

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Máster en Producción Vegetal y Ecosistemas Agroforestales



“Estudio de características físicas, biológicas y de movilidad de *Semanotus laurasii* (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae)”



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Presentado por: Dña. Victoria Martínez Blay

Dirigido por: Prof. Dra. Antonia Isabel Soto Sánchez

Valencia, septiembre 2014

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	i
RESUM	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Posición taxonómica de <i>Semanotus laurasii</i>	1
1.2. Origen y distribución de <i>S. laurasii</i>	1
1.3. Hospedantes de <i>S. laurasii</i>	2
1.4. Descripción, ciclo y biología de <i>S. laurasii</i>	2
1.5. Aspectos relacionados con el control de insectos perforadores	4
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1. Características físicas de los adultos	8
3.2. Estudios de biología	10
3.2.1. Biología de los adultos de <i>S. laurasii</i>	10
3.2.2. Biología de los huevos de <i>S. laurasii</i>	11
3.3. Movilidad de los adultos de <i>S. laurasii</i>	12
3.4. Análisis de datos	15
4. RESULTADOS	16
4.1. Características físicas de los adultos	16
4.2. Estudios de biología	18
4.2.1. Biología de los adultos de <i>S. laurasii</i>	18
4.2.2. Biología de los huevos de <i>S. laurasii</i>	21
4.3. Estudio de movilidad de los adultos	24
5. DISCUSIÓN	29
6. CONCLUSIONES	37
7. BIBLIOGRAFÍA	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplar adulto (izquierda) y larva (derecha) de <i>S. laurasii</i>	3
Figura 2: Detalle en ciprés de un orificio de emergencia (izquierda), de las galerías subcorticales (centro) y un ejemplar seco (derecha) por la afección de <i>S. laurasii</i>	4
Figura 3: Material dispuesto en los invernaderos de la Universidad Politécnica (izquierda) y detalle de una de las mallas de fibra de vidrio para aislar las trozas de ciprés (derecha).....	8
Figura 4: Adulto de <i>S. laurasii</i> con indicación de la variable medida como longitud total (LT).	9
Figura 5: Placa Petri cuadrada, donde se dispone cada una de las parejas de ensayo, con los tres sustratos de puesta experimentados en el ensayo de 2013.....	11
Figura 6: Placa asociada a cada pareja para la puesta de huevos.	12
Figura 7: Diseño del molinillo de vuelo. A: soporte metálico, B: micro rodamiento, C: brazo de fibra de carbono, D: zona de fijación del insecto, E: contrapeso, F: reflectores, G: emisor de infrarrojos, H: receptor de infrarrojos (Adaptado de Ávalos <i>et al.</i> , 2014).	13
Figura 8: Detalle de la fijación del insecto al molinillo de vuelo.....	14
Figura 9: Adultos hembra (izquierda) y macho (derecha) de <i>S. laurasii</i>	17
Figura 10: Pareja de adultos de <i>Semanotus laurasii</i> copulando	18
Figura 11: Número medio de huevos por hembra depositados en cada uno de los días de puesta.	20
Figura 12: Puesta de huevos de <i>Semanotus laurasii</i>	22
Figura 13: Número medio de huevos por puesta en función del número total de puestas realizadas por cada hembra.....	22
Figura 14: Correlación entre el número de huevos y el peso de la hembra.....	23
Figura 15: Porcentaje de adultos que ha volado en cada rango de edad establecido. Letras distintas indican diferencias significativas (prueba chi-cuadrado, nivel de confianza del 95%).	25
Figura 16: Correlación entre la distancia total recorrida y la distancia del vuelo más largo.	27
Figura 17: Correlación entre la distancia total recorrida y la duración total.	27
Figura 18: % de adultos de <i>S. laurasii</i> que ha volado en cada rango de distancias establecido.	28
Figura 19: Correlación entre la distancia cubierta en los cinco primeros vuelos y la distancia total recorrida.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medias, error estándar (ES), valores máximos y mínimos obtenidos para el peso de los adultos de <i>S. laurasii</i> . Hospedantes: H1 = <i>x Cupressocyparis leylandii</i> , H2 = <i>C. sempervirens</i> y H3 = <i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, P<0'05).....	17
Tabla 2: Medias, error estándar (ES), valores máximos y mínimos obtenidos para la longitud de los adultos de <i>S. laurasii</i> . Hospedantes: H1= <i>x Cupressocyparis leylandii</i> , H2 = <i>C. sempervirens</i> y H3 = <i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, P<0'05)..	17
Tabla 3: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para los periodos de preoviposición, oviposición y postoviposición (valores en días). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, P<0'05).	19
Tabla 4: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para la longevidad de machos y hembras (valores en días). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, P<0'05).....	21
Tabla 5: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para el número de puestas, número total de huevos por hembra y número de huevos por puesta. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, P<0'05).....	23
Tabla 6: Medias, error estándar y valores máximo y mínimo obtenidos para el tiempo de eclosión de los huevos y % total de huevos eclosionado. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, P<0'05)...	23
Tabla 7: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para los diferentes parámetros que caracterizan el vuelo de <i>S. laurasii</i> . Parámetros: NV: número de vuelos, Dist.T: distancia total recorrida, Dist.VL: distancia vuelo más largo, Dur.T: duración total, VMed: velocidad media y VMáx: velocidad máxima.	26
Tabla 8: Valores obtenidos para la F de Snedecor, grados de libertad y P-valores en los diversos ANOVAS unifactoriales aplicados para cada parámetro de vuelo. Parámetros: NV: número de vuelos, Dist.T: distancia total recorrida, Dist.VL: distancia vuelo más largo, Dur.T: duración total, VMed: velocidad media y VMáx: velocidad máxima.	26

RESUMEN

Semanotus laurasii (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae) es un perforador que ha sido identificado causando importantes daños en las cupresáceas de la ciudad de Valencia. Las larvas generan galerías subcorticales que pueden llegar a provocar el colapso de los árboles. El desconocimiento de aspectos importantes acerca de este cerambícido, tanto biológicos como relacionados con su capacidad de vuelo y dispersión, hace necesario profundizar en ellos para poder mejorar las estrategias de control de esta plaga. Los objetivos del presente trabajo se centran en analizar la variabilidad de tamaños de los adultos de *S. laurasii*, ampliar conocimientos sobre su biología reproductiva y estudiar la movilidad de los adultos bajo condiciones de laboratorio.

Para ello se ha partido de trozas de cupresáceas con presencia de individuos de *S. laurasii*. Estas trozas se han revisado entre febrero y abril del año 2013, recogiendo todos los adultos de nueva emergencia y anotando su edad y sexo. Estos adultos se han utilizado para los distintos ensayos. Para la comparación de tamaños los adultos han sido pesados y medidos longitudinalmente. Para los estudios de biología reproductiva se han formado parejas, juntando individuos de diferente sexo, y se ha controlado el inicio de las cópulas, los periodos de preoviposición, oviposición y postoviposición, la longevidad de los adultos y las características de las puestas realizadas por las hembras. Para estudiar el potencial de vuelo, bajo condiciones de laboratorio, se ha utilizado un molinillo de vuelo con sistema de monitoreo por ordenador que permite medir una serie de parámetros que caracterizan el vuelo del insecto.

Se ha visto que existe una gran heterogeneidad de tamaños y pesos entre los adultos de *S. laurasii*, especialmente si éstos proceden de diversos hospedantes. *S.laurasii* es capaz de iniciar sus cópulas y la puesta de huevos muy temprano tras su emergencia. El periodo de oviposición es muy corto sin embargo, en este tiempo, las hembras son capaces de poner una cantidad de huevos muy elevada y el porcentaje de eclosión de éstos es prácticamente del 100%. A 25°C las hembras realizan menos puestas que a temperatura ambiente, con un mayor número de huevos en cada una de ellas y más concentradas durante los primeros días de vida. La longevidad de los adultos de *S. laurasii* es corta y significativamente mayor en machos que en hembras. Sólo un 22'94% de los adultos probados en el molinillo de vuelo han sido capaces de volar. Esta tendencia de *S. laurasii* a volar poco corrobora su tipo de dispersión agregada y en focos cercanos.

Palabras clave:

Semanotus laurasii; Cupressaceae; tamaño; biología; potencial de vuelo; molinillo

RESUM

Semanotus laurasii (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae) és un perforador que ha sigut identificat causant importants danys en les cupressàcies de la ciutat de València. Les larves generen galeries subcorticals que poden arribar a provocar el col·lapse dels arbres. El desconeixement d'aspectes importants sobre este cerambícid, tant biològics com relacionats amb la seua capacitat de vol i dispersió, fan necessari aprofundir en ells per a poder millorar les estratègies de control d'aquesta plaga. Els objectius del present treball es centren a analitzar la variabilitat de grandàries dels adults de *S. laurasii*, ampliar coneixements sobre la seua biologia reproductiva i estudiar la mobilitat dels adults baix condicions de laboratori.

Per a això s'ha partit de trosses de cupressàcies amb presència d'individus de *S. laurasii*. Aquestes trosses s'han revisat entre febrer i abril de l'any 2013, arreplegant tots els adults de nova emergència i anotant la seua edat i sexe. Aquestos adults s'han utilitzat per als diferents assajos. Per a la comparació de grandàries els adults han sigut pesats i mesurats longitudinalment. Per als estudis de biologia reproductiva s'han format parelles, ajuntant individus de diferent sexe, i s'ha controlat l'inici de les còpules, els períodes de preoviposició, oviposició i postoviposició, la longevitat dels adults i les característiques de les postes d'ous realitzades per les femelles. Per a estudiar el potencial de vol, baix condicions de laboratori, s'ha utilitzat un molinet de vol amb sistema de monitoreig per ordinador que permet mesurar una sèrie de paràmetres que caracteritzen el vol de l'insecte.

S'ha vist que hi ha una gran heterogeneïtat de grandàries i pesos entre els adults de *S. laurasii*, especialment si estos procedeixen de diversos hospedants. *S. laurasii* és capaç d'iniciar les seues còpules i la posta d'ous molt prompte després de la seua emergència. El període d'oviposició és molt curt no obstant això, en aquest temps, les femelles tenen capacitat per a posar una quantitat d'ous molt elevada i el percentatge d'eclosió d'aquestos és pràcticament del 100%. A 25°C les femelles realitzen menys postes que a temperatura ambient, amb un nombre més gran d'ous en cada una d'elles i més concentrades durant els primers dies de vida. La longevitat dels adults de *S. laurasii* és curta i significativament major en mascles que en femelles. Només un 22'94% dels adults provats en el molinet de vol han sigut capaços de volar. Esta tendència de *S. laurasii* a volar poc corrobora el seu tipus de dispersió agregada i en focus pròxims.

Paraules clau:

Semanotus laurasii; Cupressaceae; grandària; biologia; potencial de vol; molinet

ABSTRACT

Semanotus laurasii (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae) is a bark borer that has been identified causing important damage to Cupressaceae in the city of Valencia. Larvae feed producing subcortical galleries that can lead to the collapse of the trees. Lack of information about important traits of this cerambycid, such as biology and its flying abilities and dispersion, makes necessary to deepen in these aspects in order to can improve the strategies for controlling this pest. The objectives of this study focus on analyzing the variability in adult sizes of *S. laurasii*, expand our knowledge on its reproductive traits and study the mobility of adults under laboratory conditions.

For this, we took Cupressaceae logs with presence of individuals of *S. laurasii*. These logs were revised between February and April of the year 2013, collecting all adults of new emergency and indicating its age and sex. These adults were used for the experiments. For size comparison, adults were weighted and measured longitudinally. For studies of reproductive traits we formed couples, with individuals of different sex, and controlled the start of mating, the preoviposition, oviposition and postoviposition periods, the longevity of adults and the characteristics of the female laying period. To study the flight potential, under laboratory conditions, we used a computer-monitored flight mill system to measure a number of parameters that characterize insect flights.

It was seen that there is a great heterogeneity of sizes and weights among *S. laurasii* adults, especially if they come from different hosts. *S. laurasii* can start their mating and laying eggs very early after its emergence. The oviposition period is very short, however during this time females are able to lay a high amount of eggs and hatching rate is nearly 100%. At 25°C females lay eggs during less time than at room temperatures and these eggs are more concentrated during the first days of female life. The longevity of adults is short and significantly higher in males than in females. Just a 22.94% of the tested adults in the flight mill were able to fly. This trend of *S. laurasii* to fly in little cases corroborates its aggregate and in near focus dispersion.

Key words:

Semanotus laurasii; Cupressaceae; size; biology; flight potential; flight mill

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Posición taxonómica de *Semanotus laurasii*

En Europa el género *Semanotus* está representado por tres especies: *Semanotus laurasii* (Lucas, 1851), *Semanotus ruscicus* (Fabricius, 1776) y *Semanotus undatus* (Linnaeus, 1758). De todas ellas únicamente *S. laurasii* ha sido citada en la Península Ibérica (Bense, 1995; Fauna Europaea, 2013).

Semanotus laurasii (Lucas, 1851) es un coleóptero perteneciente a la familia Cerambycidae y a la tribu Callidiini (Vives, 2000; Fauna Europaea, 2013). Dentro de la especie *S. laurasii* se citan dos subespecies: *Semanotus laurasii laurasii* (Lucas, 1851) y *Semanotus laurasii corsicus* (Croissandeau, 1890). La primera es la que ocupa el presente trabajo y a la que se va a hacer referencia, la segunda está únicamente presente en Córcega y Cerdeña (Althoff & Danilevski, 1997), no presentando exactamente los mismos caracteres que *S. laurasii laurasii*.

1.2. Origen y distribución de *S. laurasii*

S. laurasii es originario de África y fue hallado por primera vez en Argelia (Lucas, 1851). En Europa el primer país en el que se encontró fue Francia, en el bosque de Fointanebleau, sobre enebro (Leveillé, 1872). Más tarde fue citado en numerosos departamentos franceses (Picard, 1929; Tiberghien, 1987), siendo a finales de los años 70 cuando comenzó a causar graves daños sobre la familia de las cupresáceas en el suroeste francés (Martinez & Larue, 1980).

La primera cita de *S. laurasii* en territorio español fue en el municipio de Munera, en la provincia de Albacete (Uhagón, 1881), citándose como especie poco abundante en la Península. Desde entonces, y hasta ahora, se ha encontrado en las siguientes Comunidades Autónomas y provincias: Andalucía (Granada) (Pérez-López & Hernández-Ruiz, 1998; Luna & Cobos, 2011); Aragón (Huesca, Zaragoza y Teruel) (González, 2002); Cantabria (González *et al.*, 2007); Castilla-La Mancha (Albacete) (Uhagón, 1881; Monreal Montoya, 2010); Castilla y León (León, Palencia, Valladolid) (Aguado, 1996; González *et al.*, 2007); Cataluña (Lleida, Tarragona) (González *et al.*, 2007); Comunidad de Madrid (Vives, 1984; De la Rosa, 2005; Outerelo *et al.*, 2006; Echevarría & Plaza, 2006; González *et al.*, 2007); Comunidad Valenciana (Valencia y Castellón) (González *et al.*, 2007; Martínez-Asensio *et al.*, 2009; Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient, 2013); Galicia (A Coruña) (Pérez-

Valcárcel & Prieto, 2013); Islas Baleares (Conselleria d'Agricultura i Pesca, 2006); La Rioja (Pérez-Moreno *et al.*, 2004); Navarra (Recalde *et al.*, 1997; González *et al.*, 2007); País Vasco (Álava, Guipúzcoa, Vizcaya) (González *et al.*, 2007) y Murcia (Verdugo, 2004). Como se ve hay una aparición de numerosas citas por toda la península, principalmente a lo largo de la última década. Su hábitat natural se cree que estaba restringido a los sabinares de regiones más áridas (Vives, 1984), desde donde se habría extendido de forma relativamente reciente a otras muchas zonas como consecuencia del incremento del uso en jardinería de cupresáceas ornamentales (De la Rosa, 2005; Echevarría & Plaza, 2006; Outerelo *et al.*, 2006; Luna & Cobos, 2011).

