

COLEGIO DE POSTGRUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

OCURRENCIA DE INSECTOS DESCORTEZADORES EN BOSQUES DAÑADOS POR INCENDIOS

JUANA FONSECA GONZÁLEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2007

La presente tesis doctoral titulada “Ocurrencia de insectos descortezadores en bosques dañados por incendios”, realizada por la alumna Juana Fonseca González, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA _____
Dra. Celina Llanderal Cázares

ASESOR _____
Dr. David Cibrián Tovar

ASESOR _____
Dr. Héctor Manuel de Los Santos Posadas

ASESOR _____
Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR _____
Dr. J. Jesús Vargas Hernández

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la SEP por haberme facilitado la beca del Programa de Formación del Profesorado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo con la clave UAEHgo-64.

Mi más sincero agradecimiento al Colegio de Postgraduados, así como al Instituto de Fitosanidad y en especial al Programa de Entomología y Acarología, por brindarme la oportunidad para realizar mis estudios de posgrado y contribuir a mi desarrollo profesional.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en especial al Centro de Investigaciones Forestales del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP) por otorgarme la oportunidad para realizar los estudios de posgrado.

A la Dra. Celina Llanderal Cázares mi más grande reconocimiento y agradecimiento por sus enseñanzas y paciencia.

Al Dr. David Cibrián Tovar por la dirección del presente trabajo, le agradezco infinitamente su contribución a mi formación profesional desde la licenciatura y el haberme encauzado hacia un tema tan interesante.

Al Dr. Héctor Manuel de Los Santos Posadas, por todo su apoyo, la paciencia que tuvo conmigo y sobre todo por su amistad.

Al Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo y al Dr. J. Jesús Vargas Hernández por las sugerencias y revisión del presente trabajo. Al Dr. Armando Equihua Martínez por su valiosa participación en el tercer capítulo del presente trabajo.

Al Ing. Rolando Galán Larrea, al Técnico Erasmo Jarillo y al Director Técnico de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (UCODEFO) No. 1 de Tulancingo, Hgo., el Ing. Miguel Molina Cardosa, por el gran apoyo brindado en todas las actividades en campo.

Mi más grande agradecimiento al M. C. Raúl Muñoz Vélez por la identificación de *Amphidees acuminatus* y la descripción de la nueva especie del género *Lechriops*. Un agradecimiento especial al Dr. Armando Equihua Martínez por todo el apoyo en la identificación de especímenes de escolítidos. Al Dr. Armando Burgos Solorio por la ayuda que me brindó en la identificación de *Chrysobothris inaequalis*. Al Dr. Juan Márquez Luna por la identificación de los especímenes de estafilínidos. Agradezco al Maestro Jorge Valdés Carrasco por su apoyo en la toma de fotografías de insectos.

A mis compañeros y amigos de Entomología, en particular a Ulises, Fidel, Bety, Mario, Eréndira, Javier, Alejandro y Elvia.

DEDICATORIA

A MIS AMADAS HIJAS XIMENA Y NATALIA

*A TODA MI FAMILIA, EN ESPECIAL A MI ABUELA
LUCILA (Q.E.P.D.)*

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
CAPITULO I. OCURRENCIA DE INSECTOS DESCORTEZADORES EN BOSQUES DAÑADOS POR INCENDIOS.....	1
Resumen.....	1
Summary.....	2
Introducción.....	3
Literatura citada.....	7
CAPÍTULO II. <i>Ips</i> E INSECTOS BARRENADORES EN ÁRBOLES DE <i>Pinus montezumae</i> DAÑADOS POR INCENDIOS FORESTALES.....	10
Resumen.....	10
Introducción.....	12
Materiales y métodos	13
Área de estudio	13
Toma de datos	14
Análisis de datos.....	15
Resultados	17
Discusión	23
Conclusiones.....	26
Literatura citada.....	27
CAPÍTULO III. SECUENCIA DE ARRIBO DE COLEÓPTEROS EN ÁRBOLES DE <i>Pinus montezumae</i> DAÑADOS POR INCENDIOS EN HIDALGO, MÉXICO.....	30
Resumen.....	30
Abstract	31
Introducción.....	32
Materiales y Métodos.....	35
Área de estudio	35
Colecta e identificación de insectos.....	35
Análisis de datos.....	37

Resultados y discusión.....	40
Diversidad de Coleópteros.....	40
Secuencia de arribo de coleópteros.....	49
Patrón de acumulación de descortezadores y depredadores.....	53
Conclusiones.....	57
Literatura Citada.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características promedio de los árboles evaluados.....	17
Cuadro 2. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye clases de nivel de daño en la copa.....	19
Cuadro 3. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye diámetro.....	20
Cuadro 4. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye el diámetro y las clases de nivel de daño en la copa como variables independientes.....	20
Cuadro 5. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo de regresión logística completo.....	22
Cuadro 6. Descortezadores capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm ² de corteza con adhesivo, de 10 árboles de <i>Pinus montezumae</i> lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	42
Cuadro 7. Barrenadores de madera capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm ² de corteza con adhesivo, de 10 árboles de <i>Pinus montezumae</i> lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	43
Cuadro 8. Depredadores capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm ² de corteza con adhesivo, de 10 árboles de <i>Pinus montezumae</i> lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	47
Cuadro 9. Insectos asociados capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm ² de corteza con adhesivo, de 10 árboles de <i>Pinus montezumae</i> lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	48
Cuadro 10. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo reducido (4).....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio de estudio en el ejido Cima de Togo, Municipio de Cuauhtepac de Hinojosa, Hgo. Fotografía tomada 14 meses después de ocurrido el incendio.....	13
Figura 2. Porcentaje de árboles en cada nivel de daño en la copa.....	17
Figura 3. Porcentaje de galerías encontradas en las muestras de corteza, en árboles de <i>Pinus montezumae</i> de diferente diámetro.....	18
Figura 4. Representación teórica de las galerías elaboradas por <i>Ips</i> con relación al diámetro de los árboles y las clases de chamuscado.....	21
Figura 5. Aspecto general del sitio quemado en el ejido San Rafael Amolucan, Municipio de Singuilucan, Hgo. Fotografía tomada dos semanas después de ocurrido el incendio.....	35
Figura 6. Aplicación de Stickem® al tronco de los árboles quemados, para la captura de insectos.....	36
Figura 7. Ejemplar de <i>Euplatypus pini</i> colectado de árboles quemados de <i>Pinus montezumae</i> en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	44
Figura 8. Espécimen de <i>Chrysobothris inaequalis</i> colectado de árboles quemados de <i>Pinus montezumae</i> en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo. Fotografía tomada por Armando Burgos Solorio.....	45
Figura 9. Espécimen de <i>Lechriops niveolineatus</i> colectado de árboles quemados de <i>Pinus montezumae</i> en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	46
Figura 10. Ejemplar de <i>Enoclerus arachnodes</i> colectado de árboles quemados de <i>Pinus montezumae</i> en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.....	48
Figura 11. Patrón de acumulación observado de los grupos de coleópteros colectados en árboles quemados de <i>Pinus montezumae</i> , en el ejido San Rafael, Mpio. de Singuilucan, Hidalgo.....	50
Figura 12. Patrón de acumulación ajustado de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al conjunto de descortezadores.....	51
Figura 13. Incremento relativo ajustado para los grupos de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al conjunto de descortezadores	52

