (1967) plantea incluir ambos grupos dentro de la familia Curculionidae basado en la ausencia de caracteres distintivos en las formas larvales, Wood (1973) opta por mantenerlos como familias separadas basado en la forma del submentón y la presencia de dentículos en la tibia. También plantea que la similitud con las larvas de los curculiónidos se basa en la simplificación y/o reducción debido al tamaño pequeño. Trabajos recientes sugieren, a partir de evidencia morfológica y molecular, la reubicación de ambos taxa (platipódidos y escolítidos) como subfamilias de Curculionidae (Marvaldi *et al.* 2002, Thompson 1992).

Generalidades de Escolítidos

Los escolítidos se agrupan en dos categorías con características taxonómicas y ecológicas diferentes. Se incluyen en sentido amplio a los verdaderos escarabajos de corteza que se alimentan de floema (principalmente coníferas); y los escarabajos de ambrosía que taladran la madera y se alimentan de hongos simbióticos que inoculan en las galerías (micetófagos y xilomicetófagos) (Ciesla 2011, Kirisits 2004, Knížek y Beaver 2004). La inoculación de hongos en relación simbiótica aparece como respuesta evolutiva a la mala calidad nutricional de la madera, ya que los insectos son incapaces

de digerir lignina, celulosa y hemicelulosa, principales compuestos del xilema (Kirisits 2004). El término “escarabajos de ambrosía” incluye además de especies de escolítidos a miembros de la subfamilia Platypodinae debido a que también se alimentan de hongos en asociación obligada. Por otra parte, una pequeña parte de la subfamilia de los escolítidos son barrenadores de semillas o frutas (espermatófagos); por ejemplo el barrenador de semillas de palmera *Coccotrypes dactyliperda* (F.) reportado inicialmente sobre *Phytelephas macrocarpa* Ruiz y Pavon en Uruguay (Ruffinelli 1967). Otros se alimentan de la médula de los tallos (mielófagos) o de vegetales no leñosos (herbifagia) (Knížek y Beaver 2004, López *et al.* 2007). La dieta ancestral, tanto de escarabajos de corteza como de ambrosía, consistía en floema fresco de árboles muertos, presentando asociaciones con hongos patogénicos débiles (Hulcr y Dunn 2011). La asociación existente entre estos escarabajos y los hongos evolucionó en una gran variedad de relaciones: asociaciones donde escarabajos de corteza inoculan hongos en hospederos sin presentar un beneficio aparente, relaciones mutualistas donde el hongo sirve como alimento de las larvas y, en los casos más extremos, cultivadores de hongos o simbiosis de ambrosía.

El grado de especificidad hacia el hospedador en escolítidos es variable, según sean especies monófagas o polífagas. Las especies floeófagas son, en general, específicas de un género de árbol. Por ejemplo las especies del género *Tomicus* Latreille son específicas de *Pinus* e *Ips typographus* (L.) de *Picea* (López *et al.* 2007). Esto se debe a que el comportamiento de elección del hospedero está determinado por los semioquímicos del árbol y no por limitaciones en el desarrollo del insecto (Byers 2004). Otras especies, como *Orthotomicus erosus*, presentan un mayor rango de hospederos, siendo capaces de desarrollarse en muchas especies de pinos y abetos (Eglitis 2000, López *et al.* 2007, Mendel y Halperin 1982). Las especies xilomicetófagas, escarabajos de ambrosía, colonizan un rango más amplio de hospederos, ya que dependen más del hongo que inoculan y cultivan, que de la especie de árbol (Byers 2004).

Los escarabajos de corteza y los escarabajos de ambrosía representan dos de los grupos de organismos más dañinos para bosques naturales y plantados a nivel mundial. Si bien la mayoría de las especies atacan árboles muertos, existen especies de varios géneros que atacan y matan árboles vivos (*Dendroctonus* Erichson, *Ips*, *Scolytus* Geoffroy) (Ciesla 2011, Sauvard 2004). Los escarabajos de corteza construyen galerías en el cambium y la porción interna de la corteza para reproducirse y depositar los huevos, las cuales pueden afectar negativamente el desarrollo del árbol. Si el ataque se realiza por un gran número de individuos las defensas del árbol hospedero son superadas y las galerías generan anillamiento, cortando el flujo de nutrientes (Lindgren y Raffa 2013). Los escarabajos de ambrosía, por otro lado, taladran la madera (generalmente la albura) realizando galerías y cámaras donde depositan los huevos. Las galerías son inoculadas con un hongo que servirá de alimento a las larvas en desarrollo. Las esporas y el micelio del hongo, generalmente de los géneros *Raffaelea* o *Ambrosiella*, se transportan en invaginaciones cuticulares en el exoesqueleto del insecto llamadas micangios (Happ *et al.* 1976). Estas estructuras presentan una diversidad enorme a pesar de la uniformidad morfológica encontrada en los escarabajos de ambrosía y pueden encontrarse en piezas bucales, segmentos basales de los apéndices locomotores, tórax y élitro (Farrel *et al.* 2001). Las paredes de los micangios presentan células glandulares que mantienen al hongo en el estado más puro para ser inoculado (Farrel *et al.* 2001). Los escolítidos de ambrosía atacan generalmente árboles debilitados o muertos pudiendo matar árboles sanos en asociación con hongos patógenos, como *Ceratocystis* spp. Desde la década del 40, pocas especies de escolítidos de ambrosía han sido citadas para Uruguay, en su mayoría pertenecientes a la tribu Xyleborini. *Xyleborus ferrugineus* (F.), considerado uno de los principales vectores de *Ceratocystis* (Wood 2007), fue citado por Bosq (1943) y Ruffinelli (1967) como *Xyleborus confusus* Eichhoff en árboles nativos. Tiempo después, Wood y Bright (1992) reportaron la presencia de *Xyleborus affinis* Eichhoff en varios hospederos en Uruguay.

Los escolítidos presentan sistemas de apareamiento variados. En especies monógamas, hembras pioneras perforan un orificio de entrada y construyen

galerías (López *et al.* 2007, Sauvard 2004). La cópula se realiza con un solo macho cerca del orificio de entrada. Este sistema de reproducción es característico de los géneros *Hylastes* Erichson, *Hylurgus* Latreille, *Tomicus* Latreille, entre otros. Varias especies de este grupo son de importancia económica para la región (Gómez y Martínez 2013, Klasmer y Diez de Ulzurún 2013). Las especies polígamas se caracterizan por presentar machos encargados de la penetración del huésped y de la construcción de la cámara de copulación, mientras que las hembras construyen las galerías de oviposición (López *et al.* 2007, Sauvard 2004). El macho se reproduce con varias hembras en la cámara de copulación. Representantes de los géneros *Ips* De Geer, *Orthotomicus* Ferrari y *Pityogenes* Bedel presentan poligamia, siendo *Orthotomicus erosus* (Wollaston) y *O. laricis* (F.) de importancia en la región (Gómez y Martínez 2013, Lanfranco *et al.* 2002, Pildain y de Errasti 2011, Ruiz y Lanfranco 2008). Dentro de los escolítidos polígamos, existen especies que presentan sistemas genéticos haplodiploides con una fuerte endogamia (poligamia consanguínea). Aparte de la familia Micromalthidae, los escolítidos son el único grupo de coleópteros con haplodiploidía conocida (Jordal *et al.* 2001). Las especies de escolítidos haplodiploides presentan altas tasas de endogamia con un fuerte control en la proporción sexual de la descendencia (Hulcr *et al.* 2007, Jordal *et al.* 2001). En la poligamia consanguínea el apareamiento toma lugar en la galería inicial construida por una sola hembra fecundada, usualmente por hermanos en menor proporción sexual (Kirkendall 1983). Este sistema de apareamiento es característico de la tribu Xyleborini (*Xyleborus* Eichhoff, *Xylosandrus* Reitter y *Xyleborinus* Reitter principalmente). Los machos son haploides, más pequeños que las hembras, ápteros o braquípteros, y permanecen en las galerías, fecundando a sus hermanas antes de que abandonen el hospedero (Hulcr *et al.* 2007). Cuando las hembras no son fertilizadas, pueden producir hijos haploides por partenogénesis para aparearse (Jordal *et al.* 2001).

Escarabajos Barrenadores de Corteza

Los escarabajos barrenadores de corteza causan daños severos tanto a bosques naturales como plantados. Estos insectos floeófagos están considerados como una de las plagas más importantes que afectan, en algunos casos severamente, a los bosques de coníferas y secundariamente a latifoliadas a nivel mundial (López *et al.* 2007). El ciclo de vida de un escarabajo de corteza consta de tres fases en cada generación: reproducción, desarrollo, maduración y dispersión (Sauvard 2004). La fase de reproducción comienza cuando insectos maduros sexualmente colonizan un árbol hospedero. La cópula ocurre en una cámara de apareamiento y posteriormente, la hembra construye una galería donde deposita los huevos directamente en el floema. La fase de desarrollo es completamente endofítica, ya que las larvas y las pupas no pueden sobrevivir en el exterior. Las larvas se alimentan del floema hasta alcanzar el estado adulto (Coulson 1979). Luego de mudar a adulto, los escarabajos precisan un período de alimentación para maduración, el cual es necesario antes del apareamiento o de iniciar los vuelos (McNee *et al.* 2000). Puede ocurrir en el propio sistema de galerías o sobre los brotes de árboles circundantes permitiendo almacenar reservas energéticas, alcanzar la madurez sexual y completar la esclerotización (López *et al.* 2007). Luego de madurar, los individuos entran en la fase de dispersión e inmediatamente buscan un hospedero adecuado para reproducirse. La longevidad de los adultos es de algunos meses, pudiendo llegar al año en caso de especies que presentan generaciones invernales (Sauvard 2004).

Los principales indicadores del ataque constituyen pequeños grumos de resina y aserrín fino de color marrón rojizo en la superficie de la corteza (Fig. 2), mientras que el follaje se torna amarillento o rojizo (Ciesla 2011).



Figura 2. Signo de ataque de escolítidos en *Pinus taeda*.

La mayoría de las especies de escolítidos dependen de árboles debilitados o muertos, pero durante brotes epidémicos pueden también establecerse en árboles sanos (Rossi *et al.* 2009). Cuando las poblaciones de escarabajos de corteza se mantienen bajas, se desarrollan sobre árboles caídos, tocones y desechos de actividad silvícola. Un evento de perturbación que genera material disponible para cría, sumado a altas temperaturas que favorecen el desarrollo de los escolítidos, promueve la existencia de explosiones poblacionales. Los brotes epidémicos se desarrollan cuando existe una perturbación que eleva la abundancia de una o varias especies de escolítidos y/o disminuye la resistencia de los árboles (Sauvard 2004). La existencia de un gran número de árboles susceptibles, promueve el ataque de árboles vivos. Se induce entonces un proceso de retroalimentación positiva, donde el incremento de la población amplía el número de hospederos disponibles, que aumentan aún más la población de escarabajos. Este proceso genera un rápido incremento poblacional donde los individuos se dispersarán a predios cercanos. Durante esta fase de dispersión, se inician generalmente nuevos focos de ataque de varios árboles muertos. Éstos aparecen generalmente cerca de otros focos previamente establecidos (Wermelinger 2004). El ataque de los árboles o colonización, ocurre generalmente en dos fases: la atracción primaria y la secundaria (Dajoz 1999). La atracción primaria está ejercida por la planta hospedante y se caracteriza por la llegada de individuos pioneros que se encuentran en baja abundancia, pertenecientes a uno de los sexos. Los árboles atractivos para los escolítidos son aquellos que se encuentran en

estado de deficiencia fisiológica (reprimidos o debilitados) debido a heridas, sequía, anegamiento, incendio, derribados por viento o recién cortados. En general, la exudación de resinas en los árboles atacados disminuye por debajo de los parámetros normales. Esto se relaciona con el contenido de agua en el árbol y con una menor presión osmótica en las células. Para localizar estos árboles, los insectos detectan una mezcla de sustancias complejas presentes en la resina; compuesta básicamente por terpenos y sus derivados alcohólicos (Dajoz 1999). Cada especie de escoltído responde a una mezcla de atrayentes generalmente específica. La atracción secundaria se produce una vez concluida la instalación de organismos pioneros; se trata de una colonización masiva y rápida que debilita las defensas del árbol (Lindgren y Raffa 2013) (Fig. 3).



Figura 3. Foco de ataque de escoltídos en *Pinus taeda*.

Los ataques exitosos de escarabajos de corteza sobre árboles sanos ocurren cuando un insecto pionero recluta un número suficiente de individuos mediante la liberación de feromonas de agregación (Knížek y Beaver 2004). Estas son sintetizadas a partir de constituyentes del árbol (terpenos de resina) modificados al pasar por el proctodeo y los tubos de Malpighi (Dajoz 1999). El patrón de las galerías producidas por los escarabajos que realizan el ataque y

su descendencia es generalmente característico y fácilmente reconocible (Fig. 4).



Figura 4. Galerías reproductivas de *Cyrtogenius luteus* en *Pinus taeda*.

El número de generaciones anuales es variable y está determinado por la temperatura, presentando ciclos cortos en climas templados o cálidos y ciclos largos en climas fríos (López *et al.* 2007, Rangel *et al.* 2012, Reay y Walsh 2001, Sauvard 2004, Schoeller y Allison 2013). Existen especies univoltinas, bivoltinas y polivoltinas. La sobrevivencia de los escolítidos en el invierno se debe a una combinación de adaptaciones comportamentales y fisiológicas, que varían según la especie (Sauvard 2004). Los adultos invernan debajo de la corteza en el sitio inicial de desarrollo o en la base de los árboles donde la temperatura es mayor. Por otro lado, han desarrollado mecanismos fisiológicos como la acumulación de compuestos anticongelantes como glicerol o etilenglicol en la hemolinfa. La tolerancia a temperaturas bajas difiere entre los estados de desarrollo, siendo menor en larvas y mayor en los adultos invernantes. Los escolítidos desarrollan generalmente una sola generación en el hospedero; la nueva generación de escarabajos se dispersa para encontrar nuevos sitios de cría (Knížek y Beaver 2004). Esto implica que las poblaciones de escarabajos de corteza varían en espacio y tiempo dependiendo

directamente de la disponibilidad de sitios de cría. La distribución de los escarabajos de corteza, al igual que su dinámica poblacional, se ven afectadas por varios factores ecológicos. A nivel del rodal, la posición individual de los árboles con respecto al borde del rodal y/o la presencia de claros es importante debido a la exposición al viento y a que los cambios de clima son más abruptos en los bordes (Hedgren *et al.* 2003, Peltonen 1999). Por otro lado, la distribución también es afectada por el arreglo espacial y la edad de los rodales y la distribución de caminos forestales. Las pilas de trozas generalmente se almacenan cerca de lugares de acceso a caminos forestales. Se puede esperar un incremento en el número de árboles atacados cerca de zonas donde se almacenan trozas, si el período de almacenamiento coincide con el período de vuelo de los individuos. La distribución de estos caminos refleja claramente opciones de manejo y estructura del área forestada y afecta de forma marcada la distribución de las poblaciones de escarabajos.

Asociación con Hongos Manchadores

Los escarabajos de la corteza viven en una estrecha asociación con hongos de la familia Ophiostomataceae, generalmente asociados a los géneros *Ophiostoma* y *Ceratocystis*, y a sus estados asexuales o anamórficos como *Leptographium* (Kirisits 2004, Wingfield y Gibbs 1991, Zhou *et al.* 2004). Estos hongos son de gran importancia económica ya que pueden generar manchas y/o enfermedades en la madera (Fig. 5). La diseminación de estos hongos ocurre generalmente a través de escarabajos de corteza, siendo el principal vector de propagación (Zhou *et al.* 2002, Zhou *et al.* 2004, Zhou *et al.* 2007). Es común en este tipo de asociación que el hongo sea transportado por micangios. Los escarabajos de ambrosía, que son completamente dependientes de su hongo simbiote, presentan micangios profundos y complejos; mientras que los escarabajos de corteza presentan pequeñas y numerosas depresiones en la superficie del cuerpo (Livingston y Berryman, 1972). Sin embargo, Beaver (1989) plantea que las esporas pueden transportarse adhiriéndose al cuerpo del insecto, siendo innecesaria la existencia de estructuras especializadas. El hongo de la “mancha azul”, nombre común asignado a los ascomicetes filamentosos generadores de mancha azul,

negra o gris (*Ophiostoma*, *Ceratocystis*, *Leptographium*), es considerado uno de los principales problemas en los bosques de coníferas (Kirisits 2004).



Figura 5. Hongo de la mancha azul vectorizado por escolítidos en *Pinus taeda*.

Dentro de los hongos manchadores se pueden diferenciar aquellos que tienen la capacidad de matar al árbol que colonizan (patógenos del sistema vascular generalmente), de aquellos que crecen en árboles debilitados (Kirisits 2004, Seifert 1993). Generalmente los hongos manchadores asociados a escarabajos de corteza son menos virulentos que los típicos patógenos vasculares, debatiéndose si el escarabajo realmente se favorecería de la asociación o si el hongo simplemente se beneficia del transporte (Hulcr y Dunn 2011). Las especies generadoras de mancha azul colonizan las células de los radios parenquimáticos de la albura, generando la interrupción del flujo de savia (Webber y Gibbs 1989). En etapas posteriores de la infección, una vez que el hongo ha sido inoculado en grandes cantidades en diferentes zonas del tejido, se genera daño necrótico en el floema. Para poder utilizar árboles como sitios de cría, los escarabajos de corteza deben superar los sistemas de defensa del árbol. Se ha sugerido que un ataque en masa de varios individuos en combinación con los hongos manchadores fatiga anatómica y bioquímicamente la resistencia del árbol hospedero generando así la muerte del mismo (Kirisits 2004, Raffa y Klepzig 1992). En Uruguay las especies de hongos asociados a

escarabajos de corteza de pino no parecen ser patógenos agresivos (Alonso com. pers.). Aunque la mayoría de las especies manchadoras en coníferas presentan patogenicidad moderada o baja, generan un daño económico importante en trozas almacenadas y productos derivados de madera (Kirisits 2004).

Escarabajos de Corteza de Pino en Uruguay

La percepción de que los escolítidos son un grupo de poca importancia económica en Uruguay cambió recientemente. A partir de 2008, empresas forestales en diferentes puntos del país comenzaron a registrar focos de varios árboles muertos en plantaciones de pino. En diciembre de 2009, se registró el primer brote epidémico de escolítidos de pino por parte de empresas forestales e investigadores de la Universidad de la República y del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) reportándose al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (Gómez 2012, Gómez *et al.* 2012, Gómez y Martínez 2013). Ante el riesgo de introducción de nuevas especies de escolítidos en el territorio y la necesidad de conocer la extensión del problema, el Comité Ejecutivo de Coordinación en materia de Plagas y Enfermedades (CECOPE) que afectan a las plantaciones forestales realizó un relevamiento en establecimientos pineros. La detección de especies no identificadas planteó la necesidad de establecer, a partir de 2010, un sistema de monitoreo de escolítidos, con la finalidad de identificar las especies de escarabajos de corteza en plantaciones pineras y comparar diferentes métodos de monitoreo. Las seis estaciones de monitoreo distribuidas en el país detectaron, además de *Hylurgus ligniperda* (Fig. 6), previamente citada para Uruguay (Ruffinelli 1967), otras dos especies desconocidas para el país. Debido a la existencia de vacíos de información en los primeros años de monitoreo, en 2012 se realizaron ajustes a la metodología que permitieron generar conocimientos para diferentes localidades con el objetivo de diseñar un sistema de vigilancia sanitaria de escolítidos para el país. A pesar de existir varios reportes de escolítidos para el país (Ruffinelli y Carbonell 1953, Wood y Bright 1992), la única especie de escarabajo de corteza de pino citada para Uruguay es *Hylurgus ligniperda* (Scolytinae: Tomicini), reportada inicialmente en 1967 sobre *Pinus sp.* (Ruffinelli 1967). Otros autores la han citado para el país, con una escasa incidencia económica (Bentancourt y Scatoni 2010, Bentancourt *et al.* 2009, Wood y Bright 1992).



Figura 6. Adulto de *Hylurgus ligniperda* sobre *Pinus taeda* en Rocha, Uruguay.

La relación que existe entre la actividad de los escolítidos y las condiciones climáticas es ampliamente conocida (López *et al.* 2007, Rangel *et al.* 2012, Reay y Walsh 2001, Sauvard 2004, Schoeller y Allison 2013). Siendo organismos poiquiloterms, el ciclo de vida de los escarabajos de corteza es sensible a la temperatura. El desarrollo se detiene por debajo de los 5 – 10 °C y aumenta rápidamente al acercarse a los 25 - 30 °C; cerca de los 40 °C se consideran temperaturas letales para estos organismos. Si bien estas temperaturas varían según la especie y su distribución geográfica, está bien establecida la influencia de la temperatura en la construcción de galerías, la oviposición y la tasa de maduración (Saarenmaa 1985). De la misma manera, el período de vuelo está relacionado con la temperatura. Cada especie de escolítido, como en otros grupos de insectos, presenta un umbral de temperatura por debajo del cual no realizan vuelos. Por encima de dicho umbral, la actividad de vuelo aumenta considerablemente (Sauvard 2004). Los vuelos, realizados solamente durante el día, son favorecidos con alta luminosidad y son inhibidos por lluvia y fuertes vientos. Todos estos factores tienen un efecto directo sobre la duración generacional. Un aumento en la tasa de desarrollo debido a la temperatura, incide directamente sobre el tiempo generacional, explicándose el mayor número de generaciones anuales para una determinada especie en climas más cálidos (Sauvard 2004).

El conocimiento sobre las fluctuaciones de las poblaciones de insectos a través del tiempo, tiene importancia desde el punto de vista ecológico, y fundamentalmente para implementar estrategias de manejo. Debido a que la temperatura juega un rol fundamental en el desarrollo de las diferentes especies, los datos generados sobre variación estacional en otras regiones, no son aplicables a nuestro país. Conocer como se relaciona la actividad de vuelo de cada especie con variables climáticas como la temperatura, se convierte en una herramienta imprescindible a la hora de planificar los calendarios de intervenciones silvícolas, como podas, raleos o cosechas. La producción de residuos en determinados períodos del año tendrá como consecuencia la generación de nuevos sitios de cría para escolítidos en fase de dispersión.