1.3. Hospedantes de *S. laurasii*

Se ha citado sobre diversas especies de la familia de las cupresáceas afectando, en la Península Ibérica, a los géneros *Juniperus* (*Juniperus communis* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicea* L., *Juniperus thurifera* L.) (Vives, 1984), *Cupressus* (*Cupressus arizonica* Greene, *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Cupressus sempervirens* L.) (Echevarría & Plaza, 2006; González *et al.*, 2007), *Thuja* (Martín, 2003), *Chamaecyparis* (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl.) (Recalde *et al.*, 1997; De la Rosa, 2005; González *et al.*, 2007) y al híbrido x *Cupressocyparis leylandii* (Dallim. & A.B.Jacks.) Dallim. & A.B.Jacks. (Martín, 2003; Outerelo *et al.*, 2006). En Valencia, en una prospección realizada a todas las cupresáceas de la zona norte de la ciudad, se ha visto que el mayor número de cipreses afectados por *S. laurasii* pertenecen a la especie más utilizada en jardinería en la ciudad, *C. sempervirens*, seguida de x *Cupressocyparis leylandii*. Por su parte, ningún ejemplar de *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin se ha visto dañado, por lo que esta especie parece, por el momento, resistente a la plaga (Sambonet, 2011).

1.4. Descripción, ciclo y biología de *S. laurasii*

En cuanto a su aspecto, *S. laurasii* es un cerambícido, de unos 7-18 mm de longitud, con élitros negros atravesados por dos bandas amarillentas (figura 1). Los machos presentan antenas más o menos igual de largas que los élitros, mientras que en las hembras suelen llegar hasta la mitad de su cuerpo (Martinez & Larue, 1980; Vives, 2001; Martín, 2003). Posee desarrollo holometábolo, siendo las larvas (figura 1) las que generan los daños ya que se caracterizan por tener hábitos xilófagos. Así, después del apareamiento, la hembra deposita los huevos, generalmente en grietas de la corteza, y

tras la eclosión de éstos las larvas se alimentan subcorticalmente formando galerías sinuosas alrededor del tronco y de las ramas (Martinez & Larue, 1980; Martín, 2003). Como resultado de las galerías se produce un anillamiento que provoca un fuerte decaimiento del hospedante afectado, la desecación de alguna de sus partes e incluso la muerte total de éste (figura 2). Este decaimiento suele observarse a finales de verano, se produce muy rápidamente y, cuando se detecta, los daños suelen estar muy avanzados (Martinez & Larue, 1980; Martín, 2003).



Figura 1: Ejemplar adulto (izquierda) y larva (derecha) de *S. laurasii*.

Una vez que las larvas completan su crecimiento confeccionan su cámara de pupación, excavada más profundamente en la madera y sellada con un grueso tapón de serrín (Martinez & Larue, 1980; Vives, 2000; Martín, 2003). Cuando el adulto está formado, y llega la hora de su emergencia, elimina este tapón y sale al exterior dejando unos orificios claramente visibles (Martinez & Larue, 1980). Por tanto, en individuos sospechosos de estar afectados por *S. laurasii*, se puede detectar la presencia de este cerambícido a través de sus orificios de emergencia sobre la corteza (figura 2), circulares y de unos 10 mm de diámetro (Martín, 2003). Además, siguiendo los rastros superficiales de serrín también se podrán localizar las galerías excavadas subcorticalmente (figura 2) (Villalva, 2005).

Existen datos muy diversos sobre la duración del ciclo de vida de este insecto, siendo varios los autores que citan que tarda de un año y medio a dos en completar su desarrollo, pudiendo alargarse o acortarse en función de las condiciones de temperatura, humedad y riqueza nutritiva del hospedante (Villiers, 1978; Martinez & Larue, 1980). Lo mismo ocurre en cuanto al período de emergencia de adultos, según diversos autores los adultos vuelan entre abril y septiembre (Picard, 1929; Bense, 1995; Villalva, 2005);

Martinez & Larue (1980) encuentran adultos de noviembre a febrero, dentro de sus cámaras de pupación, y en mayo sobre la vegetación; para otros aparecen de abril a junio (Vives, 1984; Martín, 2003), Vives (2001) cita su emergencia a mediados de marzo y Muñoz *et al.* (2003) entre abril y mayo. En estudios realizados en los últimos años en la ciudad de Valencia, por el grupo de Entomología del Instituto Agroforestal Mediterráneo de la Universidad Politécnica de Valencia, se ha comprobado que en esta zona *S. laurasii* tarda únicamente un año en completar su ciclo biológico, emergiendo los adultos entre mediados de febrero y mediados de abril (Martínez-Asensio *et al.*, 2009; Martínez-Asensio, 2013).



Figura 2: Detalle en ciprés de un orificio de emergencia (izquierda), de las galerías subcorticales (centro) y un ejemplar seco (derecha) por la afección de *S. laurasii*.

1.5. Aspectos relacionados con el control de insectos perforadores

Las costumbres endófitas de los insectos xilófagos dificultan el alcance de los productos fitosanitarios sobre ellos. Por este motivo, la prevención es la mejor manera de combatirlos. Prevenir implica mantener las plantas vigorosas para que el insecto no encuentre hospedantes susceptibles de ser colonizados (Villalva, 2005). Por tanto, las medidas preventivas se encaminarán a reforzar la resistencia del árbol mediante unas correctas prácticas culturales, centradas en una buena fertilización y drenaje del suelo, eliminación de costras superficiales, separación mínima entre árboles... Si la plaga ya se ha instalado lo primero que debe realizarse es la eliminación de las ramas e individuos secos, que actúan como foco de atracción y dispersión (Moussion, 1988). Además en el caso de *S. laurasii* se aconseja cambiar la especie afectada por otras cupresáceas que,

por el momento, se muestren resistentes a este perforador (Martinez & Larue, 1980). Los tratamientos químicos se recomiendan, de forma genérica, en la época de vuelo de los adultos y deberán ir encaminados a evitar el éxito de las puestas o de la supervivencia de las larvas recién nacidas (Villalva, 2005). Para ello, será necesario conocer y verificar el ciclo biológico y la época de reproducción de *S. laurasii* en nuestras condiciones (Martinez & Larue, 1980; Villalva, 2005).

El conocimiento de las características reproductivas de los insectos, incluyendo la alimentación de los adultos, la madurez sexual, longevidad, fecundidad y patrones reproductivos es esencial en el análisis de plagas, control de riesgos y para la gestión de éstas (Hanks, 1999; Keena, 2002; Naves *et al.*, 2006; Lu *et al.*, 2011).

Además de conocer la pauta reproductiva de un insecto poseer información sobre la conducta de vuelo de éste, bajo diferentes condiciones ambientales y fisiológicas, también es esencial para desarrollar estrategias eficientes de control (Cooter & Armes, 1993). Las habilidades de vuelo y la capacidad de dispersión de un insecto se pueden analizar en condiciones de campo, siendo las principales técnicas el seguimiento o *tracking* (observación directa, cajas de observación, infrarrojos, radares, redes aéreas,...) y experimentos de marcaje-suelta-recaptura (Cooter, 1993). Sin embargo, en diversos ensayos de campo (tanto en la ciudad de Valencia como en el Área Natural de El Saler), organizados desde la Universidad Politécnica de Valencia durante los últimos años, en los que se han probado distintos tipos de trampas y atrayentes para *S. laurasii* (cairomonales y feromonales) se han obtenido siempre resultados nulos, no habiéndose capturado nunca ni un solo ejemplar de este cerambícido. Por ello, dada la importancia de conocer el potencial de vuelo y la capacidad de dispersión de esta plaga, se ha decidido recurrir al estudio de estas capacidades bajo condiciones de laboratorio para poder mejorar las estrategias de prevención y control de este perforador.

Existen principalmente tres técnicas que se han desarrollado para estudiar la capacidad de vuelo de los insectos en laboratorio bajo condiciones controladas: el atado estático, las balanzas de vuelo y péndulos y, por último, los molinillos de vuelo (Cooter, 1993). Estas técnicas se utilizan para medir las habilidades de vuelo de los insectos sin interferencia de estímulos externos, como pueden ser compuestos feromonales o factores abióticos como el viento (Sarvary *et al.*, 2008). De todas estas técnicas los

molinillos son considerados como un sistema modelo para analizar el comportamiento de vuelo de los insectos (Schumacher *et al.*, 1997). En un molinillo de vuelo el insecto es atado a un brazo de radio conocido, montado sobre un soporte, en el que puede volar libremente en círculos, quedando caracterizado el vuelo en términos de duración y distancia recorrida (Cooter, 1993).

El método de los molinillos de vuelo se ha utilizado satisfactoriamente con una gran cantidad de plagas de importancia económica pertenecientes a órdenes muy diversos, como en *Cydia molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) (Hughes & Dorn, 2002), *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Wu *et al.*, 2006), *Aphis glycines* (Matsumura, 1917) (Hemiptera: Aphididae) (Zhang *et al.*, 2008), *Cylas formicarius* (Fabricius, 1798) (Coleoptera: Brentidae) (Moriya & Hiroyoshi, 1998), *Conotrachelus nenuphar* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Curculionidae) (Chen *et al.*, 2006) o *Rynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Dryophthoridae) (Ávalos *et al.*, 2014).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El desconocimiento de algunos aspectos importantes acerca del cerambícido *S. laurasii*, tanto biológicos como relacionados con su capacidad de vuelo y dispersión, hace que sea necesario profundizar en ellos para poder mejorar las estrategias de control de esta plaga. En base a ello, este trabajo presenta los siguientes objetivos principales:

1. Analizar la variabilidad de la forma y peso de los adultos de *S. laurasii*, comparando individuos entre sexos y entre las diferentes especies de hospedantes de los que emergen.
2. Ampliar conocimientos sobre la biología de los adultos y los huevos de *S. laurasii* relacionados con aspectos como el inicio de las cópulas, periodos de preoviposición, oviposición y postoviposición, longevidad de los adultos y características de las puestas realizadas por las hembras.
3. Estudiar la movilidad de los adultos de *S. laurasii*, ampliando información sobre su potencial de vuelo y capacidad de dispersión, mediante ensayos bajo condiciones controladas de laboratorio.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Los estudios del presente trabajo sobre el cerambícido *S. laurasii* se han dividido en tres partes:

1. Estudio de las características físicas de los adultos de *S. laurasii*.
2. Estudio biológico de adultos y huevos.
3. Estudio de movilidad de los adultos.

Para todos estos estudios se partió de 10 cipreses, todos de la especie *Cupressocyparis leylandii*, procedentes de varios jardines de la zona norte de la ciudad de Valencia. Los cipreses se seleccionaron por presentar orificios de emergencia de adultos de *S. laurasii* de años anteriores y por su decaimiento a lo largo del tiempo, estando completamente secos en el momento de iniciar los estudios. Los 10 cipreses fueron talados, se eliminaron todas sus ramas y se cortaron en trozas de 50-60 cm de longitud. Del mismo modo también se seleccionaron, únicamente para el apartado de comparación de las características físicas de los adultos en función del hospedante, dos ejemplares de *C. sempervirens* y otros dos de *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *macrocarpa* (Sibth. & sm.) Neilr., enebro marino. Los dos *C. sempervirens* procedían también de jardines de la zona norte de la ciudad de Valencia, mientras que los dos enebros marinos se obtuvieron del Área Natural de El Saler, donde también se ha detectado la plaga *S. laurasii*. Esos cuatro cipreses también fueron cortados en trozas de 50-60 cm de longitud.

Todas las trozas anteriores se trasladaron a los invernaderos de la Universidad Politécnica de Valencia. Cada troza fue individualizada en una malla tipo mosquitera de fibra de vidrio, provista de cremallera, de dimensiones 1 m de largo por 0'80 m de ancho, con la finalidad de evitar que los adultos de nueva emergencia se escaparan (figura 3).

Para la obtención de los adultos de *S. laurasii* las trozas anteriores se revisaron periódicamente durante los meses de emergencia natural de éstos (febrero-abril). Tras su recolección, cada adulto fue individualizado en un vial de plástico esterilizado, de 100 mL de capacidad y con pequeños orificios en su tapa, permitiendo de esta forma la respiración de los individuos. Todos estos adultos recolectados se trasladaron a los laboratorios del Instituto Agroforestal Mediterráneo de la Universidad Politécnica de Valencia donde se procedió a realizar los ensayos pertinentes que se detallan en los siguientes apartados.

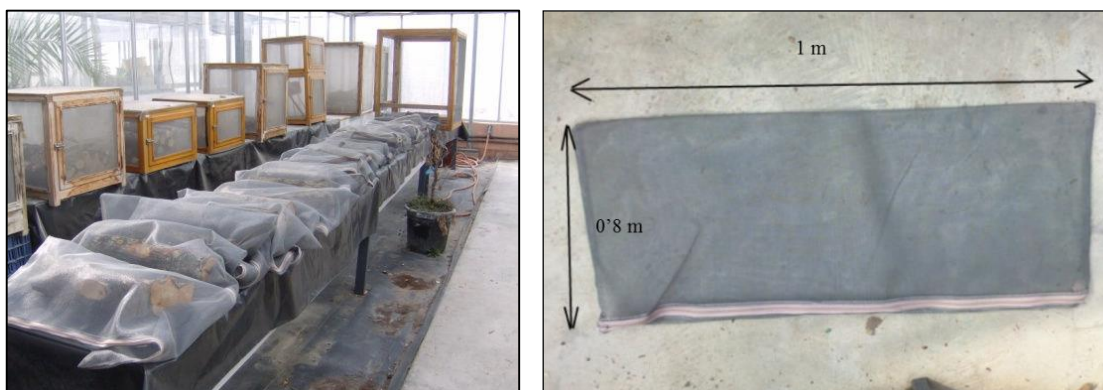


Figura 3: Material dispuesto en los invernaderos de la Universidad Politécnica (izquierda) y detalle de una de las mallas de fibra de vidrio para aislar las trozas de ciprés (derecha).

3.1. Características físicas de los adultos

Características físicas en función del sexo

Diariamente entre mediados de febrero y mediados de abril del año 2013 se revisó cada una de las trozas de *x Cupressocyparis leylandii* dispuestas en los invernaderos para conocer la edad y el sexo de todos los adultos de nueva emergencia, recogerlos y trasladarlos a los laboratorios del Instituto Agroforestal Mediterráneo de la Universidad Politécnica de Valencia. Un total de 170 adultos emergidos de estas trozas, repartidos en 85 machos y 85 hembras, fueron pesados y medidos longitudinalmente para poder estudiar la dispersión de pesos y tamaños existente entre adultos de *S. laurasii* en función del sexo.