Figura 14. Patrón de acumulación ajustado de descortezadores y sus depredadores	54
Figura 15. Incremento relativo ajustado de descortezadores y sus depredadores	55

CAPITULO I. OCURRENCIA DE INSECTOS DESCORTEZADORES EN BOSQUES DAÑADOS POR INCENDIOS

Resumen

Con el propósito de develar la posible interacción entre los incendios forestales y la subsecuente infestación por descortezadores y barrenadores de madera, se propusieron dos estudios diferentes. El primero se enfoca en el daño del incendio sobre árboles individuales. A través de regresión logística fue posible vincular la evidencia física del daño sobre árboles adultos de *Pinus montezumae* y la proporción de galerías con respecto a otros descortezadores (*Pityophthorus*, *Hylastes* e *Hylurgops*) y barrenadores de madera (Buprestidae y Cerambycidae). La proporción de galerías de *Ips* disminuye cuando el diámetro y la altura del chamuscado del fuste aumentan, mientras que esta proporción se incrementa con la longitud de copa viva. El análisis muestra que los barrenadores de madera tienen preferencia por los árboles con daño severo pero con yemas vivas. Los árboles pequeños son más sensibles a la infestación de *Ips* con cualquier nivel de daño en la copa.

El segundo estudio se dedicó a identificar las principales familias y géneros de Coleoptera que arriban a árboles jóvenes de *P. montezumae* dañados por un incendio, así como a registrar los patrones de acumulación de los diferentes grupos de insectos. Se aplicó un pegamento a los troncos de los árboles y cada dos semanas durante los primeros cinco meses después del incendio se colectaron los insectos que se adhirieron. La abundancia relativa por fecha y por grupo de insectos se ajustó a una curva de regresión logística para determinar si existían diferencias en su patrón de acumulación entre los grupos y entre los descortezadores y sus depredadores. Las principales familias que se identificaron fueron: Curculionidae, Buprestidae, Cleridae, Salpingidae, Elateridae, Colydiidae, Bostrichidae y Staphylinidae. Se observaron diferencias entre el patrón de acumulación de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al conjunto de descortezadores. El patrón de acumulación de los descortezadores y sus depredadores tiene la misma tendencia. Durante el muestreo se encontró una nueva especie de *Lechriops* Schönherr.

Summary

To unveil the possible interaction between forest fires and the subsequent bark beetle attack and wood borer infestation two different studies were done. The first study is concerned with forest-fire damage on individual trees. Through logistic regression it was possible to link the evidence of physical damage on adult trees of *Pinus montezumae* to the proportion of *Ips* vs. other bark beetles (*Pityophthorus*, *Hylastes*, *Hylurgops*) and woodborers (Buprestidae and Cerambycidae families). The proportion of *Ips* galleries decreased as DBH size and tree bole char height increased, whereas this proportion increased with live crown length. The analysis shows those woodborers are greatly attracted to heavily damaged, but live trees. Small trees are more sensitive to *Ips* infestation despite damage class.

The second study was devoted to identify the main coleoptera taxa arriving at young trees of *P. montezumae* damaged by a wildfire. Stick-up traps were used and two-week periodic samples were taken for five months after the wildfire. The relative abundance for date and for group of insects was adjusted to a curve of logistical regression to determine if differences existed in their pattern of accumulation among the groups and between the bark beetles and their predators. The main families that were identified were: Curculionidae, Buprestidae, Cleridae, Salpingidae, Elateridae, Colydiidae, Bostrichidae and Staphylinidae. Differences were observed between the pattern of accumulation of primary bark beetles and woodborers with regard to the bark beetles group. The pattern of accumulation of the bark beetles and their predators have the same tendency. A new species of *Lechriops* Schönherr was also found during the sampling.

Introducción

En México los incendios forestales cada año afectan una superficie importante de bosques y sólo durante el período de 1988 a 1997 se tuvo un promedio de 246 000 ha dañadas por año. En años con condiciones muy secas la superficie se incrementa de manera importante; considerándose el año de 1998 como la peor temporada de incendios forestales en el país, ya que se reportaron 850 000 ha dañadas (CONAFOR, 2003)¹. Este incremento se debió a la conjunción de varios factores entre los que destaca el fenómeno de “El Niño”, el cual provocó condiciones de altas temperaturas, lluvias escasas y fuertes vientos (SEMARNAP-UACH, 1999). En el estado de Hidalgo también se reflejó un importante incremento, ya que de 1992 al 2003 se tuvo un promedio de 2 198 ha, pero en 1998 los incendios se presentaron en una superficie de 14 557 ha, lo cual significa un aumento de 600%.

