



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-464

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Influencia de la estructura de la masa en la densidad poblacional de *Monochamus galloprovincialis*

MAS I GISBERT, H.¹, GALLEGO, D.², ROVIRA, J.³, PÉREZ-LAORGA, E.³, ETXEBESTE, I.⁴

¹ Laboratori de Sanitat Forestal. CIEF. Avda.Comarques del País Valencià, 114, 46930, Quart de Poblet (València) Vaersa-Generalitat Valenciana. hugo.mas@gmail.com

² Econex S.L.

³ Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural (Generalitat Valenciana)

⁴ Neiker-Tecnalia Arkaute, Nekazal eta elikadura campusa, 01192 Gasteiz, Araba. inaki@goisolutions.net

Resumen

La expansión natural de la enfermedad conocida como el marchitamiento del pino, causada por *Bursaphelenchus xylophilus*, está limitada por la densidad de hospedantes adecuados y las poblaciones del vector, en Europa, el cerambícido *Monochamus galloprovincialis*. Dos experimentos de captura-marcado-recaptura de *M. galloprovincialis* fueron realizados de manera simultánea en dos masas forestales, de características diferentes y a 7 Km de distancia entre sí, en los términos municipales de Llucena del Cid y Atzeneta del Maestrat (Castelló) entre los meses de junio y noviembre de 2010 con el objetivo de analizar la influencia de las características de la masa forestal en la densidad de población de *M. galloprovincialis*. Los modelos ajustados mostraron que la densidad de población de *M. galloprovincialis* es mayor en la masa forestal madura, continua y en contacto directo con los límites de incendios recientes que en la repoblación joven, no naturalizada, aislada, y sin afección de incendios previos. Asimismo, se demostró que la relación existente entre las capturas de *M. galloprovincialis* mediante el uso de trampas cebadas con atrayentes y la estimación de su densidad de población es directa, pero no lineal.

Palabras clave

Captura-marcado-recaptura, *Bursaphelenchus xylophilus*, monitorización, feromona.

1. Introducción

Dado el importante papel que está llamado a desempeñar la especie *Monochamus galloprovincialis* (Olivier) en la dispersión en Europa de la Enfermedad del Marchitamiento del Pino, causada por el Nematodo de la Manera del Pino (NMP), *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner) Nickle, el conocimiento de sus procesos de selección de hábitat a gran y pequeña escala así como, las variables que afectan a su densidad de población, podría ser de gran utilidad en el proceso de toma de decisiones para la erradicación o contingencia de la enfermedad.

Como corresponde a especies forestales de carácter secundario, *M. galloprovincialis* oviposita exclusivamente en árboles muy estresados o recién muertos, aprovechándose de unos mecanismos de defensa debilitados y de una calidad nutricional de los tejidos leñosos aún no significativamente mermada (HANKS 1999, NAVES et al. 2006a, NAVES et al. 2006c). No obstante, mientras la presencia de arbolado sano o estresado está asegurada en todo momento en cualquier rodal, esto puede no ser así en el caso de arbolado muy decadente o recién muerto, lo que provoca que la ventana de actuación para la ovoposición de estas especies sea especialmente corta y frágil. El caso de los escasos 40 días en los que un árbol muerto por daños mecánicos se mantiene atractivo como material de cría adecuado para *M. carolinensis* es una clara prueba de ello (ALYA Y HAIN 1985).

Tales recursos son efímeros y su disponibilidad es impredecible, muchas veces consecuencia de eventos extremos (incendios, sequía, tormentas, nevadas...) y otras influida por una serie de variables (densidad de la masa, competencia, edad, naturalización, condiciones edáficas, ubicación fitoclimática, falta de gestión,...) por lo que este tipo de insectos han desarrollado mecanismos muy

eficientes en la detección de los hospedadores adecuados (SAINT-GERMAIN et al. 2004b, SAINT-GERMAIN et al. 2007).