A pesar de su importancia en la producción forestal nacional, no existen hasta el momento trabajos sobre bioecología de escolítidos en Uruguay. Generar estrategias de manejo para escarabajos de corteza en nuestro país implica una correcta determinación de las especies presentes, así como también el conocimiento de diversos aspectos de su biología. El presente estudio se orienta a generar conocimiento sobre las especies de escolítidos presentes en plantaciones comerciales de pino y su bioecología como herramienta para el desarrollo de futuras estrategias de manejo.

OBJETIVO GENERAL

Describir aspectos básicos sobre la ecología de escolítidos en plantaciones comerciales de pino en Uruguay, así como los factores determinantes de su actividad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las especies de escolítidos presentes en plantaciones de *Pinus taeda* en Uruguay y elaborar una clave taxonómica para su identificación.
2. Describir la fluctuación estacional de la actividad de vuelo y la duración total del ciclo de los escarabajos de corteza en plantaciones de *Pinus taeda*.
3. Establecer la relación entre la temperatura y la actividad de vuelo de los escarabajos de corteza en *Pinus taeda* para las condiciones agroecológicas de Uruguay.

HIPÓTESIS

Se hipotetiza que existen al menos tres especies de escarabajos de corteza en *P. taeda*, se predice que podrán ser diferenciados a partir de caracteres morfológicos. Debido a sus características biológicas presentarán períodos de vuelo separados en el tiempo, con duración generacional diferenciada. Se predice que los aumentos de temperatura en los períodos de actividad de vuelo, producirán las máximas capturas de organismos.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en el predio “La Corona” (3000 ha) ubicado en Tacuarembó ($31^{\circ}36'37.97''S$; $55^{\circ}43'38.32''O$) en el área perteneciente a la empresa forestal Cambium (Fig. 7). Se utilizaron parcelas de *Pinus taeda* implantadas en 1998 con una densidad de plantación inicial de 1000 árboles por hectárea y 450 árboles por hectárea al momento del ensayo.

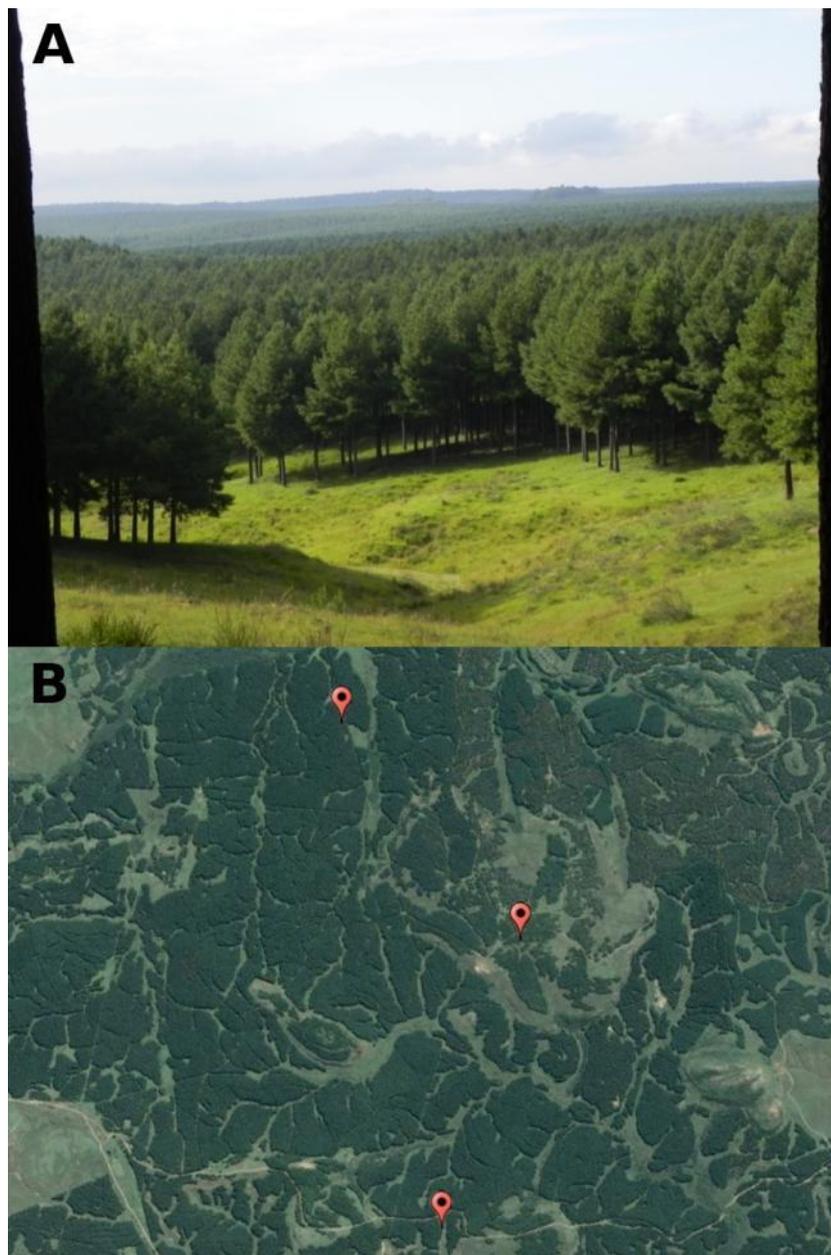


Figura 7. Predio La Corona en Tacuarembó, Uruguay (A). Posición de trampas ventana de intercepción (B).

Los suelos comprendidos en las parcelas pertenecen a los grupos CONEAT 7.1, 7.2 y 7.32. Estos suelos, de aptitud para la producción forestal, presentan generalmente textura arenoso franca, son bien drenados y tienen fertilidad media / baja (MGAP 1979).

El predio “La Corona” representa uno de los puntos previamente utilizados para el Sistema de Monitoreo de Escolítidos desarrollado por el CECOPE luego del brote epidémico de escarabajos de corteza en el sur del país. Como en las restantes estaciones de monitoreo, las trampas utilizadas para el estudio fueron instaladas en rodales con actividad silvícola (podas, raleos, cosecha final) para asegurar la presencia de material atrayente para los escolítidos.

Métodos de muestreo

Trampa ventana de intercepción

Se realizaron muestreos quincenales en el período de un año: julio de 2012 a julio de 2013. Para la recolección del material se utilizaron tres trampas de intercepción, distanciadas 1 Km entre sí (Soto *et al.* 2002). Las trampas de intercepción han sido extensamente utilizadas como técnica de captura de escarabajos de corteza. Si bien el concepto de trampa de intercepción no involucra utilizar atrayentes, se utilizan cebos para producir un resultado más enfocado (Young 2005). Cada trampa ventana consiste de un marco de madera de 50 cm x 120 cm con una ventana de acrílico o vidrio de 50x50 cm en su parte superior (Fig. 8). A ambos lados se colocaron recipientes rectangulares de 50 cm x 15 cm a modo de colectores, los cuales contenían una solución de agua con detergente líquido y etilenglicol. Se colocaron cuatro trozas frescas de *P. taeda* de 1 m de largo y un diámetro mínimo de 5 cm al pie de la trampa ventana como material atrayente. Cada dos semanas el material fue retirado de los colectores de la ventana por técnicos de la empresa y las trozas fueron reemplazadas. El material retirado fue colocado en frascos herméticos de plástico y enviado al laboratorio. Una vez allí, los individuos recolectados fueron filtrados en tela de voile y depositados en recipientes con etanol al 70% con su respectiva etiqueta indicando localidad, número de trampa ventana y fecha de retiro.

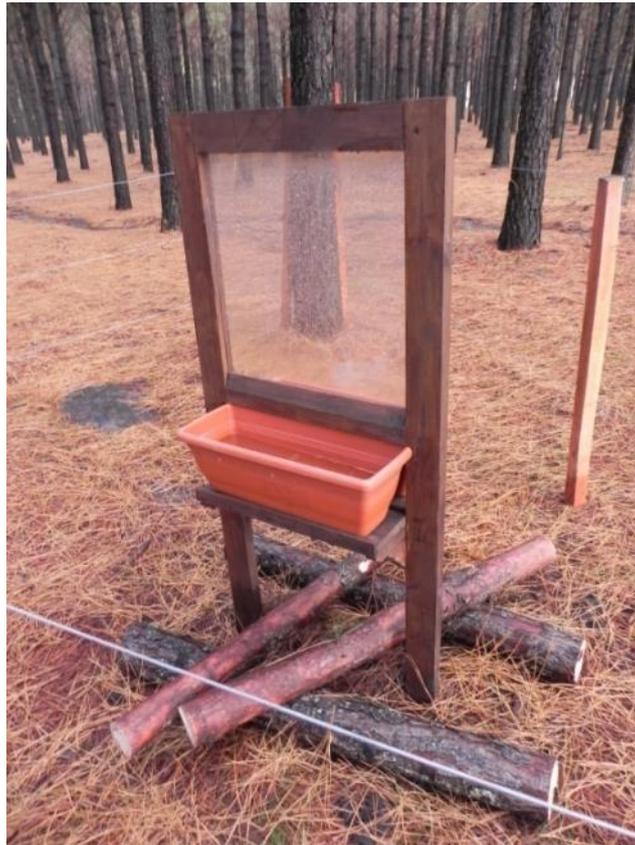


Figura 8. Trampas ventana de intercepción.

Se registró la temperatura en intervalos de 6 horas (registro inicial 12 am) en el área de estudio mediante un data-logger modelo Hygrochron 1923-F5. El mismo fue programado al inicio del período de análisis. Cada tres meses descargaron los datos de temperatura en una computadora portátil a través del programa One Wire Viewer versión 0.3.15.50.

El material fue procesado en el Laboratorio de Entomología de la Estación Experimental de INIA en Tacuarembó. Se utilizaron bandejas plásticas blancas para separar los escolítidos. Una vez registrada la abundancia relativa de las especies en planillas, el material fue depositado en la Colección de Entomología Forestal de INIA Tacuarembó con su respectiva etiqueta en frascos plásticos con etanol al 70%.

Trozas cebo

Se utilizaron trozas cebo de *P. taeda* entre junio de 2013 y junio de 2014. Tres réplicas de cinco trozas cebo (20 cm de diámetro y 90 cm de largo) fueron expuestas para colonización por escolítidos (Fig. 9). Las trozas fueron visitadas diariamente en busca de signos de ataque. Luego de 15 días de detectada la colonización, las 15 trozas fueron trasladadas a la Estación Experimental de INIA en Tacuarembó para incubar. La incubación se realizó en tarrinas plásticas blancas (90 cm de altura y 60 cm de diámetro), cubiertas por tela de voile en condiciones de abrigo meteorológico. Las tarrinas fueron revisadas tres veces por semana y las emergencias fueron cuantificadas. Una vez registradas las emergencias, el material fue depositado en la Colección de Entomología Forestal de INIA Tacuarembó con su respectiva etiqueta en frascos plásticos con etanol al 70%. Se registró la temperatura en intervalos de 6 horas (registro inicial 12 am) en el área de estudio mediante un data-logger modelo Hygrochron 1923-F5. La incubación finalizó cuando no se registraron emergencias.



Figura 9. Pila de trozas cebo.

1. Determinación de especies de escolítidos en plantaciones comerciales de pino en Uruguay.

Se recolectaron individuos mediante trampas ventana de intercepción en el periodo julio de 2012 a julio de 2013. La determinación taxonómica de los insectos se realizó bajo lupa estereoscópica (Olympus SZ61) en base a caracteres morfológicos externos. Se utilizaron claves taxonómicas (Wood 2007) y se realizaron comparaciones con material depositado en colecciones de referencia de Estados Unidos y Tailandia. Una vez determinadas las especies, se elaboró una clave dicotómica para identificar las especies de escolítidos presentes en base a caracteres morfológicos.

2. Estudio de estacionalidad de las especies de escarabajos de corteza en plantaciones de pino.

2.1 Estudio de la variación estacional de la actividad de vuelo.

Se determinó la actividad de vuelo de las tres especies de escarabajos de corteza en plantaciones de pino en el período julio 2012 a julio 2013 utilizando trampas ventana de intercepción. Se construyó una matriz de datos que registró cada especie y su abundancia en la localidad monitoreada. La abundancia relativa de las especies de escolítidos registradas se determinó en base a las capturas acumuladas de las tres trampas ventana de intercepción registradas quincenalmente. Se realizó un gráfico de capturas acumuladas quincenales durante el período de estudio para cada especie y se describió la actividad. Se determinaron los períodos de actividad en base al porcentaje de capturas obtenido en cada estación del año para cada especie.

2.2 Estudio de la variación estacional en la duración generacional.

Se determinó la duración generacional mediante trozas cebo de *P. taeda* entre junio de 2013 y junio de 2014. Se realizaron tres incubaciones en el período de estudio correspondiente a los meses de invierno, primavera y verano. La detección de signos de actividad de colonización corresponde al día 0. Se

determinó el número de semanas para completar la fase subcortical del ciclo mediante el registro de emergencias para cada especie. Se realizó un gráfico con el promedio de emergencias semanales por tarrina para cada especie.

3. Estudio de la relación entre la temperatura y la actividad de vuelo de los escarabajos de corteza en plantaciones de pino.

3.1 Modelación de la abundancia en función de la temperatura.

Análisis de Datos

Los datos de temperatura se prepararon como promedios quincenales para el período de julio de 2012 a julio de 2013. Los datos de capturas de las trampas ventana de intercepción utilizados corresponden al período de actividad de vuelo para cada especie. Se ajustaron Modelos Lineales Generalizados (GLM), en los cuales la variable dependiente corresponde a la captura de cada especie ajustándose a una distribución Poisson o Binomial negativa dependiendo de la naturaleza de los datos. La temperatura corresponde a la variable explicativa para todos los casos. La función de conexión utilizada fue “log” en ambos casos, correspondiente a las distribuciones elegidas. Como criterio de selección e indicador de la calidad relativa del modelo estadístico, se empleó el criterio de información de Akaike (AIC) (Shtatland *et al.* 2000). Al ajustar modelos de distribuciones binomiales se emplea la devianza como criterio indicador de calidad de ajuste. La devianza nos da una idea de la variabilidad de los datos. Para obtener una medida de la variabilidad explicada por el modelo, se compara la devianza del modelo nulo (devianza nula) con la devianza residual. La devianza explicada se obtiene como:

$$Devianza\ explicada = \frac{(devianza\ nula - devianza\ residual)}{devianza\ nula} \times 100$$

Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico R (R Core Team 2009).

3.2 Rangos de temperatura de actividad.

Para estudiar la relación de la actividad de vuelo de los escarabajos con la temperatura es necesario utilizar un período de tiempo mayor a un año. Debido a que la introducción de una gran parte de las especies de escolítidos en Uruguay es reciente, se espera que su dinámica poblacional fluctúe los primeros años siguiendo diferentes fases de invasión: establecimiento con poca dispersión, expansión con altas tasas de dispersión, fase de saturación de abundancia (Arim *et al.* 2006, Shigesada y Kawasaki 1997). Por esta razón se utilizó la información generada en cuatro años por el Sistema Nacional de Monitoreo (diciembre de 2009 a febrero de 2014) en parcelas de *Pinus taeda* en el predio “La Corona” ubicado en Tacuarembó. Como método de recolección se utilizaron las trampas ventana de intercepción descritas anteriormente.

Análisis de Datos

Los datos meteorológicos diarios fueron suministrados por la Unidad Experimental La Magnolia de INIA, la estación meteorológica más cercana a la plantación monitoreada. Los registros diarios de temperatura se prepararon como medias quincenales. Para cada año se determinaron los eventos que representan el 80% del total de las capturas, desde el evento de mayor captura hasta completar el porcentaje mencionado (Tribe 1990, 1991). Para el total de eventos se calculó la media de temperatura y el desvío estándar.

RESULTADOS

1. Especies de escolítidos en plantaciones de pino en Uruguay

Se recolectó un total de 7673 escolítidos en los muestreos quincenales realizados en el período de un año (julio de 2012 a julio de 2013) (Fig. 10). El 98,9% de los individuos capturados (7573 individuos) correspondió a tres especies de escarabajos de corteza. La primera especie detectada, *Hylurgus ligniperda* (Scolytinae: Tomicini) (Apéndice I) (57% de las capturas), fue la única previamente citada para el país en plantaciones de pino (Ruffinelli 1967). La segunda especie identificada fue *Orthotomicus erosus* (Scolytinae: Ipini) (30% de las capturas), la cual corresponde a una primera cita para el país (Gómez y Martínez 2013) (Apéndice II). La tercera especie encontrada fue *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Scolytinae: Dryocoetini) (12% de las capturas) (Apéndice III), la cual se registra por primera vez en Uruguay como una introducción de Asia (Gómez *et al.* 2012).

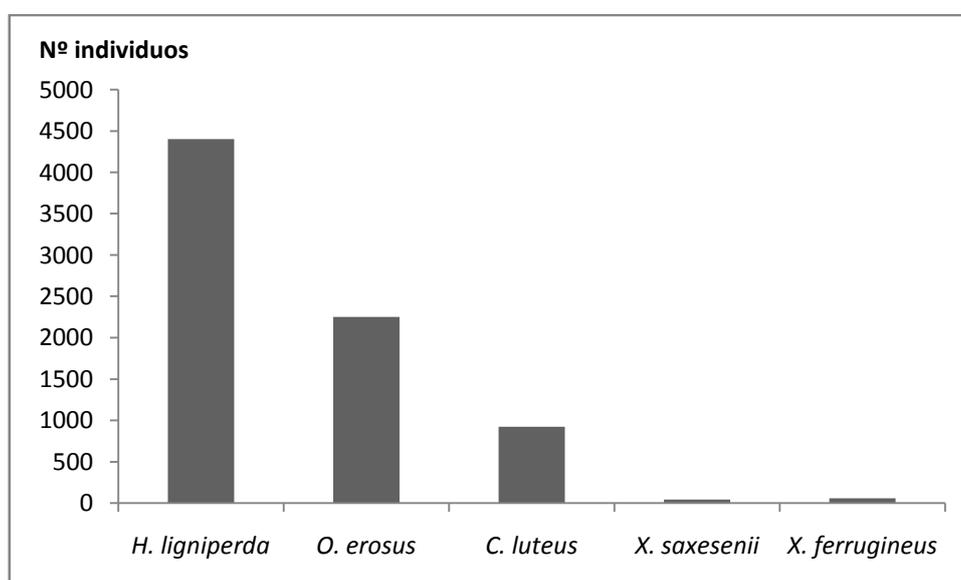


Figura 10. Capturas totales de escolítidos en “La Corona”, Tacuarembó desde julio de 2012 a julio de 2013 en *P. taeda*.

Aunque con menor abundancia (1 % de las capturas), dos especies de escolítidos de ambrosía de la tribu Xyleborini fueron registradas: *Xyleborus ferrugineus* (F.) (59 individuos), citada por Bosq (1943), la cual se registra por primera vez en plantaciones forestales comerciales; y *Xyleborinus saxesenii*

(Ratzeburg) (41 individuos) registrada por primera vez en el país (Gómez *et al.* 2013) (Apéndice IV). A pesar de la gran importancia de estas dos especies como vectores de hongos patógenos, no se han registrado daños severos sobre *P. taeda*.

1.1 Especies de escolítidos identificadas.

Hylurgus ligniperda (Scolytinae: Tomicini)



Figura 11. Adulto de *Hylurgus ligniperda* en vista lateral. La barra corresponde a 1 mm.

Hylurgus ligniperda es el escolítido de mayor tamaño reportado para el país con una longitud de entre 3,1 y 5,3 mm (Fig. 11). Es de color marrón a negro, dependiendo del grado de madurez. Presenta un funículo de seis segmentos con una maza antenal cónica y suturas rectas (Wood 2007) (Fig. 12). El declive elitral es muy pronunciado y convexo, con estrías elitrales débilmente impresas e interestrías densamente granuladas. Los machos son similares a las hembras pero presentan setas más largas y más abundantes en el declive elitral y siete segmentos abdominales visibles ventralmente (seis visibles en las hembras) (Liu *et al.* 2008, Wood 2007). Información adicional sobre esta especie se encuentra en el Apéndice I.



Figura 12. Maza antenal de *Hylurgus ligniperda*.

Orthotomicus erosus (Scolytinae: Ipini)



Figura 13. Adulto de *Orthotomicus erosus* en vista lateral. La barra corresponde a 1 mm.

Orthotomicus erosus es de color marrón rojizo oscuro y mide entre 3,0 y 3,7 mm (Fig. 13). Presenta una maza antenal fuertemente aplanada con un funículo de 5 segmentos (Wood 2007). El declive elitral es cóncavo y empinado, con los márgenes laterales armados por dentículos (Fig. 13). El

dimorfismo sexual es muy marcado en esta especie; el tegumento de las hembras presenta tubérculos menos esculpidos y espinas de menor tamaño (Wood 2007). La única especie de la región Neotropical que puede ser confundida con *O. erosus* es *Orthotomicus laricis*, introducida en Chile desde Eurasia. Además de presentar tres pares de denticulos en el declive elitral (cuatro pares en *O. erosus*), *O. laricis* se diferencia por presentar suturas recurvas en la maza antenal (procurvas en *O. erosus*) (Gómez y Martínez 2013, Wood 2007) (Fig. 14). Información adicional sobre esta especie se encuentra en el Apéndice III.



Figura 14. Maza antenal de *Orthotomicus erosus*.