Los árboles que no mueren de manera inmediata a causa del incendio, pueden presentar reducción del crecimiento, disminución del vigor y mayor atracción para insectos descortezadores, dependiendo del nivel de chamuscado. González y Rodríguez (2004) reportan que los árboles de *Pinus hartwegii* con un chamuscado de 30 a 60% de la copa tienen un crecimiento en diámetro similar a los árboles que no sufrieron daño, mientras que cuando el chamuscado es mayor al 60% el crecimiento se reduce hasta en 13%; sin embargo, con un chamuscado menor al 30% el crecimiento del árbol se estimuló hasta en un 32% con respecto al testigo. Por otro lado, Sala *et al.* (2005) encontraron que las quemas prescritas después de los aclareos no tienen un efecto medible en el desempeño fisiológico a mediano plazo ni en el crecimiento de *Pinus ponderosa*.

Los incendios forestales considerados como ligeros rara vez matan a los árboles adultos, pero pueden producir la pérdida de algunos árboles jóvenes que mueren durante el siniestro o a consecuencia de la subsecuente infestación de insectos descortezadores (Miller y Patterson, 1927; Furniss, 1965; Cibrián *et al.*, 1995; Suckling *et al.*, 2001; Sullivan *et al.*, 2003). Después de un incendio, las

¹ (CONAFOR) Comisión Nacional Forestal. 2003. Estadísticas de incendios forestales. Reporte técnico.

poblaciones de descortezadores aumentan en forma considerable, volviendo posteriormente a los niveles que tenían antes del incendio (Miller y Patterson, 1927; Santoro *et al.*, 2001). Un árbol con daño por incendio también es más atractivo para insectos barrenadores de madera, como bupréstidos, cerambícidos y platipodinos (Barr, 1984; Zanuncio *et al.*, 2002; McHugh *et al.*, 2003).

Varias especies de coleópteros que se alimentan de la madera están adaptados a incendios recurrentes en los bosques y utilizan los sustratos originados por estos disturbios para ovipositar (Werner, 2002; Saint-Germain *et al.*, 2004). En las franjas circundantes a las áreas donde se realizan quemas prescritas intensas, también quedan árboles susceptibles de ataque por descortezadores y barrenadores cerambícidos, ya que estos árboles se debilitan por el calor y el humo (Werner, 2002). Se ha encontrado que varios coleópteros poseen termorreceptores para ubicar los incendios forestales; por ejemplo *Melanophila acuminata* (Coleoptera: Buprestidae) puede detectarlos a distancias de 60 a 100 millas, llegando a colocar sus huevecillos cuando los árboles aun despiden humo (Campbell *et al.*, 2002), mientras que *Arhopalus tristis* (Coleoptera: Cerambycidae) realiza ataques masivos a árboles chamuscados en los primeros días después del incendio (Suckling *et al.*, 2001).

Sin embargo, cuando el fuego alcanza a quemar la corteza de los árboles, se elimina o disminuye en un porcentaje importante la población de descortezadores ya establecida (Miller y Patterson 1927; Safranyik *et al.*, 2001). Las quemas prescritas han mostrado buenos resultados cuando se aplican inmediatamente después de la cosecha para eliminar los desperdicios (ramas, puntas y tocones), con lo cual se reduce el hábitat para las poblaciones potenciales de *Dendroctonus*, *Ips* y *Monochamus* (McCullough *et al.*, 1998). En Estados Unidos y Canadá se han aplicado quemas prescritas a árboles en pie para el manejo de brotes de *Dendroctonus* (Safranyik *et al.*, 2001; Sullivan *et al.*, 2003). Estas prácticas van en aumento en el mundo, aún cuando hay muchas preguntas sin aclarar; por ejemplo, cual es la respuesta de los descortezadores a un incremento en la incidencia del fuego a gran escala y el papel de otros factores que influyen sobre la colonización de los árboles dañados (Bradley y Tueller, 2001; McHugh *et al.*, 2003). El éxito en el control de los insectos mediante el uso del fuego depende de la intensidad del calor, la tasa de dispersión y la superficie cubierta por éste. Por lo tanto es necesario un

mayor entendimiento de las interacciones entre insectos y fuego para implementar estrategias de manejo de plagas, mejorar la salud forestal y mantener la diversidad biológica de los ecosistemas (McCullough *et al.*, 1998).

Para predecir la mortalidad de árboles dañados por incendios se han elaborado modelos de regresión logística. Para rodales de *Pinus jeffreyi*, Bradley y Tueller (2001) encontraron que las variables más importantes fueron el nivel de chamuscado de copa, la altura de chamuscado del fuste y el diámetro a la altura del pecho; además, se encontró que la mortalidad en los incendios de otoño es mayor que la mortalidad en los incendios de primavera. Ryan *et al.* (1988) encontraron que las variables significativas en el modelo de predicción de mortalidad en rodales de *Pseudotsuga menziesii* fueron: Número de cuadrantes con cambium muerto, porcentaje de chamuscado de copa y altura de chamuscado letal; además de que los resultados mostraron una alta correlación entre la quema y la presencia de descortezadores.

