

Estudio de la capacidad de vuelo a larga distancia de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795). (Coleoptera: Cerambycidae) en un mosaico agro-forestal

D. GALLEGO, F. J. SÁNCHEZ-GARCÍA, H. MAS, M. T. CAMPO, J. L. LENCINA

Se pretende estimar la capacidad de dispersión a larga distancia de adultos de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795) extraídos de su población y liberados en una zona no forestal. Se ha realizado una experiencia de captura-marcado-recaptura de adultos de *Monochamus galloprovincialis* en un paisaje de matriz agrícola de secano (cereal y viñedos) con un mosaico forestal en el que predomina el pinar de *Pinus halepensis* Mill., formando manchas de extensión variable. Se instalaron 17 trampas Crosstrap (Econex) cebadas con atrayente cairo-feromonal de *M. galloprovincialis* (SEDEQ), entre el 1 de julio y 30 de octubre de 2011. Las trampas se instalaron en manchas de bosque y en árboles dispersos en zonas agrícolas, la distancia mínima entre trampas fue de 632 m, y la media 4.853 m, por lo que se estima que no debe producirse efecto sumidero y los insectos pueden volar libremente por la zona de estudio. Se estableció un punto de suelta en una zona agrícola, aproximadamente en el centroide del polígono formado por las trampas. La trampa más próxima se encontraba a 2.089 m, la más alejada a 8.317 m, siendo la distancia media de 3.565 m. Las trampas se revisaron dos veces por semana, los insectos vivos eran transportados a laboratorio, marcados con una etiqueta numerada y liberados en el punto de suelta al atardecer del mismo día o al día siguiente. Se capturó un total de 594 ejemplares de *M. galloprovincialis*, de los cuales pudieron ser marcados y liberados 418. De estos, se recapturaron 47 ejemplares (11,24%). Un ejemplar fue recapturado en la trampa más alejada (8.317 m). El mayor número de recapturas, ocho, se registró en una trampa situada a 2.785 m del punto de suelta, siendo el tiempo medio de recaptura en esta trampa de 8,13 días. Las trampas fuera de manchas forestales no recapturaron ningún ejemplar. La relación entre la distancia y el número medio de recapturas no se ajusta a la función de dispersión típica (exponencial negativa), indicando que todas las recapturas se corresponden con eventos de dispersión a larga distancia. Los resultados indican que los adultos de *M. galloprovincialis* extraídos de su población y posteriormente liberados en entornos no forestales son capaces de dispersarse a larga distancia, según la dirección del viento dominante, siendo capaces de localizar plumas de feromona a larga distancia y desplazarse volado contra vientos de baja intensidad, hasta caer en las trampas. Con algo menor frecuencia vuelan con viento a favor hacia masas forestales donde posteriormente son capaces de encontrar plumas de feromona a corta distancia dentro de la masa.

D. GALLEGO, M. T. CAMPO. Unidad de Salud de los Bosques, Servicio de Gestión y Protección Forestal, Dirección General de Medio Ambiente, Consejería de Presidencia de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. E-mail: dgallego@um.es

F. J. SÁNCHEZ-GARCÍA, J. L. LENCINA. Departamento de Zoología y Antropología Física, Universidad de Murcia. E-mail: jllg@um.es

H. MAS. Laboratori de Sanitat Forestal, CIEF- Banc de Llavors, Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient, Generalitat Valenciana. E-mail: lab_pla_gas.ctv@gva.es

Palabras clave: *Bursaphelenchus xylophilus*, *Pinus halepensis*, captura-recaptura, Crosstrap, feromona.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con GONZÁLEZ *et al.* (2007), el género *Monochamus* (Coleoptera, Cerambycidae) se compone en la península Ibérica de dos especies: *Monochamus sutor* Linneo 1758, y *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795). *M. sutor* es una especie de dominio paleártico, llegando hasta Japón por Siberia. En la península Ibérica es una especie rara que se distribuye únicamente por Pirineos y sus estribaciones. La segunda especie *M. galloprovincialis* es mucho más común y se encuentra distribuida en el área circummediterránea, Europa central, Cáucaso, Siberia, Mongolia y China. En la península Ibérica vive sobre prácticamente todas las especies de *Pinus*, e incluso *Abies* y *Picea*.

El estudio de este género de coleópteros ha despertado un gran interés en la última década ya que sus especies son los únicos vectores conocidos del nematodo del pino *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Bührer) Nickle. Las especies del género *Monochamus*, y especialmente *M. galloprovincialis*, son de hábitos secundarios que buscan pinos muy debilitados y preferentemente colonizados por escolítidos (VIVES, 2000). De hecho el complejo de sustancias con mayor actividad atractiva incluye dos compuestos caíromonales emitidos por el hospedador (α -pineno y metil-butenol) y una caíromona emitida por escolítidos del género *Ips* y *Orthotomicus* (ipsenol) de acuerdo con PAJARES *et al.* (2004) e IBEAS *et al.* (2007). Estos trabajos han permitido desarrollar un atrayente caíromonal muy eficaz en la captura de *M. galloprovincialis*, mejorado posteriormente con el descubrimiento de una feromona de agregación emitida por los machos de esta especie (PAJARES *et al.*, 2010). Con ello pudo desarrollarse y comercializarse un cebo caíro-feromonal (SEDQ, Barcelona) que permite una alta tasa de capturas de ambos sexos de *M. galloprovincialis* durante prácticamente todo su periodo de vuelo.

Al disponer de este cebo se han podido realizar numerosos estudios encaminados a

averiguar aspectos relevantes sobre la biología de *M. galloprovincialis*, sobre todo en lo relativo a su distribución y comportamiento de vuelo, como el publicado por HERNÁNDEZ *et al.* (2011). Estos autores, de acuerdo con las propuestas metodológicas de ÁLVAREZ *et al.* (2010), para Taller sobre Complejos Feromonales de Insectos Forestales, auspiciado por Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, aportaron resultados de experiencias realizadas durante dos años en espacios forestales de montaña, en los que se pusieron a prueba las técnicas de marcaje-recaptura de *M. galloprovincialis*. Estas técnicas se han probado extensamente desde hace décadas para estudiar procesos de dispersión de especies de plantas y animales (NATHAN *et al.*, 2003), así como para estudiar movimientos individuales y capacidades de dispersión a larga distancia (KOEING *et al.*, 1996).