Cyrtogenius luteus (Scolytinae: Dryocoetini)

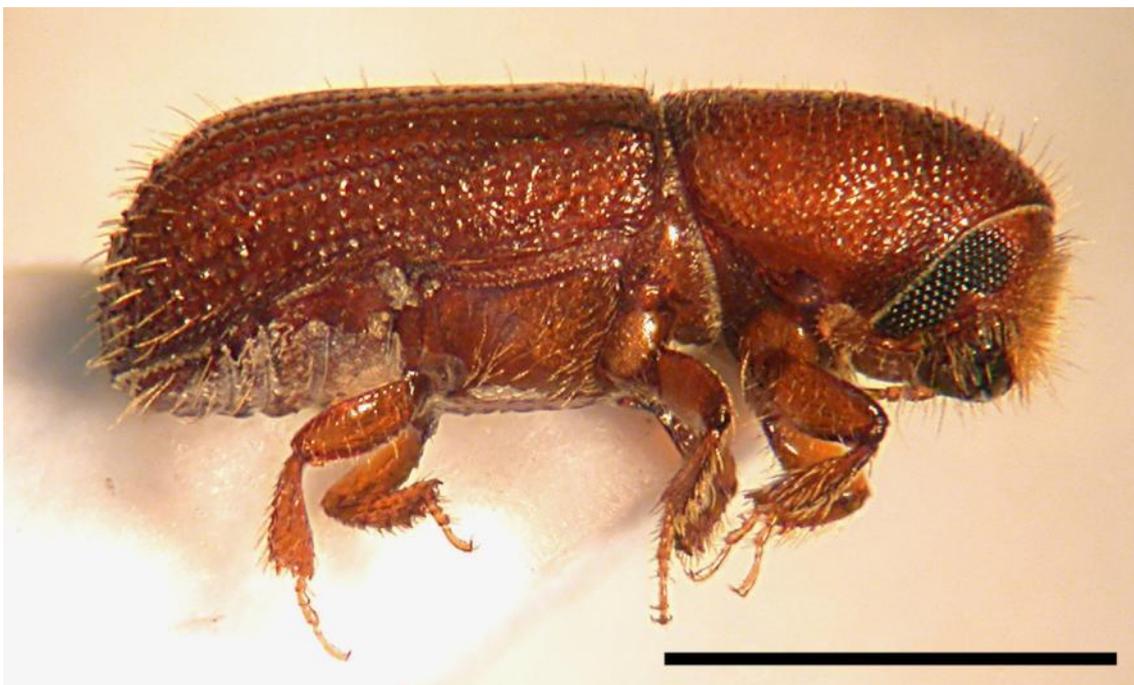


Figura 15. Adulto de *Cyrtogenius luteus* en vista lateral. La barra corresponde a 1 mm.

Cyrtogenius luteus es un escolítido pequeño midiendo entre 2,2 y 2,4 mm (Fig. 15). Presenta los ojos profundamente emarginados y un declive elitral tuberculado con el margen ventrolateral extremadamente elevado (Gómez *et al.* 2012). El funículo antenal presenta 5 segmentos y la maza es oblicuamente truncada con el primer segmento procurvo y muy esclerotizado (Fig. 16). Machos y hembras presentan el mismo tamaño, ambos pueden volar y presenta proporción sexual Fisheriana (1:1) (Gómez *et al.* 2012). Se diferencian en que la hembra presenta un cepillo denso de pelos en la frente. *C. luteus* puede ser confundida con *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg), introducida en Brasil desde la región Paleártica. *D. autographus* presenta mayor tamaño con el primer segmento de la maza antenal recurvo (procurvo en *C. luteus*). Información adicional sobre esta especie se encuentra en el Apéndice II.



Figura 16. Maza antenal de *Cyrtogenius luteus*.

Xyleborus ferrugineus (Scolytinae: Xyleborini)



Figura 17. Vista lateral de *Xyleborus ferrugineus*. La barra corresponde a 1 mm.

Xyleborus ferrugineus es un escolítido pequeño, de coloración marrón rojiza, con una longitud de entre 2,0 y 3,3 mm (Fig. 17). Presenta un funículo de 5 segmentos y una maza antenal oblicuamente truncada con suturas recurvas (López *et al.* 2007). La protibia se encuentra ensanchada en la porción apical. Las tibias del meso y metatórax están armadas por una hilera de numerosos dientes de igual tamaño. Escutelo visible, moderadamente grande (Wood 2007). El declive elitral es convexo y empinado, con la mitad inferior desarmada. Interestrías 1 y 2 del declive con un pequeño tubérculo en la base;

interestría 3 con un tubérculo moderadamente grande en la zona media (Fig. 18) (Wood 2007). El macho presenta menor longitud, midiendo entre 1,6 y 1,9 mm.



Figura 18. Vista dorsal de *Xyleborus ferrugineus*.

Xyleborinus saxesenii (Scolytinae: Xyleborini)



Figura 19. Vista lateral de *Xyleborinus saxesenii*. La barra corresponde a 1 mm.

Xyleborinus saxesenii es un escolítido pequeño y esbelto, de coloración marrón amarillenta a negra, con una longitud de entre 1,7 y 2,4 mm (Fig. 19). Presenta

un funículo de 5 segmentos y una maza antenal oblicuamente truncada con suturas recurvas (López *et al.* 2007). La protibia se encuentra ensanchada en la porción apical. Las tibias del meso y metatórax están armadas por una hilera de numerosos dientes de igual tamaño. Escutelo cónico rodeado de setas (característico del género), deprimido por debajo del nivel de la superficie de los élitros (Fig. 20) (Hulcr *et al.* 2007). El declive elitral es convexo y se encuentra débilmente impreso. Excepto en el margen basal, la interestría 2 se presenta sin tubérculos. El macho es similar a la hembra, presentando menor longitud y el declive elitral menos empinado que las hembras (Wood 2007). Información adicional sobre esta especie se encuentra en el Apéndice IV.



Figura 20. Vista dorsal de *Xyleborinus saxesenii*.

1.2 Clave de identificación de escolítidos en plantaciones de pino.

1 - Cabeza visible dorsalmente. Funiculo antenal de 6 segmentos. Maza antenal cónica con suturas rectas. Coloración negra y tamaño entre 3,1 y 5,3 mm. Declive elitral pronunciado y convexo, con estrías elitrales débilmente impresas e interestrías densamente granuladas. Presencia abundante de setas en el declive. Hábitos floeófagos...

Hylurgus ligniperda

- Cabeza no visible dorsalmente. Funiculo antenal de 5 segmentos... **2**

2 (1) - Maza antenal fuertemente aplanada con suturas procurvas. Coloración marrón rojiza oscura y tamaño entre 3,0 y 3,7 mm. Declive elitral cóncavo y empinado, con los márgenes laterales armados por dentículos. Tubérculos del declive menos esculpidos y espinas de menor tamaño en hembras. Hábitos floeófagos...

Orthotomicus erosus

- Maza antenal oblicuamente truncada... **3**

3 (2) - Primer segmento de la maza antenal procurvo y muy esclerotizado. Declive elitral tuberculado. Coloración rojiza anaranjada y tamaño entre 2,2 y 2,4 mm. Hembras con un cepillo denso de pelos en la frente. Hábitos floeófagos...

Cyrtogenius luteus

- Maza antenal con suturas recurvas. Tibias de meso y metatórax armadas por una hilera de numerosos dientes de igual tamaño. Realizan galerías en el xilema (xilomicetófagos o micetófagos)... **4**

4 (3) - Declive elitral convexo y empinado. Interestría 3 con tubérculo moderadamente grande en zona media del declive. Interestría 1 y 2 con pequeño tubérculo en la base del declive. Coloración marrón rojiza y tamaño entre 2,0 y 3,3 mm...

Xyleborus ferrugineus

- Declive elitral convexo y se encuentra débilmente impreso. Excepto en el margen basal, la interestría 2 se presenta sin tubérculos. Coloración marrón amarillenta a negra y tamaño entre 1,7 y 2,4 mm...

Xyleborinus saxesenii

2. Variación estacional de escarabajos de corteza en plantaciones de pino

2.1 Variación estacional de la actividad de vuelo

Se recolectó un total de 7573 escarabajos de corteza en el período de un año. *Hylurgus ligniperda* presenta la mayor abundancia relativa para la localidad monitoreada, con 4400 individuos capturados (58% del total). El 30% de los organismos capturados en el año corresponden a *Orthotomicus erosus* (2251 individuos) y el 12% restante a *Cyrtogenius luteus* (922 individuos).

Las capturas obtenidas sugieren que las tres especies de escolítidos difieren en su dinámica poblacional (Figs. 21, 22 y 23). Si bien se registraron capturas de *H. ligniperda* a lo largo de todo el año, esta especie presentó dos máximos poblacionales, correspondientes a los meses de mayo y agosto (Fig. 21). Estos picos, que corresponden al 75 % de las capturas, ocurren con temperaturas medias entre 14 °C y 17 °C y coincidieron con períodos de alta humedad para Uruguay. Esta especie presentó menor actividad en los meses de mayor temperatura (entre octubre y abril), registrándose muy baja actividad de vuelo en el verano.

Orthotomicus erosus presentó mayor actividad de vuelo durante los meses de primavera y verano, principalmente entre mediados de agosto y febrero. Durante este período se registró el 91% de las capturas (Fig. 22). La baja actividad de esta especie en otoño e invierno se evidencia a través de las bajas capturas obtenidas (9 % del total).

Cyrtogenius luteus presentó mayor actividad de vuelo en los meses de mayor temperatura. Si bien el mayor pico poblacional fue registrado en febrero (con temperaturas medias mayores a 22 °C), *C. luteus* presentó actividad de vuelo desde diciembre, incrementando hasta febrero, registrándose el 90% de las capturas en ese período (Fig. 23). El resto del año los registros fueron cercanos a cero, evidenciándose una muy baja actividad de vuelo.

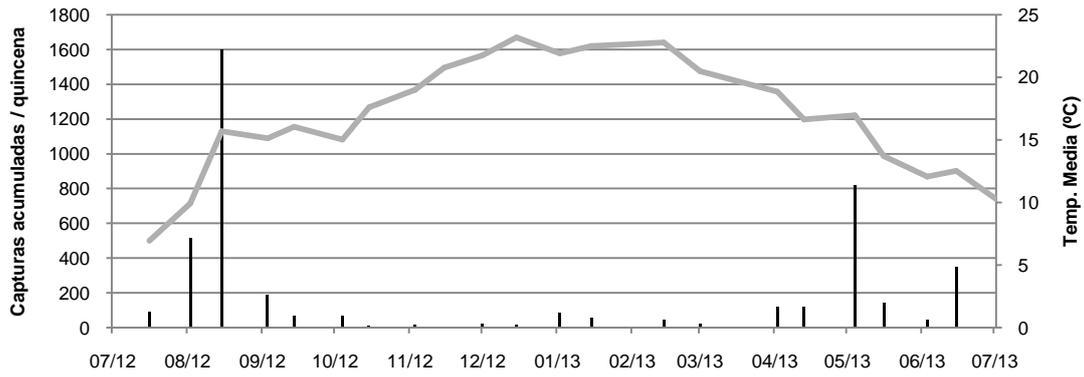


Figura 21. Capturas quincenales acumuladas de *Hylurgus ligniperda* con trampas ventana de intercepción en “La Corona”, Tacuarembó desde julio de 2012 a julio de 2013. La línea continua representa la temperatura promedio quincenal tomadas en el predio de estudio.

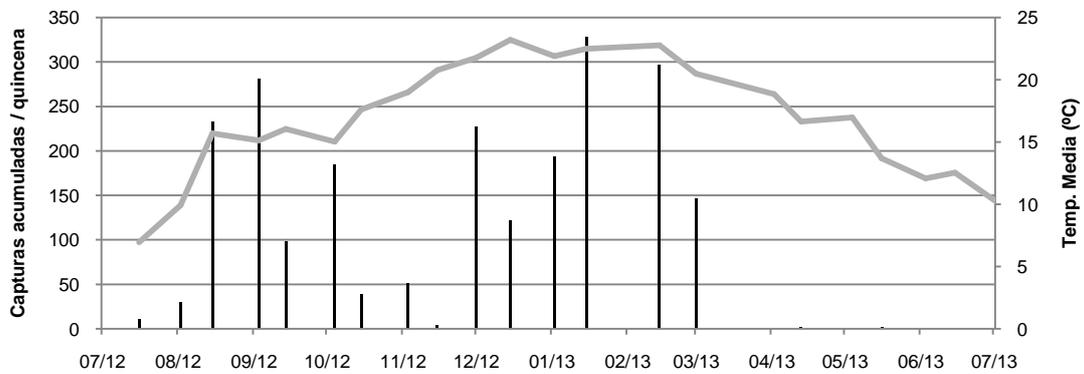


Figura 22. Capturas quincenales acumuladas de *Orthotomicus erosus* con trampas ventana de intercepción en “La Corona”, Tacuarembó desde julio de 2012 a julio de 2013. La línea continua representa la temperatura promedio quincenal tomadas en el predio de estudio.

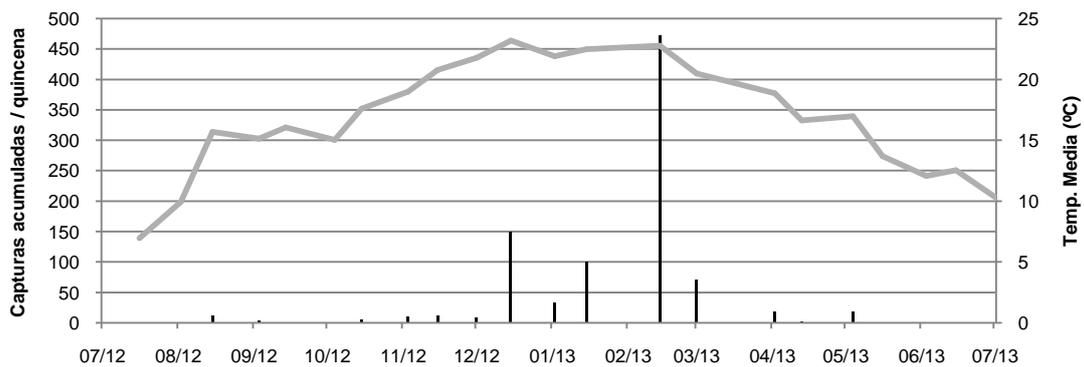


Figura 23. Capturas quincenales acumuladas de *Cyrtogenius luteus* con trampas ventana de intercepción en “La Corona”, Tacuarembó desde julio de 2012 a julio de 2013. La línea continua representa la temperatura promedio quincenal tomadas en el predio de estudio.

2.2 Variación estacional de la duración generacional

El proceso de colonización de escolítidos fue observado para tres estaciones del año (invierno, primavera y verano). La colonización en invierno presentó una duración de 16 días, mientras que en primavera duró 10 días (Tabla 1). En ambos casos, la colonización ocurrió en días cálidos que superaron los 19 °C. Por otra parte, la colonización en verano presentó una duración de 7 días, ocurriendo en un día de elevada temperatura (36 °C). El tiempo de incubación, así como también el promedio de individuos que emergieron de cada troza, se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Incubación de trozas cebo de *P. taeda* expuestas para colonización en “La Corona”, Tacuarembó.

Incubación	Corte de trozas	Colonización (días)	Comienzo incubación	Comienzo emerg. (semanas)	Pico emerg. (semanas)	<i>H. ligniperda</i>		<i>O. erosus</i>		<i>C. luteus</i>	
						Prom. emer. (ind/troza)	Total emerg.	Prom. emer. (ind/troza)	Total emerg.	Prom. emer. (ind/troza)	Total emerg.
Invierno	17-06-13	16	15-07-13	19	20 -- 21	220	880	0	0	0	0
Primavera	13-09-13	10	01-10-13	10	12 -- 13	305	4569	125	250	17	84
Verano	13-01-14	7	05-02-14	9	11	0	0	5	21	821	9028

Las emergencias registradas de la incubación de invierno corresponden exclusivamente a *H. ligniperda* (Tabla 1), coincidiendo la fecha de colonización de la incubación con su actividad de vuelo. En la incubación de primavera, se registraron emergencias principalmente de *H. ligniperda* y *O. erosus*, coincidiendo con la mayor actividad de vuelo para ambas especies. *C. luteus* presentó un bajo número de emergencias para este período. Las emergencias registradas en la incubación de verano corresponden principalmente a *C. luteus*, coincidiendo con su período de actividad de vuelo. Esta especie presentó el mayor número de emergencias en promedio por troza registrado. *O. erosus* presentó un número bajo de emergencias en este período. Por otra parte, *H. ligniperda* no presentó emergencias en dicha incubación.

Las incubaciones en las tres estaciones del año, presentaron diferencias en la duración generacional de escolítidos, con mayor tiempo generacional en períodos de baja temperatura y menor tiempo generacional en períodos de alta temperatura (Figs. 24, 25, 26 y 27). Por otra parte, los picos de emergencia se

detectaron cuando se daban aumentos de temperatura en las diferentes incubaciones. Las emergencias registradas para *H. ligniperda* en la incubación de invierno (trozas expuestas en junio) se produjeron desde principios de noviembre a fines de diciembre, indicando un tiempo total de desarrollo de entre 18 y 25 semanas, con picos de emergencia en la semana 20 y 21 (correspondiente a principio de noviembre) (Fig. 24). En la incubación de primavera (trozas expuestas en septiembre), esta especie presentó emergencias durante diciembre y principios de enero, con un tiempo de desarrollo de entre 11 y 15 semanas y con la mayor emergencia en las semanas 12 y 13 (correspondiente a principio de diciembre) (Fig. 25). Para *O. erosus*, se registraron emergencias desde fines de noviembre y diciembre, con un tiempo de desarrollo de entre 9 y 14 semanas y con un pico de emergencia en la semana 12 (correspondiente al mes de diciembre) (Fig. 26). En la incubación de verano (trozas expuestas en enero), *C. luteus* presentó emergencias durante marzo y principios de abril, con un tiempo de desarrollo de entre 8 y 11 semanas y con la mayor emergencia en la semana 11 (correspondiente al mes de marzo) (Fig. 27).

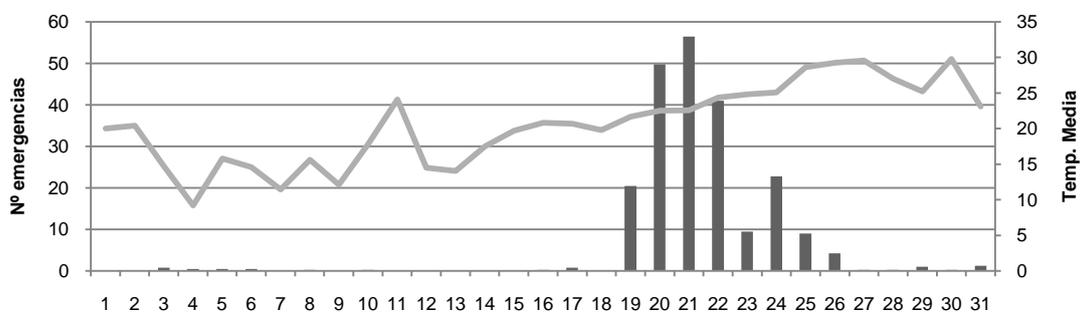


Figura 24. Emergencias semanales de *H. ligniperda* de trozas cebo de *P. taeda* incubadas en junio de 2013.

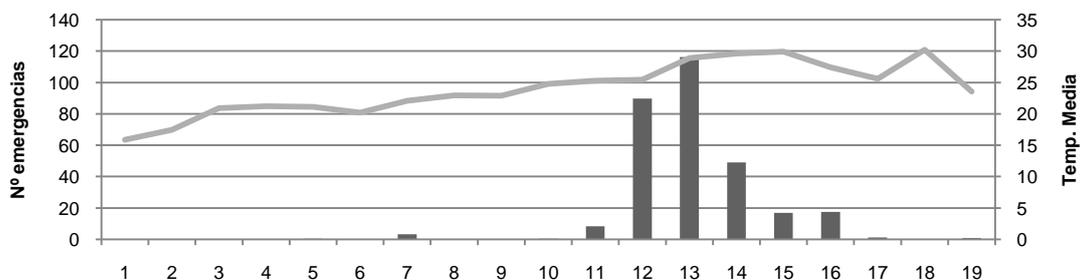


Figura 25. Emergencias semanales de *H. ligniperda* de trozas cebo de *P. taeda* incubadas en septiembre de 2013.

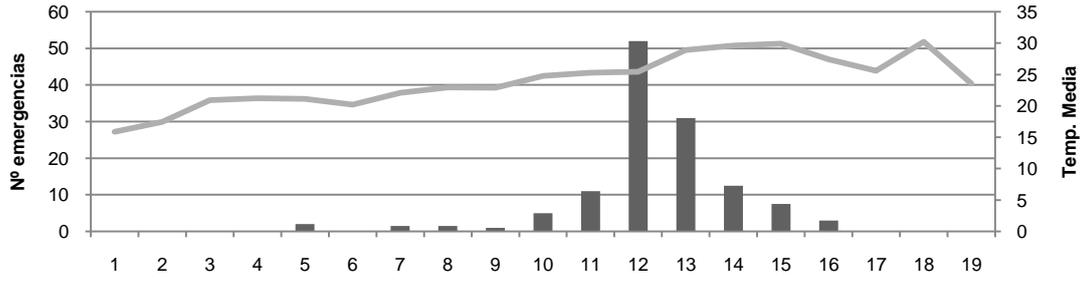


Figura 26. Emergencias semanales de *O. erosus* de trozas cebo de *P. taeda* incubadas en septiembre de 2013.

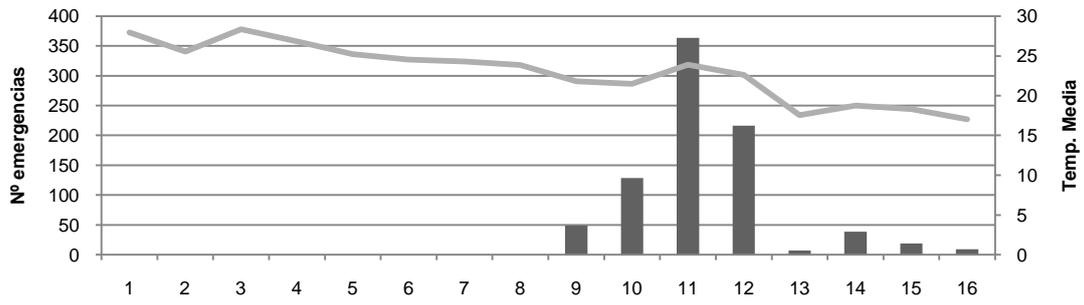


Figura 27. Emergencias semanales de *C. luteus* de trozas cebo de *P. taeda* incubadas en enero de 2014.