La existencia de estos mecanismos es la base de la ecología química aplicada a la gestión de plagas y, consecuentemente, del desarrollo de los dispositivos de captura basados en atrayentes caíromonales o feromonales para la captura de insectos perforadores de la madera. Como se ha citado anteriormente, los estudios realizados en este marco conceptual por PAJARES et al. (2004), IBEAS et al. (2007), IBEAS et al. (2008) y PAJARES et al. (2010) desembocaron en el desarrollo de un cebo comercial útil para la monitorización y la captura masiva de *M. galloprovincialis* (SANCHEZ-HUSILLOS et al. 2015a, TORRES-VILA et al. 2015). Y aunque recientemente se han realizado estudios demográficos de cerambícidos a través de ensayos de captura-recaptura (DRAG et al. 2011, TIKKAMÄKI Y KOMONEN 2011, TORRES-VILA et al. 2012, TORRES-VILA et al. 2013, SANCHEZ-HUSILLOS et al. 2015a) ningún estudio ha sido enfocado fundamentalmente a evaluar el efecto de la estructura de las masas en la población de *M. galloprovincialis* presente en ellas.

2. Objetivos

El objetivo, por tanto, de este estudio es comparar las poblaciones de *M. galloprovincialis* en dos zonas de diferente edad, naturalización, aislamiento e historial de gestión forestal; y evaluar si los trampeos pueden servir como aproximación a la abundancia de la especie.

3. Metodología

Localización y diseño experimental

Dos experimentos de captura-marcado-recaptura de *M. galloprovincialis* fueron realizados de manera simultánea en dos masas forestales, de características diferentes y distantes entre sí, en los términos municipales de Llucena del Cid y Atzeneta del Maestrat (Castelló) entre los meses de junio y noviembre de 2010. En cada área de estudio fueron instaladas un total de 6 trampas multiembudo cebadas con cebo comercial Galloprotect Plus, agrupadas en 3 bloques. Cada bloque consistió en 2 trampas separadas entre sí de 10 a 15 m, con el objetivo de crear una única área de captura (MILLER 2006, GRAHAM et al. 2010, MCMAHON et al. 2010, MILLER et al. 2011) Asimismo, cada bloque fue separado entre sí 500 m siguiendo un transecto a lo largo de cada una de las masas forestales (Figura 5.6). La separación entre las dos masas estudiadas fue de 7,2 km, y entre ambas no hubo continuidad forestal, aunque sí presencia fragmentada de manchas de pinar de pequeña extensión y pinos individuales. Las trampas fueron modificadas para la captura en vivo.

La primera área de estudio estuvo localizada en Atzeneta del Maestrat (Castelló), en el monte Bovalar, CS3008M1. Se trató de un pinar adulto de *Pinus halepensis* Mill. de 88 ha, a una altitud sobre el nivel del mar de entre 375-640 m, con distribución uniforme y alta cobertura (FCC=80%), 8 m de altura dominante de los pies y continuidad forestal en dirección y sentido noreste hasta los términos municipales de Culla y Torre d'En Besora. Su grado de naturalización era alto, contando con la presencia de *Quercus ilex* L. como especie acompañante (FCC=5%). Un gran incendio forestal, en agosto de 2007, alcanzó el monte hasta el límite exacto de la zona de muestreo de este ensayo (Figura 1). La segunda área de estudio estuvo localizada en Llucena del Cid (Castelló), el monte Mas de Timor, CS3064M1. Se trató de una repoblación joven de *P. halepensis* no naturalizada, con una altura dominante de 4 m, con sotobosque pobre o ausente y una cobertura alta (FCC 80%). La masa está situada a una altitud entre 500-660 msnm, con presencia de monte bravo de *Pinus nigra* Arnold y *Pinus pinaster* Ait. provenientes de repoblación en zonas anejas al área muestreada y sin que exista continuidad forestal a su alrededor, salvo pies aislados y manchas fragmentadas de regeneración natural de *P. halepensis* (Figura 5.6).

En la localización 1 (Bovalar) las trampas fueron colocadas el 11/06/2010 y fueron muestreadas cada 4-5 días. En la localización 2 (Mas de Timor) las trampas fueron colocadas el día 14/06/2010 y fueron muestreadas, también cada 4-5 días, durante el mismo periodo. En ambas masas todos los insectos capturados fueron marcados individualmente y liberados cada revisión en el mismo punto de captura. Con el objetivo de evitar el posible efecto sumidero que pudiese existir sobre los insectos liberados en el mismo punto de captura, las trampas fueron retiradas justo antes de la liberación de los insectos y se mantuvo el monte libre de trampas durante 2-3 días. Pasado ese periodo, fueron recolocadas en los mismos puntos. Se sustituyó el cebo comercial cada 45 días.



