



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-469

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Efectividad de la captura masiva de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1975, Col.: Cerambycidae) en poblaciones con baja densidad

SANCHEZ-HUSILLOS, E.,^{1,2} ETXEBESTE, I.,^{1,3} & PAJARES, J.¹

¹ Instituto de Investigación Forestal Sostenible, U. Valladolid – CIFOR – INIA. Palencia

² Gerencia de Desarrollo Rural y Política Forestal. Tragsatec, Valladolid

³ Departamento de producción de planta y protección, NEIKER-Tecnalia, Arkaute

Autor para correspondencia: estela.husillos@gmail.com

Resumen

La introducción del nematodo del pino en Europa hace necesario el desarrollo y aplicación urgente de medidas para la contención de la enfermedad. Recientemente se han optimizado trampas y atrayentes para la captura del vector *M. galloprovincialis*, posibilitando el desarrollo de métodos de reducción de población en zonas afectadas para erradicar la enfermedad o contener su propagación. Para evaluar la eficacia de la captura masiva como posible estrategia de control, se ensayaron tres densidades de trampas en 9 parcelas de 9 hectáreas cada una en una masa de *Pinus sylvestris* (Palencia) en 2014. Se realizó un ensayo de captura-marcado-recaptura para estimar la abundancia de población utilizando la formulación Popan (modelo Jolly-Seber). Así, la población local de *M. galloprovincialis* resultó una superpoblación de 2287 individuos, lo que correspondió a una densidad de aproximadamente 10,94 individuos/ha, que puede considerarse como baja. Las densidades de trampeo evaluadas, 0,11, 0,44 y 1 trampa/ha extrajeron el 19,3, 67,4 y 85% de la población de *M. galloprovincialis* respectivamente. Estos resultados sugieren que podría lograrse una reducción significativa de la población de *M. galloprovincialis* a través de captura masiva en masas con densidades bajas, lo que representa un método de gestión prometedor para la contención o erradicación de *B. xylophilus* en zonas afectadas.

Palabras clave

Bursaphelenchus xylophilus, nematodo del pino, poblaciones abiertas, SECR, marchitamiento del pino, vector

1. Introducción

Con la introducción del Nematodo de la Madera del Pino, NMP, (*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Bühner, 1934) Nickle) en Portugal y tras los diversos positivos detectados en zonas fronterizas en España, urgen medidas para impedir la dispersión de la enfermedad. Los intentos directos de controlar el patógeno resultan impracticables en grandes áreas, por lo que el manejo de los insectos vectores parece una mejor estrategia para controlar esta enfermedad. A pesar de que el transporte humano de madera infestada es el responsable de la dispersión a larga distancia (ROBINET et al., 2009, 2011), la conocida capacidad de vuelo del insecto permite su dispersión local (ETXEBESTE et al., 2016). Con el desarrollo de un dispositivo de trampeo formado por unas muy eficientes trampas multiembudos modificadas (ALVAREZ et al., 2015) y el desarrollo de un cebo atractivo que permite la captura de ambos sexos del insecto (PAJARES ALONSO et al., 2004, 2010; ALVAREZ et al., 2015), empiezan a desarrollarse herramientas de manejo del vector. Ese desarrollo a su vez ha permitido utilizar sofisticadas técnicas de estudio como la captura-marcado-recaptura de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier) (MAS I GISBERT



et al., 2013; TORRES-VILA et al., 2014; ETXEBESTE et al., 2016), representando una metodología muy útil para la estimación de la densidad de población o el estudio de la conducta de dispersión de los vectores. El eficiente sistema de trampeo puede utilizarse potencialmente para proporcionar información clave sobre la carga de nematodos transportados por los vectores, permitiendo la detección temprana de infecciones. Recientemente se ha propuesto la captura masiva, utilizada en otros insectos (MAKI et al., 2011), como método de control directo de esta especie (Sanchez-Husillos et al., 2015), si bien otros autores no la recomiendan (TORRES-VILA et al., 2014). SANCHEZ-HUSILLOS et al., (2015) obtuvieron excelentes resultados de extracción de la población en una masa de *P. pinaster* con una población de densidad media/alta del vector (82 insectos/ha), aunque se desconoce si estos resultados son extensibles a otras poblaciones con diferentes densidades en otras masas de pino.