El peso fue tomado con una balanza de precisión (Acculab, ALC-210.4, Bradford, RU). Respecto al tamaño, únicamente se consideró la longitud total del insecto (LT) por haberse visto en trabajos anteriores que esta es una de las características más diferenciadoras entre sexos (Martínez-Blay, 2011). Esta longitud se midió como la distancia desde el inicio del pronoto hasta el final de los élitros (figura 4), con un pie de rey digital (Comecta Corp., Barcelona, España). Se midió de este modo por ser así como se ha considerado este parámetro en otros estudios morfométricos sobre adultos de cerambícidos, como en el género *Iberodorcadion* (González *et al.*, 2001) o en *Xylotrechus arvicola* (Olivier, 1795) (Moreno, 2005).

Las mediciones se realizaron siempre el mismo día de la emergencia de los adultos. Los 170 adultos pesados y medidos fueron empleados posteriormente en el estudio de movilidad que se detalla más adelante.

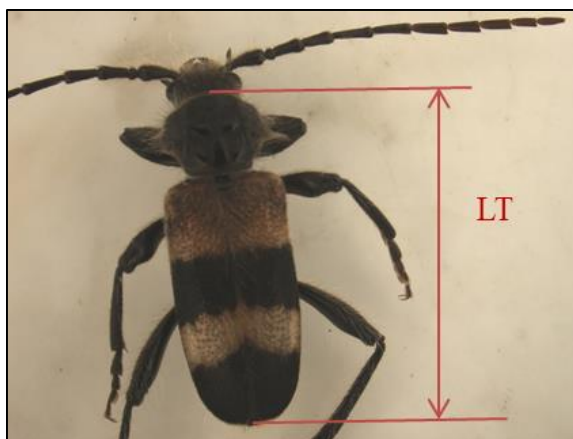


Figura 4: Adulto de *S. laurasii* con indicación de la variable medida como longitud total (LT).

Características físicas en función del hospedante

Diariamente entre mediados de febrero y mediados de abril del año 2013 se revisaron las trozas de *C. sempervirens* y *J. oxycedrus* ssp. *macrocarpa* dispuestas en los invernaderos para conocer la edad y el sexo de todos los adultos de nueva emergencia, recogerlos y trasladarlos a los laboratorios del Instituto Agroforestal Mediterráneo de la Universidad Politécnica de Valencia. Un total de 30 adultos emergidos de trozas de la especie *C. sempervirens*, repartidos en 15 machos y 15 hembras, y un total de 26 adultos emergidos de trozas de la especie *J. oxycedrus* ssp. *macrocarpa*, 13 machos y 13 hembras, fueron pesados y medidos en las mismas condiciones y con los mismos medios que los 170 del apartado anterior.

Los datos obtenidos de estas dos especies, más los del apartado anterior para *x Cupressocyparis leylandii*, se utilizaron para comparar la dispersión de pesos y tamaños existente entre adultos de *S. laurasii* según el hospedante del que emergen.

3.2. Estudios de biología

3.2.1. Biología de los adultos de *S. laurasii*

Para obtener adultos vírgenes, de un día de vida, se revisó, diariamente, cada una de las trozas dispuestas en los invernaderos, recolectando y sexando todos los adultos de nueva emergencia. Este proceso se llevó a cabo en dos años de estudio: 2011 y 2013.

Tras la recolección se formaron parejas, juntando individuos de diferente sexo. Se formaron un total de 80 parejas, 40 por cada uno de los años de estudio. Cada pareja fue dispuesta para su estudio en una placa Petri cuadrada de 120 x 120 mm.

Durante el 2011 se realizó un primer estudio en unas condiciones de temperatura lo más similares posibles a las que se ve sometido *S. laurasii* en campo. Para ello las 40 placas se tuvieron en una habitación a temperatura ambiente, recogándose las temperaturas diarias y habiendo sido la media de 20'28°C, con un valor máximo de 23'5°C y un mínimo de 16'5°C.

En el año 2013, en cambio, el estudio se realizó manteniendo las parejas en una cámara a la temperatura constante y controlada de 25°C, 60% de humedad relativa y fotoperiodo 14/10.

Previamente a su disposición en parejas, cada hembra fue pesada, con una balanza de precisión (Acculab, ALC-210.4, Bradford, RU) y medida longitudinalmente, desde el inicio del pronoto hasta el final de los élitros, con un pie de rey digital (Comecta Corp., Barcelona, España).

Diariamente todas las parejas fueron alimentadas con unas gotas de miel disuelta en agua como aporte proteico, colocadas en la placa Petri mediante la utilización de un cuentagotas. Se controlaron los siguientes parámetros:

- A) Tiempo transcurrido desde la emergencia de cada uno de los adultos hasta la primera cópula.
- B) Periodo de preoviposición: tiempo transcurrido desde la emergencia de cada una de las hembras hasta la primera puesta de huevos.
- C) Periodo de oviposición: tiempo, en días, que estuvo cada hembra poniendo huevos. Se estudiaron diferentes sustratos para la realización de las puestas. En 2011 se colocó un rectángulo de papel, forrado con celo y de dimensiones 5 cm de largo por 2 cm de ancho. En 2013 se probó el rectángulo de papel mencionado, un tapón de un vial de 3'5 cm de

diámetro y un cilindro de madera de ciprés, con una cara sellada por cera, de 3 cm de diámetro y 1 cm de altura (figura 5).

- D) Período de postoviposición: tiempo transcurrido desde la última puesta de huevos hasta la muerte de la hembra.
- E) Longevidad de los adultos: macho y hembra se mantuvieron juntos hasta la muerte de ambos individuos, contabilizando el número de días que permanecieron con vida.



Figura 5: Placa Petri cuadrada, donde se dispone cada una de las parejas de ensayo, con los tres sustratos de puesta experimentados en el ensayo de 2013.

3.2.2. Biología de los huevos de *S. laurasii*

Diariamente, tanto en 2011 como en 2013, se contabilizó el número de huevos puesto por cada una de las hembras de las 40 parejas anteriores y se trasladaron a una placa Petri redonda, de 14 cm de diámetro, asociada a cada pareja. Para traspasar los huevos se utilizó la punta de un hilvanador de agujas, tratando con mucho cuidado cada huevo para evitar su desecación. Se observó el número de puestas realizadas por cada hembra, el número de huevos depositado por puesta, el número de días que tardaban en eclosionar los huevos y qué porcentaje de éstos eclosionaba.

La citada placa se dividió en ocho secciones iguales y numeradas, correspondiendo cada sección a un día de puesta de esa pareja (figura 6). Si las puestas superaron los ocho días, los huevos se colocaron en una nueva placa igual a la anterior.

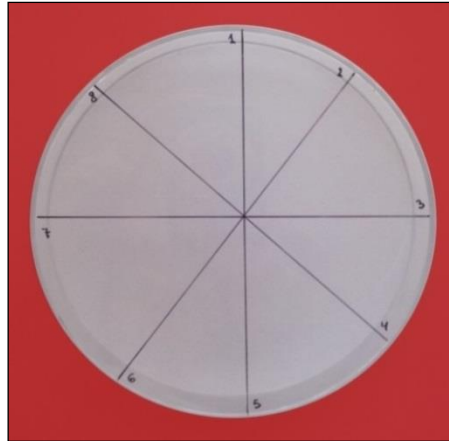


Figura 6: Placa asociada a cada pareja para la puesta de huevos.

3.3. Movilidad de los adultos de *S. laurasii*

Para obtener información útil sobre las habilidades de vuelo de *S. laurasii*, bajo condiciones controladas de laboratorio, se eligió la técnica de los molinillos de vuelo. Se partió de un molinillo como el descrito por Dubois *et al.* (2009), para probar el potencial de vuelo de *Osmoderma eremita* (Scopoli, 1763) (Coleoptera: Cetoniidae). Este molinillo se adaptó para *S. laurasii* añadiéndole un sistema de monitoreo por ordenador, en base a lo hecho anteriormente por Ávalos *et al.* (2014) para *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Dryophthoridae). Este molinillo se diseñó con las partes que se detallan a continuación. Se construyó un soporte metálico (figura 7A) (longitud = 160 mm, \varnothing = 15 mm) inserto en una pesada base circular (\varnothing = 200 mm). Esta base se sujetó sobre unas almohadillas de espuma para reducir posibles vibraciones durante los ensayos. Para minimizar el rozamiento se utilizó, como componente clave del molinillo, un micro rodamiento (figura 7B) (\varnothing interno = 4 mm, \varnothing externo = 8 mm, grosor = 3mm) de la clase ABEC 5 (Annular Bearing Engineering Committee Scale System). Como brazo del molinillo (figura 7C), sujeto al micro rodamiento, se colocó una varilla de fibra de carbono de 48 cm de longitud (\varnothing = 1 mm), recorriendo así el adulto 1'5 m de distancia por cada vuelta circular realizada. En uno de los extremos del brazo se colocó un trozo de espuma de polietileno (20x5 mm) (figura 7D) y en el opuesto se dispuso un contrapeso de pasta adhesiva (figura 7E). Dos reflectores (figura 7F), sobre el brazo, y un par de sensores de infrarrojos, emisor (figura 7G) y receptor (figura 7H) (Honeywell International Inc., Mexico DF, Mexico) completaron el diseño. Los sensores se encargaron de detectar

cada media vuelta dada por el brazo del molinillo, transfiriendo la señal a un ordenador y midiéndose así varios parámetros de vuelo de forma sencilla y precisa.

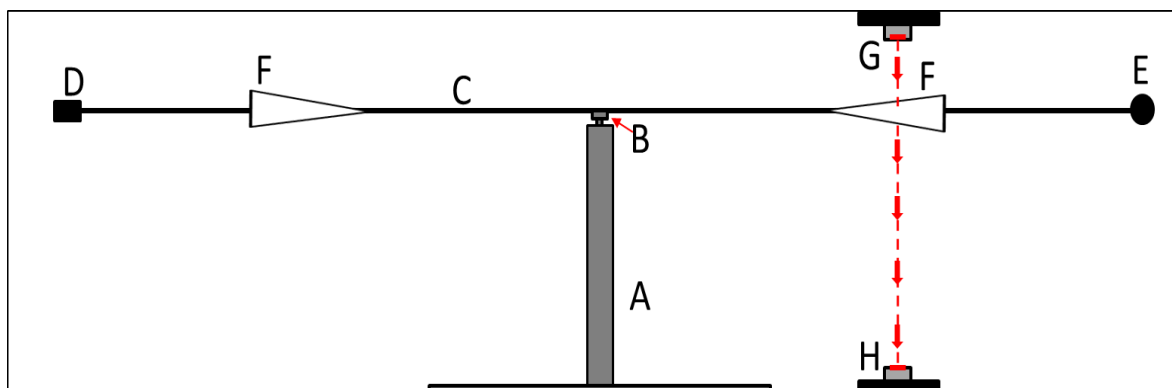


Figura 7: Diseño del molinillo de vuelo. A: soporte metálico, B: micro rodamiento, C: brazo de fibra de carbono, D: zona de fijación del insecto, E: contrapeso, F: reflectores, G: emisor de infrarrojos, H: receptor de infrarrojos (Adaptado de Ávalos *et al.*, 2014).

Para cada ensayo se utilizaron 5 molinillos, idénticos al explicado, que funcionaron simultáneamente en una cámara a la temperatura controlada de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $65\pm 5\%$ de humedad relativa. Los adultos para cada ensayo fueron obtenidos de las trozas dispuestas en los invernaderos, que se revisaron diariamente para conocer la edad exacta y el sexo de cada uno de los adultos emergidos. Los individuos recolectados se colocaron individualmente en viales de plástico esterilizados de 100 mL y para su aclimatación se trasladaron a la cámara de realización de los ensayos. Diariamente, los adultos de cada vial fueron alimentados con unas pequeñas gotas de miel disuelta en agua colocadas mediante un cuentagotas.

Un total de 170 adultos de *S. laurasii* (85 machos y 85 hembras), fueron utilizados en los ensayos, todos ellos vírgenes. Cada insecto fue pesado y medido longitudinalmente, antes de ser colocado en el molinillo, como se ha explicado en el apartado 1 de estudio de las características físicas de los adultos. La sujeción de cada insecto para los ensayos se realizó mediante una aguja enganchada al trocito de espuma de polietileno presente en uno de los extremos del brazo del molinillo. Uno de los extremos de esta aguja se dobló para fijarla al pronoto de cada insecto con pegamento de cianocrilato (Super Glue-3, Henkel Ibérica, Barcelona, España) (figura 8). El

funcionamiento de cada molinillo se comprobó antes de cada ensayo. Cada ensayo se llevó a cabo durante un periodo de 24 horas.

Los datos obtenidos de cada ensayo fueron almacenados con un programa de ordenador diseñado específicamente para el registro del vuelo del insecto, contabilizando éste la cantidad y la duración de cada media vuelta producida. Esta secuencia de vueltas se interpretó como vuelos e interrupciones. De acuerdo con el comportamiento previo observado en *S. laurasii* (se probaron 20 insectos durante 24 horas cada uno) se cuantificó el tiempo de cada vuelo como comprendido entre 400 y 3500 ms y se indicó al programa que eliminara todos los valores fuera de este rango. Se definió como interrupción todo periodo de tiempo superior a 3500 ms sin registro de vueltas en el molinillo y como vuelo el número de vueltas entre dos interrupciones.

Posteriormente, la habilidad de vuelo de los adultos se caracterizó mediante los siguientes parámetros: número de vuelos (NV), distancia total recorrida (Dist.T), distancia del vuelo más largo (Dist.VL), duración total (Dur.T), velocidad media (VMed) y velocidad máxima (VMáx). Todos los datos se procesaron estadísticamente y se estudió el efecto de diversos factores (sexo, edad, iluminación y longitud del insecto) sobre los anteriores parámetros de vuelo. Para la edad se probaron insectos de cuatro rangos: 1-3 días, 4-6 días, 7-10 días y 11-25 días.



Figura 8: Detalle de la fijación del insecto al molinillo de vuelo.

3.4. Análisis de datos

Todos los datos obtenidos en el presente trabajo se analizaron con el programa estadístico STATGRAPHICS Plus, versión 5.1.

Para la comparación de pesos y longitudes se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial para estudiar la influencia del factor sexo sobre el peso y sobre la longitud del insecto. Se analizó, además, la posible relación entre el peso y la longitud de éste mediante un análisis de regresión. Después se utilizó otro ANOVA unifactorial para ver la influencia del hospedante sobre el peso y longitud de *S. laurasii*.

Para el estudio de los aspectos biológicos se llevó a cabo un ANOVA unifactorial para comprobar la influencia del factor temperatura, ambiente y 25°C, sobre los siguientes parámetros: periodos de preoviposición, oviposición y postoviposición, longevidad de los adultos, número de puestas y número total de huevos por hembra, número de huevos por puesta y tiempo hasta la eclosión de los huevos. También se analizó la influencia del factor sexo, sobre la longevidad.

Para el estudio de movilidad se comparó el porcentaje de insectos voladores y no voladores, en función del sexo del insecto, tipo de iluminación y rangos de edad, usando un test Chi cuadrado. Para el resto de análisis se clasificó a los adultos que no habían volado como “no voladores” y se excluyeron de éstos. Se utilizaron varios ANOVAS unifactoriales para estudiar por separado el efecto del sexo, la edad, la iluminación y la longitud del insecto sobre cada uno de los parámetros utilizados para caracterizar el vuelo del insecto. Por último, tomando la distancia como base y con un análisis de regresión, se estudió la posible relación entre la distancia total y el resto de parámetros de vuelo.