Figura 1. Áreas de estudio. En color, superpuesto sobre la fotografía aérea de la zona, las formaciones de pinar en la región según el IFN3.

Análisis estadístico

Todos los análisis y cálculos fueron realizados con el entorno y lenguaje estadístico R (R CORE TEAM 2015). Los análisis demográficos se realizaron utilizando la librería RMark como interfaz para el paquete MARK (IVAN 2008). Se consideró que las poblaciones de *M. galloprovincialis* durante los periodos de muestreo fueron de tipo abierto, teniendo en cuenta nacimientos, muertes, emigración e inmigración ocurridos durante esos periodos. Se siguió, por lo tanto, la metodología de Jolly-Seber, bajo la parametrización POPAN, para estimar tres grupos de parámetros primarios, que conducen a tres parámetros obtenidos: nacimientos (B_i), tamaño de la población en el intervalo de muestreo (N_i) y el tamaño total de la población (superpoblación, N_{tot}). Los parámetros primarios representan: p_i , la probabilidad de captura en ocasión i ; ϕ_i , la probabilidad de que un insecto sobreviva entre las ocasiones i e $i + 1$; y b_i , la probabilidad de que un insecto de la superpoblación entre en la población entre los momentos i e $i + 1$ (también conocido como $pent_i$, probabilidad de entrada).

Estos parámetros primarios se modelan como constantes, (·) en notación MARK, linealmente dependientes del tiempo (T), dependientes del sexo (Sex), o por tener interacciones aditivas o multiplicativas entre el momento de muestreo y el sexo ($T \times \text{Sex}$). Una gama de modelos para cada parámetro primario fueron definidos y posteriormente ejecutados. El tratamiento factorial del tiempo no fue considerado por el hecho de que en más de una ocasión del muestreo no se obtuvo ninguna recaptura en todos los conjuntos de datos. Los mejores modelos fueron seleccionados utilizando el criterio de información de cuasi-Akaike (AIC_c). Las estimaciones de N_{tot} se derivaron de los parámetros medios ponderados de los mejores modelos ($\Delta AIC_c < 10$). Las pérdidas durante la captura, es decir,

escarabajos encontrados muertos o en mal estado en las trampas, fueron tenidas en cuenta en el cálculo.

4. Resultados

Un total de 575 *M. galloprovincialis* fueron capturados en el monte Bovalar (240 ♂, 335 ♀) de los cuales 23 (16 ♂, 7 ♀) fueron recapturados al menos en una ocasión. De forma paralela, un total de 278 *M. galloprovincialis* fueron capturados en el monte Mas de Timor (138 ♂, 140 ♀) de los cuales 22 (15 ♂, 7 ♀) fueron recapturados al menos en una ocasión. Las medias de las capturas por trampas mostraron diferencias significativas ($F_{1, 21} 40,97$ $p < 0.001$) entre ambas zonas de estudio (Figura 2)

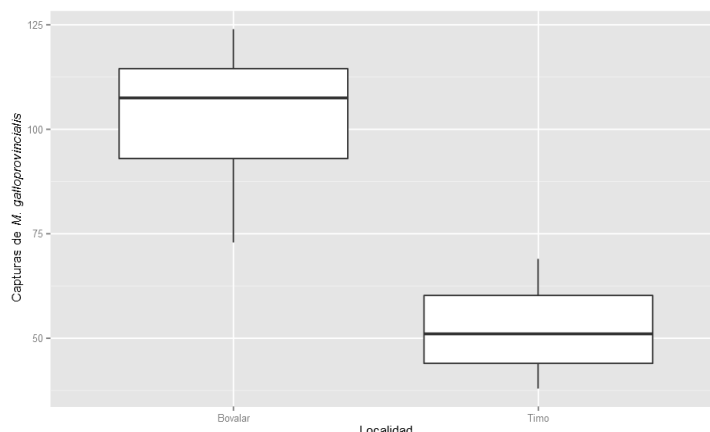


Figura 2. Capturas medias por trampa de *M. galloprovincialis* en las zonas de estudio (Bovalar y Mas de Timor)

Una de las recapturas correspondió a un insecto liberado en el punto 2 de Mas de Timor y recapturada en el punto 1 de Bovalar, 35 días después de su liberación, habiendo recorrido una distancia de 7,2 km. Esta captura no es tenida en cuenta en la estimación de las poblaciones, salvo para asumir el supuesto de que las poblaciones de *M. galloprovincialis* durante los periodos de muestreo fueron de tipo abierto.

