



Respuesta de insectos descortezadores de pino y de sus depredadores a semioquímicos en el sur de México

Response of bark beetles and their predators to semiochemicals in southeast Mexico

Jorge Enrique Macías-Sámano^{1,4}, Martha Laura Rivera-Granados², Robert Jones³ y Guillermo Ibarra¹

¹ ECOSUR, El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México

² Proyecto PNUD 00061777 "Fortalecimiento de la CONANP mediante mecanismos de innovación y mejora continua". Guanajuato, México

³ Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro, México

⁴ Dirección actual: Synergy Semiochemicals Corp. BC, Canadá

RESUMEN

Se documenta la atracción en campo de insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) de pino y sus depredadores, a trampas multiembudos cebadas con formulaciones comerciales que contenían una de tres combinaciones de α -pineno con frontalina, ipsenol o con ipsdienol en el sur de México. El descortezador *Dendroctonus frontalis* Zimmermann fue atraído únicamente a frontalina + α -pineno. El descortezador *Ips grandicollis* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), los depredadores *Enoclerus ablusus* Barr (Coleoptera: Cleridae) y *Elacatis* sp. (Pascoe) (Coleoptera: Salpingidae) fueron atraídos a las combinaciones de ipsenol + α -pineno e ipsdienol + α -pineno; el depredador *Temnochila chlorodia* Mannerheim (Coleoptera: Trogositidae) respondió a todos los tratamientos. Los depredadores *Tenebroides corticalis* (Melsheimer) (Coleoptera: Trogositidae) y *Temnochila virescens* (F.) fueron capturados en números muy bajos. Los resultados de este estudio indican que el depredador *T. chlorodia*, reconoce y se orienta a los semioquímicos producidos tanto por las especies de descortezador, *D. frontalis* e *I. grandicollis*, mientras que los depredadores *E. ablusus* y *Elacatis* sp son atraídos exclusivamente por los producidos por las especies de *Ips*. Las diferentes respuestas de los insectos atrapados son discutidas a la luz de trabajos similares, enfatizando las variaciones encontradas en la asociación descortezador-depredador y la respuesta a los semioquímicos entre las poblaciones de Estados Unidos y las del sur de México para el manejo de los mismos.

PALABRAS CLAVE: Chiapas, *Dendroctonus frontalis*, depredadores, *Elacatis*, *Enoclerus*, feromonas, *Ips grandicollis*, *Temnochila*, *Tenebroides*, trampeo.

ABSTRACT

Field responses to multiple-funnel traps baited with commercial α -pinene plus either frontaline, ipsenol or ipsdienol were recorded for bark beetles and their associates in southern Mexico. *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) was attracted only to frontaline plus α -pinene. *Ips grandicollis* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), *Enoclerus ablusus* Barr (Coleoptera: Cleridae) and *Elacatis* sp. (Pascoe) (Coleoptera: Salpingidae) were attracted to both combinations of ipsenol and ipsdienol plus α -pinene, *Temnochila chlorodia* Mannerheim (Coleoptera: Trogositidae) responded to all treatments. *Tenebroides corticalis* (Melsheimer) (Coleoptera: Trogositidae) and *Temnochila virescens* (F.) were also captured in small numbers. From these results, the predator *T. chlorodia* tuned to semiochemicals known to be produced by either *D. frontalis* or *I. grandicollis* species, whereas the predators *E. ablusus* and *Elacatis* sp were attracted exclusively to semiochemicals known to be produced by *Ips* species. Differences in response are discussed in the light of similar works, stressing the variations found between bark beetle-predator guilds and semiochemical response from North American and South Mexico.

KEY WORDS: Chiapas, *Dendroctonus frontalis*, predators, *Elacatis*, *Enoclerus*, pheromones, *Ips grandicollis*, *Temnochila*, *Tenebroides*, trapping.

