

# MODIFICACIONES DE TRAMPAS DE FEROMONAS PARA REDUCIR SU IMPACTO SOBRE LOS ENEMIGOS NATURALES DE ESCOLÍTIDOS

Ana Martín Hernández<sup>1</sup>, Iñaki Etxebeste Larrañaga<sup>2</sup>, Gema Pérez Escolar<sup>1</sup>, Gonzalo Álvarez Baz<sup>2</sup>, Estela Sánchez<sup>2</sup> y Juan Pajares Alonso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos. Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Polígono Industrial de Villamuriel s/n. 34190-VILLAMURIEL DE CERRATO (Palencia, España). Correo electrónico: sanidad.forestal@jcy.es

<sup>2</sup>Instituto de Investigación y Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Valladolid-INIA. Av. Valladolid 44. 30004-PALENCIA (España).

## Resumen

*Thanasimus formicarius* L. (Col.: Cleridae) y *Temnochila caerulea* Olivier (Col.: Trogossitidae), dos de los principales depredadores de *Ips sexdentatus* Boern. (Col.: Scolytinae), son capturados en gran número en las campañas de trapeo masivo contra este escolítido debido a su atracción cairo-monal a las feromonas empleadas. Durante cuatro años se han testado modificaciones en las trampas multiembudo (Lindgren) y de ranura (Theysohn) con el fin de reducir el impacto sobre estos enemigos. Se intentó evitar su entrada en el bote colector mediante filtros de exclusión basados en la diferencia de tamaño entre depredadores y presas, y tratando además de facilitar el escape de aquellos de la trampa. Los resultados mostraron que una pequeña modificación en el embudo inferior de la trampa Lindgren, aplicando un filtro de malla electrosoldada de 6 mm de luz y practicando ventanas de escape, reduce notablemente las capturas de *T. formicarius* y *T. caerulea*, mientras que no afecta a las de su presa, aumentando la eficacia de los programas de captura masiva con feromonas en el control de escolítidos.

Palabras clave: *Thanasimus formicarius*, *Temnochila caerulea*, *Ips sexdentatus*, Depredadores, Feromonas, Cairo-monas, Impacto, Trampas multiembudo, Trampas de ranura

## INTRODUCCIÓN

Los escolítidos de coníferas (Coleoptera: Scolytinae) están considerados entre las plagas más dañinas para los ecosistemas forestales en Norteamérica y Europa. Las estrategias para su control han incluido históricamente métodos de saneamiento mediante cortas dirigidas y captura masiva con cebos formados por pilas de árboles cebo. Las feromonas y otros compuestos semioquímicos resultan muy indicadas para el manejo

de estas especies, mediante técnicas de exclusión o saturación (FURNISS & LIVINGSTON, 1979; TILDEN et al., 1981; BORDEN, 1989) y han sido particularmente aplicadas en programas de trapeo masivo, p.e. *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (BORDEN & LACEY, 1985) o *Scolytus multistriatus* Marsham (ELLIOTT et al., 1979) en Norteamérica, *Ips typographus* L. en Europa (BAKKE, 1989; RATY et al., 1995).

El barrenillo grande de los pinos, *Ips sexdentatus* Boern., está ampliamente distribuido en

España (GIL Y PAJARES, 1986) y representa un grave peligro para masas naturales y repobladas de pinos, como demuestra por ejemplo el que solamente en un año más de 25.000 pies tuvieron que ser apeados en Castilla y León (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 2001). Las trampas cebadas con feromonas específicas se han incorporado recientemente a los programas de manejo tras demostrarse su mayor eficacia al compararlas con el tradicional método del árbol cebo usado anteriormente (SIERRA Y MARTÍN, 2004).

El papel de los enemigos naturales regulando las poblaciones de escolítidos está actualmente asumido (TURCHIN et al., 1991; RAFFA, 1995; REEVE, 1997). Tanto es así, que se considera que la eliminación de aquellos en los programas de trapeo masivo puede reducir seriamente su eficacia (DEMARS et al., 1986; ROSS & DATERMAN, 1995). En España, los dos principales depredadores atraídos caíromonalmente a las trampas cebadas con la feromona de *I. sexdentatus* son el clérido *Thanasimus formicarius* L. (Col.: Cleridae) y el trogosítido *Temnochila caerulea* Olivier (Col.: Trogossitidae) (SIERRA Y MARTÍN, 2004). Ambas especies son especialistas de hábitat, depredando sus larvas y adultos sobre insectos subcorticales, a los que causan un fuerte impacto en su estrategia reproductiva (SCHROEDER, 1996; PAJARES et al., 2008). En España, trabajos de monitoreo y control de *I. sexdentatus* con trampas de feromona han mostrado elevados ratios depredador/presa de hasta 1/5 (ETXEBESTE et al., 2012), lo que subraya la importancia de minimizar el efecto de captura de las especies depredadoras, mientras que se maximiza el impacto sobre las especies objetivo.