2. Objetivos

De esta manera nos planteamos varios objetivos: (i) evaluar si el método de captura-marcado-recaptura es un método adecuado para estimar densidades de población local, en poblaciones del vector supuestamente bajas (ii) evaluar la eficacia de captura masiva como método de control en poblaciones de densidad baja (iii) estimar la densidad de trampeo óptima según los requerimientos de manejo.

3. Material y métodos

Estimación de densidad de población

Previamente se había demostrado que la densidad de la población de *M.galloprovincialis* podía estimarse mediante métodos de captura-marcado-recaptura (CMR) (SANCHEZ-HUSILLOS et al., 2015). Se realizó otro ensayo en 2014 para estimar la población en la zona de captura masiva a evaluar en Pino del Rio (Pa), en una masa regular de 169 ha de *P. sylvestris* L (Fig 1). La metodología consistió en la disposición de una malla de trampeo utilizando trampas multiembudos cebadas con Galloprotect 2D (SEDQ, S.L) y la utilización de la técnica de CMR, que consiste en el marcado, liberación y recaptura de los insectos nativos capturados en el dispositivo. Para ello se dispusieron 15 trampas en una malla regular de 300x300 m cubriendo 33,79 ha (Fig. 1).

Para ser usados como control, 217 insectos marcados y criados en laboratorio se liberaron durante 3 semanas consecutivas en 15 puntos aleatorios dentro de la zona de estudio.. Se llevó a cabo un muestreo semanal de las trampas, en el que se contó y marcó individualmente cada insecto capturado vivo y se liberó entre dos trampas consecutivas. El ensayo se desarrolló durante todo el periodo de vuelo del insecto entre junio y octubre.

Captura masiva

Se realizó un ensayo para evaluar la eficiencia de captura masiva en una población con densidad del vector supuestamente baja, combinando diferentes densidades de trampas. Se utilizaron dos sectores contiguos, uno para evaluar la captura masiva y otro para estimar la abundancia poblacional. De esta manera, en el sector oeste se dispusieron tres tipos de densidades de trampas (0,11, 0,44 y 1 trampa/ha) en parcelas de 9 ha (300m x 300m; lo que suponía 1, 4 y 9 trampas/parcela) con tres repeticiones cada densidad (fig 1), de manera que pudo ser evaluado el efecto de las diferentes densidades de trampa en la captura masiva. Mientras que en el otro sector este se calculó la densidad de la población local.



Análisis estadísticos

Todos los análisis y cálculos se realizaron mediante el lenguaje de programación de R (The R Development Core Team, 2014). Análisis demográficos se realizaron utilizando la biblioteca RMark como interfaz para el paquete MARK, bajo el supuesto de que las poblaciones de *M. galloprovincialis* durante los periodos de muestreo fueron de tipo abierto, es decir, que se produjeron nacimientos, muertes, emigración e inmigración durante esos períodos. Siguiendo la metodología de Jolly-Seber bajo la modelización Popan, pudieron obtenerse tres grupos de parámetros primarios: nacimientos (B_i), tamaño de la población (N_i) en el intervalo de muestreo y el tamaño total de la población (superpoblación, \tilde{N}_{Tot}). Los parámetros primarios representan: p_i , la probabilidad de captura en ocasión i ; ϕ_i , la probabilidad de sobrevivir un individuo entre ocasiones i y $i + 1$; y b_i , la probabilidad de que un insecto de la superpoblación entre en la población entre ocasiones i y $i + 1$ (también conocido como $pent_i$ o probabilidad de entrada). Estos parámetros primarios se modelan según la notación MARK como constante, (\cdot), dependientes linealmente de tiempo (T), si difieren entre sexos (Sex), o si tienen aditivos o interacciones multiplicativas entre ocasión de muestreo y el sexo (T \times Sexo). De este modo se definió una gama de modelos para cada parámetro primario. Los mejores modelos fueron seleccionados utilizando el criterio de información de cuasi Akaike (AICC).