Los incendios forestales son procesos complejos modificados por factores interrelacionados como clima, área geográfica, tipo de bosque y sitio. Históricamente los incendios se presentaban sobre grandes áreas y se extinguían por eventos naturales o por la falta de combustible, con un efecto sanitario en el ecosistema, ya que eliminaban tanto las plagas como los insectos benéficos y sus hospedantes por largos períodos de tiempo (Rogers, 1996). De manera natural el fuego y los insectos interactúan en muchos ecosistemas para regular la sucesión, el reciclado de nutrientes y la composición de especies (McCullough *et al.*, 1998), pero al excluir el fuego de los ecosistemas forestales se aumenta la densidad de población, lo que repercute en una gran competencia por recursos, dando como resultado árboles más estresados y un mayor riesgo de ataque por insectos y enfermedades (Tiedemann *et al.*, 2000).

Pérez (1981) realizó un estudio en bosques quemados en Michoacán y concluye que hay una alta probabilidad de que se establezcan plagas forestales en las áreas donde existen árboles dañados por fuego. En México no hay estudios enfocados a revisar la interacción entre los árboles que quedan en los rodales después de un incendio y la subsecuente infestación de insectos descortezadores y barrenadores de madera, por lo que el presente trabajo tiene el objetivo de identificar los diferentes taxa de insectos que llegan a colonizar árboles con daño

por incendios, así como estudiar la relación entre los niveles de daño de los árboles y la infestación por insectos descortezadores y barrenadores.

Literatura citada

- Barr, W. F. 1984. An overview of the mexican Buprestidae with a listing of *Chrysobothris* species (Coleoptera). Memoria de los Simposia Nacionales de Parasitología Forestal II y III. Cuernavaca, Morelos. pp: 69-75.
- Bradley, T. and P. Tueller. 2001. Effects of fire on bark beetle presence on Jeffrey pine in the Lake Tahoe Basin. *Forest Ecology and Management* 142 (1/3):148-153.
- Campbell, A. L., R. R. Naik, L. Sowards and M. O. Stone. 2002. Biological infrared imaging and sensing. *Micron* 33: 211-225.
- Cibrián, T. D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores-Lara. 1995. *Insectos Forestales de México/Forest Insects of México*. Universidad Autónoma Chapingo. SARH Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre México. USDA Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte FAO. Pub. # 6. 453 p.
- Furniss, M. M. 1965. Susceptibility of fire-injured Douglas-fir to bark beetle attack in southern Idaho. *Journal of Forestry* 63: 8-11.
- González, R. A. y D. A. Rodríguez, T. 2004. Efecto del chamuscado de copa en el crecimiento en diámetro de *Pinus hartwegii* Lindl. en el Distrito Federal, México. *Agrociencia* 38: 537-544.
- McCullough, D. G., R. A. Werner and D. Neumann. 1998. Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America. *Annual Review of Entomology* 43: 107-127.
- McHugh, C., T. E. Kolb and J. L. Wilson. 2003. Bark beetle attacks on Ponderosa pine following fire in northern Arizona. *Environmental Entomology* 32 (3): 510-522.
- Miller, J. M. and J. E. Patterson. 1927. Preliminary studies on the relation of fire injury to bark beetle attack in Western yellow pine. *Journal of Agricultural Research* 31 (7): 597-613.
- Pérez, Ch. R. 1981. Los incendios forestales como vectores de las plagas del bosque. *Revista Ciencia Forestal* 29 (6): 17-30.
- Rogers, T. J. 1996. Effects of fire on forest insects in western forest ecosystems. *In*: R. F. Billings and T. E. Nebeker (Eds.). *Proceedings: North American Forest*

- Insect Work Conference. Forest Entomology: Vision 20:21. Texas, U.S.A. pp. 136-137.
- Ryan, K. C., D. L. Peterson and E. D. Reinhardt. 1988. Modeling long-term fire-caused mortality of Douglas-fir. *Forest Science* 34: 190-199.
- Sala, A., G. D. Peters, L. R. McIntyre and M. G. Harrington. 2005. Physiological responses of ponderosa pine in western Montana to thinning, prescribed fire and burning season. *Tree Physiology* 25 (3): 339-348.
- Safranyik, L., D. A. Linton, T. L. Shore and B. C. Hawkes. 2001. The effects of prescribed burning on mountain pine beetle in lodgepole pine. Information report BC-X-391 Natural Resources Council, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Victoria, British Columbia. 9 p.
- Saint-Germain, M., P. Drapeau and C. Hébert. 2004. Xilophagous insect species composition and patterns of substratum use on fire-killed black spruce in central Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 677-685.
- Santoro, A. E., M. J. Lombardero, M. P. Ayres and J. J. Ruel. 2001. Interactions between fire and bark beetles in an old growth pine forest. *Forest Ecology and Management*. 144 (1/3): 245-254.
- SEMARNAP-UACH. 1999. Atlas Forestal de México. SEMARNAP, UACH. México. 102 p.
- Suckling, D. M., A. R. Gibb, J. M. Daly, X. Chen and E. G. Brockerhoff. 2001. Behavioral and electrophysiological responses of *Arhopalus tristis* to burnt pine and other stimuli. *Journal of Chemical Ecology* 27 (6): 1091-1104.
- Sullivan, B. T., C. J. Fetting, W. J. Otrosina, M. J. Dalusky and C. W. Berisford. 2003. Association between severity of prescribed burns and subsequent activity of conifer infesting beetles in stands of longleaf pine. *Forest Ecology and Management* 185: 327-340.
- Tiedemann, A. R., J. O. Klemmedson and E. L. Bull. 2000. Solution of forest health problems with prescribed fire: are forest productivity and wildlife at risk? *Forest Ecology and Management* 127 (1/3): 1-18.
- Werner, R. A. 2002. Effect of ecosystem disturbance on diversity of bark and wood-boring beetles (Coleoptera: Scolytidae, Buprestidae, Cerambycidae) in white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) ecosystems of Alaska. Research Paper

PNW-RP-546. Portland, OR: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 15 p.

Zanuncio, J. C., M. F. Sossai, L. Couto and R. Pinto. 2002. Ocurrence of *Euplatypus parallelus*, *Euplatypus* sp. (Col.: Euplatypodidae) and *Xyleborus affinis* (Col.: Scolytidae) in *Pinus* sp. in Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brazil. Revista Árvore 26 (3): 387-389.