Los modelos Jolly-Seber con mejor ajuste (Tabla 1) mostraron probabilidades de supervivencia dependientes del tiempo (ϕ), mientras que la probabilidad de captura (p) o bien se mantuvo constante o bien fue dependiente del sexo, o del sexo y el tiempo para el modelo con mayor (0,99) peso en el monte Bovalar. La probabilidad de entrada ($pent_i$) fue dependiente del tiempo y el tamaño de la población en el periodo de muestreo se mantuvo fijo (N). En definitiva, la estructura del modelo de ambos ensayos es, en términos generales, igual, exceptuando la probabilidad de recaptura, fundamentalmente constante en Mas de Timor, y dependiente del sexo y el tiempo en Bovalar.

Tabla 1. Resumen del mejor ajuste de los modelos Jolly-Seber (parametrización Popan) y la estimación de la abundancia de la población derivada ($N_{tot} \pm SE$) en los montes Mas de Timor (Llucena del Cid, Castelló) y Bovalar (Atzeneta del Maestrat, Castelló) en el año 2010. Los parámetros del modelo se mantienen constantes (.), fijos (por ejemplo, 1), con diferencias entre sexos (Sex), con respuesta lineal al tiempo (Time) o presentando interacciones entre parámetros (por ejemplo, Time*Sex). No. P, significa número de parámetros en el modelo. La estimación N_{tot} derivada de la ponderación del peso de los mejores modelos ($\Delta AIC_c < 10$).

Localiz.	Sex	Modelo	No. P	AICc	Peso	Población bruta ($N_{tot} \pm SE$)		
						Hembras	Machos	Total
Mas de Timor	1	$\phi_{(Time)p(1)}pent_{(Time)N(1)}$	6	595.1	0.6226	1326±317.8	1338±318	2664
	2	$\phi_{(Time)p(Sex)}pent_{(Time)N(1)}$	7	596.1	0.3774			
Bovalar	2	$\phi_{(Time)p(Time * Sex)}pent_{(Time)N(1)}$	9	722.8	0.9994	4165±772.7	4078±770.3	8243
	4	$\phi_{(\sim Time * Sex)p_{(Sex)pent_{(Time)N(\sim 1)}}$	9	738.6	0.00037			
	3	$\phi_{(\sim Time * Sex)p_{(Sex)pent_{(1)N(\sim 1)}}$	8	739.3	0.00026			
	1	$\phi_{(Time)p(Time)}pent_{(Time)N(1)}$	7	745.7	1.102e-05			

La estimación del tamaño de la población para el monte Mas de Timor fue de 2664 *M. galloprovincialis* mientras que para Bovalar ascendió a 8243 *M. galloprovincialis* (Tabla 1), aunque en la Figura 3 puede observarse la fluctuación concreta de la población en Mas de Timor y Bovalar, respectivamente, a lo largo del periodo de vuelo del insecto.