HERNÁNDEZ *et al.* (2011) obtuvieron porcentajes de recaptura del entre el 3,85 y el 11,18% de los insectos liberados, con una media de 6,78% de recapturas, resultando unos pocos insectos recapturados hasta dos veces. Estos autores registraron distancias máximas de vuelo de 7,1 km. Sus resultados muestran que un buen porcentaje de imagos volaron más de 3 km, incidiendo en que se superaron las distancias marcadas en los programas de erradicación de *B. xylophilus* en España (Junta de Extremadura, 2008; Xunta de Galicia, 2010).

El presente trabajo, utilizando técnicas de marcaje-recaptura, pretende aportar datos relativos al conocimiento del comportamiento del vuelo a larga distancia de adultos *M. galloprovincialis* en mosaicos agro-forestales, y el papel que ciertos factores ambientales como la topografía o el viento pueden tener en la modulación de dicho vuelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una experiencia de captura-marcaje-recaptura de adultos de *Mono-*

chamus galloprovincialis en una zona de estudio (38° 37' 9.29" N; 1° 22' 28.56" E) ubicada en la porción norte del término municipal de Jumilla (Murcia, S.E. España) en un paisaje de matriz agrícola de secano (cereales y viñedos) con un mosaico forestal en el que predomina el pinar de *Pinus halepensis* en estado de latizal, formando manchas de extensión variable. Se instalaron 17 trampas Crosstrap (Econex, Murcia) (Figura 1) cebadas con atrayente caíro-feromonal de *M. galloprovincialis* (SEDEQ, Barcelona). El experimento se mantuvo entre el 1 de julio y 30 de octubre de 2011. Las trampas se instalaron colgadas de ramas de los árbo-

les o entre dos árboles, de modo que el tarro de capturas quedaba 1,5 m sobre el suelo. Los atrayentes se reemplazaron según las indicaciones del fabricante. Para poder capturar los insectos vivos, las trampas Crosstrap se dotaron de tarros de captura de 1 l con recubrimiento deslizante y con fondo de malla de acero inoxidable (Econex, Murcia), no habiéndose usado ningún tipo de insecticida ni conservante. El tratamiento deslizante impide la trepa de los insectos por las paredes del tarro y por tanto su escape. La malla metálica proporciona la suficiente aireación e impide la acumulación del agua de lluvia.

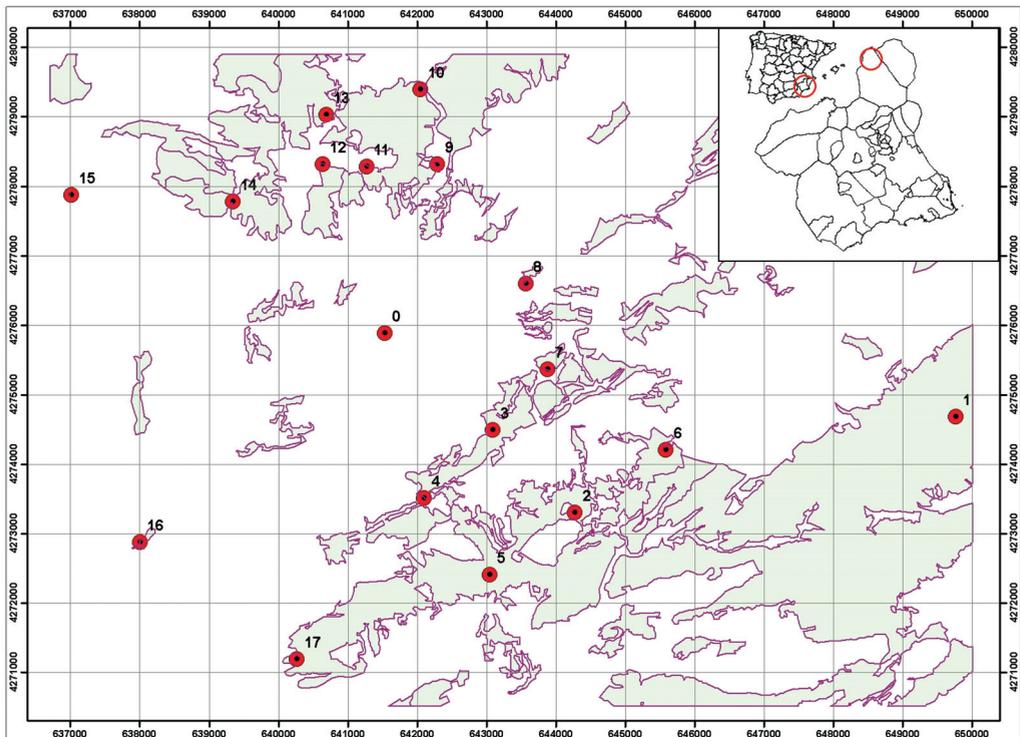


Figura 1. Ubicación de las trampas y el punto de suelta (punto 0). Con sombreado verde se representan las manchas forestales en la matriz del paisaje agrícola (áreas blancas)

Las trampas se instalaron en manchas de bosque y en árboles dispersos en zonas agrícolas, la distancia mínima entre trampas fue de 632 m, y la media 4853 m, por lo que se estima que no debió producirse efecto sumidero y los insectos pudieron volar libremente por la zona de estudio. Se estableció un punto de suelta en una zona agrícola, aproximadamente en el centroide del polígono formado por las trampas (Figura 1).

En la Tabla 1 se muestran las distancias entre las trampas y el punto de suelta, así como la altitud de los mismos. La trampa más próxima se encontraba a 2.110 m, la más alejada a 8.339 m, siendo la distancia media al punto de suelta de 3.398 m. Las trampas se revisaron dos veces por semana, los insectos vivos y vigorosos fueron transportados a laboratorio y marcados con una etiqueta numerada, de acuerdo con la metodología propuesta por HERNÁNDEZ *et al.* (2011). El marcaje se realizó con etiquetas de marcado de reinas de *Apis mellifera* Linnaeus 1758, utilizadas en apicultura (Figura 2). Para la fijación de la etiqueta se utili-

zó un pegamento de cianoacrilato con consistencia de gel. Los insectos se inmovilizaron con frío para permitir la aplicación del pegamento y la etiqueta. La etiqueta se ubicó tanto en la parte proximal del élitro izquierdo como en el pronoto.

Los insectos marcados fueron liberados en el punto de suelta al atardecer del mismo día o al del día siguiente. Se capturó un total de 594 ejemplares de *M. galloprovincialis*, de los cuales pudieron ser marcados y liberados 418 ejemplares. Al final de la experiencia se observó que algunas etiquetas se desprendían, como ya observó HERNÁNDEZ *et al.* (2011), de modo que, a partir de esa fecha, se procedió a revisar todos los insectos capturados en busca de restos de pegamento. Se pudieron identificar 8 insectos con restos de pegamento pero sin etiqueta.