INTRODUCCIÓN

Los insectos descortezadores y sus depredadores son habitantes típicos de los bosques de pino en Norte América (Islas-Salas, 1980; Dahlsten, 1982). Los insectos de las familias Trogossitidae (Coleoptera) (e. g. *Temnochila virescens* (F.) y *Temnochila chlorodia* (Mannerheim)) y Cleridae (e. g. *Thanasimus* spp. y *Enoclerus* spp.) son depredadores de las especies de descortezadores de los géneros *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) (Islas-Salas, 1980; Dahlsten, 1982; Billings y Cameron, 1984; Billings, 1985; Reeve, 1997).

La ecología química de los depredadores es compleja y utiliza las señales químicas intraespecíficas producidas por los descortezadores para localizar su presa (Haynes y Yeorgan, 1999). *Temnochila virescens* y *T. chlorodia* responden a semioquímicos liberados por sus presas (especies de *Dendroctonus* e *Ips*), a volátiles liberados por el árbol que ataca su presa, o al monoterpeno α -pineno solo, que es el principal componente de la resina de las coníferas (Wood, 1982; Billings y Cameron, 1984; Kohnle y Vité, 1984; Hofstetter *et al.*, 2008; Domínguez-Sánchez *et al.*, 2008). De la misma manera, *Thanasimus dubius* Fabricius, *Thanasimus undatulus* Say y *Enoclerus sphaegeus* Fabricius, son atraídos por la frontalina sola o combinada con α -pineno (Billings y Cameron, 1984; Herms *et al.*, 1991). Sin embargo, *T. dubius* también es atraído a ipsenol e ipsdienol, ya sea individualmente o combinados (Mizell *et al.*, 1984; Raffa y Klepzig, 1989).

La respuesta de atracción a semioquímicos de *D. frontalis* y de distintas especies de *Ips* y sus gremios de depredadores están muy bien documentadas. Sin embargo dada la amplia distribución de estas dos especies de descortezadores desde el sur de Estados Unidos hasta Nicaragua (Wood, 1982), es razonable pensar que existen variaciones no sólo en las especies que conforman los depredadores asociados, sino también en su respuesta a semioquímicos para ambos grupos de descortezadores. En cuanto a este último punto son bien conocidas las variaciones en la respuesta de atracción entre las poblaciones, tanto de descortezadores como depredadores que habitan distintas localidades, a diferentes enantiómeros

de feromonas o mezclas de los mismos (Erbiling y Raffa, 2001; Reeve *et al.*, 2009).

OBJETIVOS

Evaluar la respuesta de las poblaciones de los descortezadores *D. frontalis* e *Ips* spp. y sus depredadores, en el sur de México, a trampas cebadas con feromonas y kairomonas comerciales de Estados Unidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron conducidos en bosques de pino con clima templado húmedo y con lluvias abundantes (Conabio 2014), en un rodal de segundo crecimiento de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Pinus maximinoi* H.E. Moore en el municipio de Motozintla, Chiapas (N 15° 18', W 92° 16', 1420 m snm) en donde se presentaba una infestación bien establecida de *D. frontalis*.

Los experimentos corrieron del 15 de marzo al 5 de junio de 2002, y se emplearon trampas de ocho embudos, que fueron distribuidas en el bosque siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas para cada tratamiento. Las trampas, cada una con un tratamiento, fueron colocadas en línea y espaciadas una de otra 15 m y la misma distancia se procuró entre cada bloque. Los tratamientos fueron los siguientes: T1, trampa no cebada (control); T2, α -pineno (A); T3, frontalina (F) + (A); T4, ipsenol (IPS) + (A); T5, ipsdienol (IPD) + (A).

Los compuestos químicos se obtuvieron de Phero Tech Inc. (Delta B. C., Canadá) con las siguientes especificaciones: frontalina [(1,5-dimethyl-6,8-dioxabicyclo(3.2.1)octano)] 99% racémica (300 μ l por tubo Eppendorf) y una tasa de liberación de 2,6 mg/día; ipsenol (2-methyl-6-methylen-7-octen-4-ol) racémico (40 mg por burbuja) y liberado a 230 μ g/día; ipsdienol (2-methyl-6-methyle-2,7-octadien-4-ol) racémico (40 mg por burbuja) y liberado a 110 μ g/día; y α -pineno (2,6,6-trimethybycyclo [3.1.1] hept-2-eno), con composición enantiomérica de 95%(-): 5% (+) y liberados a 1000 μ g/día. Las tasas de liberación fueron calculadas a 20 °C para el α -pineno, a 23 °C para la frontalina, y a 25 °C para el ipsenol e ipsdienol (PheroTech Inc.).