En todos los ANOVAS citados las diferencias entre medias se estudiaron por el método de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) a un nivel de confianza del 95% ($P < 0.05$).

Para su análisis, todos los datos del presente trabajo que no se distribuían normalmente fueron homogeneizados, llevando a cabo una transformación logarítmica mediante el $\ln(x)$. Las medias sin transformar y su error estándar (SE) se utilizaron para realizar las tablas de resultados y para visualizar los datos gráficamente.

4. RESULTADOS

4.1. Características físicas de los adultos

La comparación estadística del peso de los adultos de *S. laurasii* mostró diferencias significativas entre el peso medio de machos ($0'158 \pm 0'003$ g) y hembras ($0'203 \pm 0'006$ g) (ANOVA unifactorial: $F = 43'85$; $gl = 1,168$; $P < 0,0001$). Los machos alcanzaron un máximo de $0'24$ g y un mínimo de $0'10$ g y las hembras un máximo y un mínimo, respectivamente, de $0'33$ g y $0'11$ g. La longitud de los adultos también reveló diferencias significativas entre el valor medio de machos ($17'05 \pm 0'25$ mm) y hembras ($18'75 \pm 0'31$ mm) (ANOVA unifactorial: $F = 18'28$; $gl = 1, 168$; $P < 0,0001$). Los valores máximos fueron de $22'34$ mm y $24'69$ mm para machos y hembras, respectivamente, y los mínimos de $11'87$ en machos y $11'20$ mm en hembras. Así, tanto el peso como la longitud de las hembras de *S. laurasii* fue significativamente mayor que el de los machos (figura 9). Además, el peso de los adultos mostró una correlación positiva elevada con la longitud de éstos, tanto en machos (regresión lineal: $R^2 = 0'6992$; $F = 192'93$; $gl = 1,83$; $P < 0,0001$) como en hembras (regresión lineal: $R^2 = 0'7290$; $F = 223'30$; $gl = 1, 83$; $P < 0,0001$). Debido a esto y a que la longitud de un insecto es un parámetro menos variable que su peso se utilizó ésta, y no el peso, para los análisis posteriores del apartado de movilidad de los adultos.

Respecto al peso de los adultos emergidos de diferentes especies de hospedantes, el peso medio fue significativamente menor en adultos de *S. laurasii* emergidos de *C. sempervirens* ($0'115 \pm 0'004$ g) y *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* ($0'106 \pm 0'003$ g) que en los obtenidos de *x Cupressocyparis leylandii* ($0'180 \pm 0'004$ g) (ANOVA unifactorial: $F = 52'12$; $gl = 2, 223$; $P < 0'0001$) y se cumplió tanto en el caso de los machos (ANOVA unifactorial: $F = 34'14$; $gl = 2, 110$; $P < 0'0001$) como en el de las hembras (ANOVA unifactorial: $F = 33'56$; $gl = 2, 110$; $P < 0'0001$) (tabla 1). En cambio, no existieron diferencias significativas entre el peso de los adultos emergidos de *C. sempervirens* y de *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*.

Lo mismo ocurrió con la longitud, mostrando el análisis estadístico diferencias significativas entre adultos emergidos de *C. sempervirens* ($12'17 \pm 0'43$ mm) y de *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* ($11'14 \pm 0'29$ mm) con respecto a los obtenidos de *x Cupressocyparis leylandii* ($17'90 \pm 0'21$ mm) (ANOVA unifactorial: $F = 125'48$; $gl = 2, 223$; $P < 0'0001$) y tanto en machos (ANOVA unifactorial: $F = 85'79$; $gl = 2,$

110; $P < 0'0001$) como en hembras (ANOVA unifactorial: $F = 58'99$; $gl = 2, 110$; $P < 0'0001$) (tabla 2).



Figura 9: Adultos hembra (izquierda) y macho (derecha) de *S. laurasii*.

Tabla 1: Medias, error estándar (ES), valores máximos y mínimos obtenidos para el peso de los adultos de *S. laurasii*. Hospedantes: H1 = *x Cupressocyparis leylandii*, H2 = *C. sempervirens* y H3 = *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, $P < 0'05$).

	Peso (g)											
	Total				Machos				Hembras			
	n	Media ± ES	Mín	Máx	n	Media ± ES	Mín	Máx	n	Media ± ES	Mín	Máx
H1	170	0'180 ± 0'004 ^a	0'101	0'331	85	0'158 ± 0,003 ^a	0'101	0'238	85	0'203 ± 0'006 ^a	0'107	0'331
H2	30	0'115 ± 0'004 ^b	0'089	0'179	15	0'108 ± 0'004 ^b	0'089	0'146	15	0'123 ± 0'006 ^b	0'093	0'179
H3	26	0'106 ± 0'003 ^b	0'086	0'143	13	0'103 ± 0'003 ^b	0'086	0'125	13	0'110 ± 0'004 ^b	0'091	0'143

Tabla 2: Medias, error estándar (ES), valores máximos y mínimos obtenidos para la longitud de los adultos de *S. laurasii*. Hospedantes: H1= *x Cupressocyparis leylandii*, H2 = *C. sempervirens* y H3 = *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, $P < 0'05$).

	Longitud (mm)											
	Total				Machos				Hembras			
	n	Media ± ES	Mín	Máx	n	Media ± ES	Mín	Máx	n	Media ± ES	Mín	Máx
H1	170	17'90 ± 0'21 ^a	11'20	24'69	85	17'05 ± 0'25 ^a	11'87	22'34	85	18'75 ± 0'31 ^a	11'20	24'69
H2	30	12'17 ± 0'43 ^b	8'38	17'36	15	11'31 ± 0'45 ^b	8'38	13'60	15	13'02 ± 0'66 ^b	8'50	17'36
H3	26	11'14 ± 0'29 ^b	8'38	14'59	13	10'66 ± 0'35 ^b	8'38	13'11	13	11'62 ± 0'43 ^b	9'25	14'59

4.2. Estudios de biología

4.2.1. Biología de los adultos de *S. laurasii*

Tiempo transcurrido desde la emergencia de los adultos hasta la primera cópula

Se observó que tras la emergencia de los adultos, y su disposición en parejas, la cópula entre macho y hembra era inmediata (figura 10).

En todas las parejas sucedió lo mismo, tanto a temperatura ambiente como en cámara a 25°C, detectando el macho, con sus antenas extendidas, rápidamente la presencia de la hembra en la placa y dirigiéndose hacia ella para aparearse. Una vez en contacto con la hembra el macho se montaba sobre ella, curvaba el final de su abdomen, extendía su edeago y se establecía el contacto genital, manteniéndose las antenas bajadas durante la cópula (figura 10). Generalmente los adultos realizaban varias cópulas en el mismo día, con un intervalo de separación variable. Una vez que la hembra ya había copulado tendía a rechazar al macho, sin embargo éste insistía de manera bastante agresiva hasta que conseguía volver a montarla sucesivas veces. Así, se ha observado que los machos muerden frecuentemente las antenas y patas de las hembras pudiendo, en ocasiones, llegar a arrancárselas.



Figura 10: Pareja de adultos de *Semanotus laurasii* copulando.

Periodos de preoviposición, oviposición y postoviposición

La tabla 3 muestra los resultados del comportamiento de oviposición del cerambícido *S. laurasii*, tanto a temperatura ambiente como a la temperatura controlada de 25°C. Todas las parejas estudiadas pusieron huevos, tanto las 40 hembras ensayadas a temperatura ambiente como las 40 a 25°C.

Tabla 3: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para los periodos de preoviposición, oviposición y postoviposición (valores en días). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, $P < 0.05$).

	n = 40								
	Preoviposición (días)			Oviposición (días)			Postoviposición (días)		
	Media \pm ES	Mín	Máx	Media \pm ES	Mín	Máx	Media \pm ES	Mín	Máx
Tambiente	2'60 \pm 0'25 ^a	1	7	13'55 \pm 0'68 ^a	7	26	4'65 \pm 0'45 ^a	1	16
T = 25°C	3'18 \pm 0'26 ^a	1	6	15'30 \pm 1'08 ^a	6	32	3'55 \pm 0'45 ^a	0	10

El tiempo medio transcurrido hasta la primera puesta de huevos por la hembra fue similar a ambas temperaturas de estudio, $2'60 \pm 0'25$ días, a temperatura ambiente, con un valor mínimo de 1 día y un máximo de 7, frente a $3'18 \pm 0'26$ días, a 25°C, con un mínimo de 1 día y un máximo de 6, no difiriendo significativamente entre ellos (ANOVA unifactorial: $F = 2'54$; $gl = 1, 78$; $P = 0'1153$). El número de días que estuvo cada hembra poniendo huevos fue algo mayor a 25°C que a temperatura ambiente, $15'30 \pm 1'08$ días (con un mínimo de 6 días y un máximo de 32) frente a $13'55 \pm 0'68$ (con un mínimo de 7 días y un máximo de 26), pero tampoco se obtuvieron diferencias significativas con respecto a la temperatura ambiente (ANOVA unifactorial: $F = 1'86$; $gl = 1, 78$; $P = 0'1764$). En cuanto al tiempo transcurrido desde la última puesta de huevos hasta la muerte de la hembra, éste tampoco difirió significativamente entre temperaturas, aunque fue algo mayor a temperatura ambiente, $4'65 \pm 0'45$ días (con un mínimo de 1 día y un máximo de 16), que a 25°C, $3'55 \pm 0'45$ días (con un mínimo de 0 días y un máximo de 10) (ANOVA unifactorial: $F = 4'39$; $gl = 1, 78$; $P = 0'0394$).

Características de la oviposición y selección del sustrato de puesta

Se observó que la hembra busca la zona más protegida de la placa para realizar las puestas. Así, en el ensayo de 2011 todas las puestas fueron depositadas debajo del rectángulo de papel que se había colocado en las Placas Petri. En cambio en el ensayo de 2013, en el que se probaron diversos sustratos de puesta, se comprobó que *S. laurasii* además de hacer la puesta protegida presenta una clara preferencia por la madera de su hospedante, ya que un 90'76% del total de las puestas fueron depositadas debajo de los

cilindros de madera de ciprés y únicamente un 5'25% y un 3'99% bajo los rectángulos de papel y los tapones de vial, respectivamente.

En cuanto a la pauta de puesta, la mayoría de hembras no realizó puestas de huevos todos los días y en la figura 11 se puede observar que la mayor cantidad de huevos fue depositada siempre el primer día, tanto a temperatura ambiente como a 25°C, disminuyendo ésta paulatinamente hasta el final del período de puesta. Sin embargo, a 25°C se observa que las hembras depositan una cantidad de huevos mayor durante los primeros días, reduciéndose luego las puestas bruscamente. A temperatura ambiente, en cambio, la puesta es más prolongada y progresiva en el tiempo, depositándose un menor número de huevos inicialmente.

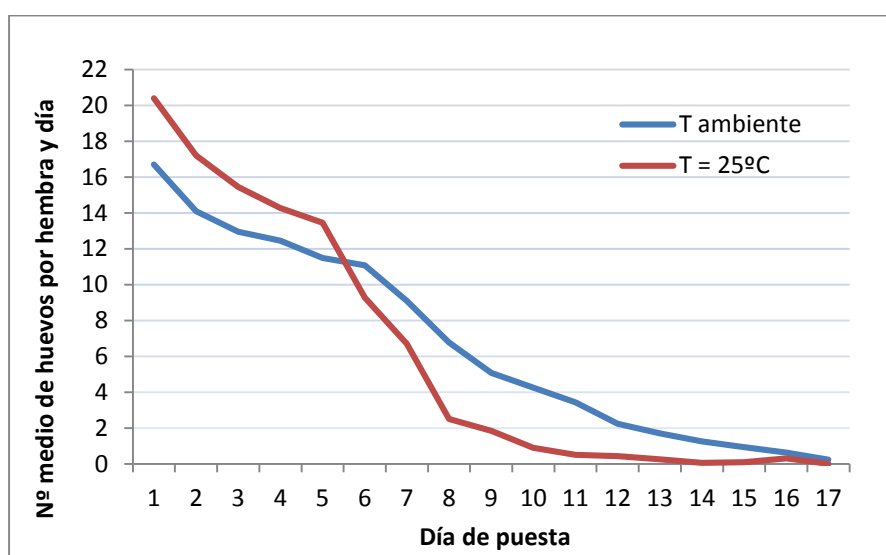


Figura 11: Número medio de huevos por hembra depositados en cada uno de los días de puesta.

Longevidad de los adultos:

La tabla 4 recoge los resultados obtenidos para la longevidad de los adultos de *S. laurasii*, tanto a temperatura ambiente como a la temperatura controlada de 25°C.

Los valores muestran que la longevidad media de los adultos fue mayor a la temperatura controlada de 25°C que a temperatura ambiente. Sin embargo, estadísticamente, este valor no difirió significativamente ni en el caso de las hembras, $22'65 \pm 1'14$ a 25°C frente a $19'78 \pm 0'73$ días a temperatura ambiente (ANOVA unifactorial: $F = 3'01$; $gl = 1, 78$; $P = 0'0865$), ni en el de los machos, $24'08 \pm 0'77$ frente a $19'78 \pm 0'73$ días (ANOVA unifactorial: $F = 0'78$; $gl = 1, 78$; $P = 0'3792$).

En cuanto a sexos, la longevidad media de los machos fue significativamente mayor que la de las hembras en ambos años y condiciones de estudio. A temperatura ambiente la longevidad fue de $24'08 \pm 0'77$ en machos frente a $19'78 \pm 0'73$ días en hembras (ANOVA unifactorial: $F = 17'23$; $gl = 1, 78$; $P = 0'0001$) y de $26'93 \pm 1'60$ frente a $22'65 \pm 1'14$ días a 25°C (ANOVA unifactorial: $F = 3'68$; $gl = 1, 78$; $P = 0'0388$).

Tabla 4: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para la longevidad de machos y hembras (valores en días). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, $P < 0'05$).

	Longevidad (días)					
	Machos (n = 40)			Hembras (n = 40)		
	Media \pm ES	Mín	Máx	Media \pm ES	Mín	Máx
Tambiente	$24'08 \pm 0'77^a$	16	37	$19'78 \pm 0'73^a$	10	30
T = 25°C	$26'93 \pm 1'60^a$	12	46	$22'65 \pm 1'14^a$	10	39

4.2.2. Biología de los huevos de *S. laurasii*

Las puestas de huevos se realizaron generalmente de manera agrupada. El número de puestas realizadas por una hembra fluctuó entre 6 y 18 a temperatura ambiente y entre 2 y 12 a 25°C , siendo la media de puestas a temperatura ambiente, $10'05 \pm 0'49$, significativamente mayor que a 25°C , $5'95 \pm 0'36$ (ANOVA unifactorial: $F = 45'86$; $gl = 1, 78$; $P < 0'0001$) (tabla 5). Dentro de cada puesta el número de huevos depositados fue muy variable, encontrándose desde huevos aislados hasta 50-56 huevos agrupados. El número medio de huevos por puesta fue significativamente mayor a 25°C , $13'73 \pm 0'66$, que a temperatura ambiente, $9'79 \pm 0'42$. Los huevos presentaron aspecto fusiforme y coloración entre amarillenta y blanquecina (figura 12). Como se ve a 25°C las hembras de *S. laurasii* realizan un menor número de puestas pero el número medio de huevos por puesta es superior que a temperatura ambiente (figura 13).