A fin de intentar entender la distribución de las recapturas se realizó un estudio de la facilitación del vuelo de los insectos para alcanzar las diferentes trampas desde el punto de suelta, en función de la topografía de la zona y en función de los vientos. Para ello

Tabla 1. Distancia entre las trampas y el punto de suelta (Trampa 0), así como la altitud y la posición en el rumbo colateral respecto al punto de suelta de cada uno de las trampas

Trampa	Distancia (m)	Altitud (m)	Rumbo colateral
0		739	
1	8.339,59	979	E
2	3.781,41	787	SE
3	2.110,46	762	SE
4	2.449,26	733	S
5	3.800,31	745	SE
6	4.408,29	802	SE
7	2.430,10	750	E
8	2.177,01	758	NE
9	2.550,39	792	N
10	3.351,79	818	N
11	2.403,13	805	N
12	2.584,13	796	NW
13	3.250,76	833	NW
14	2.875,13	761	NW
15	4.945,36	740	NW
16	4.641,34	669	SO
17	4.876,39	684	S



Figura 2. Aspecto de ejemplares de *M. galloprovincialis*, sin marcar y marcados con etiquetas identificativas individualizadas

se usaron técnicas de cálculo de cuencas visuales, determinadas mediante la topografía, mediante la función *Viewshed* de ArcGis 9.x. Se calculó la cuenca visual desde el punto de suelta, a 1.5 y 10 m de altura sobre el suelo, utilizando como base un DTM con un detalle de 1 m, disponible en: <http://www.murcianatural.carm.es/natmur08/>. A partir de esta cuenca se pudieron evaluar los impedimentos topográficos. Para el estudio de vientos se accedió a la información de la estación agrometeorológica automática más cercana, perteneciente a la red del SIAM: la estación JU42-Tobarrillas (<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:1:3209513988824366>). Se descargó la información relativa a velocidad media diaria y dirección dominante del viento para cada día durante todo el periodo de estudio. Con estos datos se elaboró una rosa de los vientos, utilizando la extensión *Climatol* de R (R Development Team, 2009; GUIJARRO, 2009).

Posteriormente se realizó un estudio de la correlación entre el número de recapturas en las trampas ubicadas en los ocho rumbos colaterales de la rosa de los vientos (Tabla 1) y el número de días en que soplaron vientos desde esos ocho rumbos, mediante el índice de correlación de Pearson usando R (R Development Team, 2009).

RESULTADOS

Se ha recapturado un total de 47 ejemplares, lo que representa un 11,24% del total de insectos liberados. De estos, seis ejemplares se recapturaron sin etiqueta, pero mostrando restos de pegamento, por lo que en estos seis casos no puede conocerse el tiempo utilizado en recorrer la distancia entre la trampa y el punto de suelta. Otro ejemplar se recapturó en una trampa perteneciente a la red ESFP de la Región de Murcia (ESFP 20) localizada a 2.392 m del punto de suelta. Esta trampa se encuen-

tra cebada con α -pineno, etanol (Econex, Murcia) y feromona de *Ips sexdentatus* (Borner 1776) (SEDEQ, Barcelona), no conteniendo feromona de *M. galloprovincialis*, por lo que la atracción a esta trampa se estima mucho menor, de acuerdo con PAJARES *et al.* (2010). En la Tabla 2 se relaciona el número de recapturas por trampa, ordenadas en función de la distancia al punto de suelta. El valor medio de recapturas por trampa es de 2,76 ejemplares.

Un ejemplar fue recapturado en la trampa más alejada (8.317 m). El mayor número de recapturas, con un total de ocho, se registró en una trampa situada a 2.875 m del punto de suelta, siendo el tiempo medio de recaptura en esta trampa de 8,13 días (Tabla 3). Las trampas fuera de manchas forestales (15 y 16) no recapturaron nada, aunque sí registraron unas pocas capturas de ejemplares (Figura 3).

Tabla 2. Número de recapturas por trampa, ordenadas según la distancia

Trampa	Distancia	Recapturas
3	2.110,46	7
8	2.177,01	6
11	2.403,13	5
7	2.430,10	4
4	2.449,26	6
9	2.550,39	3
12	2.584,13	0
14	2.875,13	8
13	3.250,76	3
10	3.351,79	0
2	3.781,41	0
5	3.800,31	2
6	4.408,29	1
16	4.641,34	0
17	4.876,39	0
15	4.945,36	0
1	8.339,59	1
ESFP20	2.392,30	1

Tabla 3. Número medio de días que tardaron los insectos en ser recapturados, por trampa, ordenado según la distancia

Trampa	Distancia	Tiempo medio (días)
3	2.110,46	12,6
8	2.177,01	13
ESFP20	2.391,51	10
11	2.403,13	13
7	2.430,1	11
4	2.449,26	19,5
9	2.550,39	15,7
12	2.584,13	0
14	2.875,13	8,1
13	3.250,76	33
10	3.351,79	0
2	3.781,41	0
5	3.800,31	0
6	4.408,29	13
1	8.339,59	0

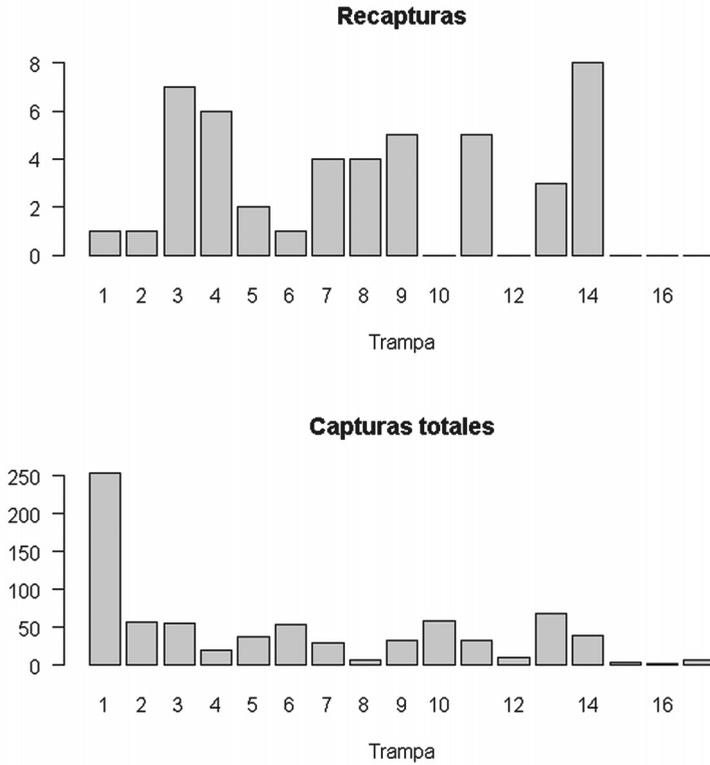


Figura 3. Gráficos de barras relativos al número de individuos de *M. galloprovincialis* capturados y recapturados, en función de la trampa