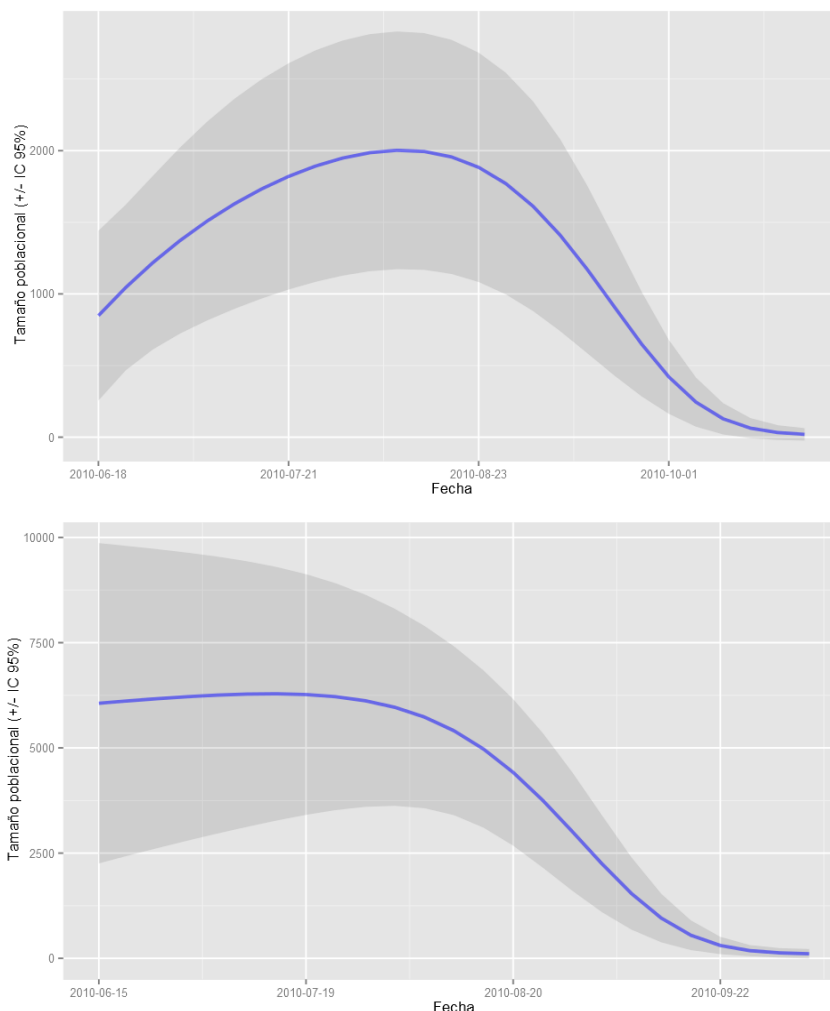


Figura 3. Evolución temporal de las estimaciones de abundancia de la población *M. galloprovincialis* por fecha en el experimento realizado en 2010, arriba en Mas de Timó (Lucena del Cid, Castelló) y abajo en Bovalar (Atzeneta del Maestrat, Castelló), respectivamente. El tamaño de la población ha sido derivado de los datos de marcado y recaptura, modelados bajo método POPAN y a partir de la media ponderada de los mejores parámetros del modelo

5. Discusión

Estando la dispersión del NMP indisolublemente ligada a la ecología de *M. galloprovincialis*, el conocimiento de las densidades poblacionales de esta especie aparece como uno de los factores fundamentales a tener en cuenta tanto en los análisis de riesgo como en los planes de erradicación y contención, es decir, en el control de la enfermedad, en sentido amplio.

Aunque diferentes estudios demográficos de *M. galloprovincialis* han sido realizados recientemente en la península ibérica (SANCHEZ-HUSILLOS et al. 2015a, TORRES-VILA et al. 2015), ninguno de ellos ha estado enfocado a la evaluación de las características ambientales que puedan influir en estas densidades. Y hasta donde conocemos, éste es el primer estudio demográfico de *M.*

galloprovincialis realizado simultáneamente en dos masas de diferentes características con el objetivo de evaluar sus respectivas densidades poblacionales y las variables que las determinan.

Los resultados que aportan los modelos ajustados muestran una población de *M. galloprovincialis* en la masa forestal ubicada en el monte Bovalar tres veces mayor que la del monte Mas de Timor (Tabla 1, Figura 3). El monte Bovalar forma parte de una masa forestal madura y relativamente continua de *P. halepensis* ubicada en las cotas más altas de una elevación de terreno que se extiende de Sur a Norte a lo largo de más de 10 km, y en la que este monte ocupa la zona más meridional, en contacto directo con los límites del incendio que asoló la región en 2007. Por el contrario la masa forestal de Mas de Timor es una repoblación joven, en absoluto naturalizada y con un alto grado de aislamiento, y que quedó relativamente alejada de los límites del mencionado incendio (Figura 1).

Tanto la continuidad (y, por tanto, el tamaño) y naturalización de las masas, como la afección del incendio tres años antes de la fecha de estudio, son variables que pueden justificar, por sí mismas y de manera no excluyente, las diferencias poblacionales.

En efecto, *M. galloprovincialis* es considerado una plaga forestal de hábitos secundarios, es decir, que su colonización se da sobre pies muy debilitados, moribundos o recién muertos (HELLRIGL 1971, FRANCARDI Y PENNACCHIO 1996, NAVES et al. 2006a, AKBULUT Y STAMPS 2012, RASSATI et al. 2012), material que no siempre está disponible de forma constante y duradera en la naturaleza (GROVE 2002). La existencia de este efímero material hospedante está ligada a la aparición súbita de grandes cantidades, como consecuencia de incendios o de acontecimientos meteorológicos extremos que provocan muertes por daños fisiológicos o mecánicos en el arbolado, o a la mortalidad natural en las masas forestales (vinculada, generalmente, a las variables de masa y a la gestión forestal).