Todos los insectos fueron conservados en alcohol al 70% y depositados en la colección de insectos de ECOSUR, unidad Tapachula. La identificación taxonómica de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) fue realizada siguiendo a Wood (1982) y la de los Trogositidae siguiendo Barron (1971). Las identificaciones de *Dendroctonus frontalis* fueron confirmadas por medio de análisis cariológico (Salinas *et al.*, 1994).

La significancia estadística entre los tratamientos fue comparada por una prueba de *t* (SAS Institute 1989).

RESULTADOS

Los resultados de los trameos se presentan en la tabla 1. Se capturaron las siguientes especies de insectos: *D. frontalis*, *I. grandicollis*, *Temnochila virescens*, *T. chlorodia*, *Tenebroides corticalis* Mennerheim, *Enoclerus ablusus* Barr, y *Elacatis* sp. Pascoe (Coleoptera: Salpingidae).

Las principales especies de descortezadores, *D. frontalis* e *I. grandicollis*, fueron significativamente atraídas a los tratamientos con frontalina + α -pineno e ipsenol + α -pineno, respectivamente. *T. chlorodia* fue significativamente atraída a todos los tratamientos comparados con el control. *E. ablusus* fue atraído significativamente al tratamiento ipsenol + α -pineno. *Elacatis* sp. fue significativamente atraído a los tratamientos ipsenol + α -pineno como al de ipsdienol + α -pineno. Las especies, *T. virescens* y *T.*

corticalis, fueron capturadas en números demasiado bajos para realizar un análisis estadístico, la primera fue atraída solo a la mezcla con frontalina + α -pineno y la segunda a ésta última mezcla y a la de ipsdienol + α -pineno; sin embargo estas especies fueron excluidas del análisis estadístico debido al bajo número de insectos colectados.

DISCUSIÓN

Aunque el presente estudio fue realizado durante un menor periodo (tres *vs* seis meses), con menos réplicas (cuatro *vs* diez), con tres feromonas (combinadas con α -pineno *vs* sin α -pineno) y con objetivos diferentes que el realizado por Domínguez Sánchez *et al.* (2008), ambos resultados son coincidentes. En ambos estudios se observa que *D. frontalis* fue atraído a frontalina y/o a frontalina + α -pineno; e *I. grandicollis* presente en ambas localidades e *I. bonanseai* Hopkins (sólo en Lagunas de Montebello) fueron atraídos a ipsenol e ipsdienol, solos o combinados con α -pineno; los depredadores, *T. chlorodia* en ambos sitios fue atraído a todos los tratamientos; *Elacatis* sp y *E. ablusus* en ambos sitios fueron atraídos indistintamente a ipsenol e ipsdienol, ambos con α -pineno.

Las poblaciones de *T. chlorodia* de Estados Unidos son atraídas a la *exo*-brevicomina sola (Bedard *et al.*, 1980), al α -pineno solo (Rice 1969), a *exo*-brevicomina + frontalina + myrceno (Fettig y Dabney, 2006), y a diferen-

TABLA 1. Atracción en campo de *D. frontalis*, *I. grandicollis* y sus depredadores a cuatro diferentes semioquímicos en dispositivos individuales y liberados de trampas multiembudos en bosque de pino en Motozintla, Chiapas.