Aunque se ha propuesto evitar la captura de enemigos naturales mediante la mejora de los compuestos semioquímicos empleados (AUKEMA et al., 2000), una solución más rápida consistiría en la exclusión física de dichos enemigos de las trampas, aunque este enfoque apenas ha sido estudiado (ROSS & DATERMAN, 1998). En este trabajo se presentan los resultados de cuatro años de investigación y desarrollo de una de modificaciones operativas y eficaces para la reducción de las capturas de *T. formicarius* y *T. caerulea* en las trampas de embudos múltiples y de ranura, comúnmente usadas en los programas de captura masiva contra *I. sexdentatus*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar los efectos en la captura de enemigos naturales se han testado diferentes modificaciones de la trampa de 12 embudos (LINDGREN, 1983) y de la trampa de ranura (Theysohn GmbH, Germany) en cuatro diseños experimentales, uno por año en 2004, 2005, 2006 y 2009.

Los trabajos se han ubicado en distintas masas adultas de pinar, con diversas proporciones de las especies *Pinus pinaster* Ait., *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn., localizadas en la zona noroccidental de Castilla y León, en las provincias de León y Zamora, y donde se conocía la presencia de abundantes poblaciones tanto del escolítido objetivo *I. sexdentatus* como de sus dos principales enemigos naturales.

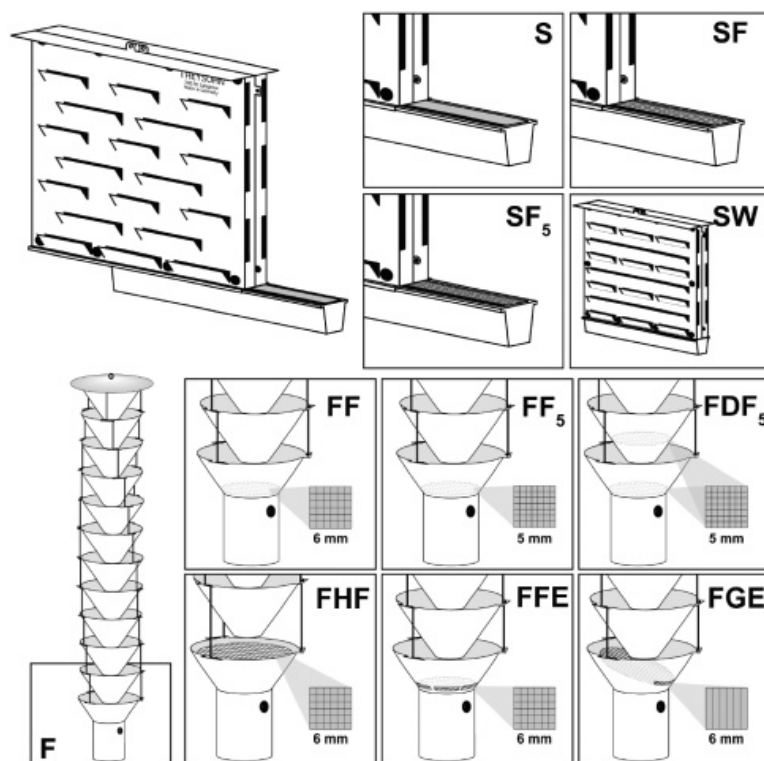
Las modificaciones de las trampas testadas se basaron en la diferencia de tamaño entre depredadores y presa, consistiendo en la adición de mallas electro soldadas que permitieran el paso de los escolítidos adultos al colector inferior de las trampas pero evitaran el paso de los enemigos, ayudando incluso al escape de éstos en alguno de los diseños.