En el caso de estudio, el incendio que tuvo lugar en el año 2007 puso a disposición de *M. galloprovincialis* una gran cantidad de material hospedante en el que realizar la ovoposición inmediatamente después del incendio. Éste afectó de lleno, como se ha indicado, al monte Bovalar, mientras que sus límites quedaron alejados de Mas de Timor, como consecuencia del aislamiento forestal de esta masa. La relación de los incendios forestales con los aumentos poblacionales de escolítidos y, por lo tanto, con la aparición de focos de perforadores ha sido frecuentemente estudiada (TRÅGÅRDH 1940, HANULA et al. 2002, MCHUGH et al. 2003, BILLINGS et al. 2004, SAINT-GERMAIN et al. 2004b, a, DEROSE Y LONG 2009) y supone que la puesta de material hospedante adecuado a disposición de insectos saproxílicos de hábitos secundarios como *M. galloprovincialis* se puede prolongar en el tiempo tras la afección por el incendio, en este caso, como consecuencia del ataque de escolítidos. Efectivamente, los trabajos de limpieza de árboles afectados por *Tomicus destruens* ejecutados por el Servicio de Gestión Forestal de la Generalitat Valenciana (Pérez-Laorga, Com. Pers.), se prolongaron durante varios años en toda la zona del incendio, incluido el monte Bovalar.

Y en este mismo sentido, la diferencia de poblaciones locales observada también parece ser coherente con la diferencia de aislamiento, edad y de naturalización entre ambas masas, y es esperable que en una masa continua, adulta, con mayor diversidad de fustes y con mayor biomasa, la probabilidad de encontrar material hospedante adecuado (bien por muerte de arbolado, bien por muerte de ramas) sea más alta que en una repoblación joven y apenas naturalizada. No obstante, en futuros estudios, la presencia de material vegetal susceptible de colonización debería ser cuantificada en la medida de lo posible a través de la realización de transectos ad hoc en las diferentes zonas.

Por otro lado, en el ámbito de la gestión, la monitorización de las poblaciones de plagas forestales (incluido *M. galloprovincialis*) mediante el uso de trampas cebadas con atrayentes cairomonales y feromonales es utilizada de manera general como una aproximación a la cuantificación relativa de las poblaciones de las plagas, entre diferentes zonas o en diferentes

momentos, con el objetivo de ajustar la gestión o de prevenir irrupciones epidémicas (ver por ejemplo SCHROEDER 2012, MARINI et al. 2013). Nuestros resultados muestran que esta aproximación tan generalizada debe ser tomada con cautela, o matizada consecuentemente, ya que, si bien es posible observar una relación directa entre el número de capturas de las trampas y el tamaño de la población estimada, esta relación no es en absoluto lineal. En concreto, mientras que las capturas analizadas para ambas zonas muestran diferencias entre sus medias a razón de 2:1, es decir, el doble de capturas en Bovalar que en Mas de Timor (Figura 2); las estimaciones del tamaño de población muestran proporciones algo mayores (3:1) (Tabla 1). Esta situación debe ser tenida en cuenta, a futuro, en los análisis de riesgo de plagas, así como en la evaluación de la eficacia relativa del empleo de trampas cebadas con atrayentes caíromonales y feromonales en la disminución de la población en casos de brotes epidémicos.

Por último, la captura de uno de los individuos en una masa diferente a la que fue liberado, y que, por tanto, atravesó los más de 7 km que separan ambas zonas de estudio, más allá de mostrar la alta capacidad de dispersión de esta especie demuestra la conveniencia de asumir, en futuros estudios demográficos, que las poblaciones de *M. galloprovincialis* durante periodos de muestreo largos son de tipo abierto (SANCHEZ-HUSILLOS et al. 2015a), y que la consideración de éstas como tipo cerrado (TORRES-VILA et al. 2015) podría provocar desajustes en las estimaciones.

6. Conclusiones

El tamaño de las poblaciones de *M. galloprovincialis* parece estar relacionado con la fragmentación y el tamaño de las manchas forestales, con su naturalización, y con la afección reciente de incendios forestales.