Las capturas acumuladas por trampa y por ha en las parcelas de captura masiva fueron analizadas ajustando los factores bloque y tratamiento a una distribución del error de Poisson, o quasiPoisson (en caso de sobredispersión) en un modelo lineal generalizado (GLM) con función loglink. Cuando se detectaron efectos significativos de los tratamientos ($P < 0,05$), las medias se compararon mediante el test de Tukey para un valor de $\alpha = 0,05$.

Para evaluar el efecto de la captura en la población *M. galloprovincialis*, es necesario que las estimaciones \tilde{N}_{Tot} se transformen en densidad (D). La estimación de D implica asumir algún tipo de cierre geográfico, por lo que se consideró una superficie de 169 ha para el ensayo. Las estimaciones de abundancia semanales fueron transformadas a densidades para calcular los porcentajes de eliminación de la población durante el período de muestreo. La eficiencia de la captura masiva en las distintas densidades de trampas probadas fue calculada como un porcentaje de la población extraída utilizando para ello las capturas acumuladas por parcela experimental.

4. Resultados

Estimación de la abundancia

El ajuste de los modelos Jolly-Seber para los insectos liberados control ha caído dentro de un error estándar demostrando que la estimación de abundancia derivada de los datos de CMR puede ser aceptada como correcta. De esta manera, el mejor ajuste de los modelos para los insectos nativos en el ensayo ha mostrado que las probabilidades de captura (p) son dependientes del tiempo y el sexo, y que la probabilidad de entrada (b) es dependiente del tiempo, mientras que la probabilidad de supervivencia (ϕ) ha permanecido constante. De esta manera, el promedio ponderado del modelo bajo la parametrización de Popan dio lugar a la estimación de una superpoblación de 2287 individuos que correspondió a densidad poblacional de 10,94 individuos/ha que puede ser considerada como baja.

Efecto de la captura masiva

Se capturaron un total de 510 individuos nativos durante todo el período de captura en la zona de captura masiva, considerada como de densidad poblacional baja.



Las capturas medias en las trampas para las 3 densidades de trampeo fueron significativamente diferentes (Fig 2). Las trampas en densidad inferior (0,11 trampas/ha) obtuvieron las capturas más altas (19,0 insectos/trampa), no significativamente mayores que las encontradas en las trampas a densidades intermedias (16,5 insectos/trampa a 0,44 trampas/ha), mientras que las trampas a mayor densidad (1 trampas /ha) lograron significativamente menores capturas (9,3 insectos/trampa).

Aunque hubo una disminución, esperable, de las capturas medias en las trampas según la densidad de trampeo aumentó, las capturas medias obtenidas en cada parcela o por hectárea sin embargo aumentaron al aumentar la densidad de trampeo (Figura 3). Así, las parcelas con trampeo menos intensivo extrajeron una media de 2,1 individuos/ha, mientras que las de trampeo intermedio capturaron significativamente más, 7,4 insectos/ha de media. Las parcelas con trampeo más intenso (1 trampa/ha) obtuvieron una media de 9,3 adultos/ha del cerambícido, no significativamente diferente de la densidad de trampeo intermedia. Si consideramos la densidad de la población estimada, las densidades de trampeo evaluadas, 0,11, 0,44 y 1 trampa/ha, extrajeron el 19,3%, el 67,4% y el 85% de la población de *M. galloprovincialis* respectivamente.

5. Discusión

Con el desarrollo de dispositivos de trampeo eficientes se ha podido comprobar que la metodología de captura-marcado-recaptura es un método altamente eficaz para la estimación de características poblacionales, como el cálculo de su abundancia (TORRES-VILA et al., 2014; SANCHEZ-HUSILLOS et al., 2015) o de su dispersión en *M. galloprovincialis* (ETXEBESTE et al., 2016). De esta manera, tanto en áreas donde la población resultó de densidad media/alta (SANCHEZ-HUSILLOS et al., 2015) como en el presente estudio donde fue baja, se obtuvo que la modelización de Popan siguiendo esta metodología fue un método muy adecuado para estimar densidades, ya que los resultados obtenidos fueron muy consistentes con los reales, al igual que lo encontrado para otros cerambícidos saproxílicos (TIKKAMAKI & KOMONEN, 2011). Sin embargo, en las estimaciones de densidad para poblaciones abiertas surge el problema de transformar la abundancia de la población a medidas de densidad, requisito imprescindible para conocer la efectividad de captura masiva. En nuestro estudio hemos considerado la superficie de toda la masa arbórea cubierta por el dispositivo excluyendo las áreas sin arbolado para su cálculo. Así, se obtuvo una densidad poblacional de algo más de 10 individuos/ha del vector, que podría considerarse como baja o relativamente baja (p.e. podría considerarse que una densidad baja estará entre 10^0 y 10^1 , media entre 10^1 y 10^2 y alta $>10^2$).