Tras el análisis fotográfico de un gran número de individuos de las tres especies para calcular sus dimensiones medias, realizado con el programa UTHSCSA ImageTool version 3.0 (University of Texas Health Science Centre, San Antonio, U. S. A.), se obtuvieron los resultados reflejados en la Tabla 1, resultando como limitante un eje mayor entre 5 y 6 mm, que se utilizó como referencia en la luz de las mallas empleadas.

Se testaron cuatro tratamientos en 2004 (Figura 1): la trampa estándar de 12 embudos (F) y añadiendo un filtro de 6 mm en la parte baja del último embudo colector (FF), la trampa de ranura estándar (S) y con filtro de 6 mm en la parte alta del colector (SF). En 2005 se compararon cinco tratamientos, los cuatro de 2004 pero con malla de 5 mm buscando incrementar la exclusión de enemigos (F, FF<sub>5</sub>, S y SF<sub>5</sub>) y un quinto que suponía la adición de un doble filtro en el siguiente embudo colector de la trampa de 12 embudos (FDF<sub>5</sub>). En 2006 se testaron de nuevo los cuatro tratamientos de 2004 más un quinto consistente en elevar la posición del filtro de 6 mm a la parte alta del último embudo colector de la trampa F (FHF). Finalmente, en 2009 se testaron seis tratamientos, de

Especies	Eje mayor (mm)	Eje menor (mm)
<i>Ips sexdentatus</i> (n= 711)	5,58 ± 0,03	2,33 ± 0,03
<i>Thanasimus formicarius</i> (n= 37)	9,08 ± 0,35	4,01 ± 0,24
<i>Temnochila caerulea</i> (n= 50)	13,46 ± 0,42	4,17 ± 0,14

**Tabla 1.** Longitud de los ejes mayores y menores ± error estándar de *Ips sexdentatus*, *Thanasimus formicarius* y *Temnochila caerulea* estimados por análisis digital de imágenes



**Figura 1.** Modificaciones de las trampas testadas para la exclusión de depredadores en trampas de 12 embudos y de ranura. FF: Embudos con filtro bajo de 6mm (FF<sub>5</sub>: 5mm); FHF: Embudos con filtro alto de 6mm; FDF<sub>5</sub>: Embudos con filtro doble de 5mm; FFE: Embudos con filtro bajo de 6mm y ventanas de escape; FGE: Embudos con filtro de arrastre de 6mm y ventana de escape; SF: Trampa de ranura con filtro bajo de 6mm (SF<sub>5</sub>: 5mm); SW: Trampa de ranura de Witasek

nuevo tres de los testados en 2004 y 2006 con filtros de 6 mm (F, FF y S), un cuarto consistente en la apertura de tres ventanas de escape inmediatamente por encima del filtro en la trampa FF (FFE), un quinto instalando una red de arrastre formada por finas varillas de acero espaciadas 6 mm y orientadas 45° sobre la horizontal en la mitad inferior del último embudo de la trampa F, con una ventana de escape al final de la rampa (FGE), y un sexto tratamiento con una trampa de ranura comercializada por Witasek Pflanzenschutz GmbH (Feldkirchen, Austria; SW).

En cada experimento los tratamientos se asignaron de manera aleatoria a la posición de las trampas en 7 bloques experimentales (6 en 2004).

Las trampas se separaron 80-100 m entre sí y 150 m entre bloques. Se colocaron suspendidas de cuerdas entre dos árboles (2004 y 2005) o colgando de mástiles a lo largo de pistas y cortafuegos (2006 y 2009). El cebo comercial de *I. sexdentatus* fue el proporcionado por SEDQ, S.L. (Barcelona, España). Se realizó un muestreo semanal y las feromonas se repusieron cada 6 semanas.