El número medio de días que tardaron en ser recapturados tras la liberación resultó muy variable (Tabla 3), oscilando entre algo más de 8 y 33 días, sin relación aparente con la distancia a la que se encuentra la trampa, de acuerdo HERNÁNDEZ *et al.* (2011). El mayor tiempo de recaptura fue de 48 días para un insecto liberado el 7 de julio y recapturado el 24 de agosto en la trampa 13, situada a 3.251 m del punto de suelta. Un ejemplar fue recapturado, liberado y vuelto a recapturar. En la primera ocasión fue recapturado en una trampa situada a 2.437 m, tardando como máximo 4 días en ser recapturado. En la segunda ocasión recorrió al menos 3.556 m hasta la trampa en que fue recapturado, invirtiendo como máximo 7 días en el recorrido. La mínima distancia

acumulada para este insecto fue como mínimo 5.993 m en 11 días.

Tampoco existe relación aparente entre el número de capturas totales por trampa y el número de recapturas (Figura 3), de modo que no son las trampas que más capturan las que registran un mayor número de recapturas (Índice de correlación de Pearson = -0,07). Si se exceptúa la trampa 1, por ser la más alejada, situada en una zona forestal más extensa, y en donde se registran casi la mitad de las capturas, tampoco puede observarse relación aparente entre un mayor número de capturas y recapturas, aunque la correlación aumenta (Índice de correlación de Pearson = 0,22).

La dinámica de capturas y recapturas tampoco mantiene una relación aparente

(Figura 4) aunque parecería existir una cierta relación inversa, recapturándose más ejemplares en el tercio final del periodo de estudio, cuando comienzan a des-

cender las capturas. Esto podría estar relacionado con la acumulación de ejemplares liberados desde el principio del periodo de estudio.

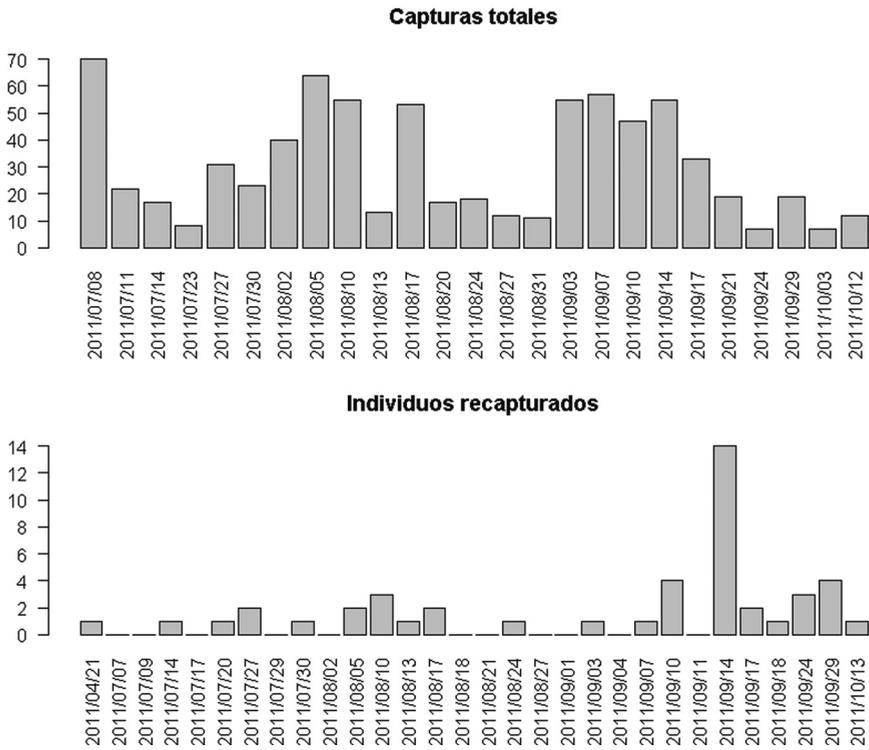


Figura 4. Gráficos de barras relativos al número de individuos de *M. galloprovincialis* capturados y recapturados, en función de la fecha

Si se estudia la relación entre los lotes de individuos liberados, entendiéndose por lote el grupo de individuos liberados en una fecha concreta, y los individuos recapturados de cada lote (Figura 5), puede observarse que si bien los lotes de individuos liberados tienen claramente que ver con la dinámica de capturas, las recapturas de insectos esos lotes mantienen una tendencia independiente. De este modo, en el 50% de los lotes se recapturan entre uno y tres insectos mientras que en el 43% de los lotes no se recapturó ningún individuo marcado, habiendo de re-

cordar que al menos seis individuos se recapturaron sin etiqueta, por lo que sí es posible que existieran recapturas que hayan pasado desapercibidas. Tan solo del 7% de los lotes se recapturan más de cuatro ejemplares.