Los resultados de capturas muestran que, si bien existe una disminución de la efectividad de cada trampa según aumenta la intensidad de trampeo, ésta es compensada por el mayor número de trampas, de forma que la población capturada en cada unidad de superficie aumentó progresivamente según lo hizo la densidad de trampeo. Esto queda claramente reflejado en la mayor proporción de población extraída según aumenta la densidad de trampas. Los resultados obtenidos en esta población de densidad baja son coherentes con los encontrados por SANCHEZ-HUSILLOS et al., (2015) en su ensayo en una población de densidad media (82 insectos/ha). Estos autores, utilizando 4 densidades de trampeo (0,02, 0,11, 0,25 y 0,44 trampas/ha) de las cuales dos se repitieron en nuestro ensayo, extrajeron el 20,50% de la población cuando se utilizó la densidad de 0,11 trampas/ha (comparado con el 19,3% en nuestro caso) y el 59,80% de la población cuando se usó 0,44 trampas/ha (comparado con nuestro 67,4%). Su modelo ajustado predijo que una densidad de 1 trampa/ha extraería cerca del 90% de la población, lo que se aproxima al valor encontrado en nuestro caso (85%). Todo ello lo parece indicar la



ausencia de un efecto densodependiente de la población en la efectividad de la captura masiva. No obstante, la efectividad de este método en poblaciones con muy elevada densidad, como en los casos en los que transmiten efectivamente el patógeno, no ha sido aún evaluada. SHIBATA (1985) estimó en Japón que las poblaciones de *M. alternatus* pueden alcanzar densidades superiores a 3500 individuos/ha cuando se produce un 48% de mortalidad de árboles infectados por el nematodo en una masa de *P. thumbergii* Parl.

Los ensayos realizados en poblaciones no infectivas muestran que puede retirarse de la población una elevada proporción de los insectos vectores si se aplican densidades de trapeo adecuadas. Habría de tenerse en cuenta, además, que *M. galloprovincialis* es un hervíboro floemo-xilófago que en ausencia del nematodo no causa daños, y por lo tanto no es deseable su erradicación local, sino que se pretende una reducción poblacional hasta unos niveles que reduzcan significativamente la probabilidad de transmisión de la enfermedad. Por otro lado, habría que evaluar las dificultades técnicas y el coste económico que supondría la implementación de esta técnica según las características de las zonas a bajo erradicación, y determinar en qué ambientes resultaría factible, tales como áreas demarcadas, zonas tampón, bordes de masa, pequeños rodales, puertos o zonas de especial interés. Un avance más en la aplicación de esta técnica podría encontrarse en su combinación con agentes de control biológico, como organismos entomopatógenos, mediante técnicas de auto-diseminación conocidas como atrae & infecta (ALVAREZ-BAZ et al., 2015). Es necesario en cualquier caso continuar los estudios para evaluar el método de captura masiva con densidades elevadas, como las que se producirían en el caso de que la enfermedad se dispersara por nuestros pinares, como actualmente ocurre en el país vecino.

6. Conclusiones

La modelización de Popan usando el método de captura-marcado-recaptura resultó un método válido para la estimación de abundancias poblacionales de *Monochamus galloprovincialis* en la localidad estudiada a densidades consideradas como bajas.

El método de captura masiva resultó eficaz para la reducción poblacional de este insecto, Con una densidad de trapeo de 1 trampa/ha pudo obtenerse la extracción del 85% de la población en las parcelas muestreadas.