El número total de huevos puestos, durante todo el período de oviposición, fue de 3936 a temperatura ambiente y de 3457 a 25°C . La media del número total de huevos depositados por hembra fue de $98'40 \pm 6'93$ a temperatura ambiente y de $90'15 \pm 6'26$ a 25°C , no existiendo diferencias significativas entre estos valores (ANOVA

unifactorial: $F = 0'78$; $gl = 1, 78$; $P = 0'3800$). El número máximo de huevos puestos por una hembra fue de 235 y el mínimo de 33.

El tiempo medio de eclosión de los huevos fue significativamente mayor a temperatura ambiente, $9'63 \pm 1'53$ días, que a 25°C , $7'60 \pm 0'09$ días (ANOVA unifactorial: $F = 61'30$; $gl = 1, 78$; $P < 0'0001$). Los huevos tardaron un máximo de 12 días en eclosionar, a ambas temperaturas, y un mínimo de 6, a 25°C , y de 7 a temperatura ambiente (tabla 6). El porcentaje de eclosión de huevos fue muy elevado en ambos casos, del 99'75 % a temperatura ambiente y del 98'76% a 25°C .



Figura 12: Puesta de huevos de *Semanotus laurasii*.

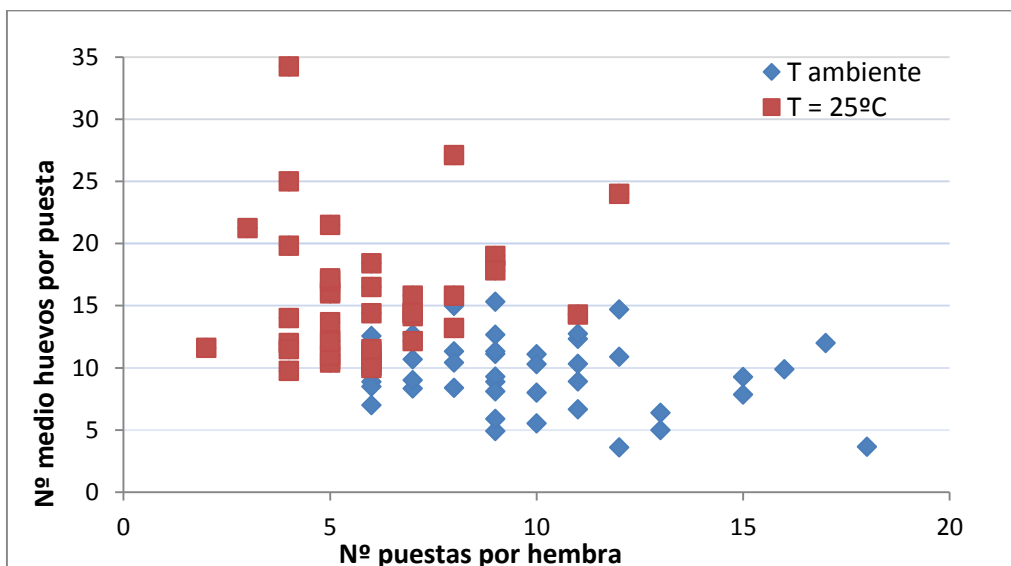


Figura 13: Número medio de huevos por puesta en función del número total de puestas realizadas por cada hembra.

Tabla 5: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para el número de puestas, número total de huevos por hembra y número de huevos por puesta. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, $P < 0.05$).

	Nº puestas/♀			Nº huevos/♀			Nº huevos/puesta		
	Media ± ES	Mín	Máx	Media ± ES	Mín	Máx	Media ± ES	Mín	Máx
Tambiente	10'05 ± 0'49 ^a	6	18	98'40 ± 6'93 ^a	33	235	9'79 ± 0'42 ^a	1	50
T = 25°C	5'95 ± 0'36 ^b	2	12	90'15 ± 6'26 ^a	34	217	13'73 ± 0'66 ^b	1	56

Tabla 6: Medias, error estándar y valores máximo y mínimo obtenidos para el tiempo de eclosión de los huevos y % total de huevos eclosionado. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre esas medias (LSD, $P < 0.05$).

	t hasta eclosión			% eclosión
	Media ± ES	Mín	Máx	
Tambiente	9'63 ± 0'02 ^a	7	12	99'75%
T = 25°C	7'60 ± 0'09 ^b	6	12	98'76%

Correlación número total de huevos puestos y peso de la hembra:

Se ha detectado una correlación positiva elevada entre el número total de huevos depositado por cada hembra y el peso de éstas (regresión lineal: $R^2 = 0.8304$; $F = 186.11$; $gl = 1, 38$; $P < 0.0001$) (figura 14).

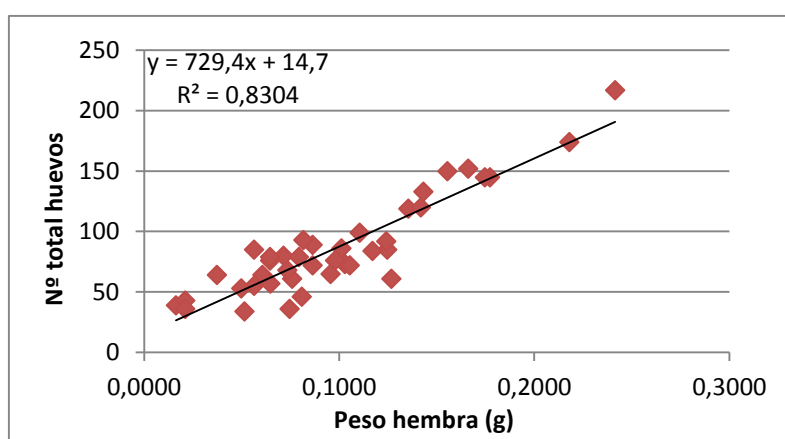


Figura 14: Correlación entre el número de huevos y el peso de la hembra.

4.3. Estudio de movilidad de los adultos

Porcentajes de vuelo obtenidos y efecto del sexo, edad y luz sobre éstos

Del total de los 170 adultos probados en el molinillo de vuelo (85 machos y 85 hembras) únicamente 39 volaron (22 machos y 17 hembras), lo que supuso un porcentaje de vuelo bajo, del 22'94%.

No se observaron diferencias significativas entre el porcentaje de adultos que voló y no en función del sexo (machos/hembras) (test chi-cuadrado: $\chi^2 = 0'83$; gl = 1; P = 0'3617), ni en función de la iluminación (luz/oscuridad) (test chi-cuadrado: $\chi^2 = 1'50$; gl = 1; P = 0'2204). En cambio, sí se observaron diferencias significativas en el porcentaje de vuelo en función del rango de edad del insecto (figura 15), obteniéndose los siguientes resultados:

- El porcentaje de insectos comprendidos entre 1-3 días de edad que voló fue significativamente menor que el de los que tenían entre 4-6 días (test chi-cuadrado: $\chi^2 = 4'59$; gl = 1; P = 0'0322), incrementándose considerablemente el porcentaje de vuelo de un 14'63 % en el primer rango citado a un 34'88 % en el segundo.
- No se observaron diferencias significativas entre los rangos de 4-6 días de edad y de 7-10 días (test chi-cuadrado: $\chi^2 = 0'15$; gl = 1; P = 0'6998), siendo los porcentajes de vuelo respectivos de 34'88 % y 30'95%.
- El porcentaje de insectos comprendidos entre 7-10 días de edad que voló fue significativamente mayor que el de los que tenían entre 11-25 días (test chi-cuadrado: $\chi^2 = 4'98$; gl = 1; P = 0'0256), reduciéndose considerablemente el % de vuelo de un 30'95 % en el primer rango citado a un 11'36 % en el segundo.
- No se observaron diferencias significativas entre los rangos de 1-3 días de edad y de 11-25 días (test chi-cuadrado: $\chi^2 = 0'20$; gl = 1; P = 0'6535), siendo los porcentajes de vuelo respectivos de 14'63 % y 11'36%.

En base a lo anterior se consideraron tres rangos de edad para análisis posteriores: 1-3 días, 4-11 días y 11-25 días.

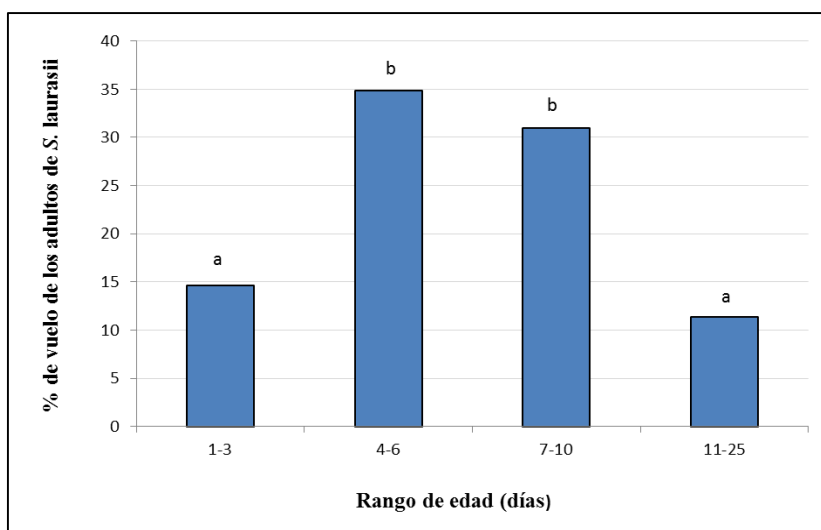


Figura 15: Porcentaje de adultos que ha volado en cada rango de edad establecido. Letras distintas indican diferencias significativas (prueba chi-cuadrado, nivel de confianza del 95%).

Parámetros de vuelo y efecto del sexo, edad y longitud del insecto sobre éstos

En todos los parámetros, salvo el número de vuelos, la media (\pm SE) fue superior en los machos de *S. laurasii* que en las hembras (tabla 7). Además, como se puede ver, es importante resaltar que los valores máximos registrados para los parámetros de vuelo fueron muy elevados con respecto a las medias, especialmente en el caso de la distancia total recorrida y la distancia del vuelo más largo, debido al gran potencial de vuelo de algunos adultos. Así, del total de los insectos que volaron (machos y hembras) el promedio del número de vuelos por adulto fue de $8'72 \pm 1'48$, con un máximo de 36 y un mínimo de 1; el valor medio de la distancia total recorrida fue $1126'81 \pm 353'50$ m, con un máximo de 9468 m y un mínimo de $8'25$ m; la media de la distancia recorrida en el vuelo más largo fue de $454'75 \pm 124'10$ m, con un máximo de 2841 m y un mínimo de $3'75$ m y el promedio de la duración total fue de $33'46 \pm 9'91$ min, con un máximo de $255'29$ min y un mínimo de $0'24$ min. Las velocidades media y máxima fueron mucho menos variables. El promedio de la velocidad media fue de $1'77 \pm 0'06$ km/h, con un máximo de $2'77$ km/h y un mínimo de $1'10$ km/h, y la media de la velocidad máxima fue de $2'87 \pm 0'10$ km/h, con un máximo de $5'40$ km/h y un mínimo de $1'90$ km/h.

Al estudiar la influencia del factor sexo sobre los parámetros de vuelo anteriores no se obtuvieron diferencias significativas entre las medias de machos y hembras en ningún caso (tabla 8). Lo mismo ocurrió al analizar posteriormente la influencia de la edad (tres rangos: 1-3 días, 4-11 días y 11-25 días) y de la longitud del insecto (dos rangos: < 20 mm y > 20 mm) (tabla 8).

Tabla 7: Medias, error estándar y valores máximos y mínimos obtenidos para los diferentes parámetros que caracterizan el vuelo de *S. laurasii*. Parámetros: NV: número de vuelos, Dist.T: distancia total recorrida, Dist.VL: distancia vuelo más largo, Dur.T: duración total, VMed: velocidad media y VMáx: velocidad máxima.

Parámetro de vuelo	Total (n =39)			Machos (n =22)			Hembras (n =17)		
	Media ± SE	Máx	Mín	Media ± SE	Máx	Mín	Media ± SE	Máx	Mín
NV	8'72 ± 1'48	36	1	7'77 ± 1'88	30	1	9'94 ± 2'41	36	2
Dist.T (m)	1126'81 ± 353'50	9468	8'25	1502'01 ± 582'75	9468	9'75	641'25 ± 279'15	4144'50	8'25
Dist.VL (m)	454'75 ± 124'10	2841	3'75	586'19 ± 200'06	2841	3'75	284'65 ± 112'81	1543'50	4'50
Dur.T (min)	33'46 ± 9'91	255'29	0'24	42'46 ± 16'03	255'29	0'24	21'82 ± 9'15	142'42	0'29
VMed (km/h)	1'77 ± 0'06	2'77	1'10	1'88 ± 0'09	2'77	1'30	1'63 ± 0'08	2'26	1'10
VMáx (km/h)	2'87 ± 0'10	5'40	1'90	3'05 ± 0'17	5'40	2'06	2'64 ± 0'11	3'60	1'10

Tabla 8: Valores obtenidos para la F de Snedecor, grados de libertad y P-valores en los diversos ANOVAS unifactoriales aplicados para cada parámetro de vuelo. Parámetros: NV: número de vuelos, Dist.T: distancia total recorrida, Dist.VL: distancia vuelo más largo, Dur.T: duración total, VMed: velocidad media y VMáx: velocidad máxima.

Parámetro de vuelo	n =39								
	Sexo			Edad			Longitud		
	F	gl	P	F	gl	P	F	gl	P
NV	1'25	1,37	0'2700	3'17	2,36	0'0640	0'41	1,37	0'5256
Dist.T (m)	0'18	1,37	0'6765	2'08	2,36	0'1399	2'79	1,37	0'1031
Dist.VL (m)	0'47	1,37	0'4980	0'93	2,36	0'4045	0'94	1,37	0'3390
Dur.T (min)	0'06	1,37	0'8003	1'49	2,36	0'2387	2'56	1,37	0'1184
VMed (km/h)	4'84	1,37	0'0641	1'03	2,36	0'3667	0'62	1,37	0'4343
VMáx (km/h)	3'21	1,37	0'0813	0'23	2,36	0'7988	0'97	1,37	0'3319

También se detectó una correlación positiva muy fuerte entre los parámetros distancia total recorrida y distancia del vuelo más largo (regresión lineal: $R^2 = 0,8664$; $F = 237,41$; $gl = 1, 37$; $P < 0,0001$) (figura 16) y entre distancia total recorrida y duración total (regresión lineal: $R^2 = 0,9727$; $F = 1275,48$; $gl = 1, 37$; $P < 0,0001$) (figura17). En cambio, el número de vuelos (regresión lineal: $R^2 = 0,0406$; $F = 1,45$; $gl = 1, 37$; $P = 0,2357$) y las velocidades media (regresión lineal: $R^2 = 0,0419$; $F = 1,78$; $gl = 1, 37$; $P = 0,1904$) y máxima (regresión lineal: $R^2 = 0,1278$; $F = 5,87$; $gl = 1, 37$; $P = 0,0204$) no mostraron correlación con la distancia total recorrida.