Semioquímico	<i>D. frontalis</i>	<i>T. chlorodia</i>	<i>E. ablusus</i>	<i>Elacatis</i> sp.	<i>I. grandicollis</i>
No cebada	0,0 \pm 0,0b	0,0 \pm 0,0b	0,0 \pm 0,0c	0,0 \pm 0,0c	0,0 \pm 0,0b
A	\pm 0,0b	14,0 \pm 5,0a	0,5 \pm 0,3c	\pm 0,0c	0,0 \pm 0,0b
F + A	15 \pm 2,0a	26,3 \pm 4,9a	2,0 \pm 0,7b	0,3 \pm 0,3b	0,0 \pm 0,0b
IPS + A	0,0 \pm 0,0b	21,4 \pm 10,7a	12,3 \pm 3,6a	4,8 \pm 2,2a	40,8 \pm 10,3a
IPD + A	0,0 \pm 0,0b	69,3 \pm 36,5a	10,8 \pm 5,1ab	5,5 \pm 2,2a	2,8 \pm 2,8b

Medias \pm ES dentro de cada columna de cada especie que tienen la misma letra, no difieren estadísticamente.

Comparaciones múltiples con *t*-test y una $\alpha = 0,05$.

A = α -pineno, F = frontalina, IPS = ipsenol, IPD = ipsdienol.

tes mezclas enantioméricas separadas de ipsdienol e ipsenol, incluyendo la mezcla racémica usada en el presente trabajo (Dahlsten *et al.*, 2003; Fettig *et al.*, 2007). Los resultados aquí presentados, al igual que los de Domínguez-Sánchez *et al.* (2008), mostraron que las poblaciones mexicanas de *T. chlorodia* fueron atraídas a frontalina, ipsdienol e ipsenol, y a los tres combinados con α -pineno. Ello indica que esta especie tiene la habilidad de detectar y seguir una amplia gama de atrayentes para las especies de *Dendroctonus* como de *Ips*, así como para otros atrayentes liberados por los árboles de pino, como el α -pineno, donde estos depredadores potencialmente pueden localizar a sus presas.

En términos de la especificidad de los depredadores a las feromonas de sus presas en poblaciones de Estados Unidos y las estudiadas aquí, se requiere profundizar más para entender las interacciones entre presa y depredador que se presentan en los bosques de México. En el sur del país, *T. chlorodia* es el depredador que es atraído a la frontalina y por ende el único depredador con cierta especificidad para *D. frontalis*, se dice con “cierta” porque, al igual que en Estados Unidos, también es atraído a otras feromonas de otros descortezadores y al α -pineno. La especie de Cleridae presente en el sur de México fue *E. ablusus*, en lugar de *T. dubius*. Esta última especie es considerada en Estados Unidos el principal depredador de *D. frontalis* y es atraído principalmente a la frontalina (Pureswaran *et al.*, 2008), no al ipsenol o ipsdienol; por el contrario *E. ablusus* solo es atraído a estos últimos compuestos. De tal manera, que la información obtenida hasta ahora no muestra a *E. ablusus* como el principal depredador de *D. frontalis* en el sur de México.

Los insectos del género *Elacatis* han sido considerados en la literatura como atraídos a distintas feromonas de descortezadores, mas al igual que en este trabajo, las identidades de las especies de *Elacatis* son desconocidas, por lo que la información de atracción a semioquímicos por las mismas debe de ser considerada de manera tentativa. En cuanto a la especie del género *Elacatis* sp capturada, los resultados confirmaron lo encontrado por

Gaylord *et al.* (2006), Domínguez-Sánchez *et al.* (2008) y Steed y Wagner (2008), acerca de que una especie de *Elacatis* fue atraída a ipsenol e ipsdienol, lo que sugiere que las especies de *Ips* pudieran ser sus principales presas. El trabajo de Hofstetter *et al.* (2008) muestra atracción en campo a otros semioquímicos e indica que una especie de *Elacatis* responde significativamente a combinaciones de α -pineno con *exo*-brevicomina, más que a combinaciones del mismo monoterpene con frontalina. Estos resultados en conjunto sugieren que las especies del género *Elacatis* al igual que *T. chlorodia*, son depredadores oportunistas que se alimentan de los descortezadores que tienen diferentes componentes feromonales e incluso kariomonales. Es posible que estas diferencias sean respuestas adaptativas locales para la repartición parcial del recurso descortezadores.