Los resultados parecen indicar una ausencia de efecto densodependiente de la población en la eficacia de la aplicación de la captura masiva como método de control directo de la población

7. Agradecimientos

Nos gustaría agradecer la asistencia de campo proporcionado por A. Ponce, y en la cría de los insectos por el equipo del Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos en Castilla y León. Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto de la Unión Europea REPHRAME (FP7-KBBE-2010-4) y por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad mediante el proyecto de investigación (RTA2014-00042-C02-02). I. Etxebeste fue parcialmente financiado por la subvención POSDOC del Gobierno Autónomo Vasco.



8. Bibliografía

- ALVAREZ-BAZ G, FERNÁNDEZ-BRAVO M, PAJARES JA & QUESADA-MORAGA E ;2015. Potential of native *Beauveria pseudobassiana* strain for biological control of Pine Wood Nematode vector *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 132:48–56.
- ALVAREZ-BAZ G, ETXEBESTE I, GALLEGO D, DAVID G, BONIFACIO L, JACTEL H, SOUSA E & PAJARES JA; 2015. Optimization of traps for live trapping of Pine Wood Nematode vector *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Applied Entomology* 139:618–626.
- ÁLVAREZ-BAZ G, GALLEGO D, HALL DR, JACTEL H & PAJARES JA; 2015. Combining pheromone and kairomones for effective trapping of the Pine Sawyer Beetle *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Applied Entomology* 140:58–71.
- ETXEBESTE I, SANCHEZ-HUSILLOS E, ÁLVAREZ G, MAS I GISBERT H & PAJARES JA; 2015. Dispersal of *Monochamus galloprovincialis* (Col.: Cerambycidae) as recorded by mark-release recapture using pheromone traps. *Journal of Applied Entomology* 140: 485-499.
- MAKI EC, MILLAR JG, RODSTEIN J, HANKS LM & BARBOUR JD; 2011. Evaluation of mass trapping and mating disruption for managing *Prionus californicus* (Coleoptera: Cerambycidae) in hop production yards. *Journal of economic entomology* 104:933–8.
- MAS I GISBERT H, HERNÁNDEZ, VILLAROYA, PEÑA S, PÉREZ-LAORGA E, GONZÁLEZ ROSA E, ORTIZ A, LENCINA J, ROVIRA E, MARCO M, PÉREZ V, GIL M, SÁNCHEZ-GARCÍA F, BORDÓN P, PASTOR C, BIEL MJ, MONTAGUD L & GALLEGO D; 2013. Comportamiento de dispersión y capacidad de vuelo a larga distancia de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795). p In: 6º Congreso Forestal Español. Ed. by SECF, Gas.
- PAJARES JA, ÁLVAREZ G, IBEAS F, GALLEGO D, HALL DR & FARMAN DI; 2010. Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Chemical Ecology* 36:570–583.
- PAJARES JA, IBEAS F, DÍEZ JJ & GALLEGO D; 2004. Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semiochemicals. *Journal of Applied Entomology* 128:633–638.
- ROBINET C, VAN OPSTAL N, BAKER R & ROQUES A; 2011. Applying a spread model to identify the entry points from which the pine wood nematode, the vector of pine wilt disease, would spread most rapidly across Europe. *Biological Invasions* 13:2981–2995.
- ROBINET C, ROQUES A, PAN H, FANG G, YE J, ZHANG Y & SUN J; 2009. Role of human-mediated dispersal in the spread of the pinewood nematode in China. *PloS one* 4:e4646.
- SANCHEZ-HUSILLOS E, ETXEBESTE I & PAJARES J; 2015. Effectiveness of mass trapping in the reduction of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Col.: Cerambycidae) populations. *Journal of Applied Entomology* 139:747–758.
- SHIBATA E; 1985. Seasonal Fluctuation of the Pine Wood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (STEINER et BUHRER) NICKLE (Nematoda : Aphelenchoididae), Transmitted to Pine by the Japanese Pine Sawyer, *Monochamus alternatus* HOPE (Coleoptera : Cerambycidae). *Applied Entomology and Zoology* 20:241–245.
- THE R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from URL:<http://www.r-project.org>
- TIKKAMÄKI T & KOMONEN A; 2011. Estimating population characteristics of two saproxylic beetles: A mark-recapture approach. *Journal of Insect Conservation* 15:401–408.