Los niveles de capturas de *M. galloprovincialis* en trampas cebadas con atrayentes están positivamente relacionados, aunque de forma no lineal, con el tamaño estimado de la población.

7. Agradecimientos

A Gloria Romero y Pau Ferrer, a los Agentes Medioambientales Salvador, Papapi, Miguel Ángel y León, a Carlos Pastor y M^aJosé Biel.

8. Bibliografía

AKBULUT, S. y W. T. STAMPS (2012). Insect vectors of the pinewood nematode: a review of the biology and ecology of *Monochamus* species. *Forest Pathology* **42**(2): 89-99.

ALYA, A. y F. HAIN (1985). Life histories of *Monochamus carolinensis* and *M. titillator* (Coleoptera: Cerambycidae) in the Piedmont of North Carolina. *Journal of Entomological Science* **20**(4): 390-397.

BILLINGS, R., S. CLARKE, V. ESPINO-MENDOZA, P. CORDÓN CABRERA, B. MELÉNDEZ FIGUEROA, J. RAMÓN CAMPOS y G. BAEZA (2004). Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forests. *Unasylva* **55**(217): 7.

DEROSE, R. J. y J. N. LONG (2009). Wildfire and spruce beetle outbreak: Simulation of interacting disturbances in the central Rocky Mountains. *Ecoscience* **16**(1): 28-38.

DRAG, L., D. HAUCK, P. POKLUDA, K. ZIMMERMANN y L. CIZEK (2011). Demography and dispersal ability of a threatened saproxylic beetle: a mark-recapture study of the *Rosalia* Longicorn (*Rosalia alpina*). *PLoS ONE* **6**(6): e21345.

FRANCARDI, V. y F. PENNACCHIO (1996). Note sulla bioecologia di *Monochamus galloprovincialis* Olivier in Toscana e in Liguria (Coleoptera Cerambycidae). *Redia* **79**: 153-169.

- GRAHAM, E. E., R. F. MITCHELL, P. F. REAGEL, J. D. BARBOUR, J. G. MILLAR y L. M. HANKS (2010). Treating panel traps with a fluoropolymer enhances their efficiency in capturing cerambycid beetles. *Journal of economic entomology* **103**(3): 641-647.
- HANKS, L. (1999). Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles. *Annual Review of Entomology* **44**(1): 483-505.
- HANULA, J. L., J. R. MEEKER, D. R. MILLER y E. L. BARNARD (2002). Association of wildfire with tree health and numbers of pine bark beetles, reproduction weevils and their associates in Florida. *Forest Ecology and Management* **170**(1): 233-247.
- HELLRIGL, K. G. (1971). Die Bionomie der europäischen *Monochamus*-Arten (Coleopt., Cerambycid.) und ihre Bedeutung für die Forstund Holzwirtschaft. *Redia* **52**: 367-509.
- IBEAS, F., J. J. DÍEZ y J. A. PAJARES (2008). Olfactory sex attraction and mating behaviour in the pine sawyer *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Insect Behavior* **21**(3): 101-110.
- IBEAS, F., D. GALLEGRO, J. DIEZ y J. PAJARES (2007). An operative kairomonal lure for managing pine sawyer beetle *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerymbycidae). *Journal of Applied Entomology* **131**(1): 13-20.
- MARINI, L., A. LINDELOW, A. M. JONSSON, S. WULFF y L. M. SCHROEDER (2013). Population dynamics of the spruce bark beetle: a long-term study. *Oikos* **122**(12): 1768-1776.
- MCHUGH, C. W., T. E. KOLB y J. L. WILSON (2003). Bark beetle attacks on ponderosa pine following fire in northern Arizona. *Environmental Entomology* **32**(3): 510-522.
- MCMAHON, M. D., K. F. RAFFA, E. V. NORDHEIM y B. H. AUKEMA (2010). Too close for comfort: effect of trap spacing distance and pattern on statistical inference of behavioral choice tests in the field. *Entomologia experimentalis et applicata* **136**(1): 66-71.
- MILLER, D. R. (2006). Ethanol and (-)- α -pinene: attractant kairomones for some large wood-boring beetles in southeastern USA. *Journal of Chemical Ecology* **32**(4): 779-794.
- MILLER, D. R., C. ASARO, C. M. CROWE y D. A. DUERR (2011). Bark beetle pheromones and pine volatiles: attractant kairomone lure blend for longhorn beetles (Cerambycidae) in pine stands of the southeastern United States. *Journal of economic entomology* **104**(4): 1245-1257.
- NAVES, P., E. DE SOUSA y J. A. QUARTAU (2006a). Reproductive traits of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera : Cerambycidae) under laboratory conditions. *Bulletin of Entomological Research* **96**(3): 289-294.
- NAVES, P. M., S. CAMACHO, E. M. DE SOUSA y J. A. QUARTAU (2006b). Entrance and distribution of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* on the body of its vector *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Entomologia generalis* **29**(1): 71-80.
- NAVES, P. M., E. M. DE SOUSA y J. A. QUARTAU (2006c). Feeding and oviposition preferences of *Monochamus galloprovincialis* for certain conifers under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **120**(2): 99-104.
- PAJARES, J. A., G. ALVAREZ, F. IBEAS, D. GALLEGRO, D. R. HALL y D. I. FARMAN (2010). Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Chemical Ecology* **36**(6): 570-583.
- PAJARES, J. A., F. IBEAS, J. J. DIEZ y D. GALLEGRO (2004). Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semiochemicals. *Journal of Applied Entomology* **128**(9-10): 633-638.