3. Estudio de la relación entre la temperatura y la actividad de vuelo de los escarabajos de corteza en plantaciones de pino

3.1 Modelación de la abundancia en función de la temperatura.

Para las tres especies el GLM (función de conexión log) seleccionado presenta la siguiente estructura:

$$c = e^{(b_0 + b_1 t)}$$

Donde c corresponde a las capturas; t a la temperatura; e a la función exponencial, b_1 y b_0 son parámetros del modelo propuesto.

La abundancia relativa de *H. ligniperda* expresada como capturas registradas se ajustó a una función de distribución Poisson y la ecuación obtenida fue:

$$c = e^{(2,245 + 0,272 t)}$$

Ambos parámetros fueron altamente significativos en la actividad estacional ($p < 0,01$). La variabilidad explicada por el modelo propuesto fue de 55% (obtenido del cálculo de devianza). La actividad de vuelo para *H. ligniperda* entre junio 2012 y junio 2013 se registró entre 9 y 19 °C. La temperatura mínima a partir de la cual fueron registradas capturas fue de 10°C, coincidiendo con el período de aceleración de la curva determinada por el modelo exponencial (Fig. 28).

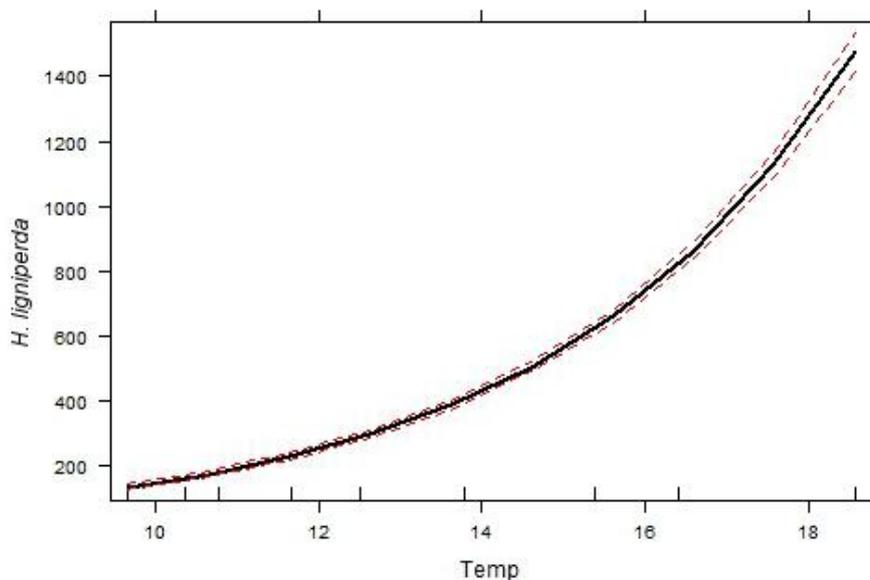


Figura 28. Capturas estimadas por el modelo ajustado de *Hylurgus ligniperda* (línea negra continua) en función de la temperatura (Temp, °C). La línea roja punteada representa el intervalo de confianza del modelo de 95%.

La abundancia relativa de *O. erosus* se ajustó a una distribución Poisson y se obtuvieron dos ecuaciones que corresponden al primer pico de actividad de vuelo en primavera (C_1) y al segundo pico de actividad (C_2), debido a que el efecto parcial y simple de la generación fue altamente significativo ($p < 0.01$). Las ecuaciones obtenidas para modelar la abundancia relativa expresada como capturas registradas para *O. erosus* fueron:

$$c_1 = e^{(-0,269 + 0,370 t)}$$

$$c_2 = e^{(-2,939 + 0,370 t)}$$

En ambos casos el parámetro que corresponde al efecto parcial de la temperatura fue también altamente significativo. La variabilidad explicada por el modelo propuesto fue de 66% (obtenido del cálculo de devianza). La actividad de vuelo para *O. erosus* entre junio 2012 y junio 2013 se registró entre 10 y 23 °C (Fig. 29 a). Para el modelo exponencial determinado, la aceleración de la curva comienza a los 15 °C, temperatura a partir de la cual fueron registrados más vuelos para el período de estudio (Fig. 29a). Además se registraron

capturas significativamente mayores entre el primer pico de emergencias con respecto al segundo (Fig. 29b), considerando el efecto parcial de la temperatura.

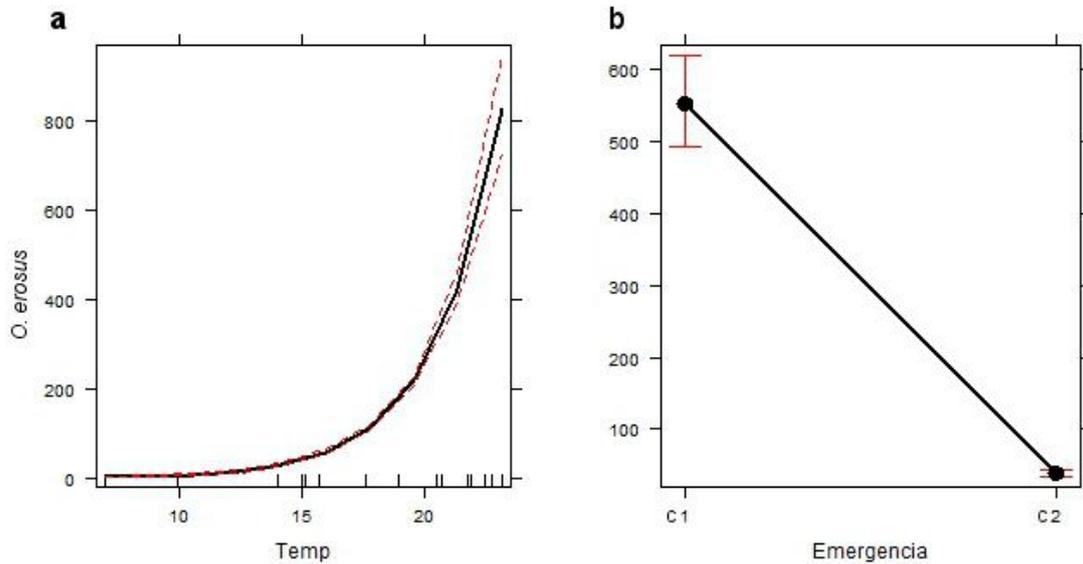


Figura 29. Efectos parciales de la temperatura (a) y el pico de emergencia (b, siendo c1 correspondiente al primer pico de capturas y c2 al segundo pico registrado) sobre las capturas de *Orthotomicus erosus*. Se muestra el modelo ajustado y con línea punteada el intervalo de confianza de 95%.

En cuanto a la abundancia relativa de *C. luteus*, se ajustó a una función de distribución binomial negativa y la ecuación obtenida para modelar las capturas registradas fue:

$$c = e^{(-11,580 + 0,736 t)}$$

El efecto de ambos parámetros fue altamente significativo en las capturas ($p < 0,01$). La variabilidad explicada por el modelo propuesto fue de 73% (obtenido del cálculo de devianza). La actividad de vuelo para *C. luteus* entre junio 2012 y junio 2013 se registró entre 18 y 24 °C (Fig. 30). Para el modelo exponencial determinado, la aceleración de la curva comienza a los 20 °C, temperatura a partir de la cual aumentan rápidamente las capturas.

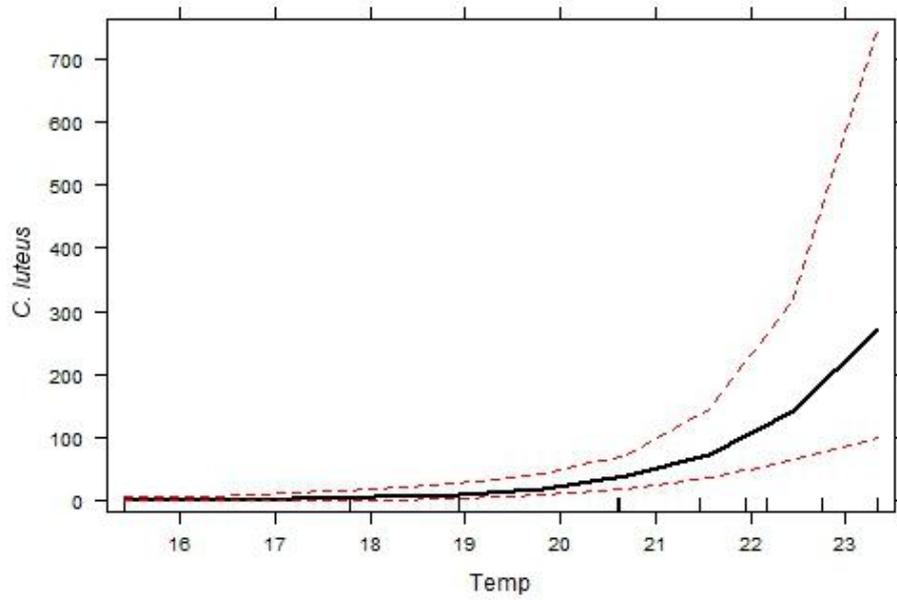


Figura 30. Capturas estimadas por el modelo ajustado de *Cyrtogenius luteus* (línea negra continua) en función de la temperatura (Temp, °C). La línea roja punteada representa el intervalo de confianza del modelo de 95%.

3.2 Rangos de temperatura de actividad

En la Tabla 2 se presenta la relación existente entre la temperatura y la actividad de vuelo de las tres especies de escolítidos durante un período de cuatro años en la localidad “La Corona” (16 dic. 2009 hasta 02 feb. 2014). Los diferentes picos poblacionales de *H. ligniperda*, *O. erosus* y *C. luteus* reflejan diferentes condiciones climáticas óptimas. *Hylurgus ligniperda* presenta picos poblacionales en los meses de menor temperatura. Por otro lado, *O. erosus* y *C. luteus* presentan mayor actividad de vuelo en meses de alta temperatura. Las temperaturas máximas y mínimas en que se registraron capturas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones climáticas donde se registró el 80% de la actividad de vuelo de *Hylurgus ligniperda* (n=14), *Orthotomicus erosus* (n=13) y *Cyrtogenius luteus* (n=10); siendo n el n° de eventos de muestreo que registraron el 80% de las capturas. Período de cuatro años para la localidad “La Corona” (16 dic. 2009 hasta 02 feb. 2014).

	Temp. Media *	Temp. Máxima *	Temp. Mínima *
<i>H. ligniperda</i>	15,02 ± 1,95	20,86 ± 1,66	9,68 ± 2,48
<i>O. erosus</i>	19,65 ± 2,93	25,56 ± 3,55	14,12 ± 2,56
<i>C. luteus</i>	22,07 ± 1,82	27,84 ± 2,16	16,64 ± 1,89

* Valores promedios seguidos del desvío estándar.

Las condiciones climáticas existentes durante los cuatro años de monitoreo cuando el 80% de *H. ligniperda* estaba activo se observan en la Tabla 2. Más del 80% de los individuos estuvieron activos entre una temperatura media de 13,1 °C y 16,9 °C (calculado del desvío estándar de una media de 15,02 °C). Para *O. erosus*, las condiciones climáticas donde se registró más del 80% de la actividad de vuelo coinciden con una temperatura media quincenal entre 16,7°C y 22,5 °C (calculado del desvío estándar de una media de 19,65 °C) (Tabla 2). En el caso de *C. luteus* la mayor actividad de vuelo se da en meses de alta temperatura y más del 80% de los individuos estuvieron activos entre una temperatura media de 20,3°C y 23,9 °C (calculado en base a la media de 22,07 °C ± el desvío estándar).

DISCUSIÓN

El proceso de invasión de especies, uno de los componentes principales en el cambio global, sigue una serie de etapas sin importar el grupo taxonómico que se considere (Arim *et al.* 2006, Shigesada y Kawasaki 1997). Luego de una fase de establecimiento con poca dispersión, se presenta una fase de expansión con altas tasas de dispersión, seguido por una fase de saturación donde el crecimiento en la abundancia se detiene. Por ello, varias especies de escolítidos integran las listas cuarentenarias de la región como potenciales causantes de daño. El riesgo de introducción de nuevas especies obliga a generar información sobre el inventario de escolítidos en Uruguay para así prevenir nuevas introducciones. A partir de 2008, se han observado en establecimientos pineros varios focos de ataque generados por escolítidos de reciente introducción en Uruguay.

Las dos nuevas especies de escarabajos de corteza encontradas (*O. erosus* y *C. luteus*) se observan, en conjunto con *H. ligniperda*, en todo el territorio nacional asociadas a desechos de explotación y plantaciones recién establecidas en sitios post-cosecha, con altos niveles poblacionales, coincidiendo con gran potencial de dispersión y establecimiento de este grupo (Gómez y Martínez 2013). Por otra parte, *Xyleborinus saxesenii* (nueva especie registrada para el país) y *Xyleborus ferrugineus* constituyen el primer reporte de escolítidos de ambrosía en plantaciones comerciales de *Pinus* en Uruguay. Su comportamiento críptico, su capacidad de dispersión que lleva a una redistribución poblacional en cada generación, su alta capacidad reproductiva, y consecuentemente, su habilidad para desarrollar explosiones poblacionales repentinas han sido los puntos clave en el éxito de los escolítidos. Las especies de escarabajos de corteza detectadas en plantaciones de pino presentan diferentes etapas en el proceso de invasión. La información generada por el Sistema Nacional de Monitoreo de Escolítidos sugiere que *C. luteus* es la especie con introducción más reciente. Esta especie se registró en el sur del país durante 2010 y 2011, detectándose en el norte (Tacuarembó y Rivera) con altos niveles de abundancia a partir de 2012 (Gómez *et al.* 2012). Por otra parte, el registro de *O. erosus* en todo el territorio nacional desde 2010 (Gómez

y Martínez 2013), sugiere que esta especie presenta una introducción anterior a la de *C. luteus*.

Aunque las especies de escolítidos presentes en Uruguay colonizan árboles debilitados, algunas especies alcanzan frecuentemente niveles poblacionales epidémicos que causan importantes focos de mortalidad (Rossi *et al.* 2009). *Hylurgus ligniperda*, reportada en 1967 para el país (Ruffinelli 1967), se ha asociado inicialmente a una escasa incidencia económica (Bentancourt y Scatoni 2010, Bentancourt *et al.* 2009, Wood y Bright 1992). Pese a ello, actualmente se lo asocia a focos de daño de importancia en la zona norte del país. El mayor porcentaje de capturas para la especie en el área de estudio pudo deberse a que el período de muestreo coincidió con un raleo comercial, quedando un gran número de tocones disponibles como sitios de cría para *H. ligniperda*, generando altos picos poblacionales en los meses de actividad. Por su parte *O. erosus*, considerada una importante plaga en Europa, ha sido causante de los mayores daños sobre *P. pinaster* en Uruguay (Gómez 2012). Además del daño ocasionado en árboles en pie, se lo cita como uno de los principales vectores de *Ophiostoma ips* (Rumbold), agente causante de mancha azul en trozas recién cortadas (Lee *et al.* 2008). En Uruguay, se han detectado varias especies del género *Ophiostoma* principalmente, sin detectarse patógenos hasta el momento (Alonso com. pers.¹). Con respecto a *C. luteus*, no es considerada una plaga de importancia en su lugar de origen, desconociéndose varios aspectos de su biología (Beaver com. pers.). Sin embargo, en Uruguay esta especie se ha asociado a varios árboles muertos en áreas infestadas. Su pequeño tamaño y su corto ciclo asociado a altas temperaturas generan una rápida dispersión en búsqueda de nuevos sitios de cría. Por otra parte, se la ha encontrado como responsable del avance de focos de daño establecidos hacia árboles sanos en contacto, comenzando el ataque por ramas finas.

¹ Primer relevamiento para estudiar los hongos asociados a escolítidos en las zonas de Tacuarembó, Rocha y San José (Proyecto INIA – Laboratorio de Micología de Facultad de Ciencias – Ingeniería iniciado en 2012.).

A pesar de la importancia de la detección y estudio de los escolítidos, los esfuerzos en investigación a nivel regional son relativamente recientes. Si bien en Argentina se han reportado más de 40 especies de escolítidos, solo unos pocos se han detectado en plantaciones forestales comerciales (del Río *et al.* 2005, Gomez 2008, Naumann-Etienne 1978, Pildain y de Errasti 2011). La mayoría de estos reportes datan de la década de 1940 (del Río *et al.* 2005). Más recientemente, se han reportado *Orthotomicus laricis*, *Hylastes ater* Paykull e *Hylurgus ligniperda* en plantaciones comerciales de pino. El daño atribuido corresponde a la parte aérea de árboles debilitados para *O. laricis* y muerte por anillamiento por daño en la zona del cuello y en raíces para *H. ater* e *H. ligniperda* (Gomez 2008, Klasmer y Diez de Ulzurrun 2013). Estas especies, al igual que en nuestro país, vectorizan hongos manchadores que generan pérdidas económicas sobre todo en la zona de la Patagonia, donde debido a condiciones climáticas, las rotaciones forestales son más lentas (Pildain y de Errasti 2011). En Brasil, donde el 95% del área reforestada corresponde a plantaciones de pino y eucalipto, se han reportado más de 80 especies de escolítidos en los últimos años (Flechtmann y Cognato 2011, Flechtmann *et al.* 2001, Oliveira *et al.* 2008). El incremento en el número de estudios en Brasil se debe al aumento de daño registrado en plantaciones de eucalipto y pino por escolítidos en la última década. A pesar del gran número de especies reportadas, solo unas pocas se encuentran en gran abundancia, correspondiendo principalmente a escolítidos de ambrosía (Flechtmann *et al.* 2001). Si bien ambos países presentan una gran diversidad de escolítidos, la frecuencia de reporte de especies exóticas introducidas ha aumentado últimamente, producto del incremento del comercio global (Flechtmann y Cognato 2011, Gomez 2008, Klasmer y Diez de Ulzurrun 2013, Oliveira *et al.* 2008). Los nuevos reportes generados en el marco de este trabajo constituyen un avance importante en la investigación de plagas forestales asociadas a plantaciones de pino en Uruguay. No obstante, los estudios sobre escolítidos deberían extenderse a otras plantaciones comerciales así como también a montes nativos, para determinar potenciales especies generadoras de daño económico aún no registradas. La inexistencia de barreras geográficas importantes con países limítrofes con un gran número de especies reportadas, plantea que es esperable encontrar aún mas especies de escolítidos asociados

a sistemas forestales en Uruguay en el futuro. El monitoreo de escolítidos se presenta como una herramienta fundamental a la hora de detectar nuevas introducciones de especies asociadas a un alto daño económico en la región.

La evaluación de la actividad de vuelo de las especies de escolítidos en Tacuarembó permitió establecer los meses de mayor actividad para cada especie en el período de estudio. Se registraron capturas de *H. ligniperda* durante todo el año, destacándose picos de actividad en meses de baja temperatura. Los dos grandes picos registrados en Uruguay en mayo y agosto podrían coincidir con lo observado en Francia y Nueva Zelanda, donde los adultos de la primera generación oviponen en invierno y primavera y existe una segunda generación que ovipone en otoño (Reay y Walsh 2001). En Sudáfrica se registraron capturas a lo largo de todo el año, con la mayor actividad registrada en otoño y picos de menor tamaño en primavera y verano, sugiriéndose de 4 a 5 generaciones (Tribe 1991). Para Uruguay, el mayor pico de actividad para *H. ligniperda* coincide con la primera generación producida a fines del invierno / primavera. El segundo pico, más corto, ocurre en otoño, previo al período invernal. Sin embargo este segundo pico no está necesariamente relacionado con una segunda generación. Esto se debe a que las hembras pueden permanecer en el material donde se desarrollaron si existe floema fresco para alimentarse y reproducirse. La incubación de trozas realizada en invierno (junio) sugiere una duración total de desarrollo para *H. ligniperda* de entre 19 y 25 semanas, obteniéndose emergencias desde principio de noviembre hasta fines de diciembre. Debido a que la colonización en dicha incubación ocurrió a principio de julio, la mayor parte de las fases del ciclo ocurrieron en períodos de muy baja temperatura, llegando a demorar entre 4 y 6 meses en emerger. Por otra parte, las condiciones de abrigo meteorológico en la cual fueron incubadas las trozas pueden producir una demora en el registro de emergencias. La incubación realizada en primavera (septiembre), plantea una duración de desarrollo de entre 2 meses y medio y 3 meses y medio, con emergencia de adultos a principio de diciembre. Estos resultados sugieren que la colonización producto de la actividad de vuelo de esta especie durante el invierno y la primavera, produce una generación en el período primavera – verano. La falta de colonización por esta especie en la

incubación de verano, genera desconocimiento de la duración generacional en los períodos de mayor temperatura. En Chile se observan 1 o 2 picos de actividad de vuelo anuales para *H. ligniperda* dependiendo de la localidad, no determinándose necesariamente un número preciso de generaciones (Mausel *et al.* 2007). Los autores sugieren la existencia de solapamiento de generaciones y que las hembras fertilizadas pueden oviponer en el mismo hospedero donde se desarrollaron si es apto para establecer una nueva descendencia. Durante la fase reproductiva, las hembras que realizaron oviposición pueden re-emerger y establecer una nueva galería maternal en el mismo hospedero o en uno nuevo (Sauvard 2004). Por lo tanto, los pequeños picos de actividad observados en el verano, podrían estar indicando el establecimiento de nuevas galerías reproductivas con baja dispersión a nivel local o no generándose dispersión si el floema todavía es apto para alimentación y reproducción. El pico de actividad de vuelo para *H. ligniperda* durante el otoño, sugiere la posibilidad que exista colonización para desarrollar galerías reproductivas durante el período otoño – invierno. La descendencia producida por la colonización de adultos durante el otoño pasaría el invierno como larvas tardías, completando su desarrollo antes de la emergencia de fines del invierno. Observaciones de residuos de cosecha en otoño plantean que existe colonización en este período. En estudios futuros se sugiere realizar incubaciones en otoño para determinar si esta especie es capaz de completar una generación entre los dos picos de mayor actividad de vuelo.