TORRES-VILA LM, ZUGASTI C, DE-JUAN JM, OLIVA MJ, MONTERO C, MENDIOLA FJ, CONEJO Y, SANCHEZ A, FERNANDEZ F, PONCE F & ESPARRAGO G; 2014. Mark-recapture of *Monoctonus galloprovincialis* with semiochemical-baited traps: population density, attraction distance, flight behaviour and mass trapping efficiency. *Forestry* 88:224–236.





Figura 1. Localización de trampas en ensayo de captura masiva y estima de población en el ensayo de densidad poblacional baja en Pio del Río (Palencia). Los círculos blancos representan las trampas y las estrellas los puntos de liberación.

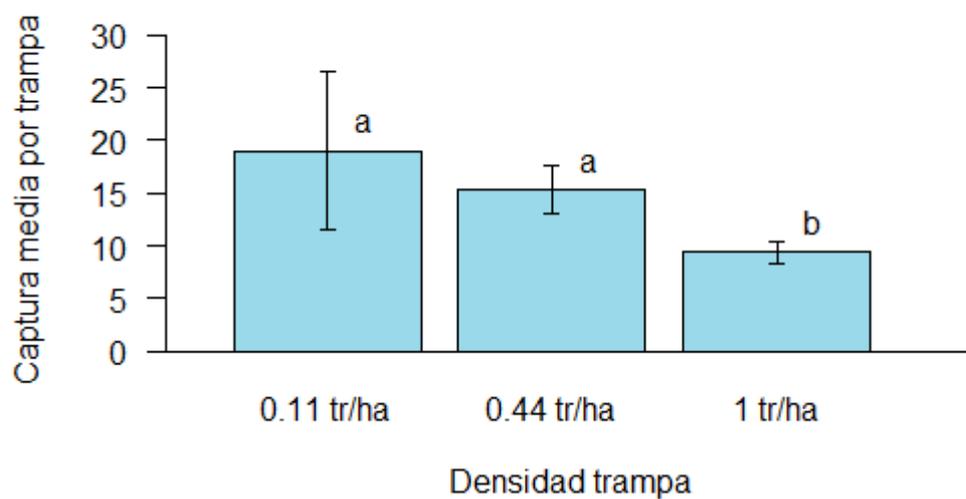


Figura 2. Capturas medias por trampa de *Monochamus galloprovincialis* \pm SEM para las distintas densidades de trampas. Barras que comparten la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey HSD, ajuste de Bonferroni, $P < 0,05$).

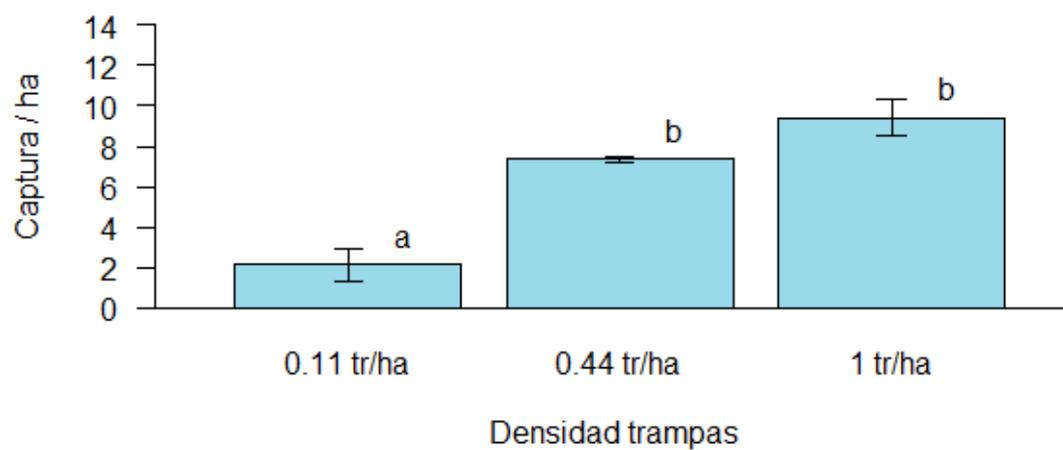


Figura 3. Capturas medias por hectarea de *Monochamus galloprovincialis* ± SEM para las distintas densidades de trampas.