Se ha realizado una acumulación de recapturas en función de la distancia (Figura 6) agrupando las trampas en cuatro grupos: menos de 2.500 m, entre 2.500 y 3.500 m, entre 3.500 y 4.500 m y superiores a 4.500 m. El patrón de recapturas en función de la distancia no se ajusta a una distribución exponen-

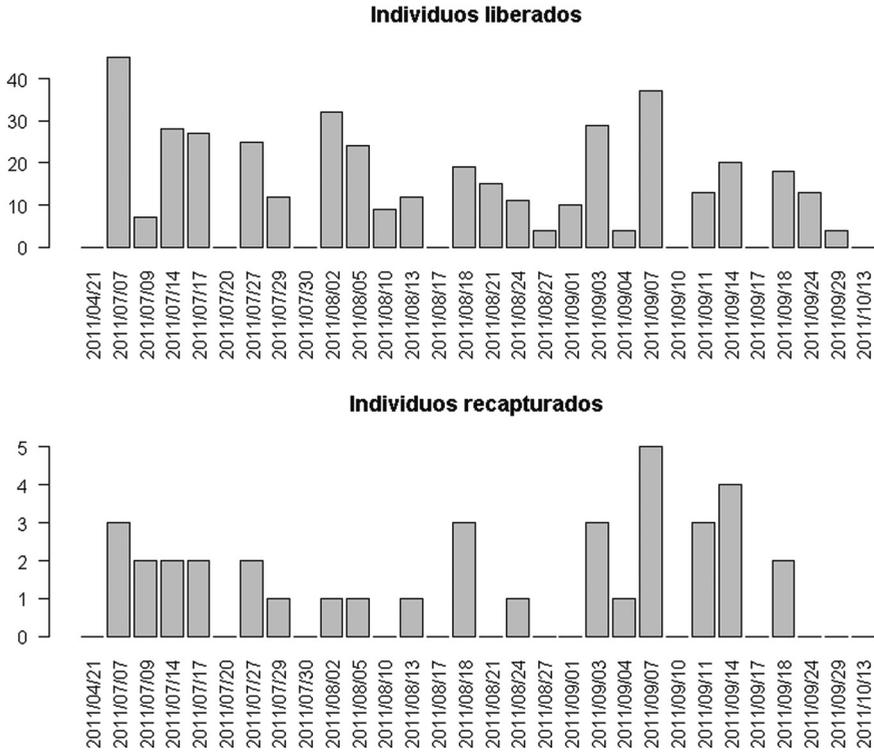


Figura 5. Gráficos de barras relativos al número de individuos de *M. galloprovincialis* capturados y recapturados de cada lote (fecha de captura)

cial, propia de un proceso de dispersión de insectos a corta distancia. El patrón obtenido es más de tipo unimodal, con máxima acumulación de recapturas en trampas situadas entre 3.500 y 4.500 m. También es muy clara la presencia de un sesgo en la direccionalidad de las capturas (Figura 7).

El estudio de facilitación topográfica de la dispersión de los insectos recapturados mediante metodologías de cuenca visual (Figura 8) indica que no existe impedimento topográfico entre el punto de suelta y las trampas 3, 7, 11, 13 y 1, mientras que todas las demás quedan ocultas desde dicho punto. Todas estas trampas han registrado capturas por encima de la media (7, 4, 5, 3 ejemplares, respectivamente), salvo la trampa 1, en contacto visual pero muy alejada del punto de suelta, en la que solo se registró una re-

captura. El valor medio de las capturas en las trampas sin impedimento topográfico es de 4 ejemplares. Este valor duplica el valor medio de las capturas registradas en las trampas ubicadas en puntos con impedimento topográfico, con un valor de 2,23. Este valor medio se ha calculado sobre muestras aleatorias de 5 trampas, repitiéndose este proceso 1.000 veces y calculando la media sobre el millar de valores.

De cualquier modo existen trampas ocultas con capturas muy altas, que pueden ser explicadas a partir de la información aportada por la rosa de los vientos calculada (Figura 9, derecha). Los vientos durante el periodo de estudio han soplado con mayor frecuencia del SE y del E. Se ha encontrado una correlación relativamente baja (Índice de correlación de Pearson = 0,312)

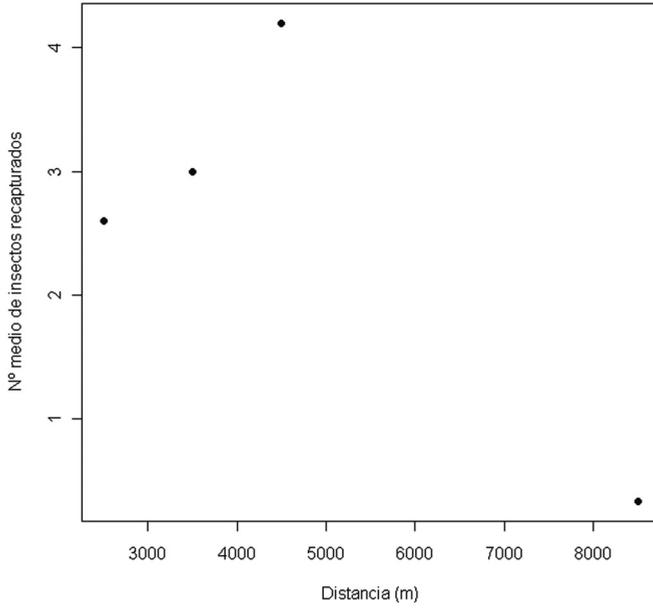


Figura 6. Número medio de *M. galloprovincialis* recapturados en trampas agrupadas en clases de distancia (< 2.500 m; entre 2.500 y 3.500 m; entre 3.500 y 4.500 m; > 4.500 m)

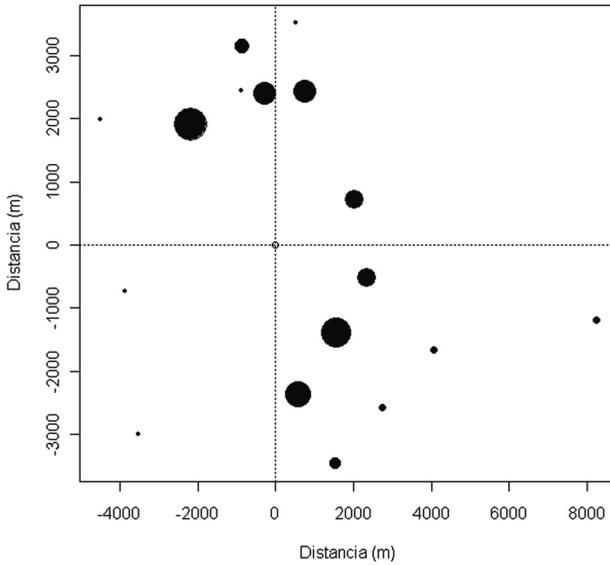


Figura 7. Distribución espacial del n.º de *M. galloprovincialis* recapturados (círculos negros), en relación al punto de suelta (circunferencia central). La parte superior de la gráfica coincide con el norte geográfico. El tamaño de los círculos es proporcional al n.º de recapturas (desde 0 a 8 recapturas)