Para *Orthotomicus erosus* se observa un largo período de vuelo, con actividad durante el invierno tardío, la primavera y el verano. La mayor actividad en estos meses coincide con lo observado en Europa, Israel, Sudáfrica y Túnez (Mendel 1983, Tribe 1990). Mendel (1983) sugiere que *O. erosus* presenta hasta 7 generaciones anuales en Israel, con un promedio de duración generacional de 30 días en verano. En Uruguay, la incubación de primavera (septiembre), que corresponde con el primer pico de actividad de vuelo, sugiere un tiempo total de desarrollo de entre 2 y 3 meses, obteniéndose las primeras emergencias a fines de noviembre. Las emergencias de *O. erosus* de noviembre y diciembre (correspondiente al segundo pico de actividad de vuelo), colonizarán un nuevo material de cría para reproducirse. Si bien no se registró colonización de esta

especie en la incubación de verano, se espera que la duración generacional sea menor en este período debido a la mayor temperatura. Los resultados sugieren que existen al menos 2 generaciones anuales para esta especie en Uruguay. Por otro lado, la baja actividad de vuelo de *O. erosus* en el período de incubación de verano en 2014 determinó que exista una baja colonización de las trozas expuestas y, consecuentemente, que no se hayan desarrollado galerías reproductivas. La continua actividad observada en primavera y verano, sumado a su capacidad de pasar el invierno como larvas y adultos (Mendel 1983), nos estaría indicando la posibilidad de contar con más de 2 generaciones anuales. En estudios futuros podrían realizarse nuevas incubaciones en verano para detectar los vuelos de esta especie, determinando así un mayor número de generaciones anuales.

Cyrtogenius luteus presenta mayor actividad en los meses de mayor temperatura acotado principalmente al verano. Si bien se registraron individuos de *C. luteus* en la incubación de primavera, la baja actividad de vuelo registrada en septiembre generó una baja colonización de las trozas expuestas en ese período, no desarrollándose galerías reproductivas en esta especie. La incubación de trozas realizada en verano (enero) sugiere una duración total de desarrollo de entre 1 mes y medio y 3 meses, con emergencias a partir de marzo. La actividad de vuelo registrada en noviembre y diciembre (correspondiente al comienzo de la actividad) sugiere que existen individuos adultos que comienzan a emerger en verano en busca de nuevos sitios de cría para reproducirse. Estos individuos que emergen, producen una nueva generación que emerge en otoño. Estas emergencias colonizarían un nuevo hospedero previo al invierno. Debido a que la mayoría de los aspectos de la biología de *C. luteus* son desconocidos, no es posible inferir si existe desarrollo de nuevas generaciones sin que existan vuelos en meses de menor temperatura. Los resultados sugieren 2 generaciones anuales para esta especie en Uruguay. Estudios futuros a campo podrían aclarar la actividad invernal de esta especie mediante seguimiento de trozas colonizadas a campo.

Uno de los aspectos claves en la dinámica poblacional de los escarabajos de corteza es la colonización del árbol hospedero, recurso fundamental que

proporciona sitios de cría y alimento (Amezaga y Rodríguez 1998). La coexistencia de especies que explotan el mismo recurso podría implicar que exista competencia por dicho recurso. Para afirmar que existe competencia, el uso de un recurso por parte de un individuo debe implicar una reducción en la supervivencia, crecimiento y/o reproducción de otros individuos. Si la coexistencia de especies es reciente y el recurso compartido limitado, las especies competidoras pueden excluirse unas a otras de hábitats particulares generando no coexistencia, o pueden coexistir a través de la utilización del hábitat de manera ligeramente diferente. Schoener (1974) propone que el nicho ecológico de dichas especies se segregará en una primera instancia en la utilización del hábitat, luego en el tipo de alimento utilizado y en última instancia se separarán en la utilización del recurso en el tiempo. En un escenario donde varias especies comparten el mismo recurso, la llegada de especies invasoras posibilita el solapamiento de nichos y la ocurrencia de competencia (Arim *et al.* 2006). Los antecedentes regionales plantean escenarios de competencia entre escolítidos en la región. A comienzos de 1980 a raíz de la importación de embalajes de madera en Chile procedentes de Europa, se introdujeron en forma accidental varias especies de escolítidos, *H. ligniperda*, *O. erosus*, entre otras (Ruiz y Lanfranco 2008). Actualmente y luego de varios años de coexistencia, *O. erosus* es difícilmente encontrado en plantaciones de pino en Chile, lo cual ha llevado a considerar que ha existido un posible desplazamiento por parte de *H. ligniperda* (Wood 2007). Si bien en Uruguay se observa la coexistencia de tres especies de escarabajos de corteza explotando el mismo recurso, aún no se ha evaluado la existencia de competencia. Asignar competencia como causante de los patrones observados implica que la actividad de vuelo registrada es producto de la interacción entre las especies, afectando el tamaño poblacional, la distribución, la reproducción y/o la fecundidad, con repercusiones directas en el fitness individual. A pesar de que las tres especies de escarabajos de corteza consumen el mismo recurso y considerando la gran disponibilidad de alimento, se podría inferir que no existe competencia entre ellas. A pesar de no asumir competencia interespecífica, otras interacciones podrían existir. Estudios recientes plantean que poblaciones del escarabajo de corteza *Dendroctonus ponderosae* Hopkins atacan árboles debilitados previamente colonizados con otras especies de escolítidos (Smith *et*

al. 2011). Esta interacción conocida como facilitación, implica que los escarabajos de corteza utilizan comportamientos cooperativos de alimentación, incrementando la posibilidad de sobrepasar las defensas del árbol para establecerse de manera satisfactoria (Liebhold y Tobin 2008). Por otra parte, aquellas especies que coexisten y se encuentran emparentadas filogenéticamente se han diferenciado en alguna dimensión de su nicho en su ambiente de origen (Emerson y Gillespie 2008), siendo este el caso de *H. ligniperda* y *O. erosus*. Ambas especies utilizan el mismo recurso pero explotan diferentes secciones del árbol; *H. ligniperda* coloniza la porción basal del árbol (cuello y raíz) y *O. erosus* coloniza la zona aérea del árbol (Tribe 1992). Aunque no se observen evidencias de competencia en la actualidad, sus antepasados pueden haberlo hecho. Ciertas características de las especies pueden haber evolucionado de modo de asegurar menos competencia con otras especies en su lugar de origen. Debido a que la introducción de las especies de escolítidos en Uruguay es reciente, se sugiere que la variación observada en la actividad de vuelo debe ser una respuesta adaptativa a competencia en su distribución nativa, siendo la temperatura de vuelo una característica determinada filogenéticamente y no por competencia en este ambiente reciente. Las aproximaciones filogenéticas para el estudio de las comunidades permiten interpretar el rol de la competencia y el mantenimiento de la estructura de las comunidades, al enfocar las diferencias o similitudes entre especies coexistentes (Emerson y Gillespie 2008). A pesar de que pueda existir coexistencia de especies utilizando el hábitat de manera ligeramente diferente, las especies cuyos nichos aparecen diferenciados pueden haber evolucionado de forma independiente y, de hecho, nunca han competido, ahora o en el pasado. En estudios futuros podría realizarse una manipulación experimental (por ejemplo, la eliminación de una o más especies) pudiendo indicar la presencia de la competencia actual si conduce a un aumento en la abundancia de las especies restantes.

El presente estudio confirmó la importancia de la temperatura en la actividad de los escolítidos, relación ampliamente conocida en organismos poiquilotermos (López *et al.* 2007, Rangel *et al.* 2012, Reay y Walsh 2001, Sauvard 2004, Schoeller y Allison 2013). El entendimiento de las causas por las que se

producen cambios en la distribución y abundancia de escolítidos es imprescindible para planificar un manejo integrado. La variación en la actividad de vuelo para *H. ligniperda*, *O. erosus* y *C. luteus* reflejan diferentes condiciones climáticas óptimas, donde la temperatura determina el orden de colonización. Para *H. ligniperda* se observa actividad de vuelo en los meses de baja temperatura, correspondiendo al otoño e invierno. El modelo ajustado para esta especie plantea que la temperatura es un factor influyente en la actividad de vuelo, con una variabilidad explicada del 55%. Los rangos de temperatura de actividad de vuelo para esta especie se observaron entre 13,1 °C y 16,9 °C, similar a lo observado en Francia (Tribe 1991). Esta temperatura refleja condiciones óptimas para el desarrollo de *H. ligniperda* en tocones y trozas basales, estando asociado a bajas temperaturas y alta humedad. El estudio de rangos de actividad de vuelo sugiere que *H. ligniperda* presenta vuelos a partir de una temperatura mínima de 9 °C. Esto se corresponde con lo observado en el modelo exponencial de actividad para el período 2012 - 2013, donde se comienza a registrar actividad de vuelo a partir de 9 °C. Para *Orthotomicus erosus* se comprueba que la temperatura es un factor influyente en la actividad de vuelo, como se esperaba a partir de resultados anteriores (Mendel y Halperin 1982). El modelo ajustado para esta especie presenta una devianza del 66%. El largo período de actividad de vuelo observado para *O. erosus* (invierno tardío, primavera y verano) es producto de la gran amplitud térmica que presenta esta especie (entre 16,7°C y 22,5 °C). Para Uruguay esta amplitud refiere a los picos de actividad de vuelo observados, con una alta actividad de vuelo en primavera, y un segundo pico de actividad en verano. Mendel y Halperin (1982) plantean que las hembras oviponen entre 18 °C y 42°C. En Francia, *O. erosus* presenta la temperatura óptima para el vuelo entre 18 °C y 19 °C (Tribe 1990). Estos datos son comparables con la temperatura media de 19,6 °C observada para *O. erosus* en Uruguay. El estudio de rangos de actividad de vuelo sugiere que *O. erosus* presenta vuelos a partir de una temperatura mínima de 14 °C. Si bien fueron registrados vuelos en el período de actividad a esa temperatura para el período 2012 - 2013, el modelo exponencial sugiere una actividad significativa de vuelo a partir de los 17 °C. Para *Cyrtogenius luteus* se observa actividad de vuelo en los meses de mayor temperatura. El modelo ajustado para esta especie plantea que la temperatura,

al igual que para *O. erosus*, es un factor altamente influyente en la actividad de vuelo, con una devianza del 73%. Los rangos de temperatura de actividad de vuelo para esta especie se observaron entre 20,3 °C y 23,9 °C, correspondiendo a meses de verano. La temperatura mínima a la cual se registran vuelos son 17 °C. Esto se corresponde con lo observado en el modelo exponencial de actividad para el período 2012-2013 donde, si bien el mayor número de capturas se registra a partir de los 19 °C, los vuelos comienzan a partir de 17 °C. Si bien *C. luteus* es una especie poco estudiada debido al poco daño que genera en su distribución natural, la elevada actividad registrada en meses de verano, asociados a un mayor estrés hídrico, ha causado que genere picos epidémicos en la zona norte del Uruguay. Para las tres especies de escarabajos de corteza, las capturas esperadas aumentan de manera exponencial por cada grado que aumente la temperatura. Si bien los modelos se ajustan para el período de actividad, permiten determinar las capturas esperadas a diferentes temperaturas. A pesar de considerar a la temperatura como uno de los principales determinantes de la actividad, cabe resaltar que parte de la variación en las capturas se deben a otros factores. En el caso de *H. ligniperda*, los bajos valores de devianza siguieron la existencia de otra variable independiente diferente a la temperatura. Para trabajos futuros se sugiere incluir otras variables como por ejemplo, precipitaciones y/o actividad silvícola. El ajuste de los modelos, considerando el resto de las variables, puede servir como base para el desarrollo de sistemas de alerta de escarabajos de corteza en Uruguay.

Gran parte de la variación entre los organismos, incluyendo características de historia de vida y roles ecológicos, se ve restringido por el tamaño corporal y la temperatura a la cual son activos. Estas restricciones pueden explicar varias características emergentes de la estructura biológica en todos los niveles de organización, ya sea poblaciones o comunidades (Brown *et al.* 2004). Los efectos del tamaño corporal repercuten en prácticamente todos los aspectos de cómo los animales están diseñados y en cómo funcionan (Dial *et al.* 2008). Muchas de las características de la dinámica poblacional se deben a efectos del tamaño corporal y la temperatura sobre el desempeño de los organismos individuales. La actividad de vuelo, por ejemplo, es un factor importante para el

éxito de los insectos voladores y está influenciada por la temperatura y el tamaño corporal (Samejima y Tsubaki 2010).

Las especies con distribución en rangos geográficos amplios exhiben generalmente una relación entre temperatura y tamaño corporal, con individuos que presentan mayor tamaño corporal en ambientes más fríos (Angilletta *et al.* 2004). A pesar de presentar tasas de crecimiento más lentas, los individuos en ambientes fríos pueden alcanzar un tamaño corporal relativamente más grande al prolongar el crecimiento y retrasar la reproducción, en relación con individuos en ambientes cálidos. Sin embargo, esta estrategia disminuye la probabilidad de que los individuos en ambientes fríos sobrevivan para producir descendencia. La similitud existente entre casos donde se evidencia la relación entre temperatura y tamaño corporal, sugiere que existe una causa común, basada en teorías adaptativas y no adaptativas (Angilletta *et al.* 2004, Heinrich 1993). Las teorías no adaptativas explican las diferencias de tamaño entre individuos a partir de efectos directos de la temperatura sobre los procesos metabólicos responsables del crecimiento. Las teorías adaptativas en cambio, se basan en la selección natural como mecanismo que favorece los genotipos que crecen más rápido, pero alcanzan un menor tamaño cuando se desarrollan a mayores temperaturas. Cuando la reproducción se limita a una estación del año en particular, la capacidad de completar varias generaciones, favorece la maduración temprana con un tamaño relativamente pequeño. Por otro lado, no poder completar varias generaciones favorece la maduración tardía con un tamaño relativamente grande. Por lo tanto, la temperatura es una fuente de variación generada por factores ambientales que tiene un efecto directo en el éxito reproductivo. En experiencias que eliminan a la temperatura como variable, plantean la existencia de diferencias genéticas en el tamaño corporal entre dos poblaciones de escarabajos de corteza separados latitudinalmente (Bentz *et al.* 2001). Por otra parte, esta relación entre tamaño corporal y actividad, también se evidencia a nivel interespecífico. El tamaño corporal de las especies influye directamente en la ganancia y pérdida de calor (Brown *et al.* 2004). Debido a la relación superficie – volumen, las especies que presentan un tamaño corporal pequeño, se calientan y se enfrían más rápido, mientras que especies con un tamaño corporal mayor presentan ganancia y

pérdida de calor más lenta. Los organismos ganan y pierden calor a través de su superficie, por lo que mayor volumen implica mayor retención de calor. Cuando la superficie es grande en comparación con el volumen (especies de menor tamaño), el calor se gana y se pierde rápidamente, porque hay una mayor superficie para ganar y perder calor y relativamente poco volumen para retener el calor. Esta relación superficie – volumen podría explicar porque especies de escolítidos como *H. ligniperda*, con un mayor tamaño, presentan actividad de vuelo en temperaturas más bajas. El mayor volumen comparado con la superficie externa permite una mayor eficiencia en la utilización de energía, pudiendo estar en actividad en temperaturas bajas. Por otro lado, una especie con un menor tamaño corporal, como *C. luteus*, necesita mayor temperatura para estar activa, evidenciándose mediante su gran actividad en meses de verano. En estudios futuros, se debería analizar esta posible relación observada entre el tamaño corporal y la temperatura de vuelo considerando varias especies de escolítidos y su parentesco evolutivo, con el fin de analizar el tamaño corporal como posible variable explicativa de la actividad de vuelo.

Manejo de escarabajos de corteza: perspectivas y consideraciones

El manejo de los escolítidos debe orientarse a reducir y mantener las poblaciones en niveles bajos, considerando tanto medidas preventivas como medidas de mitigación. Dado que el principal factor limitante para todos los escarabajos de corteza es la disponibilidad de sitios de cría (Amezaga y Rodríguez 1998), la eliminación de los mismos es esencial. La información generada sobre escolítidos en el país permitirá ajustar los calendarios de actividad silvícola de las empresas forestales. Conocer las especies presentes, así como también sus períodos de actividad, permite ajustar calendarios de actividad silvícola y así generar un mejor manejo del bosque plantado.

Como alternativas de manejo preventivas se debe destacar el manejo de los residuos de los raleos comerciales. La actividad de raleo y sus residuos constituyen una fuente importante de atrayentes de escolítidos. Opciones como enterrar, quemar, secar o chipear trozas se utilizan para evitar ataques de escarabajos de la corteza (USDA–APHIS 2011). Si bien el chipeo es una medida de manejo, Fettig *et al.* (2007) reportaron un incremento en el porcentaje de árboles atacados por escarabajos de corteza en rodales con este tipo de intervención. Los autores sugieren que los altos niveles de monoterpenos producidos por el chipeo funcionan como atrayentes para varias especies de escarabajos de corteza. Otras opciones de manejo involucran quemar o enterrar las trozas de material afectado (USDA–APHIS 2011). Apilar las trozas y quemarlas funciona para eliminar todos los estadios de los escarabajos y/o evitar nuevos ataques. Sin embargo, son necesarios espacios grandes para manejar quemas controladas. Para el enterrado, las trozas deben depositarse entre 0,5 y 1 m de profundidad y luego se debe realizar un apisonado del terreno (USDA–APHIS 2011). Por otra parte, como medida preventiva, es importante realizar raleos en períodos de reducida actividad de escolítidos. Los resultados del presente trabajo, sugieren que la actividad silvícola debe evitarse en los meses de verano, correspondiente con la mayor actividad de *O. erosus* y *C. luteus*. En caso de existir intervenciones silvícolas en meses de actividad de vuelo, es necesario el reconocimiento de focos de ataque para su correcto manejo.

Las medidas de mitigación más comúnmente aplicadas a nivel internacional para el manejo de escarabajos de la corteza involucran raleo sanitario (eliminación de árboles infectados) e instalación de trampas. El raleo sanitario es la medida más extendida de manejo (Wermelinger 2004). Su efectividad depende de que los árboles deben ser cortados antes de las emergencias de los adultos y de que las trozas deben ser descortezadas antes de ser almacenadas en o cerca del rodal. Se ha encontrado, para otros escolítidos (*Ips typographus*), que la mortalidad de los individuos alcanza un 93% con máquinas descortezadoras (Wermelinger 2004). Para la eliminación de las trozas producto de un raleo sanitario también se utilizan las técnicas mencionadas anteriormente (chipeo, enterramiento y quema). Un punto importante a destacar es que los raleos, ya sean comerciales o sanitarios, son lentos en comparación con las explosiones poblacionales de escolítidos observadas en determinadas ocasiones, siendo imprescindible la detección temprana de los focos de ataque. Por otra parte, Negrón *et al.* (2001) plantea un método utilizando energía solar para eliminar las poblaciones de escarabajos. Dicha técnica se basa en colocar una capa de trozas lado a lado en el suelo al sol durante seis semanas. Cada troza se rota un tercio de vuelta una vez a la semana, generándose así que cada lado expuesto de la troza se mantenga aproximadamente dos semanas al sol. Otra medida de control son las trampas de feromona que se han utilizado como sustituto de árboles trampa, es decir árboles cebados con feromona y posteriormente rociados con insecticida (Wermelinger 2004). La mayoría de los autores cuestiona la eficiencia de las trampas de feromona como medida para reducir las poblaciones de escarabajos de corteza (Dimitri *et al.* 1992). Se ha demostrado que solo el 10% de las poblaciones es capturado en estas trampas (Weslien y Lindelöw 1990). El número de escarabajos de corteza capturados en una trampa de feromona depende en gran medida de las condiciones locales, como temperatura, humedad, exposición al sol, competencia por árboles cercanos, cercanía a trozas apiladas, presencia de árboles caídos por el viento y presencia de árboles susceptibles, entre otras.

Los resultados obtenidos por este trabajo contribuyen al desarrollo de estrategias de manejo. Conocer la diversidad de escolítidos y su actividad en

rodas comerciales es esencial para plantear medidas enmarcadas en un manejo integrado de plagas a nivel nacional y regional. A pesar de partir de un gran desconocimiento de las especies de nuestro país, sus ciclos de vida y su impacto en las plantaciones comerciales de pino, se ha generado información que servirá tanto para empresas forestales, así como también, como base para futuros proyectos de investigación sobre escolítidos en Uruguay.

CONCLUSIONES

1. Se citan tres especies nuevas de escolítidos para el país: *Cyrtogenius luteus*, *Orthotomicus erosus*, *Xyleborinus saxesenii*.
2. Se reporta por primera vez para el hemisferio occidental la especie *Cyrtogenius luteus*.
3. Se citan por primera vez ataques de Xyleborini a plantaciones comerciales de pino.
4. Se determinó que *H. ligniperda* presenta actividad de vuelo en los meses de mayo y agosto, mientras que *O. erosus* y *C. luteus* presentan actividad de vuelo en períodos de mayor temperatura, primavera-verano y verano respectivamente.
5. Se determinó para *H. ligniperda* una duración de la fase subcortical del ciclo de 20 semanas en invierno y 13 semanas en primavera. Para *O. erosus*, se determinó una duración de 12 semanas en primavera. *C. luteus* presentó una duración de 10 semanas en verano.
6. La temperatura es uno de los factores determinantes de la actividad de vuelo de las especies para las condiciones de Uruguay, explicando cerca de un 80% de la actividad para *C. luteus* y *O. erosus*, y un 60% para *H. ligniperda*.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A.; Lanfranco, D.** 1988. Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera-Siricidae): Una revisión. *Bosque* 9(2): 87-91.
- Amezaga, I.; Rodríguez, M.** 1998. Resource partitioning of four sympatric bark beetles depending on swarming dates and tree species. *Forest Ecology and Management* 109: 127–135.
- Angilletta, M.; Steury, T.; Sears, M.** 2004. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. *Integrative and Comparative Biology* 44: 498–509.
- Arim, M.; Abades, S. R.; Neill, P. E.; Lima, M.; Marquet, P. A.** 2006. Spread dynamics of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(2): 374–8.
- Baylis, N. T.; de Ronde, C; James, D. B.** 1986. Observations of damage of a secondary nature following a wild fire at the Otterford State Forest. *South African Forestry Journal* 137: 36–37.
- Beaver, R. A.** 1976. The biology of Samoan bark and ambrosia beetles (Coleoptera, Scolytidae and Platypodidae). *Bulletin of Entomological Research* 65: 531–548.
- Beaver, R. A.** 1989. Insect-fungus relationships in the bark and ambrosia beetle. En: *Insect-Fungus Interaction*. N Wilding, NM Collins, PM Hammond, JF Webber (Eds.). London, Academic Press. 121-137 pp.
- Beaver, R. A.; Liu, L. Y.** 2010. An annotated synopsis of Taiwanese bark and ambrosia beetles, with new synonymy, new combinations and new records (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa* 2602: 1– 47.