CAPÍTULO II. *Ips* E INSECTOS BARRENADORES EN ÁRBOLES DE *Pinus montezumae* DAÑADOS POR INCENDIOS FORESTALES

Resumen

Con la finalidad de conocer la relación entre las evidencias externas del daño por fuego en árboles de *Pinus montezumae* y la colonización por insectos descortezadores y barrenadores, se analizó mediante regresión logística la proporción de galerías de *Ips* con respecto a otros insectos descortezadores (*Pityophthorus*, *Hylastes*, *Hylurgops*) y barrenadores de madera, en su interacción con el diámetro del árbol y tres variables de daño por incendio (altura de chamuscado del fuste, nivel de daño en la copa y longitud de copa viva). La proporción de galerías de *Ips* disminuye al aumentar el diámetro del árbol y la altura de quemado del fuste, mientras que dicha proporción aumenta con el incremento en la longitud de copa viva. En árboles con la copa chamuscada en su totalidad, pero con yemas terminales vivas, se incrementa la proporción de galerías de los barrenadores de madera y lo mismo sucede al aumentarse la altura de quemado del fuste y en árboles con diámetros superiores a los 30 cm.

Palabras clave: Descortezadores, *Pityophthorus*, *Hylurgops*, *Hylastes*, efecto del fuego, regresión logística.

Abstract

In order to determine the relationship between external evidence of damage caused by fire in *Pinus montezumae* trees with the colonization by bark beetles and woodborer insects, the proportion of *Ips* galleries with respect to other bark beetles (*Pityophthorus*, *Hylastes*, *Hylurgops*) and larvae of Cerambycidae was analyzed through logistic regression in its interaction with tree diameter and three variables of damage by fire (crown scorch classes, bole char height and live crown length). *Ips* gallery proportion diminishes as tree diameter and bole char height increase, whereas the proportion grows with the increment in live crown length. In trees with crown totally scorched, but with live terminal buds, the proportion of galleries of woodborer insects increases and the same happens when bole char height increases in trees with diameter over 30 cm.

Key words: Bark beetles, *Pityophthorus*, *Hylurgops*, *Hylastes*, fire effect, logistic regression.

Introducción

La relación existente entre los incendios forestales y la colonización por insectos descortezadores se ha estudiado a través de los daños visibles que la exposición al fuego provoca a los árboles y las evidencias externas de la colonización por escolítidos, sobre todo *Dendroctonus* e *Ips* (Bradley y Tueller, 2001; Santoro *et al.*, 2001). Entre las principales variables que se han relacionado con el incremento en la población de insectos descortezadores se encuentran el chamuscado de la copa y del fuste (Miller y Patterson, 1927; Pérez, 1981; Kelsey y Joseph, 2003; McHugh *et al.*, 2003). Otras características del árbol que son útiles para medir la dimensión del daño por incendios son la concentración de etanol en el floema y albura (Kelsey y Joseph, 2003), el flujo de resina (Santoro *et al.*, 2001), la tasa fotosintética neta y el potencial hídrico (Wallin *et al.*, 2003), que aunque son más difíciles de medir, aportan conocimientos sobre la fisiología del árbol. En México, la información sobre la interacción de insectos descortezadores y árboles dañados por incendios es escasa; por ello, el objetivo de este trabajo fue encontrar la relación entre las evidencias externas de los daños ocasionados por el fuego en los árboles de *Pinus montezumae* con la colonización por insectos descortezadores (Coleoptera: Scolytidae) y barrenadores de madera (Coleoptera: Buprestidae y Cerambycidae).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en terrenos forestales del ejido Cima de Togo, municipio de Cuauhtepc de Hinojosa, Hidalgo. El sitio del incendio se ubica entre los paralelos 19°59'40" a 20°02'35" de latitud norte y los meridianos 98°10'31" a 98°13'15" de longitud oeste, con una altitud promedio de 2540 m. El área presenta un clima templado subhúmedo con abundantes lluvias en verano, precipitación invernal de 5 a 10.2 mm y verano fresco con temperatura en el mes más cálido menor a 22 °C (García, 1988). La vegetación predominante es bosque de pino, principalmente *Pinus montezumae*, *P. leiophylla* y *P. teocote*.

En mayo de 2003 se presentó un incendio forestal superficial sobre 40 ha (CONAFOR 2003)¹; dentro de la zona afectada se seleccionó un sitio de 5 ha (Figura 1) con arbolado adulto, que representaba diferentes niveles de daño en la copa y chamuscado de fuste. No se tuvo la oportunidad de observar directamente el incendio para obtener datos de su comportamiento, tales como longitud de flama, dirección y duración de éste, lo cual no influyó en la interpretación de los resultados.



Figura 1. Sitio de estudio en el ejido Cima de Togo, Municipio de Cuauhtepc de Hinojosa, Hgo. Fotografía tomada 14 meses después de ocurrido el incendio.

Para la selección del rodal se tomó en cuenta la evidencia externa de infestación por insectos, como grumos de resina y acumulación de aserrín rojizo en la superficie de la corteza. También se notaron las perforaciones hechas en el tronco por los pájaros carpinteros que se alimentan de larvas de insectos, tanto de descortezadores como de barrenadores de la madera de las familias Buprestidae y Cerambycidae (Safranyik *et al.*, 2001; McHugh *et al.*, 2003).