- RASSATI, D., E. P. TOFFOLO, A. BATTISTI y M. FACCOLI (2012). Monitoring of the pine sawyer beetle *Monochamus galloprovincialis* by pheromone traps in Italy. *Phytoparasitica* **40**(4): 329-336.
- SAINT-GERMAIN, M., P. DRAPEAU y C. HÉBERT (2004a). Landscape-scale habitat selection patterns of *Monochamus scutellatus* (Coleoptera: Cerambycidae) in a recently burned black spruce forest. *Environmental Entomology* **33**(6): 1703-1710.
- SAINT-GERMAIN, M., P. DRAPEAU y C. HÉBERT (2004b). Xylophagous insect species composition and patterns of substratum use on fire-killed black spruce in central Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* **34**(3): 677-685.
- SAINT-GERMAIN, M., C. M. BUDDLE y P. DRAPEAU (2007). Primary attraction and random landing in host-selection by wood-feeding insects: a matter of scale? *Agricultural and Forest Entomology* **9**(3): 227-235.
- SANCHEZ-HUSILLOS, E., I. ETXEBESTE y J. PAJARES (2015a). Effectiveness of mass trapping in the reduction of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Col.: Cerambycidae) populations. *Journal of Applied Entomology*.
- SCHROEDER, L. M. (2012). Monitoring of *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*: influence of trapping site and surrounding landscape on catches. *Agricultural and Forest Entomology*: no-no.
- TIKKAMÄKI, T. y A. KOMONEN (2011). Estimating population characteristics of two saproxylic beetles: a mark-recapture approach. *Journal of Insect Conservation* **15**(3): 401-408.
- TORRES-VILA, L. M., Á. SANCHEZ-GONZÁLEZ, F. PONCE-ESCUADERO, D. MARTÍN-VERTEDOR y J. J. FERRERO-GARCÍA (2012). Assessing mass trapping efficiency and population density of *Cerambyx welensii* Küster by mark-recapture in dehesa open woodlands. *European Journal of Forest Research* **131**(4): 1103-1116.
- TORRES-VILA, L. M., C. ZUGASTI, J. M. DE-JUAN, M. J. OLIVA, C. MONTERO, F. J. MENDIOLA, Y. CONEJO, Á. SÁNCHEZ, F. FERNÁNDEZ, F. PONCE y G. ESPÁRRAGO (2015). Mark-recapture of *Monochamus galloprovincialis* with semiochemical-baited traps: population density, attraction distance, flight behaviour and mass trapping efficiency. *Forestry* **88**(2): 224-236.
- TORRES-VILA, L. M., Á. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J. MERINO-MARTÍNEZ, F. PONCE-ESCUADERO, Y. CONEJO-RODRÍGUEZ, D. MARTÍN-VERTEDOR y J. J. FERRERO-GARCÍA (2013). Mark-recapture of *Cerambyx welensii* in dehesa woodlands: dispersal behaviour, population density, and mass trapping efficiency with low trap densities. *Entomología experimentalis et applicata* **149**(3): 273-281.
- TRÄGÅRDH, I. (1940). Neue Beobachtungen über den Schusterbock (*Monochamus sutor* L.) in Schweden. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **27**(1): 142-149.