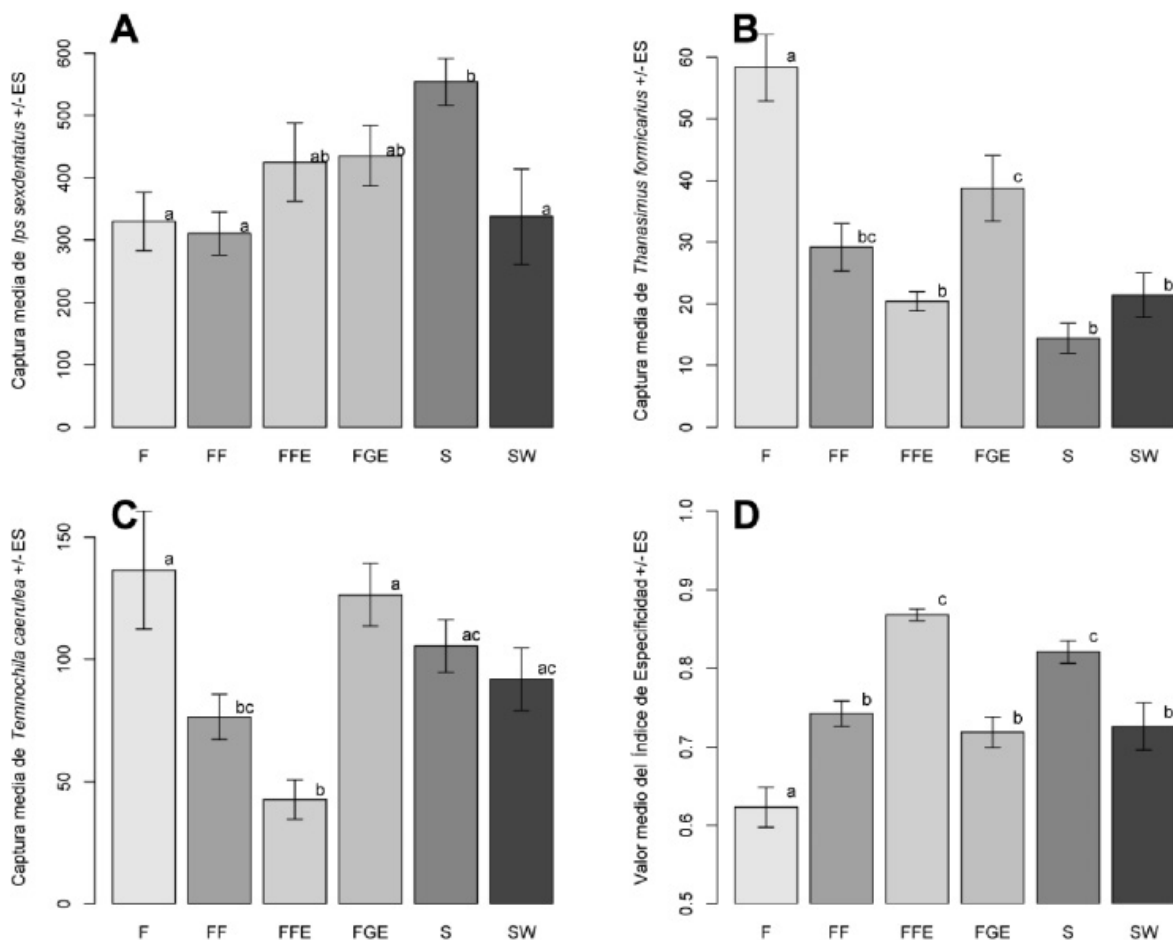
Para los estudios de exclusión de depredadores, se analizaron por separado el número total de *I. sexdentatus* (Is), *T. formicarius* (Tf) y *T. caerulea* (Tc). Además, se calculó un Índice de Especificidad definido como  $SI = Is / (Is + Tf + Tc)$ , de manera que aquellos tratamientos con valores del SI cercanos a 1, representarían

an trampas de una relación óptima entre las capturas de *I. sexdentatus* y sus enemigos naturales.

Las variables respuesta, Is, Tf, Tc y SI, fueron ajustadas a modelos lineales generalizados (CRAWLEY, 2007) y las medias fueron posteriormente comparadas mediante el test HSD de Tukey. También se calculó el tamaño estandarizado del efecto de Hedge ( $d_{\text{imparcial}}$ ), tomando en cuenta el diseño de la trampa multiembudo como referencia. Esta medida escala la diferencia entre tratamientos y permite la comparación de los diferentes diseños en el SI a lo largo de los diferentes experimentos, de tal manera que los valores de  $d_{\text{imparcial}}$  próximos a cero, o con su intervalo de confianza solapando tal valor, indiquen tratamientos que no mejoran el SI de la trampa multiembudo (NAKAGAWA & CUTCHILL, 2007). Todos los análisis han sido realizados utilizando el entorno y lenguaje de programación R © 2.11.1 (THE R DEVELOPMENT TEAM, 2011).