Toma de datos

La toma de datos se realizó durante julio de 2004, evaluándose 35 árboles de *P. montezumae* de entre 56 y 67 años de edad, los cuales presentaban diferentes niveles de daño por el incendio y evidencias de infestación por descortezadores. Los datos que se tomaron a cada árbol fueron: diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (m), altura de chamuscado del fuste (medida en m a partir del nivel del suelo, abarcando el área de la corteza con coloración negruzca), nivel de daño en la copa (Clase 1: árboles sin daño en la copa, pero sí en el fuste; Clase 2: follaje parcialmente chamuscado; Clase 3: copa chamuscada en su totalidad, pero con yemas terminales vivas; Clase 4: follaje quemado, yemas terminales muertas y cambium aún húmedo; Clase 5: árboles con cambium seco) adaptado de la escala generada por Miller y Patterson (1927); longitud de copa antes del incendio (medida en m y marcada por el muñón que dejó la primera rama) y longitud de copa viva (medida en m e indicada por la presencia de follaje verde). Las diferentes medidas de altura se estimaron usando un clinómetro Suunto.

Debido a que el estudio se inició 14 meses después de ocurrido el incendio, la presencia de insectos se determinó por la forma y tamaño de las galerías que ellos elaboraron, la cual tiene correlación con la densidad del ataque y el número de nichos de oviposición (Zhang *et al.*, 1992; Safranyik *et al.*, 2001); para esto, de cada árbol se tomaron cinco secciones de corteza de aproximadamente 10 x 10 cm en las zonas del fuste que presentaban orificios de entrada de insectos. En el laboratorio, con la ayuda de una lupa y un hilo se realizó la medición de la longitud de las galerías que quedaron grabadas en la zona de cambium y se determinó a qué género pertenecían por la forma y diámetro que presentaban, tomando como referencia lo

indicado por Cibrián *et al.* (1995). Marroquín² revisó la condición de 144 árboles vivos de *Pinus montezumae* ubicados en el área circundante al sitio de estudio y ninguno tuvo ataques por insectos descortezadores ni barrenadores, por lo que se supone que ésta era la condición inicial de los árboles del rodal estudiado antes del incendio.

Análisis de datos

Se calculó el porcentaje de longitud total de las galerías que pertenecían a cada género y familia de insectos por árbol. Debido a que las muestras de corteza no se pudieron obtener con dimensiones constantes, fue necesario uniformizar los datos calculando la densidad de galerías de cada género o familia por cm² de corteza de la siguiente forma:

$$DG=LGF/SC..... (1)$$

donde: DG=densidad de galerías (cm/cm²)

LGF= longitud de galerías por género o familia (cm)

SC= superficie de corteza (cm²)

Se hizo un análisis de regresión logística para definir la relación entre la proporción de la densidad de galerías construidas por el género *Ips* y el resto de las galerías contabilizadas, con las variables ya mencionadas consideradas como independientes. Se eligió al género *Ips* por ser el más agresivo en sus infestaciones sobre árboles dañados por incendios, además de que su sistema de feromonas atrae a otros géneros de insectos para colonizar el árbol (Zach, 1997; Allison *et al.*, 2001; Dodds *et al.*, 2001). El modelo logístico es útil para analizar variables tanto continuas como discretas, obteniendo valores de $\hat{p}(x)$ en un rango de 0 a 1, lo que lo hace un modelo apropiado para describir valores de probabilidad (Agresti, 2002). Este modelo se ha usado ampliamente para predecir mortalidad de árboles dañados por fuego (Ryan *et al.*, 1988; McHugh *et al.*, 2003) y para conocer la probabilidad de que un árbol sea colonizado por diferentes géneros de descortezadores (Bradley y Tueller, 2001).

² Marroquín Sosa M. M. 2005. Insectos descortezadores asociados a árboles dañados por incendios. Memoria para acreditar la residencia profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 29. Xocoyucan, Tlaxcala. 24 p.

La estructura del modelo logístico usado fue:

$$\pi(x_i) = \exp(f(x_i)) / (1 + \exp(f(x_i))) \dots \dots \dots (2)$$

Donde (x_i) es la proporción de galerías construidas por el género *Ips* con respecto a todos los géneros encontrados en las muestras de corteza (*Ips* + *Hylurgops* + *Hylastes* + *Pityophthorus* + barrenadores de madera); exp es la base de los logaritmos naturales y el módulo lineal asociado es:

$$f(x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_q x_q \dots \dots \dots (3)$$

Donde: β_i son los coeficientes de regresión y x_i corresponden a las características de los árboles (diámetro, altura total, altura de chamuscado del fuste, nivel de daño en la copa, longitud de copa antes del incendio y longitud de copa viva). Primero se desarrolló un modelo de regresión logística simple, incluyendo únicamente el diámetro como variable independiente, posteriormente se agregó al modelo el nivel de daño en la copa y finalmente se le incluyeron las variables de longitud de copa viva y la altura de chamuscado del fuste, esto con la finalidad de determinar la influencia de cada una de las variables sobre la proporción de las galerías construidas por los diferentes grupos de insectos.

Resultados

Los valores promedio de las variables consideradas en los 35 árboles de *Pinus montezumae* evaluados, se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características promedio de los árboles evaluados.

Variable	Promedio	Desviación estándar
Diámetro a la altura del pecho (1.3m) (cm)	36.7	8.27
Altura total (m)	25.7	3.45
Altura de quemado del fuste (m)	7.3	3.71
Longitud de copa antes del incendio (m)	8.4	2.81
Longitud de copa viva (m)	6.1	4.59

La mayoría de los árboles (71.4%) se ubicaron en la clase 1 del nivel de daño en la copa, ya que no presentaban daño al follaje, pero sí en el tronco. Aunque la proporción de árboles en las clases 3 y 4 fue relativamente baja (<10%), el 20% de los árboles muestreados alcanzó la clase 5. Ningún árbol se ubicó en la clase 2 (Figura 2).