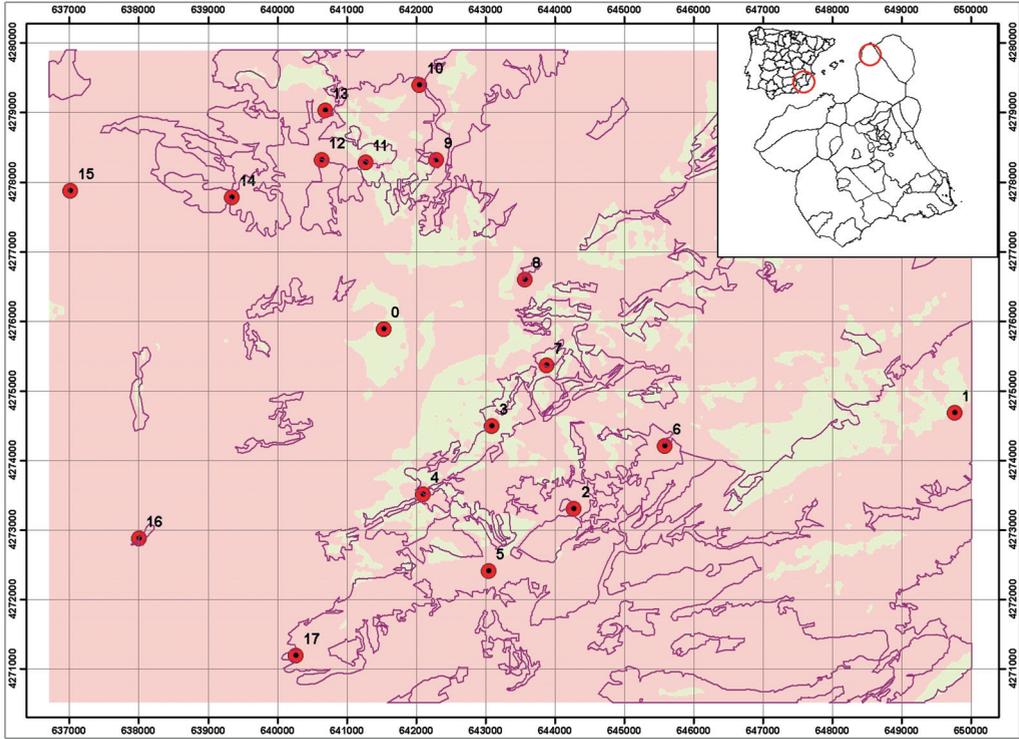


Figura 8. Mapa de accesibilidad visual desde el punto de suelta (0) a las trampas. En verde las zonas con conectividad visual a 1,5 m de altura, en rosa las zonas con impedimento topográfico

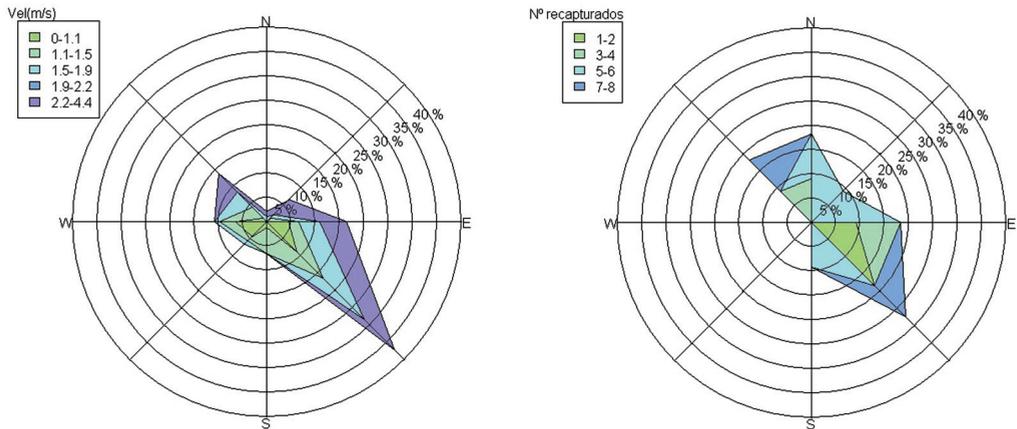


Figura 9. Izquierda: rosa de los vientos mostrando las frecuencias y velocidades del viento durante el periodo de estudio. Derecha: frecuencias de recapturas de insectos según los ocho rumbos colaterales, durante el periodo de estudio

entre el rumbo colateral de los vientos y el número de capturas en las trampas situadas a sotavento de esos rumbos (Figura 9, izquierda). El número medio de días por recaptura fue algo más alto pero con mucha

mayor variabilidad en las trampas situadas a barlovento (16,56 días) que en las trampas situadas a sotavento del punto de suelta (12,62 días), como se ilustra en la Figura 10.

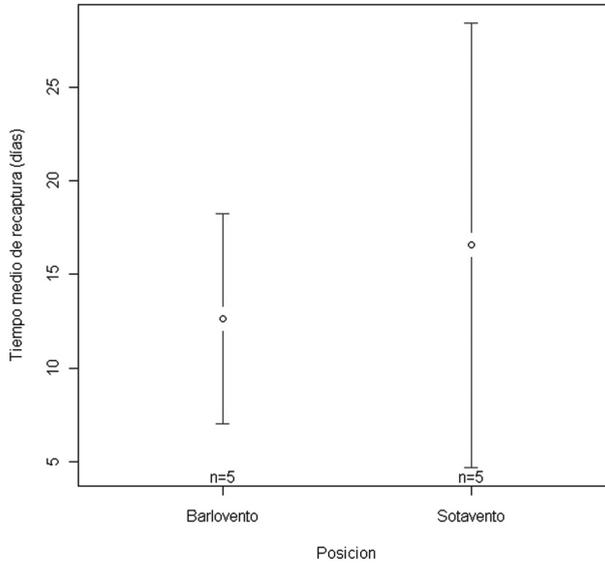


Figura 10. Representación gráfica de la media y el intervalo de confianza del número medio de días entre la suelta y la recaptura en función de ubicación de las trampas a sotavento o barlovento del punto de suelta, para el viento dominante del SE

DISCUSIÓN

HERNÁNDEZ *et al.* (2011) demostraron la alta capacidad del vuelo de los ejemplares adultos y, en menor medida, juveniles de *M. galloprovincialis* en medios forestales de montaña continuos, a partir de uno o varios puntos de suelta. También encontraron una clara relación positiva entre el número de recapturas y las distancias de las trampas al punto de suelta, siendo más frecuentes las capturas a distancias menores a 1.000 m. Es posible que estas trampas más cercanas puedan ejercer un efecto sumidero de modo que es más probable que un insecto encuentre una pluma de feromona de una trampa cercana que de otra más alejada. En nuestra

experiencia se ha intentado eliminar ese factor de efecto sumidero, colocando las trampas en un radio muy alejado, superior a 2.000 m del punto de suelta y con distancias entre ellas de más de 650 m.