## RESULTADOS

La evolución de los ratios predador/presa obtenida durante los tres periodos de muestreo entre 2004 y 2006 arrojó los siguientes resultados: los filtros de 6 mm reducen significativamente el ratio predador (*T. caerulea* + *T. formicarius*)/presa, casi un 50%, en las trampas de embudo (F), mientras que no lo hacen si se aplican a las trampas de ranura (S). La reducción del tamaño del filtro a 5 mm afecta a las capturas del escolítido, mostrando similares reducciones del ratio (cerca al 70%). Añadir un segundo filtro a la trampa F, orientado transversalmente, no mejora la minimización del ratio. La inclusión del filtro de 6 mm en posición elevada dentro del último embudo reduce significativamente (40%) las capturas de la trampa F sin filtros. No se encontraron diferencias entre las dos posiciones de los filtros (baja y elevada).



**Figura 2.** Capturas medias e índice de especificidad obtenido con los tratamientos definitivos testados en 2009. Ver Figura 1 y el apartado de Material y Métodos para la descripción de los tratamientos

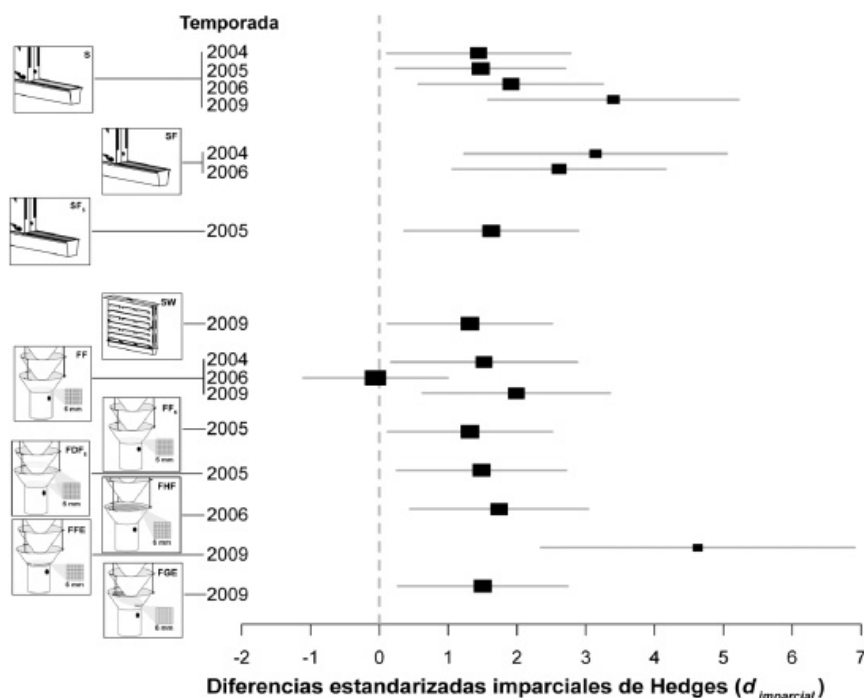
En nuestra última experiencia, en 2009, los resultados (Figura 2) indican que, aunque las dos modificaciones con filtro de 6 mm mejoran el diseño de las trampa Lindgren, la que incluye ventanas de escape incrementa significativamente la especificidad de las trampas [presa/(presa+depredadores)] (0,87) sobre cualquiera del resto de mejoras. El nuevo diseño de la trampa de ranuras no resulta tan selectivo como el tradicional (0,73 vs 0,82), pues reduce las capturas de *T. caerulea* pero también las de *I. sexdentatus*. El resto de tratamientos testados mostraron idénticos resultados a los obtenidos en años anteriores.

## DISCUSIÓN

Índices como el índice de especificidad (SI) permiten comparar el total de los diseños testados, considerando cuan específica es una trampa capturando la especie objetivo, mientras se valora el efecto sobre sus dos principales depredadores. Como era de esperar, el diseño F es menos específico que el S. Esto es indicativo de que el

trampeo masivo de escolítidos con trampas F en áreas donde las poblaciones de *I. sexdentatus* son moderadas podría conllevar efectos no deseados por la retirada desproporcionada de enemigos naturales. La trampa S arrojó mejores valores del SI, aunque, especialmente en el caso de *T. caerulea*, obtuvo valores inaceptables algún año, por lo que en áreas del sur de Europa donde este depredador es muy abundante y las poblaciones de escolítidos estén por debajo del nivel de foco eruptivo, su diseño debe ser mejorado. La modificación de trampas mediante la adición de filtros de exclusión mejora la especificidad de los dos modelos básicos, pero más notablemente la F.