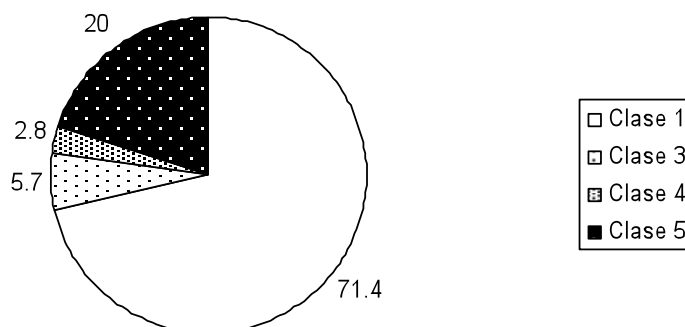


Figura 2. Porcentaje de árboles en cada nivel de daño en la copa

Los patrones de las galerías grabadas en las muestras de corteza indicaron la presencia de escolítidos de los géneros *Ips*, *Hylurgops*, *Hylastes* y *Pityophthorus* y de

barrenadores de madera de las familias Buprestidae y Cerambycidae. En la Figura 3 se observa que en los árboles de menor diámetro (< 30 cm) las galerías correspondientes al género *Ips* ocupan más del 95% de la superficie muestreada, valor que disminuye gradualmente conforme aumenta el diámetro del árbol, dando paso sobre todo a las galerías de barrenadores de madera. Lo anterior se debe a que tanto los barrenadores cerambícidos como bupréstidos son de mayor tamaño y necesitan diámetros mayores para desarrollarse; también es posible que hayan elaborado sus galerías sobre las de *Ips*, ya que las mediciones se hicieron meses después de la emergencia de éste género. Las galerías de *Hylastes*, *Hylurgops* y *Pityophthorus* fueron escasas, pero la abundancia de *Hylurgops* se incrementa con la clase diamétrica. Las galerías de *Hylastes* sólo estuvieron presentes cuando hubo galerías de *Pityophthorus*.

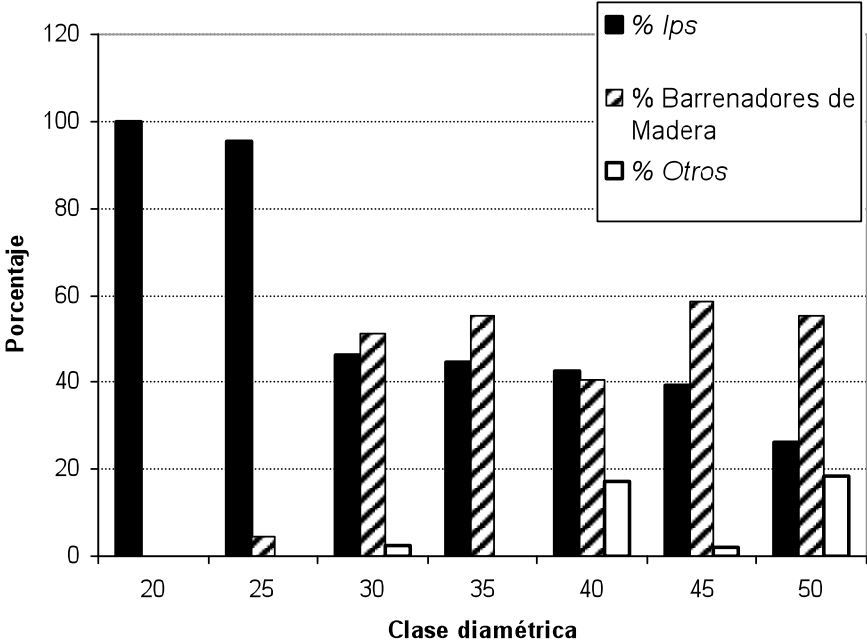


Figura 3. Porcentaje de galerías encontradas en las muestras de corteza, en árboles de *Pinus montezumae* de diferente diámetro.

El módulo lineal inicialmente usado para analizar el comportamiento de la proporción de galerías en relación con el nivel de daño en la copa se definió como:

$$f(x_i) = \beta_0 + \beta_{2,1} I_1 + \beta_{2,3} I_3 + \beta_{2,4} I_4 \dots\dots\dots (4)$$

donde: I_i es una variable indicadora que toma el valor de 1 si la clase I aparece, y el valor de 0 de lo contrario. I_1 corresponde a la clase 1, I_3 corresponde a la clase 3, I_4 a la clase 4, y el valor de la clase 5 está considerado en el intercepto.

El nivel de daño en la copa fue la primera variable introducida, debido a que el estudio está enfocado principalmente a estudiar la relación entre el daño por fuego y el ataque de descortezadores. Los resultados sugieren que la proporción de galerías de *Ips* cambia estadísticamente con el daño por fuego, siendo la clase 3 de nivel de daño en la copa la que más influye en dicha proporción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye clases de nivel de daño en la copa

Parámetro	Variable Independiente	Valor estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
α	Intercepto (I_5)	-0.1004	0.0594	0.0912
$\beta_{1,1}$	Clase 1 (I_1)	-0.1090	0.0740	0.1409
$\beta_{1,3}$	Clase 3 (I_3)	-1.7279	0.2680	<0.0001
$\beta_{1,4}$	Clase 4 (I_4)	-0.9709	0.3198	0.0024

La figura 2 sugiere que el diámetro también está relacionado con la abundancia de *Ips*. Para evaluar dicha relación se desarrolló el siguiente modelo de regresión logística simple con el diámetro como variable independiente, en donde (5):

$$f(x_i) = \beta_0 + \beta_1 D_i \dots\dots\dots (5)$$

donde D_i es el diámetro del árbol en cm.

Los resultados (Cuadro 3) muestran que el tamaño del árbol (diámetro) es también una variable independiente significativa para el modelo de la abundancia de *Ips*.

Cuadro 3. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye diámetro.