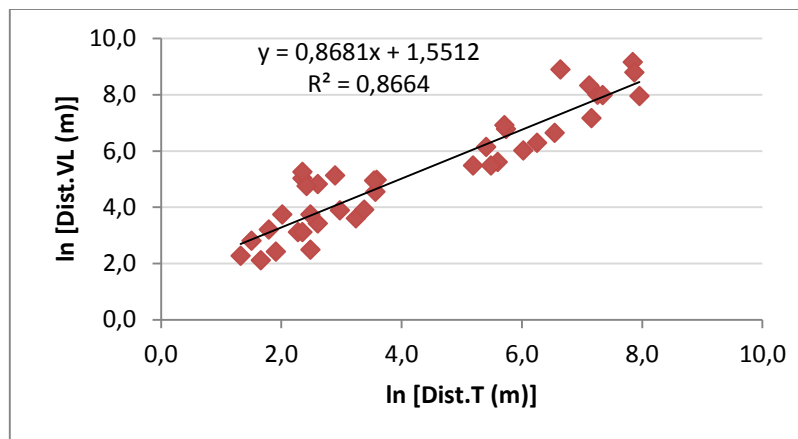


Figura 16: Correlación entre la distancia total recorrida y la distancia del vuelo más largo.

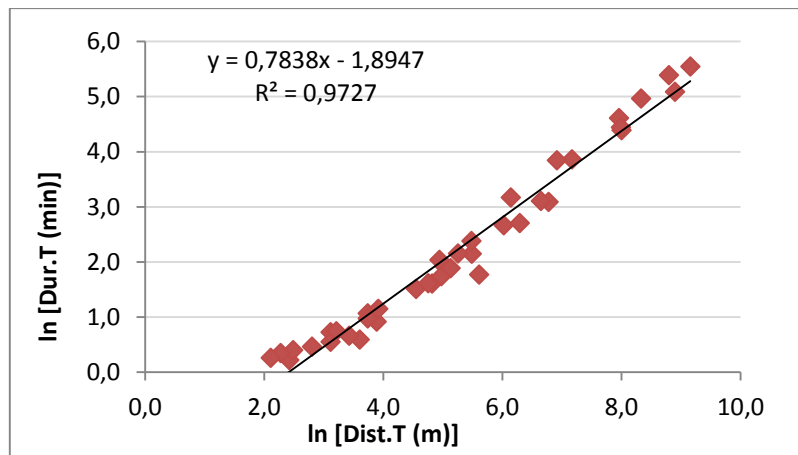


Figura 17: Correlación entre la distancia total recorrida y la duración total.

Clasificación por distancia de vuelo

De acuerdo con la distancia del vuelo más largo se clasificó arbitrariamente a los adultos de *S. laurasii* en tres categorías: individuos que realizaron vuelos de corta

distancia (menos de 100 m), de media distancia (entre 100 y 1000 m) y de larga distancia (más de 1000 m). El 56'41% de los insectos que volaron recorrió menos de 100 m, el 25'64% entre 100 y 1000 m y el restante 17'95% más de 1000 m (figura 18).

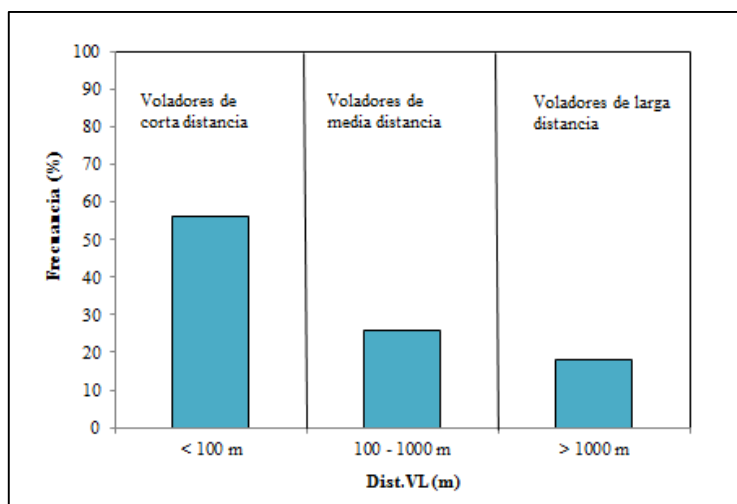


Figura 18: % de adultos de *S. laurasii* que ha volado en cada rango de distancias establecido.

En un 53'85% de los casos la distancia del vuelo más largo (Dist.VL) fue recorrida durante los dos primeros vuelos del insecto registrados por el molinillo y en un 64'10% de los casos los adultos alcanzaron su velocidad máxima durante este vuelo más largo. De hecho, los cinco primeros vuelos del insecto explican el 70'84% de las diferencias obtenidas en la distancia total recorrida por éste (figura 19) (regresión lineal: $R^2 = 0.7084$; $F = 89.87$; $gl = 1, 37$; $P < 0.0001$).

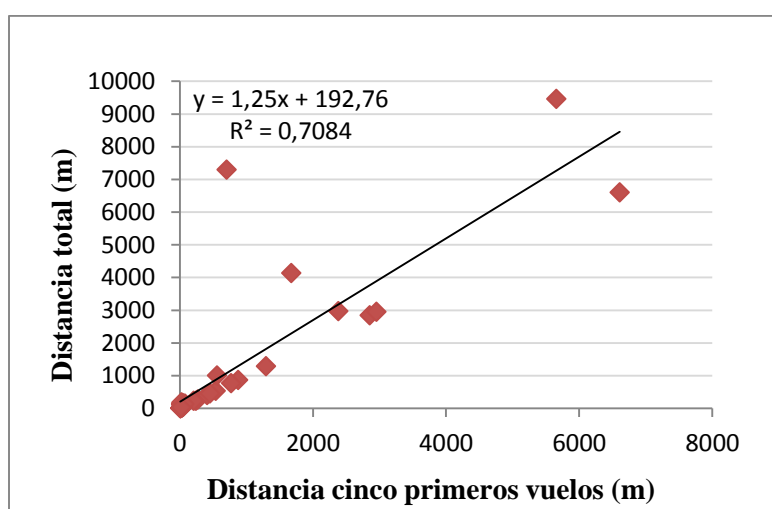


Figura 19: Correlación entre la distancia cubierta en los cinco primeros vuelos y la distancia total recorrida.

5. DISCUSIÓN

La comparación de tamaños y pesos entre adultos de *S. laurasii* mostró diferencias significativas entre sexos. Estas diferencias en la morfología y peso entre sexos han sido ya observadas anteriormente en diferentes estudios realizados con otras especies de coleópteros. Así, que las hembras presenten un tamaño significativamente mayor a los machos también se ha visto en otros cerambícidos, como en *X. arvicola* (Olivier, 1795) (Moreno, 2005) y varias especies del género *Iberodorcadion* (González *et al.*, 2001). También en estudios sobre otras familias de coleópteros se han encontrado diferencias entre el peso y la longitud de los adultos en función del sexo, es el caso, por ejemplo, de *R. ferrugineus* (Ávalos *et al.*, 2014).

Del estudio comparativo de tamaños de adultos, realizado en el presente trabajo, se observa que existe una gran variabilidad en las dimensiones corporales de *S. laurasii*, especialmente en el caso de adultos emergidos de diferentes hospedantes. Esta variabilidad es probablemente debida la gran heterogeneidad existente en la calidad nutritiva de los tejidos leñosos del interior del árbol (Andersen & Nilssen, 1983; Haack & Slansky, 1987). Así, debido a que las larvas de los insectos perforadores de corteza y madera deben alimentarse siempre en el interior de tejidos leñosos su tamaño cuando son adultos es, normalmente, mucho más variable que el de otros insectos de vida libre. Las larvas de *S. laurasii* se alimentan principalmente de la corteza interna, o floema, de diversas cupresáceas y la calidad nutritiva de ésta puede afectar al desarrollo de este perforador, como se ha comprobado que ocurre en el caso de otra especie de su mismo género, *S. japonicus*, que ha sido ampliamente estudiada (Shibata, 1998). El contenido en nitrógeno de la madera es uno de los factores que se ha demostrado que afecta al crecimiento larvario de los insectos perforadores (Baker *et al.*, 1970; Becker, 1977; Hosking & Hutcheson, 1979), al igual que el contenido en agua (Haack & Slansky, 1987). En general, los hospedantes que ofrecen al perforador unas concentraciones mayores de nitrógeno y agua dan lugar a hembras de mayor tamaño, que contribuyen a aumentar y mejorar las cualidades de su progenie (Shibata, 1998; Kato *et al.*, 2000). En un estudio realizado por Shibata (1998), los dos factores anteriores afectaron favorablemente el desarrollo larvario de *S. japonicus* y el posterior peso y tamaño de los adultos. Sin embargo, también se indica que existen muchos otros factores que pueden influir sobre el desarrollo de insectos perforadores, como son el contenido en carbohidratos, diversos nutrientes y minerales o el grosor del propio floema. En el

presente estudio de *S. laurasii* no se ha profundizado en ninguno de los aspectos mencionados y además el número de individuos que se ha podido analizar de otros hospedantes diferentes a *Cupressocyparis leylandii* ha sido muy pequeño. Pero, en base a lo anterior, el menor tamaño obtenido en los adultos emergidos de las especies *C. sempervirens* y *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* parece indicarnos que las trozas utilizadas de estos hospedantes presentaban unas condiciones nutritivas más pobres. Será necesario profundizar en este campo y contar con mayor número de adultos para contrastar estos primeros datos obtenidos.

El estudio biológico de parejas muestra que *S. laurasii* es capaz de iniciar tanto sus cópulas como la puesta de huevos muy pronto tras su emergencia. Por tanto, los adultos no requieren un periodo de madurez sexual cuando abandonan sus cámaras de pupación, sino que parece que éste lo completan durante el tiempo que pasan en el interior de éstas. Este comportamiento también se ha observado en *S. japonicus*, con cópulas inmediatas y un período de preoviposición de apenas 1'9 días, lo que contrasta con otros cerambícidos como *Monochamus alternatus* (Hope, 1842) que tras su emergencia necesita alimentarse en ramas de árboles sanos para adquirir su madurez sexual (Shibata, 1986; Shibata, 1987). Por otro lado, el modo de encuentro observado entre macho y hembra a la hora de realizar la cópula parece bastante característico de este género de cerambícidos, ya que se ha reseñado prácticamente igual en el caso de *S. japonicus* (Fauziah *et al.*, 1992).

El período de oviposición de *S. laurasii* es relativamente corto, al igual que ocurre en *S. japonicus* que en muchos casos no realiza puestas más allá de una semana (Shibata 1987). En otros cerambícidos, en cambio, este periodo es mucho más largo; *Monochamus saltuarius* (Gebler, 1830), por ejemplo, pone huevos durante un tiempo medio de $41'7 \pm 2'6$ días, con un valor mínimo de 15 días y un máximo de 64 (Jikumaru *et al.*, 1994), frente a los 13-15 días de media de *S. laurasii*. La mayoría de hembras de *S. laurasii* estudiadas no han puesto huevos todos los días y el número de huevos por puesta y la fecundidad de cada hembra ha sido muy variable, hecho que también se ha observado en otros cerambícidos como *S. japonicus* (Shibata, 1987; Kato *et al.*, 2000) y *M. saltuarius* (Jikumaru *et al.*, 1994). Los valores obtenidos para el periodo de postoviposición son de pocos días y no difieren excesivamente con lo obtenido para otros cerambícidos como *M. alternatus* y *M. carolinensis*, en los cuales el

período medio de postoviposición fue de $5'0 \pm 1'2$ días y $6'0 \pm 3'3$ días respectivamente (Zhang & Linit, 1998).

En cuanto a la pauta de puesta que el mayor número de huevos sea depositado el primer día no coincide con lo observado en otros cerambícidos. Shibata (1987) reseña un pico máximo de puesta en *M. alternatus* a los 40-50 días tras la emergencia de los adultos, mientras que para *S. japonicus* habla de tres máximos, uno inmediatamente después de la emergencia (que sería equivalente al obtenido para *S. laurasii*), otro a los 7-10 días y un tercero a los 20, tendiendo a reducirse el número de huevos en cada uno de estos picos. El número medio de huevos puestos por *S. laurasii* es muy elevado, acercándose a los 100 huevos por hembra. Lo mismo ocurre en *S. japonicus*, con una media de $90'5$ huevos por hembra, contrastando con el valor de $32'9$ obtenido para *M. alternatus* (Shibata, 1987). Además los porcentajes de eclosión de *S. laurasii* son muy elevados, lo que demuestra una importante resistencia de sus huevos, eclosionando éstos en su mayoría a pesar de haber sido manipulados para su traspaso a las placas de ensayo. En otros cerambícidos estos porcentajes son bastante más reducidos, eclosionando, por ejemplo, un 77% de los huevos en *Phoracantha recurva* (Newman, 1840) y *Phoracantha semipunctata* (Fabricius, 1775) (Bianchi & Sánchez, 2007).

Que las hembras realicen las puestas de huevos en la zona más protegida, que encuentran en las placas utilizadas en los ensayos de laboratorio, coincide con lo ya observado por Shibata (1987) para *S. japonicus*, al igual que la preferencia por depositarlos bajo madera de sus hospedantes si ésta está disponible (Kato *et al.*, 2000). Esta tendencia es lógica ya que se asemeja lo más posible a la pauta normal de puesta en la naturaleza, donde la hembra protege sus puestas de huevos en grietas presentes en la corteza de sus hospedantes.

La gran fecundidad de las hembras de *S. laurasii* en su corto periodo de vida puede ser debida a que así compensan la elevada mortalidad que se ha comprobado en trabajos anteriores (Martínez-Asensio, 2013) que presenta esta especie en fase larvaria. Entre las principales causas de mortalidad larvaria que se citan en el trabajo de Martínez-Asensio (2013) están la producción de canales resinosos por parte del hospedante y la afección por hongos entomopatógenos. En *S. japonicus* también se ha visto que existe un elevado porcentaje de mortalidad larvaria (Shibata, 1987), siendo el principal factor que influye sobre ésta el flujo de resina al que se ven sometidas las larvas cuando penetran en la corteza interna y el cámbium de los árboles para alimentarse. Así, Shibata (1987) ya indicaba que las hembras de *S. japonicus* ponen

gran cantidad de huevos en su corta vida para compensar su mortalidad larvaria mientras que otros cerambícidos, como *M. alternatus*, debido a su menor mortalidad en fase de larva juvenil, no necesitan, y por ello no presentan, una fecundidad tan elevada.

Que el peso de las hembras se correlacione positivamente con el número total de huevos depositado implica que las hembras de mayor peso son capaces de poner más huevos, siendo también mayores las dimensiones de éstos (aunque en el presente estudio no se han medido los huevos visualmente sí se observó este mayor tamaño). Esta correlación también se ha observado en *S. japonicus* (Kato *et al.*, 2000) y parece que este mayor peso y tamaño de la hembra contribuyen a aumentar la supervivencia de sus descendientes. Esto se debe a que huevos más grandes dan lugar a larvas de mayor tamaño y esto repercute favorablemente de cara a poder vencer las barreras de resina que le imponen sus hospedantes (Kato *et al.*, 2000).

La longevidad de los adultos de *S. laurasii* es bastante corta. Este hecho también coincide con *S. japonicus* en el que se han obtenido unos valores medios de vida, en laboratorio, de $15'7 \pm 1'6$ días para machos y de $23'8 \pm 2'8$ días para hembras; además, al contrario que lo obtenido en el presente estudio para *S. laurasii*, la longevidad de las hembras fue mayor que la de los machos (Shibata, 1987). Sin embargo en otro estudio en campo, también de *S. japonicus*, la longevidad fue inferior en las hembras, con una media de apenas 8'4 días de vida frente a 11'8 de los machos (Shibata, 1986). La principal coincidencia de todos estos estudios es que estos valores son bastante menores que los obtenidos para otros cerambícidos; por ejemplo, la longevidad en *M. alternatus* fue de $38'1 \pm 6'8$ días en los machos y de $42'3 \pm 7'6$ días en hembras (Shibata, 1987).