El empleo del efecto del tamaño nos proporcionó un procedimiento estandarizado para calcular la magnitud de las mejoras obtenidas en los cuatro años de experimentos (NAKAGAWA & CUTCHILL, 2007). Además, los diagramas de bosque nos permitieron la comparación visual entre los diferentes tratamientos. Considerando que el incremento del SI significa mejoras en la sostenibilidad de la trampa, la Figura 3 sería un buen ilustrador del trabajo realizado. Los dise-



**Figura 3.** Diagrama de bosque de las diferencias estandarizadas imparciales de Hedge ( $d_{imparcial}$ ) de los Índices de Especificidad (SI) considerando los diferentes experimentos y diseños de trampas, con un intervalo de confianza del 95% (IC). Se considera el tratamiento F como referencia. El tamaño de las cajas representa el peso relativo de cada modificación estudiada en función del número de réplicas y la heterogeneidad de los datos. La superposición de los intervalos de confianza con el valor cero, señalan las modificaciones que no implican una mejora significativa por el diseño de la trampa (NAKAGAWA & CUTCHILL, 2007)

ños basados en la trampa F proporcionan una herramienta más versátil, ya que son más fáciles de almacenar y transportar (PETRICE *et al.*, 2004; SIERRA Y MARTÍN, 2004).

La trampa S tiene un impacto menor sobre los enemigos naturales, pero el ratio no difiere significativamente de la trampa de embudo múltiple con filtros. Ese modelo no mejora con ninguna de las versiones con filtro ni con la trampa de ranura de Witasek. Por el contrario, si queremos aprovechar la versatilidad de las trampas de embudo múltiple, un filtro simple de 6 mm de luz aplicado en la parte baja del último embudo reduciría significativamente el impacto sobre los enemigos naturales estudiados sin afectar a la eficacia del trampeo. El mejor diseño sería claramente el que incorpora además ventanas de escape, el FFE. Esta sencilla modificación propuesta serviría para mejorar la sostenibilidad de los programas de trapeo masivo de *I. sexdentatus*. Los futuros trabajos deberán ahondar en la exclusión física o mediante semioquímicos, además de en un aumento de la supervivencia y viabilidad de los enemigos naturales que, en último término, se vean atrapados.

### Agradecimientos

A Luis Miguel Muñoz, Dionisio Pozo y José Manuel Heras de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, y a Andrés Álvarez, de Tabuyo del Monte. Este trabajo ha sido financiado en parte por el Ministerio de Educación y Ciencia, mediante los proyectos de investigación AGL 2004-07507-C04-04 y AGL 2007-61152.

### BIBLIOGRAFÍA

- AUKEMA, B.H.; DAHLSTEN, D.L. & RAFFA, K.F.; 2000. Improved population monitoring of bark beetles and predators by incorporating disparate behavioral responses to semiochemicals. *Environ. Entomol.* 29: 618-629.
- BAKKE, A.; 1989. The recent *Ips typographus* outbreak in Norway - experiences from a control program. *Holarctic Ecology* 12: 515-519.
- BORDEN, J.H.; 1989. Semiochemicals and bark beetle populations: Exploitation of natural phenomena by pest management strategists. *Ecography* 12: 501-510.
- BORDEN, J.H. & LACEY, T.E.; 1985. Semiochemical-based manipulation of the mountain pine-beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopkins - a component of Lodgepole pine silviculture in the merritt timber supply area of British-Columbia. *Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie-Journal of Applied Entomology* 99: 139-145.
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN; 2001. *Informe 2000: la salud de los bosques de Castilla y León*. Junta de Castilla y León. Burgos.
- CRAWLEY, M.J.; 2007. *The R book*. Wiley. Chichester.
- DEMARS, C.J.; DAHLSTEN, D.L.; SHARPNACK, N.X. & ROWNEY, D.L.; 1986. Tree utilization and density of attacking and emerging populations of the Western pine-beetle (Coleoptera, Scolytidae) and its natural enemies, Bass Lake, California, 1970-1971. *Can. Entomol.* 118: 881-900.
- ETXEBESTE, I.; ÁLVAREZ, G.; PÉREZ, G. Y PAJARES, J.A.; 2012. Field response of six-toothed pine bark beetle, *Ips sexdentatus* (Col.: Scolytinae), to pheromonal blend candidates. *J. Appl. Entomol.* 136: 431-444.
- FURNISS, M.M. & LIVINGSTON, R.L.; 1979. Inhibition by Ipsenol of Pine Engraver Attraction in Northern Idaho. *Environ. Entomol.* 8: 369-372.
- GIL, L.A. Y PAJARES, J.A.; 1986. *Los escolítidos de las coníferas en la Península Ibérica*, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid.
- LINDGREN, B.S.; 1983. A multiple funnel trap for Scolytid beetles (Coleoptera). *Can. Entomol.* 115: 299-302.
- NAKAGAWA, S. & CUTHILL, I.C.; 2007. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biological Reviews* 82: 591-605.
- PAJARES, J.A.; HIDALGO, I.; PANDO, V.; DIEZ, J.J. Y PÉREZ, G.; 2008. Efectos de la depredación por adultos y por larvas de *Temnochila coerulea* y *Thanasimus formicarius* sobre la reproducción del escolítido de los pinos *Ips sexdentatus*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 26: 19-26.