- Bentancourt, C. M.; Scatoni, I. B.** 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. 3era Edición. Editorial: Hemisferio Sur, Montevideo. 589 pp.
- Bentancourt, C.M.; Scatoni, I. B.; Morelli, E.** 2009. Insectos del Uruguay. Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias. 658 pp.
- Bentz, B.; Logan, J.; Vandygriff, J.** 2001. Latitudinal variation in *Dendroctonus ponderosae* (Coleoptera: Scolytidae) development time and adult size. The Canadian Entomologist 133(1): 375 – 387.
- Biezanko, C.; Ruffinelli, A; Carbonell, C.** 1957. Lepidoptera del Uruguay. Lista anotada de especies. Montevideo, Facultad de Agronomía 46.
- Borowski, J.; Węgrzynowicz, P.** 2007. World Catalogue of Bostrichidae (Coleoptera). Mantis Publishing, Olsztyn. 247 pp.
- Bosq, J. M.** 1943. Segunda lista de coleópteros de la República Argentina, dañinos a la agricultura. Ingeniería Agronómica 4: 18–22.
- Brown, J.; Gillooly, J.; Allen, A.; Savage, V.; West, G.** 2004. Toward a metabolic theory of ecology. Ecology 85(7): 1771–1789.
- Browne, F. G.** 1961. The biology of Malayan Scolytidae and Platypodidae. Malayan Forest Records 22: 1–255.
- Browne, F. G.** 1968. Pests and Diseases of Forest Plantation Trees: An annotated list of the principal species occurring in the British Commonwealth. Clarendon Press, Oxford.
- Byers, J. A.** 2004. Chemical ecology of bark beetles in a complex olfactory landscape. En: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis. F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordercht The Netherlands. 569 pp.

- Ciesla, W. M.** 2011. Forest Entomology A Global Perspective. Willey- Blackwell. 442pp.
- Coulson, R. N.** 1979. Population dynamics of bark beetles. Annual Review of Entomology 24: 417-447.
- Crowson, R. A.** 1967. The natural classification of the families of Coleoptera. EW. Classey Ltd., Middlesex. 214 pp.
- Dajoz, R.** 1999. Los Escolítidos y su fauna asociada. En: Entomología Forestal: Los insectos y el bosque. Ediciones Mundi-Prensa. 489 pp.
- del Río, M.; Lanteri, A.; Suárez, S.** 2005. Types of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera: Curculionoidea) housed at the Museo de La Plata entomological collection. Revista Del Museo de La Plata 46: 1–11.
- Dial, K. P.; Greene, E.; Irschick, D. J.** 2008. Allometry of behavior. Trends in Ecology & Evolution 23(7): 394–401.
- DIEA.** 2013. Dirección de Estadísticas Agropecuarias del MGAP.
- Dimitri, L.; Gebauer, U.; Lösekrug, R.; Vaupel, O.** 1992. Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark beetles. Journal of Applied Entomology 114, 103 –109.
- Eglitis, A.** 2000. EXFOR Database pest reports: *Orthotomicus erosus*. USDA Forest Service. Disponible en: spfnic.fs.fed.us/exfor/data/pestreports.cfm?pestidval=9&langdisplay=English. Consultado en marzo de 2012.
- Eglitis, A.** 2001. EXFOR Database Pest Report: *Hylurgus ligniperda*. USDA Forest Service. Disponible en:

<http://spfnic.fs.fed.us/exfor/data/pestreports.cfm?pestidval=59&langdisplay=english>. Consultado en marzo de 2012.

- Emerson, B. C.; Gillespie, R. G.** 2008. Phylogenetic analysis of community assembly and structure over space and time. *Trends in Ecology & Evolution* 23(11): 619–30.
- Faccoli, M.; Simonato, M.; Toffolo, E.** 2012. First record of *Cyrtogenius* Strohmeier in Europe, with a key to the European genera of the tribe Dryocoetini (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Zootaxa* 35: 27–35.
- Farrell, B. D.; Sequeira, A. S.; O'Meara, B. C.; Normark, B. B.; Chung, J. H.; Jordal, B. H.** 2001. The evolution of agriculture in beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). *Evolution* 55(10), 2011–2027.
- Fettig, C. J.; Klepzig, K. D.; Billings, R. F.; Munson, A. S.; Nebeker, T. E.; Negrón, J. F.; Nowak, J. T.** 2007. The effectiveness of vegetation management practices for prevention and control of bark beetle infestations in coniferous forests of the western and southern United States. *Forest Ecology and Management* 238 (1-3): 24–53.
- Flechtmann, C.; Cognato, A.** 2011. First Report of *Amasa truncata* (Erichson) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Brazil. *The Coleopterists Bulletin* 65(4): 417–421.
- Flechtmann, C.; Ottati, A. L.; Berisford, C.** 2001. Ambrosia and bark beetles (Scolytidae: Coleoptera) in pine and eucalypt stands in southern Brazil. *Forest Ecology and Management* 142: 183–191.
- Fuentealba, A.; Alfaro, R.,; Bauce, É.** 2013. Theoretical framework for assessment of risks posed to Canadian forests by invasive insect species. *Forest Ecology and Management* 302: 97–106.

- Gomez, C.** 2008. Principales especies de insectos forestales en plantaciones de Pino de la Patagonia. Serie Técnica: Manejo integrado de plagas Forestales. Cuadernillo n° 3. 14 pp. ISSN 1851-4103
- Gomez, C.; Hartel, M.** 2010. El gorgojo de la corteza del pino, *Pissodes castaneus*. Serie técnica: Manejo integrado de plagas Forestales. Cuadernillo n° 9. 14 pp. ISSN 1851-4103.
- Gómez, D.** 2012. Escarabajos de corteza en Uruguay: situación actual y perspectivas. Revista INIA 30: 48-51.
- Gómez, D.; Martínez, G; Beaver, R. A.** 2012. First record of *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Americas and its distribution in Uruguay. The Coleopterists Bulletin 66: 362–364.
- Gómez, D.; Martínez, G.** 2013. Bark beetles in pine tree plantations in Uruguay: First record of *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). The Coleopterists Bulletin 67(4): 470–472.
- Gómez, D.; Reyna, R.; Pérez, C.; Martínez, G.** 2013. First Record of *Xyleborinus saxesenii* (Ratzeburg) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Uruguay. The Coleopterists Bulletin 67(4): 536–538.
- González, E.; Nosei, G.** 1999. *Sirex noctilio* Fabricius, avispa de la madera. Uruguay Forestal 9(21): 21–23.
- Haack, R. A.** 2006. Exotic Bark-and Wood-boring Coleoptera in the United States: Recent Establishments and Interceptions. Canadian Journal of Forest Research 36: 269–288.
- Happ, G. M.; Happ, C. M.; French, J. R. J.** 1976. Ultrastructure of the Mesonotal Mycangium of an Ambrosia Beetle, *Xyleborus Dispar* (F.) (Coleoptera: Scolytidae). International Journal of Insect Morphology and Embryology 5 (6): 381–391.

- Hedgren, P. O.; Schroeder, L. M.; Weslien, J.** 2003. Tree killing by *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at stand edges with and without colonized felled spruce trees. *Agricultural and Forest Entomology* 5(1): 67-74.
- Heinrich, B.** 1993. *The Hot-blooded Insects, Strategies and Mechanisms of Thermoregulation*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 607 pp.
- Hulcr, J.; Dole, S. A.; Beaver, R. A.; Cognato, A. I.** 2007. Cladistic review of generic taxonomic characters in Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Systematic Entomology* 32(3): 568–584.
- Hulcr, J.; Dunn, R. R.** 2011. The sudden emergence of pathogenicity in insect-fungus symbioses threatens naive forest ecosystems. *The Royal Society* 278 (1720): 2866–2873.
- Ide, S.; Lanfranco, D.** 1994. Fluctuaciones poblacionales de *Rhyacionia buoliana* (Lep.: Tortricidae) en una plantación de *Pinus radiata* en la X Región. *Bosque* 15(2): 39–44.
- Jeffries, M.; Lawton, J.** 1984. Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biological Journal of the Linnean Society* 23(4): 269–286.
- Jordal, B. H.** 2013. Scolytinae Latreille, 1806. En: *Insecta: Coleoptera. Volumen 3: Morphology and Systematics (Phytophaga)*. R Leschen, R Beutel (Eds.). Walter de Gruyter. 349-358 pp.
- Jordal, B. H.; Beaver, R. A.; Kirkendall, L. R.** 2001. Breaking taboos in the tropics: incest promotes colonization by wood-boring beetles. *Global Ecology and Biogeography* 10: 345–357.

- Jordal, B. H.; Normark, B. B.; Farrell, B. D.** 2000. Evolutionary radiation of an inbreeding haplodiploid beetle lineage (Curculionidae, Scolytinae). *Biological Journal of the Linnean Society* 71: 483–499.
- Kirisits, T.** 2004. Fungal Associates of European Bark Beetles with Special Emphasis on the Ophiostomatoid Fungi. En: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis*. F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordercht The Netherlands. 569 pp.
- Kirkendall, L. R.** 1983. The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 77(4): 293-352.
- Knížek, M.; Beaver, R.** 2004. Taxonomy and systematic of bark and ambrosia beetles. En: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis*. F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordercht The Netherlands. 569 pp.
- Klasmer, P.; Diez de Ulzurún, I.** 2013. Evaluación de la efectividad de atrayentes químicos para la captura de insectos taladradores y descortezadores de madera. *Primeras Jornadas Argentinas de Sanidad Forestal*. Libro de resúmenes, página 53.
- Lanfranco, D.; Ide, S.; Ruiz, C.; Peredo, H.; Vives, I.** 2002. Escarabajos de la corteza presentes en las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque* 23(1): 101–109.
- Lee, J. C.; Flint, M. L.; Seybold, S. J.** 2008. Suitability of pines and other conifers as hosts for the invasive Mediterranean pine engraver (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Journal of Economic Entomology* 101(3): 829-37.

- Liebhold, A. M.; Tobin, P. C.** 2008. Population ecology of insect invasions and their management. *Annual Review of Entomology* 53: 387–408.
- Lindgren, B. S.; Raffa, K. F.** 2013. Evolution of tree killing in bark beetles (Coleoptera: Curculionidae): trade-offs between the maddening crowds and a sticky situation. *The Canadian Entomologist* 145(05): 471-495.
- Liu, D.; Flint, M. L.; Seybold, S. J.** 2008. A secondary sexual character in the redhaired pine bark beetle, *Hylurgus ligniperda* Fabricius (Coleoptera: Scolytidae). *The Pan-Pacific Entomologist* 84(1): 26–28. doi:10.3956/2007-21.1
- Livingston, R. L.; Berryman, A. A.** 1972. Fungus transport structures in the fir engraver, *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist* 104: 1793–1800.
- López, S.; Romón, P.; Iturrondobeita, J.; Goldarazena, A.** 2007. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 198 pp.
- Marvaldi, A. E.; Sequeira, A. S.; O'Brien, C. W.; Farrell, B. D.** 2002. Molecular and morphological phylogenetics of weevils (Coleoptera, Curculionoidea); do niche shifts accompany diversification? *Systematic Biology*, 51, 761-85.
- Mausel, D.; Gara, R.; Lanfranco, D.; Ruiz, C.; Ide, S.; Azat, R.** 2007. The introduced bark beetles *Hylurgus ligniperda* and *Hylastes ater* (Coleoptera: Scolytidae) in Chile: seasonal flight and effect of *Pinus radiata* log placement on colonization. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 156–169.
- Mayorga, S. I.; Lanfranco, D.; Peredo, H.; Ruiz, C.; Vives, I.** 2000. Escarabajos De Corteza y Mancha Azul: Situación En Chile. Serie Técnica IPEF 13, n. 33, 57-66.

- McNee, W. R.; Wood, D. L.; Storer, A. J.** 2000. Pre-emergence feeding in bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 29: 495-501.
- Mendel, Z.** 1983. Seasonal History of *Orthotomicus erosus* (Coleoptera: Scolytidae) in Israel. *Phytoparasitica* 11: 13-24.
- Mendel, Z.; Halperin, J.** 1982. The Biology and Behaviour of *Orthotomicus erosus* in Israel. *Phytoparasitica* 10:169-181.
- MGAP.** 1979. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Índices de Productividad Grupos CO.N.E.A.T.
- MGAP.** 2014. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/>
- Naumann-Etienne, K.** 1978. Morphological, zoogeographical and biological aspects of the scolytidae from *Nothofagus dombeyi* in Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 13 (1): 51-62.
- Negrón, J. F.; Shepperd, W. A.; Mata, S. A.; Popp, J. B.; Asherin, L. A.; Schoettle, A. W.; Schmid, J. M.; Leatherman, D. A.** 2001. Solar treatments for reducing survival of mountain pine beetle in infested ponderosa and lodgepole pine logs. Research Paper. RMRS-RP-30. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 11 pp.
- ONF-SYLVAE.** 1999. Biología y control del gorgojo de los pinos *Pissodes castaneus* (De Geer). *Uruguay Forestal* 9(22): 4–6.
- Oliveira, C.; Flechtmann, C.; Frizzas, M.** 2008. First record of *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on soursop, *Annona muricata* L. (Annonaceae) in Brazil, with a list of host plants. *The Coleopterists Bulletin* 62(1): 45–48.

- Panzavolta, T.; Tiberi, R.** 2010. Observations on the life cycle of *Pissodes castaneus* in central Italy. *Bulletin of Insectology* 63(1): 45–50.
- Peltonen, M.** 1999. Windthrows and dead-standing trees as bark beetle breeding material at forest-clearcut edge. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 505-511.
- Pildain, M.; de Errasti, A.** 2011. Hongos patógenos de pinos en la Patagonia y su asociación con plagas entomológicas. Serie técnica. Manejo Integrado de Plagas. Cuadernillo nº12. ISSN 1851-4103.
- Porcile, J.** 2007. Crónicas del Desarrollo Forestal del Uruguay. Editorial Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay.
- R Core Team.** 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Raffa, K. F.; Klepzig, K. D.** 1992. Tree Defense Mechanisms Against Fungi Associated with Insects. En: *Defense Mechanisms of Woody Plants Against Fungi*. RA Blanchette, AR Biggs (Eds.). New York, Berlin, Heidelberg: Springer.
- Rangel, R.; Pérez, M.; Sánchez, S.; Capello, S.** 2012. Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 60 (4): 1577–1588.
- Reay, S.; Walsh, P.** 2001. Observations of the flight activity of *Hylastes ater* and *Hylurgus ligniperda* (Curculionidae: Scolytinae) in *Pinus radiata* forests in the central North Island, New Zealand. *New Zealand Entomologist* 24: 79–85.

- Rossi, J. P.; Samalens, J. C.; Guyon, D.; Van Halder, I.; Jactel, H.; Menassieu, P.; Piou, D.** 2009. Multiscale Spatial Variation of the Bark Beetle *Ips sexdentatus* Damage in a Pine Plantation Forest (Landes De Gascogne, Southwestern France). *Forest Ecology and Management* 257 (7): 1551–1557.
- Ruffinelli, A.** 1967. Insectos y otros invertebrados de interés forestal. *Silvicultura, Uruguay* 17: 5–79.
- Ruffinelli, A.; Carbonell, C.** 1944. Primera lista sistemática de insectos relacionados con la agricultura nacional. *Revista de La Asociación de Ingenieros Agrónomos*, 16(1): 13–32.
- Ruffinelli, A.; Carbonell, C.** 1954. Segunda lista de insectos y otros artrópodos de importancia económica en el Uruguay. *Revista de La Asociación de Ingenieros Agrónomos* 24 (94): 33–82.
- Ruiz, C.; Lanfranco, D. M.** 2008. Los escarabajos de corteza en Chile: una revisión de la situación actual e implicancias en el comercio internacional. *Bosque* 29 (2): 109–114.
- Saarenmaa, H.** 1985. Within-tree population dynamics models for integrated management of *Tomicus piniperda* (Coleoptera, Scolytidae). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 128: 1 – 56.
- Samejima, Y.; Tsubaki, Y.** 2010. Body temperature and body size affect flight performance in a damselfly. *Behavioral Ecology & Sociobiology* 64: 685-692.
- Sauvard, D.** 2004. General Biology of Bark Beetles. 63-88 pp. En: F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordercht The Netherlands. 569 pp.

- Schoeller, E. N.; Allison, J. D.** 2013. Flight Phenologies of the Southeastern *Ips* species (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and some Associated Coleoptera in Central and Southern Louisiana. *Environmental Entomology* 42(6): 1226–1239.
- Schoener, T.** 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185(4145): 27–39.
- Seifert, K. A.** 1993. Sapstain of commercial lumber by species of *Ophiostoma* and *Ceratocystis*. En: *Ophiostoma and Ceratocystis: Taxonomy, Ecology and Pathogenicity*. MJ Wingfield, KA Seifert, JF Webber (Eds.). St. Paul, Minnesota: APS Press. 293 pp.
- Shigesada, N.; Kawasaki, K.** 1997. *Biological Invasions: Theory and Practice*. Oxford Univ. Press, Oxford. 218pp.
- Shtatland, E.; Moore, S.; Barton, M.** 2000. Why we need an R² measure of fit (and not only one) in PROC LOGISTIC and PROC GENMOD. *Statistics and Data Analysis*, 256 (25).
- Six, D. L.; Bentz, B. J.** 2007. Temperature determines symbiont abundance in a multipartite bark beetle-fungus ectosymbiosis. *Microbial Ecology* 54(1): 112–8.
- Smith, G. D.; Carroll, A. L.; Lindgren, B. S.** 2011. Facilitation in bark beetles: endemic mountain pine beetle gets a helping hand. *Agricultural and Forest Entomology* 13(1): 37-43.
- Soto, A.; Orengo, L.; Estrela, A.** 2002. Estudio de poblaciones de insectos escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) en las masas de *Pinus halepensis* Miller del Parque Natural del Montgó (Alicante). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 445–456.

- Thompson, R. T.** 1992. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionoidea) with a key to major groups. *Journal of Natural History* 26, 835-91.
- Tribe, G. D.** 1990. Phenology of *Pinus radiata* log colonization and reproduction by the European bark beetle *Orthotomicus erosus* (Wollaston) (Coleoptera: Scolytidae) in the south-western Cape Province. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 53(2): 117 – 126.
- Tribe, G. D.** 1991. Phenology of *Pinus radiata* log colonization by the red-haired pine bark beetle *Hylurgus ligniperda* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae) in the south-western Cape Province. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 54 (1): 1-7.
- Tribe, G. D.** 1992. Colonisation sites on *Pinus radiata* logs of the bark beetles, *Orthotomicus erosus*, *Hylastes angustatus* and *Hylurgus ligniperda* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 55(1): 77 - 84.
- Trujillo, A.** 1942. Insectos y otros parásitos de la agricultura y sus productos en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 323 p.
- USDA.** 1993. Pest risk assessment of the importation of *Pinus radiata*, *Nothofagus dombeyi*, and *Laurelia philippianalog*s from Chile. Miscellaneous Publication N° 1517.
- USDA–APHIS.** 2011. New Pest Response Guidelines: Exotic Wood-Boring and Bark Beetles. USDA–APHIS–PPQ–EDP-Emergency Management, Riverdale, Maryland.
- Webber J. F.; Gibbs, J. N.** 1989. Insect Dissemination of Fungal Pathogens of Trees. En: *Insect-Fungus Interactions*. 14th Symposium of the Royal Entomological Society of London in collaboration with the British

Mycological Society. N Wilding, NM Collins, PM Hammond, JF Webber (Eds.). London: Academic Press. 344 pp.

Wermelinger, B. 2004. Ecology and Management of the Spruce Bark Beetle *Ips typographus* - a Review of Recent Research. *Forest Ecology and Management* 202 (1–3): 67–82.

Weslien, J.; Lindelöw, A. 1990. Recapture of marked spruce bark beetles (*Ips typographus*) in pheromone traps using area-wide mass trapping. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 1786 –1790.

Wingfield, M. J.; Gibbs, J. N. 1991. *Leptographium* and *Graphium* Species Associated with Pine infesting Bark Beetles in England. *Mycological Research* 95 (11): 1257–1260.

Wingfield, M.; Slippers, B.; Hurley, B.; Coutinho, T.; Wingfield, B.; Roux, J. 2008. Eucalypt pests and diseases: growing threats to plantation productivity. *Southern Forests: a Journal of Forest Science* 70 (2): 139–144.

Wood, S. L. 1973. On taxonomic status of Platypodidae and Scolytidae (Coleoptera). *Great Basin Naturalist* 33: 77-90.

Wood, S. L. 2007. *Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae)*. Monte L. Bean Science Museum, Provo, UT. 900 pp.

Wood, S. L.; Bright, D. E. 1987. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 1: Bibliography. *Great Basin Naturalist Memoirs* 13: 1-685.

Wood, S. L.; Bright, D. E. 1992. A catalogue of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index. *Great Basin Naturalist Memoirs* 13: 1–1553.