El estudio de parejas, según temperaturas, permite contrastar los primeros datos sobre la biología reproductiva de *S. laurasii* obtenidos a temperatura ambiente, en unas condiciones lo más similares posibles a las que éste se ve sometido en campo (Martínez-Blay, 2011), con el comportamiento que presenta a la temperatura constante de 25°C, valor que ya se aleja un poco de las temperaturas a las que se ve sometido *S. laurasii* en su medio natural.

Los resultados obtenidos ya revelan algunas variaciones importantes en el comportamiento biológico de *S. laurasii*, a pesar de ser pequeña la diferencia entre la media de temperaturas ambientes, 20'28°C, y la temperatura constante de 25°C. A 25°C las hembras realizan menos puestas y más concentradas durante los primeros días, siendo mayor el número de huevos en cada una de estas puestas y reduciéndose significativamente el tiempo de eclosión de éstos. En cambio, a temperatura ambiente el

número de puestas es mayor y más prolongado en el tiempo, siendo menor el número de huevos depositados en cada puesta y tardando más días en eclosionar. Por tanto, a pesar de que el número final de huevos depositados por las hembras y el porcentaje de eclosión de éstos sea muy parecido en ambos casos, la temperatura de 25°C resulta más óptima para el desarrollo de este cerambícido, ya que en estas condiciones las hembras aceleran su pauta de oviposición.

El estudio futuro de la influencia de otras temperaturas, sobre la biología del insecto, podrá explicar cuál es la temperatura óptima de desarrollo de *S. laurasii* y permitirá calcular umbrales por debajo y encima de los cuales se produce el colapso de las actividades del insecto

De momento los resultados a 25°C se asemejan bastante a los datos obtenidos a temperatura ambiente y muestran que rangos de temperaturas entre 20-25°C parecen bastante óptimos para el desarrollo de *S. laurasii*. En *S. japonicus* un estudio de Shibata (1989) indicaba que el movimiento activo del insecto se produce entre temperaturas comprendidas entre 12'3 y 29'1°C, siendo éste más eficaz entre 18-20°C.

Los datos anteriores son de gran ayuda para poner a punto un correcto manejo de la plaga *S. laurasii*. Así, se sabe que este cerambícido tiene un período de oviposición muy corto, pero que en este tiempo es capaz de depositar una gran cantidad de huevos y que el porcentaje de eclosión de éstos es muy elevado. Por tanto, en poco tiempo sus poblaciones son capaces de crecer rápidamente, aunque existen factores importantes de mortalidad, como las barreras de resina de sus hospedantes, que hacen que éstas no se disparen tanto y que deben ser estudiados más a fondo. Asimismo, el tiempo de vida de los adultos es bastante corto, por lo que el periodo en el que se puedan realizar tratamientos de control de estos estados es muy corto. Por otra parte, los tratamientos encaminados al control de los estadios que se desarrollan en el interior del árbol son poco eficaces, como ocurre con la mayoría de insectos perforadores, por lo que, como se ve, el manejo de *S. laurasii* no es sencillo.

La técnica de los molinillos de vuelo es uno de los mejores métodos para analizar el potencial de vuelo de un insecto bajo condiciones de laboratorio (Schumacher *et al.*, 1997). Sin embargo, siempre hay un cierto porcentaje de insectos que no vuela que en el caso de *S. laurasii* ha sido muy elevado, ascendiendo a un 77'06%. Este porcentaje ha sido mucho mayor que el obtenido para otros coleópteros como *Ips sexdentatus*, (Börner, 1776) (Coleoptera: Scolytidae), 31'7%, (Jactel, 1993) o

R. ferrugineus, 35'42% (Ávalos *et al.*, 2014). El elevado porcentaje de insectos no voladores podría deberse a la propia técnica de atado del insecto al molinillo o a posibles deficiencias morfológicas como indican otros autores que han probado este método (Ávalos *et al.*, 2014). Sin embargo, en el caso de *S. laurasii* lo más probable es que simplemente una parte de la población no sea capaz de volar debido a la forma de dispersión, generalmente en focos cercanos y concentrados, que presenta esta especie.

A pesar de que el tamaño y peso de los adultos de *S. laurasii* difiere entre sexos, como se ha analizado en apartados anteriores, el sexo no influyó sobre el potencial de vuelo de los adultos de *S. laurasii* estudiados. Esto podría deberse al estado sexual de los adultos, ya que en este estudio sólo se probaron adultos vírgenes. Otra posibilidad que podría influir es el tipo de señales olfativas que utilizan los insectos para comunicarse con otros individuos de la misma especie. Por el momento se desconoce cómo se produce esta comunicación en *S. laurasii*. Sin embargo sí existen estudios sobre otra especie del mismo género, *S. japonicus*, que muestran dos pasos en su comportamiento reproductivo. Primero, parece que algún tipo de estímulo olfativo es emitido por la hembra y percibido por el macho. Sin embargo, los machos sólo son capaces de reconocer esta señal a menos de 100 cm de distancia de la hembra, lo que sugiere la presencia de una feromona sexual volátil, emitida por éstas, efectiva únicamente a corta distancia. Tras reconocer esta señal y ser guiado hacia los alrededores de la hembra el macho encuentra a ésta mediante contacto directo sobre ella con sus antenas, respondiendo a alguna feromona de contacto presente sobre el cuerpo de la hembra (Fauziah *et al.*, 1992; Kim *et al.*, 1993).

En el presente estudio también se ha observado que en *S. laurasii* el contacto antenal juega un papel muy importante en el momento del inicio de las cópulas. Así, es probable que en esta especie la comunicación entre sexos sea muy similar a la descrita para *S. japonicus*. Este sistema podría explicar que el sexo no influya sobre el potencial de vuelo, ya que al existir una feromona sexual únicamente efectiva a corta distancia el macho no necesita recorrer grandes distancias para buscar a la hembra y aparearse, siendo por tanto su potencial de vuelo similar en ambos sexos. Esto no es lo que ocurre con otras especies que producen feromonas sexuales. En *O. eremita*, por ejemplo, los machos producen la feromona sexual (Larsson *et al.*, 2003) y las hembras tienen un mayor potencial de vuelo (Dubois *et al.*, 2010), mientras que en *C. formicarius* las hembras son las que producen la feromona sexual y los machos presentan un mayor potencial de vuelo (Moriya & Hiroyoshi, 1998). Cuando el tipo de feromonas que

intervienen en la comunicación no son sexuales, sino de agregación, se ha visto que el sexo tampoco influye en el potencial de vuelo. Es el caso por ejemplo de *I. sexdentatus* (Vité et al., 1974; Jactel, 1993) o *R. ferrugineus* (Ávalos et al., 2014).

El tamaño corporal de *S. laurasii* tampoco ha influido en su capacidad de vuelo. Estudios sobre otros coleópteros también han encontrado una ausencia de correlación entre el potencial de vuelo y los parámetros utilizados para describir las dimensiones corporales del insecto; es el caso de *I. sexdentatus* (Jactel, 1993) e *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Scolytidae) (Botterweg, 1982) o de *R. ferrugineus* (Ávalos et al., 2014).

La edad de los adultos de *S. laurasii* ha influido sobre el porcentaje de insectos que han sido capaces o no de volar. Sin embargo, no ha afectado posteriormente el potencial de vuelo de los adultos que sí han volado. El porcentaje de insectos voladores de 1-3 días de edad ha sido significativamente menor que el de los 4-10 días y éste a su vez ha sido significativamente mayor que el porcentaje de insectos que han volado de 11-25 días de edad. Es posible que el menor porcentaje de vuelo entre 1-3 días de edad se deba a que los insectos recién emergidos no tengan todavía terminada de desarrollar la musculatura necesaria para volar y que el nuevo descenso a partir de los 11 días de vida sea consecuencia de que el insecto ya esté entrando en un período de senescencia debido a la corta longevidad de la especie, como muestran apartados anteriores del presente estudio. En otros coleópteros también se han obtenido resultados similares. En *R. ferrugineus*, por ejemplo, el porcentaje de insectos que vuela en el rango de 1-7 días de edad es significativamente menor que el de adultos de 8-23 días, no habiéndose comprobado qué ocurre con adultos de más de 23 días de vida (Ávalos et al., 2014) y en *Ophraella communa* (LeSage, 1986) (Coleoptera: Chrysomelidae) el porcentaje de insectos voladores se incrementa entre 1-5 de edad y después permanece estabilizado y elevado hasta la senescencia del insecto (Tanaka & Yamanaka, 2009).

Los resultados obtenidos para los parámetros de vuelo en el presente estudio muestran que *S. laurasii* tiende a volar poco y cuando lo hace es generalmente a corta distancia. Un 56'41% de los adultos que volaron lo hizo a una distancia menor a 100 m. El hecho de que algunos adultos tengan la capacidad de volar distancias superiores a 1000 m indica que una parte de la población siempre tiene un mayor potencial para contribuir a la dispersión de la plaga.

En estudios en campo con marcaje, suelta y recaptura de adultos de *S. japonicus* se ha visto que el movimiento de esta especie es poco frecuente, tendiendo los adultos a

permanecer en el árbol del que emergen o siendo recuperados, también asiduamente, en árboles a no más de 2 m de distancia. Este reducido movimiento resulta en una distribución bastante agregada de la plaga, especialmente al inicio del periodo de emergencia de adultos, cuando aparecen mayoritariamente los machos (Shibata, 1983; Shibata, 1986). Además, al desplazarse entre árboles las distancias medias de dispersión fueron de apenas 9'2 m para machos y 16'3 m para hembras, con un valor máximo de 150 m. Únicamente una parte muy pequeña de la población, 1'3% de los machos y 3% de las hembras estudiadas, se trasladó a otras masas cercanas de cupresáceas. Así, los adultos de esta especie tienden a permanecer en el árbol del que emergen y a dispersarse generalmente a cortas distancias dentro de la masa de árboles atacada. Así, la plaga se dispersa desde los árboles atacados inicialmente hacia los vecinos, resultando en una infestación agrupada por el movimiento restrictivo de esta especie (Shibata, 1986).

Linsley (1959) señala que la mayoría de especies de cerambícidos necesitan como prerrequisito tras su emergencia alimentarse para una correcta maduración sexual, siendo este el caso, por ejemplo, de *M. alternatus*. Sin embargo, los adultos de *S. japonicus* no necesitan desplazarse tras su emergencia en busca de alimento para madurar sexualmente, sino que son capaces de copular y comenzar la puesta de huevos muy temprano tras su emergencia. Este hecho podría explicar la falta o reducida dispersión de esta especie (Shibata, 1983; Shibata, 1986).

Los resultados que muestra el molinillo de vuelo para *S. laurasii* revelan datos muy similares a los obtenidos en campo para la especie cercana *S. japonicus*. Así, del mismo modo que lo descrito para *S. japonicus* es probable que el bajo porcentaje de vuelo y dispersión de los adultos de *S. laurasii* sea debido también a que no deben desplazarse tras su emergencia para buscar alimento y alcanzar la madurez sexual, pues ésta ya la han completado en el interior de sus cámaras de pupación.

Por último, debe tenerse en cuenta que los datos obtenidos sobre la capacidad de vuelo de un insecto bajo condiciones de laboratorio no deben interpretarse como un reflejo exacto del comportamiento del insecto en su hábitat natural. Estos datos deben emplearse como complementarios a los que se puedan obtener en campo. Las experiencias realizadas hasta el momento con *S. laurasii* revelan que es un insecto muy difícil de recapturar en su medio natural, siendo en la mayoría de casos nula su recuperación. Por este motivo, todos los resultados obtenidos son nuevos para esta especie, siendo esta primera información sobre la capacidad de vuelo y dispersión de *S. laurasii* muy útil de cara al manejo de la plaga.

6. CONCLUSIONES

1. Existe una gran heterogeneidad de tamaños y pesos entre los adultos de *S. laurasii*, especialmente si éstos proceden de diversos hospedantes. Además, estos parámetros difieren entre sexos, siendo significativamente mayor el tamaño y el peso de las hembras con respecto al de los machos.
2. *S. laurasii* es capaz de iniciar sus cópulas y la puesta de huevos muy temprano tras su emergencia, no requiriendo un periodo específico para alcanzar su madurez sexual.
3. El periodo de oviposición de *S. laurasii* es muy corto. Sin embargo, en este tiempo las hembras son capaces de poner una cantidad de huevos muy elevada y el porcentaje de eclosión de éstos es prácticamente del 100%.
4. A 25°C las hembras de *S. laurasii* realizan menos puestas, y más concentradas durante los primeros días, que a temperatura ambiente, siendo mayor el número de huevos en cada una de estas puestas y reduciéndose significativamente el tiempo de eclosión de éstos.
5. Las hembras de mayor peso son capaces de poner un mayor número de huevos y éstos, generalmente, son de mayor tamaño. Este hecho parece contribuir favorablemente a la supervivencia de sus descendientes.
6. La longevidad de los adultos de *S. laurasii* es relativamente baja, con valores inferiores a un mes de vida, y significativamente mayor en machos que en hembras. Estos valores de longevidad concentran el manejo de la plaga, en estado adulto, en un período de tiempo muy corto.
7. Apenas un 22'94% de los adultos probados en el molinillo de vuelo ha sido capaz de volar. Esta tendencia de *S. laurasii* a volar poco corrobora su tipo de dispersión agregada y en focos cercanos. Los individuos que vuelan generalmente lo hacen a cortas distancias, inferiores a 100 m. Una pequeña parte de la población es capaz de volar y dispersarse a distancias superiores a 1000 m.
8. La edad de los adultos de *S. laurasii* influye en sus aptitudes de vuelo, siendo mayor el porcentaje de insectos capaces de volar de entre 4 a 10 días de edad.
9. El sexo no influye sobre la capacidad de vuelo de los adultos de *S. laurasii*. Esto puede deberse al estado sexual de los adultos estudiados (vírgenes) o al tipo de señales olfativas que utiliza esta especie para comunicarse.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO, L.O., 1996. Nota faunística (Coleoptera). Bol. SEA, 15: 69.
- ALTHOFF, J. & DANILEVSKI, M.L., 1997. A checklist of longicorn beetles (Coleoptera, Cerambycoidea) of Europe. Slovensko entomološko društvo Štefana Michielija, Ljubljana. 64 pp.
- ANDERSEN, J. & NILSEN, A.C. 1983. Intrapopulation size variation of free-living and tree-boring Coleoptera. Can. Entomol., 115: 1453-1464.
- ÁVALOS, J.A., MARTÍ-CAMPOY, A. & SOTO, A. 2014. Study of the flying ability of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) adults using a computer-monitored flight mill. Bulletin of Entomological Research, available on CJO2014, doi: 10.1017/S0007485314000121.
- BAKER, J. M., LAIDLAW, R.A. & SMITH, G.A. 1970. Wood breakdown and nitrogen utilisation by *Anobiurn punctatum* Deg. feeding on Scots pine sapwood. Holzforshung, 24: 45-54.
- BECKER, G. 1977. Ecology and physiology of wood destroying Coleoptera in structural timber. Mater. Org., 12: 141-160.
- BENSE, U., 1995. Longhorn Beetles. Illustrated key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe. Margraf ed. Weikershim. pp. 253-254.
- BIANCHI, M. & SÁNCHEZ, A., 2007. Biología de *Phoracantha recurva* Newman y *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae) en laboratorio sobre dieta natural: *Eucalyptus* ssp. globulus. Bol.San. Veg. Plagas, 33: 71-78.
- BOTTERWEG, F.P. 1982. Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. J. Appl. Entomol., 94: 466-489.
- CHEN, H., KAUFMANN, C. & SCHERM, H., 2006. Laboratory evaluation of flight performance of the plum curculio (Coleoptera:Curculionidae). Journal of Economic Entomology, 99: 2065-2071.
- CONSELLERIA D'AGRICULTURA I PESCA DEL GOVERN DE LES ILLES BALEARS, 2006. Butlletí de Sanitat Vegetal, núm. 02/06. Abril 2006.
- CONSELLERIA D'INFRAESTRUCTURES, TERRITORI I MEDI AMBIENT. GENERALITAT VALENCIANA, 2013. Prospección *Semanotus laurasii*. Disponible en: <<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?accesible=0&idioma=C&Nodo=52465>> [Consulta: 12 de junio de 2014].