- PETRICE, T.R.; HAACK, R.A. & POLAND, T.M.; 2004. Evaluation of three trap types and five lures for monitoring *Hylurgus ligniperda* (Coleoptera: Scolytidae) and other local scolytids in New York. *The Great Lakes Entomologist* 37: 1-9.
- RAFFA, K.F.; 1995. Differential responses among natural enemies and prey to bark beetle pheromones: Implications of chemical, temporal, and spatial disparities to evolutionary theory and pest management. In: F.P. Hain, S.M. Salom, F.W. Ravlin, T.L. Payne & K.F. Raffa (eds.), *Behaviour, Population Dynamics and Control of Forest Insects*. Proc International Union of Forestry Research Organizations.
- RATY, L.; DRUMONT, A.; DE WINDT, N. & GREGOIRE, J.C.; 1995. Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees? *Forest Ecol. Manage.* 78: 191-205.
- REEVE, J.D.; 1997. Predation and bark beetle dynamics. *Oecologia* 112: 48-54.
- REEVE, J.D. & STROM, B.L.; 2004. Statistical problems encountered in trapping studies of scolytids and associated insects. *J. Chem. Ecol.* 30: 1575-1590.
- ROSS, D.W. & DATERMAN, G.E.; 1995. Response of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera, Scolytidae) and *Thanasimus undatulus* (Coleoptera, Cleridae) to traps with different semiochemicals. *J. Econ. Entomol.* 88: 106-111.
- ROSS, D.W. & DATERMAN, G.E.; 1998. Pheromone-baited traps for *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae): Influence of selected release rates and trap designs. *J. Econ. Entomol.* 91: 500-506.
- SCHROEDER, L.M.; 1996. Interactions between the predators *Thanasimus formicarius* (Col.: Cleridae) and *Rhizophagus depressus* (Col.: Rhizophagidae), and the bark beetle *Tomicus piniperda* (Col.: Scolytidae). *Entomophaga* 41: 63-75.
- SIERRA, J.M. Y MARTÍN, A.B.; 2004. Efectividad de trampas de feromona en la captura masiva de *Ips sexdentatus* Boern. (Coleoptera: Scolytidae), escolítido perforador de los pinos. *Bol. San. Veg. Plagas* 30: 745-752.
- TILDEN, P.E.; BEDARD, W.D.; WOOD, D.L. & STUBBS, H.A.; 1981. Interruption of response of *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera, Scolytidae) to its attractive pheromone by components of the pheromone. *J. Econ. Entomol.* 7: 183-196.
- TURCHIN, P.; LORIO, P.L.; TAYLOR, A.D. & BILLINGS, R.F., 1991. Why do populations of Southern pine beetles (Coleoptera, Scolytidae) fluctuate. *Environ. Entomol.* 20: 401-409.
- WARZEE, N.; GILBERT, M. & GREGOIRE, J.C.; 2006. Predator/prey ratios: a measure of bark-beetle population status influenced by stand composition in different French stands after the 1999 storms. *Ann. For. Sci.* 63: 301-308.