Se ha recapturado un 11,08% de los ejemplares marcados y liberados de *M. galloprovincialis*, todos a distancias superiores a 2.159 m. Esta tasa de recaptura se sitúa en la parte superior de la horquilla de proporción de recapturas registradas en HERNÁNDEZ *et al.* (2011) y aproximadamente el doble de las registradas por MAS y PÉREZ-LAORGA (2011), del 5,27%. El porcentaje de recapturas registrado en nuestro estudio es aproximadamente la mitad de los aportados en los estudios de ÁLBAREZ *et al.* (2011),

entre 19,5 y 29,1%, debiendo tener en cuenta que la distancia máxima en que se situaron las trampas fue 750 m en una malla regular muy densa. Para alcanzar estas distancias los individuos han necesitado recorrer distancias superiores a los 2.000 m a través de espacios agrícolas. Un ejemplar con la etiqueta perdida recorrió al menos 8.317 m a través de espacios agrícolas y forestales. Otro ejemplar recapturado dos veces recorrió una distancia mínima acumulada de 5.993 m en 11 días. Ocho ejemplares fueron capturados a 3.760 m del punto de suelta tardando un tiempo medio de 8 días en recorrer al menos esa distancia. Con estos datos puede confirmarse que los adultos de *M. galloprovincialis* poseen suficiente capacidad de dispersión para recorrer sin problemas distancias medias de al menos 3.133 m en un corto espacio de tiempo.

Tampoco se ha podido encontrar relación entre el número total de capturas y el número de recapturas, es decir, las trampas que más insectos capturan no son las que posteriormente más recapturan. Esto indica que si bien algunas trampas capturan más insectos, bien porque las poblaciones son localmente mayores (por mejores condiciones de hábitat), bien por que las trampas capturan más por estar facilitadas topográficamente (mayor difusión de la pluma), una vez que los insectos son extraídos del bosque, no poseen capacidad de volver a su lugar de origen a larga distancia. Por el contrario, el comportamiento parece indicar que vuelan en cualquier dirección hasta localizar masas forestales, al azar o facilitados por vientos, como se discutirá adelante, hasta localizar las plumas de feromona. Las trampas ubicadas en terrenos no forestales, aunque fijadas sobre pinos (trampas 15 y 16) no han registrado ninguna recaptura, aunque esto pueda deberse a diferentes factores, como la dirección de los vientos dominantes.

En la mitad de los casos se han recapturado entre uno y tres insectos por cada lote liberado, con independencia del tamaño del lote. En el 45% de los lotes no se ha recapturado ningún insecto, pudiendo estar esto

relacionado con la pérdida de la etiqueta. Al final del periodo de estudio se observó por casualidad los restos de pegamento sobre la cutícula de insectos recapturados sin etiqueta, habiéndose contabilizado seis ejemplares en este estado. Muy posiblemente esta pérdida haya ocurrido desde el comienzo de la experiencia, por lo que se habrán perdido muchas recapturas.

En las experiencias realizadas por ÁLVAREZ *et al.* (2010), el patrón de las recapturas ajusta claramente al patrón de dispersión exponencial negativo. En cambio, en nuestros resultados es destacable que el patrón de recapturas por clases de distancias (Figura 6) no se ajusta a un patrón de dispersión a corta distancia (TURCHIN y THONEY, 1993, DRAG *et al.*, 2011). Estos resultados son más coherentes con eventos de dispersión a larga distancia (NATHAN *et al.*, 2003), lo que indicaría que en nuestra experiencia se ha forzado la capacidad de vuelo a larga distancia de los insectos liberados. Es sorprendente que hayan podido alcanzarse un relativamente alto porcentaje de recapturas, como se ha discutido anteriormente, lo que indica que al menos el 11% de adultos de *M. galloprovincialis* están capacitados para desarrollar eventos de vuelo a larga distancia, en los que pueden saltar áreas con hábitats no apropiados, en este caso áreas agrícolas.

La presencia de sesgos en la dispersión, como se muestra en la Figura 7, indica que existen otros factores ambientales que determinan la facilidad de los ejemplares para localizar las plumas de feromona y ser recapturados, de acuerdo con TURCHIN y THONEY (1993) como se discutirá seguidamente.

La topografía de la zona de estudio facilita las recapturas en trampas sin impedimento topográfico desde el punto de suelta, aunque parece existir una mayor relación entre el número de recapturas y el rumbo de los vientos durante el periodo de estudio, tanto a sotavento como a barlovento del punto de suelta. Se ha podido establecer una cierta relación positiva entre el rumbo del viento y el mayor número de recapturas en las tram-

pas situadas a barlovento del punto de suelta (SE y E). Esto puede estar relacionado con una alta capacidad de localización de plumas de feromona arrastradas por el viento a larga distancia (> 2 km), siendo capaces de volar contra el viento hasta localizar la fuente de emisión. La velocidad media del viento no ha superado los 4,4 m/s, siendo la más frecuente por debajo de 2 m/s. Nuestros resultados indican que esta velocidad, un ejemplar en buen estado de vigor puede volar contra el viento al localizar una pluma de feromona. Con menor frecuencia, los insectos volaron a sotavento del punto de suelta (N, NW y NE). En las trampas situadas a sotavento, las capturas están menos correlacionadas con el rumbo del viento que en las trampas situadas a barlovento. Además, el número medio de días en que los insectos fueron recapturados es menor y menos variable en las trampas a barlovento que en las de sotavento. Esto podría estar relacionado con que ese vuelo a sotavento es menos dirigido, al no localizar las plumas de feromona,

llegando a la masa forestal por cualquier punto y localizando posteriormente las plumas a corta distancia, lo que resulta mucho más aleatorio y por tanto variable.

A modo de conclusión puede indicarse que todo indica que adultos de *M. galloprovincialis* extraídos de su población y posteriormente liberados en entornos no forestales relacionan su vuelo con la dirección del viento dominante, siendo capaces de localizar plumas de feromona a larga distancia y desplazarse volado esas largas distancias contra vientos de baja intensidad. Con algo menor frecuencia vuelan con viento a favor hacia masas forestales donde posteriormente son capaces de encontrar plumas de feromona a corta distancia ya dentro de la masa.