En el sureste de los Estados Unidos se usa ampliamente un sistema de monitoreo que predice las fluctuaciones poblacionales de *D. frontalis* con base en un grupo de trampas cebadas con semioquímicos (Billings y Upton, 2010). Este sistema se basa en el excelente conocimiento de la relación *D. frontalis* y *T. dubius*, usando una simple relación numérica proporcional entre presa y depredador, la cual ha predicho por más de 15 años y de manera confiable (R. Billings com. pers., 2014) si las poblaciones de *D. frontalis* se elevarán o no. Mas las interacciones presa y depredador son mucho más complejas, información desarrollada por Reeve *et al.* (2009) indica que en los Estados Unidos las poblaciones de *T. dubius* y *T. virescens* comparten el recurso presa mediante el uso de las feromonas de sus presas, de tal manera que en las áreas donde *D. frontalis* es abundante, *T. dubius* responde a la frontalina y *T. virescens* a ipsenol e ipsienol. Por lo que para que un sistema de monitoreo fundamentado en semioquímicos sea utilizado con efectividad en México, es imperante saber por regiones qué depredadores son los que responden consistentemente a la frontalina y a α -pineno (Macías-Sámano *et al.*, 2004), pues hasta el momento solo *T. chlorodia* es el único depredador que responde a esos compuestos y los Cleridae a feromonas de especies de *Ips*.



Aunado a lo anterior, el hecho de que ahora se conozca que la adición de *endo*-brevicomina a la combinación frontalina- α -pineno, pero distanciado de la trampa, tiene una mayor atracción para *D. frontalis* (Moreno *et al.*, 2008; Sullivan y Mori 2009) implica la necesidad de conocer el papel de este semioquímico en el comportamiento de las especies depredadoras asociadas con este descortezador. Por otro lado, recientemente se ha descrito la existencia de dos morfotipos o especies crípticas de *D. frontalis* en el sur de México, que difieren en cuatro órdenes de magnitud en la emisión de la feromona *endo*-brevicomina (Sullivan *et al.*, 2012; Armendáriz-Toledano *et al.*, 2014). La presencia de estos morfos o especies crípticas plantea una nueva perspectiva semioquímica para *D. frontalis* y las especies de *Ips* asociadas a ella y sus depredadores en el sur de México, tal y como lo han probado otros estudios de ecología llevados a cabo con otros descortezadores y depredadores (Erbiling y Raffa, 2001; Reeve *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Individuos de las poblaciones de dos especies de descortezadores de pino presentes en el sitio de trabajo fueron atraídos a los semioquímicos utilizados. *D. frontalis* fueron atraídos a frontalina y/o a frontalina + α -pineno; e *I. grandicollis* fueron atraídos a ipsenol e ipsdienol, solos o combinados con α -pineno; los depredadores de estas especies de descortezadores, *T. chlorodia* fueron atraídos a todos los tratamientos; *Elacatis* sp y *E. ablusus* fueron atraídos indistintamente a ipsenol e ipsdienol, ambos con α -pineno.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a Gerardo Zúñiga, ENCB-IPN, y a Alicia Niño-Domínguez, Ecosur, por revisar el borrador final del manuscrito. A Ramón Cisneros, ENCB-IPN, por los análisis cariológicos. A William Barr[†] (Universidad de Idaho) y Jesús Luna (Universidad Autónoma de Querétaro) por las identificaciones taxonómicas de Cleridae, Trogositidae y Salpingidae (Coleoptera). A Jesús García y Willmar Robledo, SERNyP, Chiapas. A Armando Ventura, Armando

Virgen, J. Luis Godínez[†] y a M. Luisa García, Ecosur, por su ayuda en campo. A Liduvino López el propietario del predio en donde se realizó este trabajo. Financiamiento otorgado a JEMS por parte del SIBEJ-Conacyt y el USDA-FS, Southern Forest Research Station, y a LRG por parte del Ecosur.