- COOTER, R.J.**, 1993. The Flight Potential of Insect Pests and its Estimation in the Laboratory: Techniques, Limitations and Insights. South Benfleet, Central Association of Beekeepers, Thorpe Bay, United Kingdom, 24 pp.
- COOTER, R.J. & ARMES, N.J.**, 1993. Tethered flight technique for monitoring the flight performance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Environmental Entomology, 22: 339-345.
- DE LA ROSA, J.J.**, 2005. Aportaciones al conocimiento de la fauna de cerambycoides de la Comunidad de Madrid y territorios limítrofes (II) (Coleoptera: Cerambycidae). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 36: 355-356.
- DUBOIS, G.F., VERNON, P. & BRUSTEL, H.**, 2009. A flight mill for large beetles such as *Osmoderma eremita* (Coleoptera: Cetoniidae); pp. 219-224 in Buse, J. (Ed.) Saproxyllic Beetles –Their Role and Diversity in European Woodland and Tree Habitats. Lüneberg, Germany, Pensoft Publishers.
- DUBOIS, G.F., LE GOUAR, P.J., DELETTRE, Y.R., BRUSTEL, H. & VERNON, P.**, 2010. Sex-biased and body condition dependent dispersal capacity in the endangered saproxyllic beetle *Osmoderma eremita* (Coleoptera: Cetoniidae). Journal of Insect Conservation, 14: 679-687.
- ECHEVARRÍA, J.M. & PLAZA, J.**, 2006. Nuevos hallazgos de *Semanotus laurasii* (Lucas, 1851) (Cerambycinae, Callidiini) en la Sierra de Guadarrama. Bol. S.E.A., 39: 417-418.
- FAUNA EUROPAEA**, 2014. Fauna Europaea version 2.4. Web service available online at <<http://www.faunaeur.org>> [Consulta: 12 de junio de 2014].
- FAUZIAH, B.A., TABATA, K., ITO, K., TAKAHASHI, S. & TOSHITAKA, H.** 1992. Mating Behaviour of the Cryptomeria Bark borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae). Appl. Entomol. Zool., 27(1): 19-30.
- GONZÁLEZ, C. F.**, 2002. Catálogo de los Cerambycidae (Coleoptera) de Aragón. Catalogus de la entomofauna aragonesa, 27: 3-43.
- GONZÁLEZ, C.F., GONZALO, I. & VELASCO, P.**, 2001. *Iberodorcadion* (*Hispanodorcadion*) *mosqueruelense* var. *pseudomolitor* (Escalera, 1902), propuesta de nuevo status (Cerambycidae: Dorcadionini). ZAPATERI Revta. aragon. ent., 9: 59–64.
- GONZÁLEZ, C.F.; VIVES, E. & DE SOUSA, A.J.**, 2007. Nuevo catálogo de los Cerambycidae (Coleoptera) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Atlánticas:

Canarias, Açores y Madeira. Monografías Sociedad Entomológica Aragonesa, vol 12. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza. 136 pp.

- HAACK, R.A. & SLANSKY, F.** 1987. Nutritional ecology of wood-feeding Coleoptera, Lepidoptera, and Hymenoptera, pp. 449-486. In: F. Slansky, Jr. & J. G. Rodriguez [eds.], Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. Wiley, New York.
- HANKS, L.M.** 1999. Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles. *Annu. Rev. Entomol.*, 44: 483-505.
- HOSKING, G.P., & HUTCHESON, J.A.** 1979. Nutritional basis for feeding zone preference of *Arhopalus ferus* (Coleoptera: Cerambycidae). *N.Z. J. For. Sci.*, 9: 185-192.
- HUGHES, J. & DORN, S., 2002.** Sexual differences in the flight performance of the oriental fruit moth, *Cydia molesta*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 103: 171-182.
- JACTEL, H.,** 1993. Individual variability of the flight potential of *Ips sexdentatus* Boern. (Coleoptera: Scolytidae) in relation to day emergence, sex, size, and lipid content. *The Canadian Entomologist*, 125: 919-930.
- JKUMARU, S., TOGHASI, K., TAKETSUNE, A. & TAKAHASHI, F.,** 1994. Oviposition Biology of *Monochamus saltuarius* at a Constant Temperature. *Appl. Entomol. Zool.*, 29(4): 555-561.
- KATO, K., YAMADA, H. & SHIBATA, E.** 2000. Role of female adult size in reproductive fitness of *Semanotus japonicus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 35(3): 327-331.
- KEENA, M.A.** 2002. *Anaplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) fecundity and longevity under laboratory conditions: comparison of population from New York and Illinois on *Acer saccharum*. *Environ. Entomol.*, 31: 490-498.
- KIM, G-A., TAKABAYASHI, J., TAKAHASHI, S. & TABATA, K.** 1993. Function of Contact Pheromone in the Mating Behaviour of the Cryptomeria Bark Borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 28(4): 525-535.
- LARSSON, M.C., HEDIN, J., SVENSSON, G.P., TOLASCH, T. & FRANCKE, W.,** 2003. Characteristic odor of *Osmoderma eremita* identified as a male-released pheromone. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 575-587.

- LEVEILLÉ, A.**, 1872. *Sympiezocera Laurasi* rencontré dans la forêt de Fontainebleau. Annales de la Société Entomologique de France, 5 (2): Bull. LXVII.
- LINSLEY, E.G.**, 1959. Ecology of Cerambycidae. Ann. Rev. Entomol., 4: 99-138.
- LU, W., WANG, Q., TIAN, M.Y., XU, J. & QIN, A.Z.** 2011. Phenology and laboratory rearing procedures of an Asian longicorn beetle *Glenea cantor* (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae). J. Econ. Entomol., 104: 509-516.
- LUCAS, H.**, 1851. *Sympiezocera laurasii*. Annales de la Société Entomologique de France, 2 (9): Bull. CVII.
- LUNA, A. & COBOS, F.** 2011. Nuevos registros de *Semanotus laurasii* (Lucas, 1852) (Coleoptera: Cerambycidae) para Granada (Andalucía, España). Bol. SAE., 18: 25-31.
- MARTIN, J.**, 1878. La larva de *Sympiezocera laurasi*. Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, Actas, 8: 44.
- MARTÍN, A.**, 2003. Plagas secundarias de cupresáceas ornamentales. La Cultura del Árbol, Revista de la Sociedad Española de Arboricultura, 35: 19-22.
- MARTINEZ, M. & LARUE, P.**, 1980. Un nouveau ravageur des thuyas dans le Sud-Ouest de la France. Phytoma, 322: 21-23.
- MARTÍNEZ-ASENSIO, O.**, 2013. Estudio preliminar sobre aspectos biológicos de *Semanotus laurasii* (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae) que inciden en el comportamiento de sus poblaciones. Trabajo Investigación. Doctorado Recursos y Tecnologías Agrícolas. Universidad Politécnica de Valencia. España. 36 pp.
- MARTÍNEZ-ASENSIO, O.; LABORDA, R.; RAGA, F.; VALVERDE, P. & SOTO, A.**, Octubre 2009. Distribución y desarrollo estacional de *Semanotus laurasii* (Lucas, 1852) (Coleoptera: Cerambycidae) en cupresáceas de espacios verdes. Póster. VI Congreso Nacional de Entomología Aplicada. XII Jornadas Científicas de la SEAA.
- MARTÍNEZ-BLAY, V.**, 2011. *Semanotus laurasii* (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae): Aspectos biológicos, morfométricos y evaluación de métodos de control. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia. España. 74 pp.
- MONREAL MONTOYA, J.A.**, 2010. Contribución al estudio de los Coleoptera (Buprestidae y Cerambycidae) xilófagos de árboles forestales en la provincia de Albacete. Foresta. Especial Castilla La Mancha, 47 y 48: 259-263.

- MORENO, C.M.**, 2005. *Xylotrechus arvicola* (Olivier, 1795) (Coleoptera Cerambycidae): descripción morfológica, ciclo biológico, incidencia y daños en el cultivo de la vid. Tesis doctoral. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL). España. 191 pp.
- MORIYA, S. & HIROYOSHI, S.**, 1998. Flight and locomotion activity of the sweetpotato weevil (Coleoptera: Brentidae) in relation to adult age, mating status and starvation. *Journal of Economic Entomology*, 91: 439-443.
- MOUSSION, G.**, 1988. Que faire contre le dépérissement des thuyas causé par les insectes xylophages. *Phytoma*, 402: 61-64.
- MUÑOZ, C.; PÉREZ, V; COBOS, P.; HERNÁNDEZ, R. & SÁNCHEZ, G.**, 2003. Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 576 pp.
- NAVES, P.M.; SOUSA, E. & RODRIGUES, J.M.**, 2008. Biology of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera, Cerambycidae) in the Pine Wilt Disease Affected Zone, Southern Portugal. *Silva Lusitana* 16 (2): 133-148.
- OUTERELO, R.; GAMARRA, P.; HERNÁNDEZ, J.M. & MARÍN, J.F.**, 11 al 14 de septiembre de 2006. Datos sobre la biología de *Semanotus laurasii* (Coleoptera, Cerambycidae). Póster. XII Congreso Ibérico de Entomología, Universidad de Alicante.
- PÉREZ-LÓPEZ, F.J. & HERNÁNDEZ-RUIZ, J.A.**, 1998. Nuevos datos para el conocimiento de la Cerambicidofauna de la provincia de Granada (Coleoptera: Cerambycidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 22 (3-4): 249-251.
- PÉREZ-MORENO, I.; MORENO GRIJALBA, F. & RODRÍGUEZ SALDAÑA, P.C.**, 2004. Nuevos datos sobre cerambícidos de La Rioja (España) (Coleoptera, Cerambycidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 35: 295-296.
- PÉREZ-VALCÁRCEL, J. & PRIETO, F.** 2013. Notas sobre coleópteros gallegos. II. Nuevos registros de cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) para Galicia (N.O. de la Península Ibérica). *Arquivos Entomológicos*, 9: 87-88.
- PICARD, F.**, 1929. Coleoptera, Cerambycidae. En: *Faune de France*, vol. 20. Ed. Lechevalier. Paris. pp. 90-91

- RECALDE, J. I.; BREGAÑA, M. & SAN MARTÍN, A. F.,** 1997. Nuevos datos sobre la fauna Navarra de longicornios (Coleoptera: Cerambycidae & Vesperidae). Zapateri Revista aragonesa de Entomología, 7: 191-207.
- SAMBONET, I.,** 2011. Prospección del coleóptero *Semanotus laurasii* (Lucas, 1851) (Coleoptera: Cerambycidae) en cupresáceas de la zona norte de Valencia. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia. España. 74 pp.
- SARVARY, M.A., HIGHT, S.D., CARPENTER, J.E., BLOEM, S., BLOEM, K.A. & DORN, S.,** 2008. Identification of factors influencing flight performance of field-collected and laboratory-reared, overwintered, and non overwintered cactus moths fed with field-collected host plants. Environmental Entomology, 37: 1291-1299.
- SCHUMACHER, P., WEYENETH, A., WEBER, D.C. & DORN, S.,** 1997. Long flights in *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) measured by a flight mill: influence of sex, mated status and age. Physiological Entomology, 22: 149-160.
- SHIBATA, E.,** 1983. Seasonal Changes and Spatial Patterns of adult Populations of the sugi Bark Borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae) in Young Japanese Cedar Stands. Appl. Ent. Zool., 18 (2): 220-224.
- SHIBATA, E.,** 1986. Adult populations of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae) in Japanese cedar stands: population parameters, dispersal and spatial distribution. Res. Popul. Ecol., 28: 253-266.
- SHIBATA, E.** 1987. Oviposition schedules, survivorship curves, and mortality factors within trees of two cerambycid beetles (Coleoptera: Cerambycidae), the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope, and sugi bark borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire. Res. Popul. Ecol., 29: 347-367.
- SHIBATA, E.** 1989. The Influence of Temperatura upon the activity of the Adult Sugi Bark Borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae). Appl. Ent. Zool., 24(4): 321-325.
- SHIBATA, E.** 1998. Effects of Japanese Cedar Inner Bark Nutritional Quality on Development of *Semanotus japonicus* (Coleoptera: Cerambycidae). Environ. Entomol., 27 (6): 1431-1436.

- TANAKA, K. & YAMANAKA, T.,** 2009. Factors affecting flight activity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), an exotic insect in Japan. *Environmental Entomology*, 38: 235-241.
- VITÉ, J.P., BAKKE, A. & HUGES, B.A.,** 1974. Sex attractant of bark beetles, *Ips sexdentatus*. *Naturwissenschaften*, 61: 365-366.
- TIBERGHIE, G.,** 1987. Observations sur les Coléoptères de la chaîne pyrénéenne et régions limitrophes. *Munibe Ciencias Naturales*, 39: 65-74.
- UHAGÓN, S.,** 1881. La *Sympiezocera Laurasi* Luc. en España. *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*, 10: 35.
- VERDUGO, A.,** 2004. Los cerambícidos de Andalucía (Coleoptera: Cerambycidae). *Monográfico Sociedad Andaluza Entomología*, 1: 1-148.
- VILLALVA, S.** 2005. Plagas y enfermedades de jardines (2ª edición). Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 356 pp.
- VILLIERS, A.,** 1978. Faune des Coléoptères de France I. Cerambycidae. Ed. Lechevalier. Paris. 611pp.
- VIVES, E.,** 1984. Cerambícidos (Coleoptera) de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Treballs del Museu de Zoologia de Barcelona*, 2: 1-137.
- VIVES, E.,** 2000. Coleoptera, Cerambycidae. En: *Fauna Ibérica*, vol. 12. Ramos M. A. *et al.* (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 716 pp.
- VIVES, E.,** 2001. Atlas fotográfico de los cerambícidos ibero-baleares. Argania editio, S. C. P. Barcelona. 287 pp.
- ZHANG, X. & LINIT, M.J.,** 1998. Comparison of Oviposition and Longevity of *Monochamus alternatus* and *M. carolinensis* (Coleoptera:Cerambycidae) Under Laboratory Conditions. *Environ. Entomol.* 27(4): 885-891.
- ZHANG, Y., WANG, L., WU, K., WYCKHUYS, K.A.G. & HEIMPEL, G.E.,** 2008. Flight performance of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) under different temperatures and humidity regimens. *Environmental Entomology*, 37: 301-306.