AGRADECIMIENTOS

A Josefina y Pedro Luis Martínez, por facilitar la instalación de algunas de las trampas en terrenos de su propiedad.

ABSTRACT

GALLEGO, D., F. J. SÁNCHEZ-GARCÍA, H. MAS, M. T. CAMPO, J. L. LENCINA. 2012. Long distance ability of *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795). (Coleoptera: Cerambycidae) in a agro-forest mosaic. *Bol. San. Veg. Plagas*, **38**: 109-123.

The present work aims estimate the long-distance dispersion ability behaviour of adults of *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795) released at a non-forest area. We was performed an experience of capture-mark-recapture of *M. galloprovincialis* in a *Pinus halepensis* Mill. forest mosaic landscape into an agricultural matrix (wheat and grapes). We used 17 traps Crosstrap (ECONEX) baited with kairo-pheromonal attractant of *M. galloprovincialis* (SEDQ), between July 1 and October 30, 2011. The traps were installed in forest patches and in scattered trees in agricultural areas. The minimum distance between traps was 632 m, and the average distance was 4853 m, so it we estimated that there should be no sink effect and insects can fly freely across the study area. We established a release point in the agricultural area, approximately at the centroid of the polygon formed by the nearest traps. The closer trap to the release point was located at 2089 m, and at 8317 m the farthest, the average distance was 3565 m. The traps was censused three times a week, the live insects were transported to the laboratory, marked with a numbered tag and released at the release point in the evening the same day or the next day. We captured 594 specimens of *M. galloprovincialis*, which could be tagged and released 418 specimens, which 47 specimens were recaptured (11.24%). An insect was recaptured at the farthest trap (8317 m). The highest number of recaptures, eight, was recorded in a trap located at 2785 m from of the release point, with an average time of recapture of 8.13 days. The traps out of forest spots do not recaptured any specimen. The relationship between distance and the average number of recaptures does not fit the typical dispersal curve (negative exponential), indicating that all recaptures possibly correspond to long-distance dispersal events. We observed a directional bias in recaptures, possibly related with the influence of

some environmental factors in the recapture spatial distribution. The results indicate that adults of *M. galloprovincialis* taken from its population and subsequently released in a non-forest area were able to disperse over long distances, according to the prevailing wind direction. The insects being able to locate pheromone plumes and fly long distances with wind-blown of low intensity, whereas, in a less frequent events they fly downwind to forests.

Key words: *Bursaphelenchus xylophilus*, *Pinus halepensis*, capture-recapture Cross-strap, pheromone.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, G., SÁNCHEZ, E., MARTÍN, A., PÉREZ, G., ETXEBESTE, I., PAJARES, J. A. 2010. Resultados preliminares de ensayos de captura masiva de *Monochamus galloprovincialis* y dispersión II. VI Taller sobre Complejos Feromonales de Insectos Forestales. Valencia. http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/sanidad-forestal/VI_taller_feromonas.aspx.
- DRAG, L., HAUCK, D., POKLUDA, P., ZIMMERMANN, K., CIZEK, L. 2011. Demography and dispersal ability of a threatened saproxylic beetle: a mark-recapture study of the Rosalia longicorn (*Rosalia alpina*). *Plos one*, **6**: 1-8.
- GONZÁLEZ C. F., VIVES, E. Y. & DE SOUSA ZUZARTE, A. J. 2007. *Nuevo catálogo de los Cerambycidae (Coleoptera) de la Península Ibérica, islas Baleares e islas atlánticas: Canarias, Açores y Madeira*. Monografías S.E.A., vol. 12. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, 136 pp.
- GUIJARRO, J. A. 2009. climatol: Some Tools for Climatology. R package version 1.0.3.1. <http://webs.ono.com/climatol/climatol.html>
- IBEAS, F., GALLEGO, D., DÍEZ, J. J., PAJARES, J. A. 2007. An operative kairomonal lure for managing pine sawyer beetle *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *J. Appl. Ent.*, **131**: 13-20.
- JUNTA DE EXTREMADURA 2008. Resolución de 20 de noviembre de 2008, de la Dirección General de Explotaciones Agrarias y Calidad Alimentaria, por la que se adopta la medida fitosanitaria consistente en la tala y destrucción de todas las plantas susceptibles situadas en el polígono de actuación especificado en el Anexo, con relación al foco contaminado por el nematodo de la madera del pino *Bursaphelenchus xylophilus* (Steineret Buhner) Nickle *et al.* en determinada área forestal del término municipal de Villanueva de la Sierra, previamente declarado por esta Dirección General.
- KOEING, W. D., VAN VUREN, D., HOOGE, P. N. 1996. Detectability, philopatry, and the distribution of dispersal distances in vertebrates. *Trends Ecol. Evol.*, **11**: 514-517.
- MAS, H., PÉREZ-LAORGA, E. 2011. Resumen del estudio de la capacidad de vuelo del vector del nematodo del pino (*Monochamus galloprovincialis*) y de su dispersión a través de su captura-recaptura mediante trampas cebadas con atrayentes feromonales y cairaomonal. Año 2010. VI Taller sobre Complejos Feromonales de Insectos Forestales. Valencia. http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/sanidad-forestal/VI_taller_feromonas.aspx
- NATHAN, R., PERRY, G., CRONIN J. T., STRAND, A. E., CAIN, M. L. 2003. Methods for estimating long-distance dispersal. *Oikos*, **103**: 261-273.
- PAJARES, J. A., IBEAS, F., DIEZ, J. J., GALLEGO, D. 2004. Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semiochemicals. *J. Appl. Ent.*, **128**: 633-638.
- PAJARES, J., ÁLVAREZ, G., IBEAS, F., GALLEGO, D., HALL, D. R., FARMAN, D. I. 2010. Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *J. Chem. Ecol.*, **36**: 570-583.
- XUNTA DE GALICIA 2011. Plan de acción para la erradicación y el control del nematodo de la madera del pino (*Bursaphelenchus xylophilus*) en el área demarcada de "As Neves" (Pontevedra), Comunidad Autónoma de Galicia (España).
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>.
- TURCHIN, P., THONEY, W. 1993. Quantifying dispersal of southern pine beetles with mark-recapture experiments and a diffusion model. *Ecological app.*, **3**: 187-188.
- VIVES, E. 2000. Insecta, Coleoptera, Cerambycidae. Serie Fauna Ibérica, Vol. 12. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.

(Recepción: 26 marzo 2012)

(Aceptación: 20 abril 2012)