- Young, M.** 2005. Insects in flight. En: Insect sampling in forest ecosystems. S. R. Leather (Ed.). Blackwell Publishing. 303 pp.
- Zhou, X.; Burgess, T. I.; De Beer, Z. W.; Lieutier, F.; Yart, A.; Klepzig, K.; Carnegie, A.; Portales, J. M.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J.** 2007. High Intercontinental Migration Rates and Population Admixture in the Sapstain Fungus *Ophiostoma Ips*. *Molecular Ecology* 16 (1): 89–99.
- Zhou, X.; De Beer, Z. W.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J.** 2002. Infection Sequence and Pathogenicity of *Ophiostoma Ips*, *Leptographium serpens* and *L. lundbergii* to Pines in South Africa. *Fungal Diversity* 10: 229-240.
- Zhou, X.; De Beer, Z. W.; Cibrian, D.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J.** 2004. Characterisation of *Ophiostoma* Species Associated with Pine Bark Beetles from Mexico, Including *O. pulvinisporum* Sp. Nov. *Mycological Research* 108 (6): 690–698.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto FO_15 del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), en colaboración con la Sociedad de Productores Forestales (SPF), Facultad de Ciencias y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Agradezco al INIA por permitirme realizar este trabajo, así como también a las empresas forestales relacionadas directamente con el proyecto (Forestal Arazatí, Forestal Caja Bancaria, Cambium, Weyerhaeuser Productos). Quisiera agradecer especialmente a Roberto Scoz, Jorge Martínez y Pía Rosales por su experiencia, sus aportes constantes, su interés y por la confianza depositada en este proyecto.

Agradezco a mi orientadora, Carmen Viera, por su apoyo y aliento durante todos estos años. También me gustaría agradecer Enrique Morelli, Patricia González y Beatriz Scatoni por sus valiosos aportes y dedicar su tiempo a la corrección de esta tesis.

También agradezco a todo el equipo de investigación forestal de Tacuarembó, por sus charlas, intercambios, por lo aprendido, no solo en este proyecto, sino también en el día a día. Agradezco especialmente a Gonzalo Martínez y Gustavo Balmelli por sus aportes invaluable a este trabajo. También quisiera agradecer a los integrantes y amigos de la Cátedra de Entomología de Facultad de Ciencias por todo lo compartido y aprendido en estos años, con quienes siempre es grato compartir charlas, risas y salidas.

Me gustaría agradecer especialmente a mi familia y amigos por su apoyo incondicional a la distancia y ser la motivación constante para querer superarme en todas las metas que me propongo. Agradezco a Andrés Hirigoyen, no sólo por sus invaluable aportes, sino también por su amistad, su humor y por ser una gran persona con quien siempre se puede contar.

Quisiera agradecer especialmente a Maite De María, por ser el mayor apoyo en estos años, por incentivar a seguir este camino, por entender la distancia, por escuchar, por apostar a todo esto, por estar siempre.

PUBLICACIONES, DIFUSIÓN Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS VINCULADOS CON LA TESIS

Artículos

Gómez, D.; Martínez, G.; Beaver, R. A. 2012. First Record of *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Americas and its Distribution in Uruguay. The Coleopterists Bulletin. 66(4): 362-364.

Gómez, D.; Martínez, G. 2013. Bark Beetles in Pine Tree Plantations in Uruguay: First Record of *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). The Coleopterists Bulletin. 67(4): 470-472.

Gómez, D.; Reyna, R.; Pérez, C; Martínez, G. 2013. First Record of *Xyleborinus saxesenii* (Ratzeburg) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Uruguay. The Coleopterists Bulletin, 67(4): 536-538.

Gómez, D. 2014. Variación estacional de escarabajos de corteza en pino en Uruguay. Serie Técnica INIA. En prensa.

Presentaciones en Congresos

Gómez, D. 2012. Perspectivas de manejo de escarabajos de corteza de pino en base a estudios de bioecología. V Jornadas de Protección Forestal. Presentación – Oral.

Gómez, D.; Martínez, G. 2012. Escarabajos de corteza de pino en Uruguay: situación y perspectivas. II Congreso Uruguayo de Zoología. Presentación – Oral.

Gómez, D. 2013. Escolítidos en plantaciones forestales de Uruguay: revisión de situación actual. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Misiones, Argentina. Presentación - Poster.

Gómez, D. 2013. Variación estacional de escarabajos de corteza de pino: avances y perspectivas. VI Jornadas de Protección Forestal. Presentación – Oral.

Gómez, D.; Martínez, G. 2013. Bark and Ambrosia Beetles Occurring in Forested Areas in Uruguay. Forest Insect Disturbance in a Warming Environment. Banff, Canada. Presentación - Poster.

Formación de Recursos Humanos

ANII Acortando Distancias - 2013. Pasante recibida en Laboratorio de Entomología de INIA Tacuarembó. Identificación y distribución de *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytinae) en Uruguay.

APÉNDICE I

Hylurgus ligniperda es nativa de Europa y fue introducida en América del Sur (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay, Chile), América del Norte (Nueva York en 1994), Australia y Nueva Zelanda (Haack 2006, Wood 2007). Uno de los primeros reportes para América del Sur fue hecho en Chile a principios de la década de los 80 donde posiblemente haya ingresado en embalajes de madera procedentes de Europa (Ruiz y Lanfranco 2008). Es una especie multivoltina que registra hasta cuatro generaciones anuales en Chile (Mayorga *et al.* 2000, Ruiz y Lanfranco 2008). Generalmente se desarrolla en tocones frescos o material de desecho de intervenciones silvícolas en contacto con el suelo (Ciesla 2011). Ha sido citada en plantaciones que presentan algún indicio de estrés (hídrico por ejemplo), atacando la base del fuste y las raíces de los árboles en pie debilitados o heridos (Eglitis 2001). También puede alimentarse de plántulas recién establecidas en las cuales provoca un daño a nivel del cuello y raíces produciendo la muerte; ya sea por interrupción del flujo de savia (anillamiento) o por facilitar la entrada de hongos patógenos (Mayorga *et al.* 2000, Ruiz y Lanfranco 2008). *Hylurgus ligniperda* es una especie monógama (Browne 1968). Las hembras inician el ataque construyendo una pequeña cámara nupcial debajo de la corteza; luego se une el macho y ocurre el apareamiento. Las hembras construyen una galería de oviposición unirámea longitudinal depositando hasta 500 huevos a los lados (Eglitis 2001, López *et al.* 2007). Las larvas que de allí eclosionan realizan galerías de alimentación perpendiculares a la galería maternal (Fig. 31). Los individuos invernan de forma gregaria en el último estadio larval y en estado adulto (Eglitis 2001, Reay y Walsh 2001). Actualmente, *H. ligniperda* se encuentra distribuido en todo el país en plantaciones comerciales de *P. taeda*, *P. elliotii* y *P. pinaster* (Gómez 2012).



Figura 31. Galerías reproductivas de *Hylurgus ligniperda* sobre *Pinus taeda*.

APÉNDICE II

Orthotomicus erosus es nativo de Europa, Asia y el norte de África. La especie fue introducida en Chile en 1980 (Ruiz y Lanfranco 2008), donde raramente se encuentra debido a desplazamiento de nicho ecológico por *Hylurgus ligniperda* (Wood 2007). Es una especie multivoltina, con entre dos y siete generaciones anuales dependiendo de la temperatura (Mendel 1983). Se desarrolla en pinos caídos o recientemente cortados y sus ramas, pudiendo atacar y matar árboles vivos que presenten estrés (Eglitis 2000). La colonización del árbol comienza cuando un macho perfora la corteza para construir una cámara nupcial. Las hembras, atraídas por feromonas sexuales se unen al macho en la cámara nupcial donde ocurre el apareamiento (Mendel y Halperin 1982). Las hembras apareadas construyen galerías individuales donde depositan los huevos ramificando la galería nupcial (Fig. 32). Una vez depositados los huevos de un lado de la galería las hembras pueden moverse a otro árbol (Eglitis 2000). Los adultos recién emergidos se mantienen en la cámara pupal perforada en lo más profundo de la corteza hasta que su exoesqueleto esté completamente esclerotizado, entonces abandonan la cámara hacia el cambium (Mendel y Halperin 1982). El tiempo de desarrollo desde la entrada de los padres en el hospedero hasta la emergencia de la descendencia ocupa 30 días en verano y 75 días en invierno (Mendel 1983). La alimentación es esencial para alcanzar la madurez sexual (Eglitis 2000). El hecho de que la alimentación ocurra en el mismo hospedero o en uno nuevo depende de la humedad presente en las galerías; en períodos de altas temperaturas el material infestado se seca rápidamente forzando a los escarabajos a relocalizarse en nuevos hospederos antes de establecer una nueva generación (Mendel y Halperin 1982). Los adultos de *O. erosus* invernan agregándose en regiones no barrenadas del hospedero donde se desarrolló o en nuevos hospederos (Mendel 1983). Las galerías invernales comienzan con un solo orificio de entrada a través de la corteza, propagándose en todas direcciones en el cambium (Mendel 1983).

En Uruguay, *O. erosus* fue encontrado en plantaciones comerciales de *P. taeda*, *P. elliotii* y *P. pinaster* distribuidas por todo el territorio nacional (Gómez y Martínez 2013). *O. erosus* es considerada una importante plaga en Europa

incluyéndose en listas cuarentenarias de varios países (USDA 1993, Ruiz y Lanfranco 2008). En su área nativa de distribución, *P. pinaster* es su hospedero de preferencia (Baylis *et al.* 1986; Zhou *et al.* 2007). Aunque el daño causado por esta especie en Uruguay se ha reportado para varias especies de *Pinus*, las plantaciones de *P. pinaster* presentaron más de un 70% de incidencia en la zona sur del país (Gómez y Martínez 2013).



Figura 32. Galerías reproductivas de *Orthotomicus erosus* sobre *Pinus taeda*.

SCIENTIFIC NOTE

BARK BEETLES IN PINE TREE PLANTATIONS IN URUGUAY: FIRST RECORD
OF *ORTHOTOMICUS EROSUS* WOLLASTON (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)

DEMIAN GÓMEZ AND GONZALO MARTÍNEZ
Programa Nacional de Producción Forestal
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
Ruta 5 km 386, Tacuarembó, URUGUAY
dgomez@th.inia.org.uy

Forestry in Uruguay has grown exponentially for the last 20 years. Even though plantations of *Eucalyptus* L'Hér. account for about 80% of the total forested area in the country, pine tree plantations are relevant in the production of high quality timber. Following the introduction of pine in 1810, large scale production of pine tree plantations started in 1940, mainly with *Pinus radiata* Don (Pinaceae) (Porcile 2007). In 1950, seeds of *Pinus taeda* L. and *Pinus elliotii* Engelm., among others, were brought from the United States. To date, pine tree plantations occupy 20% of the forested area in the country (250,000 ha mainly in the northern part of the country), mostly with *P. taeda* and *P. elliotii* (MGAP 2012).

In December 2009, an infestation of bark beetles was officially reported by one of us to The Ministry of Livestock, Agriculture and Fishery. The outbreak was compounded by three species. *Hylurgus ligniperda* (F.) was the only species previously reported in an undetermined species of *Pinus* L. (Ruffinelli Rey 1967; Wood and Bright 1992). The second species recovered from the outbreak was *Cyrtogenius luteus* (Blandford), recently reported in plantations of *P. taeda*, *Pinus pinaster* Aiton, and *P. elliotii* as an introduction from Asia (Gómez *et al.* 2012). Apart from the aforementioned species, several collected specimens from the outbreak were determined as belonging to *Orthotomicus erosus* Wollaston (Scolytinae: Ipini) (Fig. 1). This is the first record of a member of the tribe Ipini in Uruguay.

Orthotomicus erosus is native to Europe, Asia, and North Africa. It was introduced into Chile about 1980 (Ruiz and Lanfranco 2008), where it is rarely found due to ecological niche displacement by *H. ligniperda* (Wood 2007).

Orthotomicus erosus is a multivoltine species with 2–7 generations per year, depending on local temperatures (Mendel 1983). It breeds in recently fallen or cut pine trees and branches but also kills

living trees under stress (Eglitis 2000). Colonization of a tree starts with a male boring through the bark to make a nuptial chamber. Females join the male in the nuptial chamber where mating occurs (Mendel and Halperin 1982). Mated females then construct an individual egg gallery branching from the nuptial chamber, and after laying eggs on the side of the gallery, they may move to another tree (Eglitis 2000). Young adults stay in the pupal chamber bored in the inner bark until their exoskeleton is fully sclerotized, leaving the chamber to move to the cambial zone (Mendel and Halperin 1982). Feeding is essential to reach sexual maturation (Eglitis 2000). Whether this feeding occurs in the breeding host or in a new tree depends mostly on the moisture in the breeding galleries; during the summer, infested material dries quickly and forces beetles to relocate in new hosts before establishing a new generation (Mendel and Halperin 1982). *Orthotomicus erosus* overwinters as an adult, aggregating on unused portions of the breeding host, new hosts, or fallen pine trees or branches (Mendel 1983). Overwintering galleries start through a single entrance hole through the bark and spread in all directions in the cambial zone (Mendel 1983). Sexual dimorphism is significant in this species; the integument of females (Fig. 1c) is less sculptured, with tubercles and spines slightly smaller (Wood 2007).

In Uruguay, *O. erosus* has been found in commercial plantations of *P. taeda*, *P. elliotii*, and *P. pinaster*. After the outbreaks recorded in 2009, six monitoring stations were established in pine tree plantations throughout the country. Three interception traps were placed at each station, as described by Soto *et al.* (2002). *Orthotomicus erosus* was first collected in the department of San José (34°32'54.58"S 57°0'26.41"W) from *P. pinaster* and *P. taeda* and in Tacuarembó (31°45'31.20"S 56°0'17.50"W) from *P. taeda*. Data from monitoring suggest



Fig. 1. *Orthotomicus erosus*. A) Male (3.4 mm), dorsal view, B) Male, lateral view, C) Female (3.3 mm), lateral view.

that since January 2010, *O. erosus* occurs in the following departments: San José, Rocha (34°24'33.30"S 53°51'18.00"W), Rivera (31°9'2.20"S 55°21'46.86"W), Paysandú (32°19'29.60"S 57°34'46.20"W), Durazno (33°13'10.32"S 56°23'37.82"W), and Tacuarembó (31°37'38.15"S 55°42'58.95"W). Voucher specimens are deposited in the Forestry Entomological Collection of the Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Tacuarembó.

Apart from the genus *Orthotomicus* Ferrari, only three other genera of Ipini have been reported in the Neotropical region: *Pityogenes* Bedel, *Acanthotomicus* Blandford, and *Ips* De Geer (Wood 2007). *Pityogenes* can be distinguished by the bisulcate elytral declivity (concave in *Orthotomicus*). *Acanthotomicus* is distinguished by the large eyes (rather small in *Orthotomicus*) and the sutures in the antennal club marked by the absence of setae. Species of *Ips* can be distinguished by the more gradual elytral declivity

(steeper in *Orthotomicus*) and by a less conspicuous sexual dimorphism.

The only species recorded from the Neotropical region that *O. erosus* is likely to be confused with is *Orthotomicus laricis* (F.), introduced from Eurasia into Chile. *Orthotomicus laricis* has phloeophagous habits, attacking *Pinus* mostly but also recorded in *Picea* Link and *Larix* Miller. *Orthotomicus laricis* can be distinguished from *O. erosus* by the thicker base of the antennal club, with sutures feebly to distinctly recurved (distinctly procurved in *O. erosus*), by three pairs of pointed denticles arming the elytral declivity (four pairs in *O. erosus*), and by the less deeply excavated elytral declivity.

Commercialization of woodpacking and plant materials may cause the colonization of new areas by bark beetles. *Orthotomicus erosus* is considered an important pest from Europe and it has been included in quarantine lists in several countries worldwide (USDA 1993; Ruiz and Lanfranco 2008). In its native range, *P. pinaster* is the preferred host of *O. erosus* (Baylis *et al.* 1986; Zhou *et al.* 2007). Although in Uruguay damage caused by this species has been also recorded on several other species of *Pinus*, *P. pinaster* plantations suffered more than 80% of tree damage in 2009 in the southern part of the country. Baylis *et al.* (1986) reported a large number of *P. elliotii* and *P. pinaster* killed by *O. erosus* in South Africa after fire. Bark beetles raise concern not only for killing several species of pine trees, but also because they are frequently associated with fungi belonging to Ophiostomatales. *Orthotomicus erosus* is a known vector of *Ophiostoma ips* (Rumbold) (Lee *et al.* 2008) that can cause blue-stain on logs and freshly cut wood, imparting significant losses to the forestry industry.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their gratitude to the Sociedad de Productores Forestales and the forest companies Compañía Forestal Arazati, Forestal Caja Bancaria, Cambium Forestal Uruguay, Weyerhaeuser Uruguay, as well as The Ministry of Livestock, Agriculture and Fishery, for installing the monitoring stations.

REFERENCES CITED

- Baylis, N. T., C. de Ronde, and D. B. James. 1986. Observations of damage of a secondary nature following a wild fire at the Otterford State Forest. *South African Forestry Journal* 137: 36-37.
- Eglington, A. 2000. EXFOR Database pest reports: *Orthotomicus erosus*. USDA Forest Service. Available from: sfpnic.fs.fed.us/exfor/data/

- pestreports.cfm?pestidval=9&langdisplay=english (Accessed 10 May 2013).
- Gómez, D., G. Martínez, and R. A. Beaver. 2012.** First record of *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Americas and its distribution in Uruguay. *The Coleopterists Bulletin* 66: 362-364.
- Lee, J. C., M. L. Flint, and S. J. Seybold. 2008.** Suitability of pines and other conifers as hosts for the invasive Mediterranean pine engraver (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Journal of Economic Entomology* 101(3): 829-37.
- Mendel, Z. 1983.** Seasonal history of *Orthotomicus erosus* (Coleoptera: Scolytidae) in Israel. *Phytoparasitica* 11: 13-24.
- Mendel, Z., and J. Halperin. 1982.** The biology and behaviour of *Orthotomicus erosus* in Israel. *Phytoparasitica* 10: 169-181.
- Pordie, J. 2007.** Crónicas del Desarrollo Forestal del Uruguay. Editorial Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay.
- Ruiz, C., and D. M. Lanfranco. 2008.** Los escarabajos de corteza en Chile: Una revisión de la situación actual e implicancias en el comercio internacional. *Bosque* 29: 109-114.
- Ruffinelli Rey, A. 1967.** Insectos y otros invertebrados de interés forestal. *Silvicultura, Uruguay* 17: 5-79.
- Soto, A., L. Orengo, and A. Estrela. 2002.** Estudio de poblaciones de insectos escollidos (Coleoptera: Scolytidae) en las masas de *Pinus halepensis* Miller del Parque Natural del Montgó (Alicante). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 445-456.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1993.** Pest risk assessment of the importation of *Pinus radiata*, *Nothofagus domboeyi*, and *Lauroelia philippiana* logs from Chile. Miscellaneous Publication N° 1517.
- Wood, S. L. 2007.** Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Monte L. Bean Science Museum, Provo, UT.
- Wood, S. L., and D. E. Bright, Jr. 1992.** A catalogue of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), part 2: Taxonomic Index. *Great Basin Naturalist Memoirs* 13: 1-1553.
- Zhou, X., T. L. Burgess, Z. W. de Beer, F. Lieutier, A. Yari, K. Klepzig, A. Carnegie, J. M. Portales, B. D. Wingfield, and M. J. Wingfield. 2007.** High intercontinental migration rates and population admixture in the sapstain fungus *Ophiostoma* sp. *Molecular Ecology* 16(1): 89-99.

(Received 30 May 2013; accepted 26 August 2013.
Publication date 20 December 2013.)

APÉNDICE III

Cyrtogenius luteus es una especie poco estudiada debido al poco daño que genera en su distribución natural. Es originaria de Asia y fue reportada en América y Europa en 2012 (Faccoli *et al.* 2012, Gómez *et al.* 2012). *C. luteus* presenta galerías generalmente irregulares de varios centímetros; con gran semejanza a una galería estrellada. Los huevos se depositan individualmente en cada lado de la galería; las larvas realizan galerías individuales (Gómez *et al.* 2012). La pupación ocurre en la porción más externa del floema y los adultos emergen a través de orificios individuales. Como la mayoría de los Dryocoetini, *Cyrtogenius luteus* tiene un sistema de apareamiento exogámico diplodiploide donde machos diploides se unen a las hembras en la formación de galerías parentales. Generalmente las especies de Dryocoetini son poligínicas con más de una hembra apareándose con cada macho (Wood 2007). Algunos géneros de la tribu, como *Coccotrypes* y *Ozopemon* Hagedorn, presentan un sistema de apareamiento endogámico haplodiploide, con machos haploides pequeños incapaces de volar que se aparean con sus hermanas y nunca abandonan la galería maternal (Jordal *et al.* 2000). Aunque Browne (1961) reportó que las especies del género *Cyrtogenius* presentaban monoginia, observaciones en *C. brevior* sugieren que existe poliginia (Beaver 1976). *Cyrtogenius brevior* presenta una gran similaridad con *C. luteus*, no existiendo actualmente claves para separarlas morfológicamente (Faccoli *et al.* 2012). De todas las especies de *Cyrtogenius*, *C. luteus* y *C. philippinensis* son las únicas que se desarrollan en coníferas; *C. brevior* se encuentra en angiospermas (Faccoli *et al.* 2012).

A pesar de que la mayoría de los aspectos de la biología de *C. luteus* son desconocidos, se encuentran normalmente bajo la corteza de *Pinus*, aunque se ha reportado desarrollándose en *Larix* y *Picea* (ambas Pinaceae) (Beaver y Liu 2010). En Uruguay, *C. luteus* ha sido reportada en plantaciones comerciales de *P. taeda*, *P. elliotii* y *P. pinaster* (Gómez *et al.* 2012). A pesar de considerarse una plaga secundaria en su lugar de origen, en Uruguay se ha asociado a varios focos de árboles muertos en áreas infestadas.