REFERENCIAS

- Armendáriz-Toledano, F., A. Niño, B.T. Sullivan, J.E. Macías-Sámano, J. Víctor, S.R. Clarke y G. Zúñiga. 2014. Two species within *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae): evidence from morphological, karyological, molecular, and crossing studies. *Annals of the Entomological Society of America* 107(1):11-27.
- Barron, J.R. 1971. A revision of the Trogositidae of America North of México (Coleoptera: Cleroidea). *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 75:1-143.
- Bedard, W.D., D.L. Wood, P.E. Tilden, K.Q. Lindahl, R.M. Silverstein y J.O. Rodin. 1980. Field response of the western pine beetle and one of its predators to host and beetle-produced compounds. *Journal of Chemical Ecology* 6:625-641.
- Billings, R.F. 2014. Texas Forest Service, College Station TX, EUA.
- Billings, R.F. 1985. Southern pine bark beetles and associated insects effects of rapidly-released host volatiles on response to aggregation pheromones. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 99:483-491.
- Billings, R.F. y R.S. Cameron. 1984. Kairomonal responses of Coleoptera, *Monochamus titillator* (Cerambycidae), *Thanasimus dubius* (Cleridae), and *Temnochila virescens* (Trogositidae) to behavioral chemicals of southern pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 13(6):1542-1548.
- Billings, R.F. y W.W. Upton. 2010. A methodology for assessing annual risk of Southern Pine Beetle outbreaks across the Southern region using pheromone traps. In: J.M. Pye, H.M. Rauscher, Y. Sands, D.C. Lee, J.S. Beatty, eds. Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management. General Technical Report. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture,

- Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations p:73-85.
- Conabio, 2014. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_087.html.
- Dahlsten, D.L. 1982. Relationships between bark beetles and their natural enemies. *In*: J.B. Mitton y K. B. Sturgeon, eds. Bark beetles in North American conifers. University of Texas Press. Austin, Texas. p:140-182.
- Dahlsten, D.L., D.L. Six, N. Erbilgin, K.F. Raffa, A.B. Lawson y D.L. Rowney. 2003. Attraction of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae) and its predators to various enantiomeric ratios of ipsdienol and lanierone in California: implications for the augmentation and conservation of natural enemies. *Environmental Entomology* 33:1115-1122.
- Domínguez-Sánchez, B., J.E. Macías-Sámano, N. Ramírez-Marcial y J.L. León-Cortés. 2008. Respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *Dendroctonus frontalis* y dos especies de *Ips* (Coleoptera: Curculionidae) en bosques de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:175-183.
- Erbiling, N. y K.F. Raffa 2001. Kairomonal range of generalist predators in specialized habitats: responses to multiple phloeophagous species emitting pheromones vs. host odors. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99: 205-210.
- Fettig, C.J. y C.P. Dabney. 2006. Seasonal abundance of *Temnochila chlorodia* (Mannerheim) (Coleoptera: Trogositidae) collected in Western Pine Beetle pheromone-baited traps in Northern California. *Journal of Entomological Science* 41(1):75-83.
- Fettig, C.J., S.R. McKelvey, C.P. Dabney y R.R. Borys 2007. The response of *Dendroctonus valens* and *Temnochila chlorodia* to *Ips paraconfusus* pheromone components and verbenone. *Canadian Entomologist* 139:141-145.
- Gaylord, M.L., T.E. Kolb, K.F. Wallin y M.R. Wagner. 2006. Seasonality and lure preference of bark beetles (Curculionidae: Scolytinae) and associates in a northern Arizona ponderosa pine forest. *Environmental Entomology* 35(1):37-47.
- Haynes, K.F. y K.V. Yeorgan. 1999. Exploitation of intraspecific communication systems: Illicit signallers and receivers. *Annals of the Entomological Society of America* 92(6):960-970.
- Hermes, D.A., R.A. Haack y B.A. Ayres. 1991. Variation in semiochemical-mediated prey-predator interactions: *Ips pini* (Scolytidae) and *Thanasimus dubius* (Cleridae). *Journal of Chemical Ecology* 17(8):515-524
- Hofstetter, R.W., Z. Chen, M.L. Gaylord, J.D. McMillin y M.R. Wagner. 2008. Synergistic effects of α -pinene and *exo*-brevicomin on pine bark beetles and associated insects in Arizona. *Journal of Applied Entomology* 132(5):387-397.
- Islas-Salas, F. 1980. Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Bldf., *D. mexicanus* Hpk., *D. frontalis* Zimm., en algunas regiones de la República Mexicana. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, México. 66:127p.
- Kohnle, U. y J.P. Vité. 1984. Bark beetle predators: strategies in the olfactory perception of prey species by clerid and trogositid beetle. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 98:504-508.
- Macías-Sámano, J.E., A. Niño Domínguez, J.A. Cruz López, R. Altúzar Mérida y O. Maldonado. 2004. Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos. Manual Operativo. 2ª ed. El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur. Tapachula, Chiapas, México. 27p.
- Mizell, R.F., J.L. Frazier, y T.E. Nebeker. 1984. Response of the clerid predator *Thanasimus dubius* (F.) to bark beetle pheromones and tree volatiles in a wind tunnel. *Journal of Chemical Entomology* 10:177-187.
- Moreno, B., J. Macías, B. Sullivan y S.R. Clarke. 2008. Field Response of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytinae) to Synthetic Semiochemicals in Chiapas, Mexico. *Journal of Economic Entomology* 101(6):1821-1825.
- Pitman, G.B., J.P. Vité, G.W. Kinzer y A.F. Fentiman Jr. 1969. Specificity of population aggregating pheromones in *Dendroctonus*. *Journal of Insect Physiology* 15:363-366.
- Raffa, K.F. y K.D. Klepzig. 1989. Chiral scape of bark beetles from predators responding to a bark beetle pheromone. *Oecologia* 80:566-569.



- Reeve, J.D. 1997. Predation and bark beetle dynamics. *Oecologia* 112:48-54.
- Pureswaran, D.S, R.W. Hofstetter y B.T. Sullivan. 2008. Attraction of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis*, to pheromone components of the western pine beetle, *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in an allopatric zone. *Environmental Entomology* 37(1):70-8.
- Reeve, J.D., B.L. Strom, L.K. Rieske, B.D. Ayres y A. Costa. 2009. Geographic variation in prey preference in bark beetle predators. *Ecological Entomology* 34:183-192.
- Rice, R. E. 1969. Response of some predators and parasites of *Ips confusus* (Lec.) (Coleoptera: Scolytidae) to olfactory attractants. *Contribution from Boyce Thompson Institute* 24:189-194.
- Salinas-Moreno, Y., G. Zúñiga-Bermúdez y R. Cisneros-Barrios. 1994. Chromosomal variation of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae). *The Southwestern Naturalist* 39(3):283-286.
- Steed, B.E. y M.R. Wagner. 2008. Seasonal pheromone response by *Ips pini* in northern Arizona and western Montana, E.U.A. *Agricultural and Forest Entomology* 10:189-203.
- Sullivan, B.T., A. Niño, B. Moreno, C. Brownie, J.E. Macías-Samano, S. Clarke, L. Kirkendall y G. Zuñiga. 2012. Biochemical evidence that *Dendroctonus frontalis* consists of two sibling species in Belize and Chiapas, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 105(6):817-831.
- Sullivan, B.T. y K. Mori 2009. Spatial displacement of release point can enhance activity of an attractant pheromone synergist of a bark beetle. *Journal of Chemical Ecology* 35:1222-1233.
- SAS, Institute. 1989. SAS System for windows 3.95, Release 6.08. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Wood, S.L. 1982. The bark beetle and ambrosia beetle of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae) a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs* 6:1-1359.

Manuscrito recibido el 2 de agosto de 2013.

Aceptado el 18 de junio de 2014.

Este documento se debe citar como:

Macías-Sámamo, J.E., M.L. Rivera-Granados, R. Jones y G. Ibarra. 2014. Respuesta de insectos descortezadores de pino y de sus depredadores a semioquímicos en el sur de México. *Madera y Bosques* 20(3):41-47.