SCIENTIFIC NOTE

FIRST RECORD OF *CYRTOGENIUS LUTEUS* (BLANDFORD) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) IN THE AMERICAS AND ITS
DISTRIBUTION IN URUGUAY

DEMIAN GÓMEZ, GONZALO MARTÍNEZ
National Forestry Research Programme, National Agricultural Research Institute
Ruta 5 km 386, Tacuarembó, URUGUAY
dgomez@th.inia.org.uy

AND

ROGER A. BEAVER
161/2 Mu 5, Soi Wat Pranon, T. Donkaew, A. Maerim
Chiangmai 50180, THAILAND

In December 2009, a large infestation of bark beetles occurred on several *Pinus* (Pinaceae) species in Uruguay. Among the species recorded in the southern region, several specimens were determined as belonging to the species *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Curculionidae: Scolytinae: Dryocoetini) (Fig. 1), a new hemisphere record. This is only the second record of Dryocoetini for the country. Previously, *Coccotrypes dactyliperda* (F.) (the date palm seed borer) was recorded by Ruffinelli Rey (1967, as *Coccotrypes eggersi* Hagedorn). Apart from the genus *Coccotrypes* Eichhoff, only three other genera of Dryocoetini have previously been reported in the Neotropical region: *Chiloxylon* Schedl, *Dendrocraniulus* Schedl, and *Dryocoetes* Eichhoff (Wood 2007). Species of *Dendrocraniulus* can be distinguished from *Cyrtogenius* Strohmeier by the strongly flattened antennal club which is pubescent to the base (obliquely truncate in *Cyrtogenius*, with a corneous first segment) and the presence of seven or more socketed teeth on the protibia (four to six teeth in *Cyrtogenius*). Species of *Dendrocraniulus* breed only in plants of the family Cucurbitaceae (Wood 2007). *Chiloxylon* can be distinguished by the presence of a partial septum in suture 1 of the antennal club, the lateral apical angle of the protibia almost at a right-angle (gradually curved in *Cyrtogenius*), together with the presence of only three teeth on the protibia. *Coccotrypes* is distinguished by the presence of convergent aciculate sculpture on the frons, and the strongly female-biased sex ratio, with males reduced in size, flightless, and rare. In *Cyrtogenius*, the male and female are of equal size, both sexes can fly, and occur in approximately equal numbers in *Cyrtogenius*. *Dryocoetes* is distinguished by the recurved anterior margin of the first segment of the antennal club (procurved in

Cyrtogenius), and the ventrolateral margin of the elytral declivity is not acutely elevated or tuberculate.

The only species recorded from the Neotropical region with which *C. luteus* is likely to be confused is *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg), a species imported to Brazil from the Palearctic region. Like *C. luteus*, it attacks *Pinus* and other conifers. *Dryocoetes autographus* can easily be distinguished by its greater size (3.0–4.2 mm) relative to *C. luteus* (2.2–2.4 mm); the anterior margin of the first segment of the antennal club is recurved in *D. autographus*, but procurved in *C. luteus*; and the ventrolateral margin of the elytral declivity is weakly elevated in *D. autographus*, acutely elevated and tuberculate in *C. luteus*. In *D. autographus*, the female frons is fairly sparsely pubescent; in *C. luteus*, it has a dense brush of hairs (Fig. 1).

Most dryocoetine genera, including *Cyrtogenius*, have a diplo-diploid outbreeding system in which diploid males join females in the formation of new parental galleries. Many species are polygynous with more than one female joining a single male (Wood 2007). There are also genera, such as *Coccotrypes* and *Ozopemon* Hagedorn, which have a haplo-diploid inbreeding system, with haploid males that are dwarfed and unable to fly (Jordal *et al.* 2000, 2002). The single (or few) males produced in a gallery system mate with their sisters, and then usually die within the maternal gallery. Although most aspects of the biology of *C. luteus* are still unknown, the beetles are normally found breeding below the bark of conifers, especially *Pinus*, but have also been recorded from *Larix*, *Picea* (both Pinaceae) (Beaver *et al.* 2010), and possibly *Cornus* (Cornaceae) (Murayama 1957). Recently Fan *et al.* (2010) have shown that *C. luteus* is attracted to a mixture of ethanol and the conifer-produced terpene

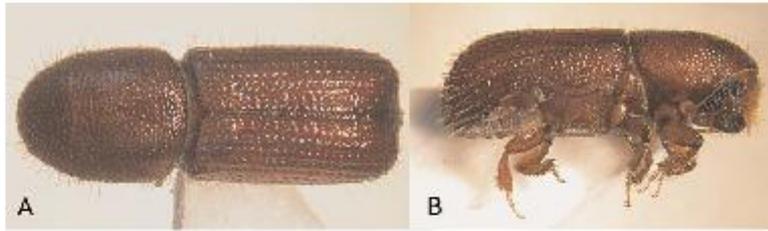


Fig. 1. *Cyrtogenius luteus*. A) Dorsal view, male (2.4 mm), B) Lateral view, female (2.4 mm).

alpha-pinene, with or without the addition of the pheromones ipsenol and ipsdienol from the conifer-dwelling species of *Ips* De Geer.

The life cycle of *C. luteus* is likely to be very similar to that of the closely related species *Cyrtogenius brevior* (Eggers), for which more information is available (Browne 1961; Beaver 1976, 1995). Browne (1961) reports that species of *Cyrtogenius* are monogynous, but observations of *C. brevior* indicate that polygyny can occur (Beaver 1976). The adults make rather irregular, sometimes branched galleries in the phloem several centimeters long. Eggs are laid singly in niches on each side of the gallery, and the larvae make irregular galleries in the phloem. Pupation occurs in the outer phloem or bark, and the young adults make individual exit holes. Many of the host records for *C. brevior* (Ohno 1990; Beaver 1995) are from trees in families such as Burseraceae and Anacardiaceae, which produce volatile aromatic oils or resins, as do the pines attractive to *C. luteus*.

In Uruguay, *C. luteus* has been found in commercial plantations of *Pinus taeda* L., *Pinus elliotii* Engelm., and *Pinus pinaster* Aiton. It was first collected in the department of San José (34°32'54.58"S; 57°0'26.41"W) in *P. pinaster* and *P. taeda* in 2009. In 2010, it was also detected in the departments of Rocha (34°24'33.30"S; 53°51'18.00"W), Paysandú (32°19'29.60"S; 57°34'46.20"W), Durazno (33°13'10.32"S; 56°23'37.82"W), and Tacuarembó (31°37'38.15"S; 55°42'58.95"W). The specimens examined were collected in the following location: Rocha, Estación Cabo Polonio (34°24'33.30"S; 53°51'18.00"W) ex *P. taeda*, 5 males, 5 females. Specimens were compared with specimens in R. A. Beaver's collection from China (Yunnan), Japan, Taiwan, and northern Thailand, some of which had previously been compared to Blandford's syntypes in the Natural History Museum, London, and found to be conspecific. All other specimens are deposited in the Forestry Entomological Collection of the

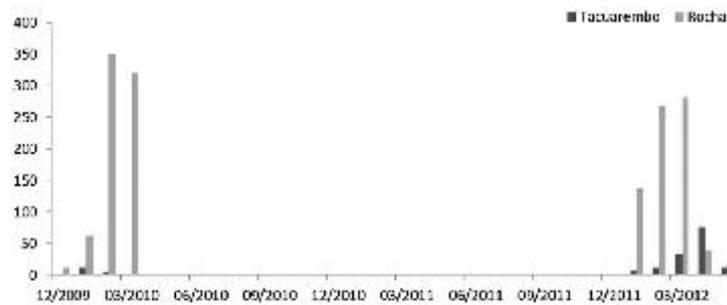


Fig. 2. Total captures of *Cyrtogenius luteus* in interception traps placed in Tacuarembó and Rocha, Uruguay.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Tacuarembó, Uruguay.

A monitoring scheme was implemented after the 2009 outbreaks, comprising six monitoring stations in pine tree areas throughout the country. A set of three interception traps were placed at each station (Soto *et al.* 2002). During 2009 and 2010, data from the national monitoring system suggested that a higher relative abundance of *C. luteus* was found in the southern region of Uruguay (San José and Rocha) relative to the northern departments. Since 2009, captures have been relatively constant in the southern region while rising in the north (Fig. 2). The absence of captures during 2011 at the Rocha station is due to the fact that monitoring was interrupted that year on this station.

Even though *C. luteus* appears to behave as a secondary pest in Asia, attacking only dying or dead trees (R. A. Beaver, personal observation), several infested areas including dead specimens of *P. taeda* were reported in Uruguay. Research on phenology and seasonality is currently ongoing.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors want to express their gratitude to the Sociedad de Productores Forestales and the member forest companies Compañía Forestal Anzati, Forestal Caja Bancaria, Cambium Forestal Uruguay, Weyerhaeuser Uruguay, as well as The Ministry of Livestock, Agriculture and Fishery, for installing the monitoring stations. RAB would also like to thank Max Barclay (Natural History Museum, London) for access to the collections and Blandford's type material.

REFERENCES CITED

- Beaver, R. A. 1976. The biology of Samoan bark and ambrosia beetles (Coleoptera, Scolytidae and Platypodidae). *Bulletin of Entomological Research* 65: 531–548.
- Beaver, R. A. 1995. Additions and corrections to the bark and ambrosia beetle fauna of Fiji (Coleoptera: Scolytidae). *South Pacific Journal of Natural Science* 14: 11–26.
- Beaver, R. A., and L. Y. Liu. 2010. An annotated synopsis of Taiwanese bark and ambrosia beetles, with new synonymy, new combinations and new records (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa* 2602: 1–47.
- Browne, F. G. 1961. The biology of Malayan Scolytidae and Platypodidae. *Malayan Forest Records* 22: 1–255.
- Fan, J.-L., D. R. Miller, L.-W. Zhang, and J.-H. Sun. 2010. Effects of bark beetle pheromones on the attraction of *Monochamus alternatus* to pine volatiles. *Insect Science* 17: 553–556.
- Jordal, B. H., R. A. Beaver, B. B. Normark, and B. D. Farrell. 2002. Extraordinary sex ratios and the evolution of male neoteny in sib-mating *Oryzomyza* beetles. *Biological Journal of the Linnean Society* 75: 353–360.
- Jordal, B. H., B. B. Normark, and B. D. Farrell. 2000. Evolutionary radiation of an inbreeding haplodiploid beetle lineage (Curculionidae, Scolytinae). *Biological Journal of the Linnean Society* 71: 483–499.
- Murayama, J. J. 1957. Studies on the scolytid-fauna of the Northern half of the Far East. III. Dryocoetinae. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Yamaguti University* 8: 587–632.
- Ohno, S. 1990. The Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera) from Borneo Island found in logs at Nagoya Port. 1. *Research Bulletin of the Plant Protection Service, Japan* 26: 83–94.
- Ruffinelli Rey, A. 1967. Insectos y otros invertebrados de interés forestal. *Silvicultura, Uruguay* 17: 5–79.
- Soto, A., L. Orengo, and A. Estrella. 2002. Estudio de poblaciones de insectos escollitidos (Coleoptera: Scolytidae) en las masas de *Pinus halepensis* Miller del Parque Natural del Montgó (Alicante). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 445–456.
- Wood, S. L. 2007. Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Monte L. Bean Science Museum, Provo, UT.

(Received 14 August 2012; accepted 4 October 2012. Publication date 20 December 2012.)

APÉNDICE IV

The Coleopterists Bulletin, 67(4): 536–538, 2013.

SCIENTIFIC NOTE

FIRST RECORD OF *XYLEBORINUS SAXESII* (RATZEBURG) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) IN URUGUAY

DEMIAN GÓMEZ

Programa Nacional de Producción Forestal, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 5 km 386, Tacuarembó, URUGUAY
dgomez@thinia.org.uy

ROSSANA REYNA

R&D UPM-Forestal Oriental, 18 de julio 818 and Universidad de la República Facultad de Agronomía, EEMAC, Departamento Protección Vegetal Ruta 3 km 363, Paysandú, URUGUAY

CARLOS PÉREZ

Universidad de la República, Facultad de Agronomía, EEMAC Departamento Protección Vegetal, Ruta 3 km 363, Paysandú, URUGUAY

AND

GONZALO MARTÍNEZ

Programa Nacional de Producción Forestal, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 5 km 386, Tacuarembó, URUGUAY

Forestry in Uruguay has grown exponentially for the last 20 years. Currently, plantations of *Eucalyptus* L'Hér. occupy 80% of the forested area in the country, while pine tree plantations occupy almost 20% (MGAP 2012). Following a large infestation of bark beetles in pine tree plantations in December 2009, three scolytine species have been of regular appearance: *Cytogenius luteus* (Blandford), *Hylurgus ligniperda* (F.), and *Orthotomicus erosus* Wollaston (Gómez *et al.* 2012; Gómez and Martínez 2013). Apart from the aforementioned species, several specimens were determined as belonging to the species *Xyleborinus saxesii* (Ratzeburg) (Scolytinae: Xyleborini) (Fig. 1) in pine tree plantations as well as in *Eucalyptus* plantations. This is the third record of *Xyleborini* for the country. Previously, *Xyleborus ferrugineus* (F.) was recorded by Bosq (1943) and Ruffinelli Rey (1967) as *Xyleborus confusus* Eichhoff on native trees. Also, *Xyleborus affinis* Eichhoff was recorded by Wood and Bright (1992) in several hosts.

Xyleborini are defined by a set of three traits (Hulcr *et al.* 2007). Firstly, all known species have an obligate nutritional symbiosis with xylophagous fungi. Secondly, they present a haplodiploid genetic system; haploid males are flightless and often dwarfed. Thirdly, extreme inbreeding is very

frequent. Consequently, individuals are predisposed for kin-selected sociality because of high relatedness within one nest (Biederman *et al.* 2011). Biedermann *et al.* (2012) suggested cooperative behaviors such as maintenance of the gallery and care of fungi and brood due to the occurrence of overlapping generations as adult females delay dispersal after maturation.

Xyleborinus saxesii is one of the most common ambrosia beetles in temperate zones worldwide, occurring on stressed fruit trees and pine tree plantations in Chile and New Zealand (Lombardero 1996; López *et al.* 2007). Galleries of *X. saxesii* are initiated by a single female (fertilized by a brother prior to emergence) that dig an entrance tunnel extending a few centimeters into the tree trunk. They inoculate gallery walls with fungi, lay eggs when fungal gardens have established, and later care for the developing brood (Biedermann 2010). By feeding on fungus-infested wood, the larvae gradually enlarge the tunnel to a flat brood chamber where individuals of all age classes live in close vicinity to each other and also to their fungal food source (Biederman 2010). Males are extremely rare, occurring from 0 to 3 per 1 to 86 females (Biederman 2010). Although males attempt to mate with all individuals regardless of age or sex, they have been



Fig. 1. *Xyleborinus saxesenii* female, 2.2 mm. A) Dorsal view, B) Lateral view.

observed copulating only with immature females, being extremely successful in locating all their unfertilized sisters (Biederman 2010).

Being a polyphagous species, *X. saxesenii* covers a wide range of hosts including species of *Acacia* Mill., *Allocasuarina* Johnson, *Citrus* L., *Eucalyptus*, *Salix* L., *Populus* L., and *Pinus* L., among others (Batt 2000; López *et al.* 2007). In Unaguay, *X. saxesenii* has been recently found on *Allocasuarina cunninghamiana* Miq. (Casuarinaceae), *Eucalyptus grandis* Hill (Myrtaceae) and *Pinus taeda* L. (Pinaceae). This scolytine species was first collected in the department of Tacuarembó (31°45'31.20"S, 56°0'17.50"W) in *P. taeda* in January 2011. After bark beetle outbreaks occurred in 2009, six monitoring stations were established in pine tree plantations throughout the country. A set of three interception traps were placed at each station (Soto *et al.* 2002). Data from monitoring stations indicate that since 2011, *X. saxesenii* occurs in the following departments: Rocha (34°24'33.30"S, 53°51'18.00"W), Rivera (31° 9'22.20"S, 55°21'46.86"W), Paysandú (32°19'29.60"S, 57°34'46.20"W), Durazno (33°13'10.32"S, 56°23'37.82"W), and Tacuarembó (31°37'38.15"S, 55°42'58.95"W). All monitoring traps were in *P. taeda* except in Rocha where they were placed in *Pinus pinaster* Ait. All monitoring sites had small areas forested with *Pinus elliotii* Engelm.

In 2012, several surveys using traps baited with ethanol were conducted in *Eucalyptus* plantations. Results from this study indicate that *X. saxesenii* was trapped in association with weakened or dead trees in the following departments: Río Negro (32°47'9.10"S, 57°53'23.99"W), Rivera (31°12'39.43"S, 55°40'1.58"W), and Tacuarembó (31°44'20.09"S, 55°58'39.23"W and 31°42'49.27"S, 55°49'20.95"W). This species was also found in *A. cunninghamiana* in 2012 close to *Citrus* plantations (31°42'2.28"S, 55°48'34.18"W). Twenty females from Tacuarembó, Estación Experimental La Magnolia (31°42'49.27"S, 55°49'20.95"W) ex *E. grandis* were sent to Jiri Hulcr (Gainesville, FL, USA) who determined they are conspecific with

X. saxesenii. All the other specimens are deposited at the Forestry Entomological Collection of INIA.

Apart from the genus *Xyleborinus* Reitter, 11 other genera of Xyleborini have been recorded in the Neotropical region. All *Xyleborinus* are dark brown with the antennal club obliquely truncate and with sutures recurved. This genus is distinguished from other American Xyleborini by the conical scutellum (depressed below the level of the elytral surface) that appears to be displaced cephalad; the emargination usually filled by dense setae (Hulcr *et al.* 2007; Wood 2007).

Xyleborinus contains over 79 species, mostly in Africa, Europe, Asia, and tropical Americas, including nine species from South America (Wood 2007). *Xyleborinus saxesenii* is distinguished from other South American *Xyleborinus* by the slender body form and the steep, convex, and weakly impressed elytral declivity. Except at the basal margin of the declivity, interstriae 2 is unarmed by tubercles. The body is 1.7–2.4 mm long, 3.0 times as long as wide. Color is yellow-brown to black. Males are shorter than females and similar in form, except the declivity is longer and not as steep and the eyes are shorter in males. Females have a broadly convex frons, and the pronotum is 1.2 times as long as wide and the sides almost straight and parallel.

Among the *Xyleborinus* species recorded in South America, *X. saxesenii* is likely to be confused with *Xyleborinus linearicollis* (Schell). This species can be distinguished from *X. saxesenii* by the slightly stouter body form, the absence of tubercles on declivital interstriae 1 (tubercles minute when present), and by the near absence of tubercles on the ventrolateral margin of the declivity (*i.e.*, more broadly rounded). *Xyleborinus saxesenii* is native to Europe and North Asia, being introduced in the last 200 years into Australia, North America, and South America (Argentina, Brazil, Chile, and Paraguay) (Wood 2007; Biedermann 2012). The geographical expansion of the species is still in progress, favored by both the shipment of timber products globally and the characteristics of the mating system (Biedermann 2012). Potential risks associated with

this species include not only direct wood damage but also the spread of different species of fungi. Research on phenology and seasonality is currently ongoing.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors want to express their gratitude to the Sociedad de Productores Forestales and the forest companies Compañía Forestal Arazati, Forestal Caja Bancaria, Cambium Forestal Uruguay, and Weyerhaeuser Uruguay, as well as The Ministry of Livestock, Agriculture and Fishery for installing the monitoring stations on pine tree plantations. DG would also like to thank Jiri Hulcr (University of Florida) for confirming the identification of the specimens.

REFERENCES CITED

- Batt, A. M. 2000. Preliminary observations on the pear root beetle, *Xyleborinus saxeseni* Ratz. (Coleoptera: Scolytidae). Egyptian Journal of Agricultural Research 78(2): 587–593.
- Biedermann, P. 2010. Observations on sex ratio and behavior of males in *Xyleborinus saxeseni* Ratzburg (Scolytinae, Coleoptera). ZooKeys 267: 253–267.
- Biedermann, P. H. W., K. D. Klepzig, M. Taborsky, and D. L. Str. 2012. Abundance and dynamics of filamentous fungi in the complex ambrosia gardens of the primitively eusocial beetle *Xyleborinus saxeseni* Ratzburg (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). FEMS Microbiology Ecology 1–13. doi:10.1111/1574-6941.12036.
- Biedermann, P., K. Peer, and M. Taborsky. 2011. Female dispersal and reproduction in the ambrosia beetle *Xyleborinus saxeseni* Ratzburg (Coleoptera: Scolytinae). Mitteilungen der Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 18: 1–5.
- Bosq, J. M. 1943. Segunda lista de coleópteros de la República Argentina, dañinos a la agricultura. Ingeniería Agronómica 4: 18–22.
- Gómez, D., and G. Martínez. 2013. Bark beetles in pine tree plantations in Uruguay: First record of *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). The Coleopterists Bulletin 67(4): 470–472.
- Gómez, D., G. Martínez, and R. A. Beaver. 2012. First record of *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Americas and its distribution in Uruguay. The Coleopterists Bulletin 66(4): 362–364.
- Hulcr, J., S. A. Dole, R. A. Beaver, and A. I. Cognato. 2007. Cladistic review of generic taxonomic characters in Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Systematic Entomology 32(3): 568–584.
- Lombardero, M. 1996. Representantes de la tribu Xyleborini LeConte, 1876 (Coleoptera: Scolytidae) en la Península Ibérica. Boletín de la Asociación Española de Entomología 20: 173–191.
- López, S., E. Román, J. Iturrondobeltia, and A. Galdarazena. 2007. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria, Spain.
- Ruffinelli Rey, A. 1967. Insectos y otros invertebrados de interés forestal. Silvicultura, Uruguay 17: 5–79.
- Soto, A., L. Orengo, and A. Estrella. 2002. Estudio de poblaciones de insectos escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) en las masas de *Pinus halepensis* Miller del Parque Natural del Montgó (Alicante). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 28: 445–456.
- Wood, S. L. 2007. Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Monte L. Bean Science Museum, Provo, UT.
- Wood, S. L., and D. E. Bright, Jr. 1992. A catalogue of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2, Taxonomic Index. Great Basin Naturalist Memoirs 13: 1–1553.

(Received 2 October 2013; accepted 14 October 2013.
Publication date 20 December 2013.)