Parámetro	Variable independiente	Valor estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
β_0	Intercepto	1.7551	0.2056	<0.0001
β_1	Diámetro	-0.0532	0.0054	<0.0001

Los modelos 4 y 5 se combinaron en una sola estructura que incluyó tanto las clases de nivel de daño en la copa como el tamaño del árbol, quedando de la forma (6):

$$f(x_i) = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_{2,1} I_1 + \beta_{2,3} I_3 + \beta_{2,4} I_4 \dots\dots\dots (6)$$

En este caso solo las clases 3 y 5 son altamente significativas, mientras que las clases 1 y 4 no lo son, lo cual significa que no influyen en la construcción de galerías del género *Ips*. Sin embargo las clases 1, 4 y 5 son las que presentan mayor proporción de galerías de *Ips*. Esto se explica más bien desde el punto de vista de las galerías construidas por los barrenadores; en la clase 1, estos no construyeron casi galerías, ya que los árboles dentro de esta clase no presentaban daño en el follaje lo cual no aumentó la atracción hacia estos insectos; la clase 4, corresponde a árboles moribundos y la clase 5 a árboles muertos, los cuales tampoco les resultan atractivos ya que no les garantiza el éxito de la progenie (Cuadro 4).

Cuadro 4. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye el diámetro y las clases de nivel de daño en la copa como variables independientes.

Parámetro	Variable independiente	Estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
α	Intercepto (I_5)	1.6223	0.2170	<0.0001
β_1	Diámetro (D)	-0.0467	0.0057	<0.0001
$\beta_{2,1}$	Clase 1 (I_1)	-0.1098	0.0747	0.1415
$\beta_{2,3}$	Clase 3 (I_3)	-1.4262	0.2707	<0.0001
$\beta_{2,4}$	Clase 4 (I_4)	-0.3592	0.3284	0.2740

Al graficar los coeficientes de regresión, se confirma que la proporción de galerías de *Ips* disminuye conforme aumenta el diámetro de los árboles (Figura 4), presentando una tendencia similar para las diferentes clases de chamuscado de copa. Para árboles con diámetro menor a 10 cm y ubicados en las clases 1 y 5 de daño de copa, más del 80% de las galerías construidas pertenecen al género *Ips*, mientras que, si se encuentran en la clase 3, las galerías de *Ips* y del grupo de barrenadores están en proporción de 50% para cada uno.

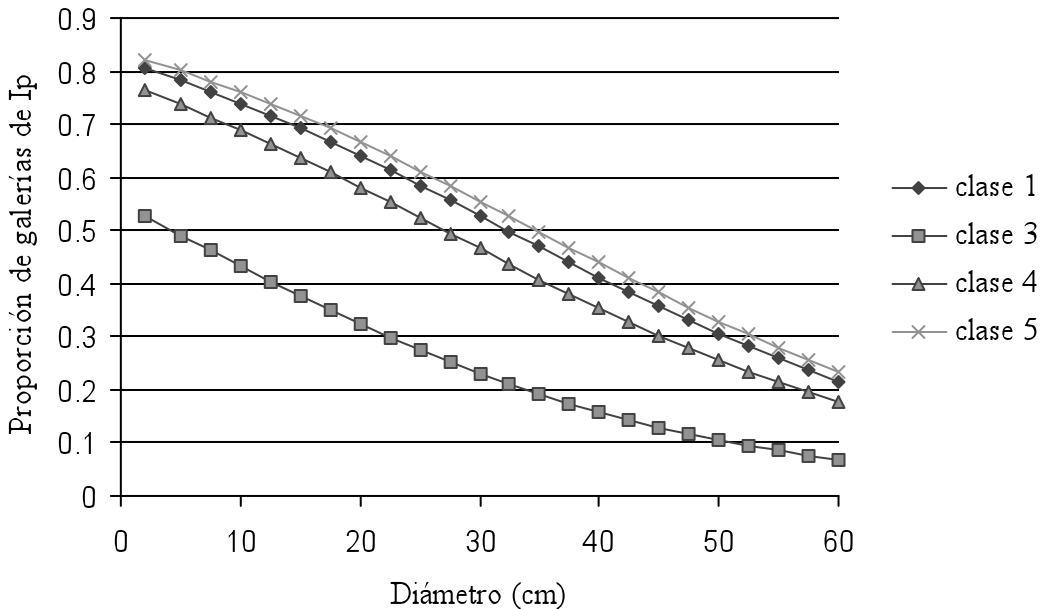


Figura 4. Representación teórica de las galerías elaboradas por *Ips* con relación al diámetro de los árboles y las clases de chamuscado.

Sin embargo, el mejor modelo para la predicción de galerías construidas por *Ips*, incluyó a todas las variables independientes consideradas: diámetro, clase de chamuscado de copa, altura de chamuscado del fuste y longitud de copa viva (Cuadro 5), quedando el módulo lineal de la siguiente forma (7):

$$f(x_i) = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_{2,1} I_1 + \beta_{2,3} I_3 + \beta_{2,4} I_4 + \beta_3 A_i + \beta_4 L_i \dots \dots \dots (7)$$

Donde: A_i es la altura de chamuscado del fuste y L_i es la longitud de copa viva. Cuando se incluyeron otras variables representativas del daño por incendio al árbol,

tanto la clase 1 como la clase 4 de nivel de daño en la copa entraron significativamente al modelo.

Cuadro 5. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo de regresión logística completo.

Parámetro	Variable independiente	Estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
α_0	Intercepto (I_5)	2.2306	0.2496	<0.0001
α_1	Diámetro (D)	-0.0471	0.0068	<0.0001
$\alpha_{2,1}$	Clase 1 (I_1)	-0.7015	0.1374	<0.0001
$\alpha_{2,3}$	Clase 3 (I_3)	-2.1082	0.2941	<0.0001
$\alpha_{2,4}$	Clase 4 (I_4)	-0.9120	0.3408	0.0075
α_3	Altura de chamuscado del fuste (A)	-0.0582	0.0121	<0.0001
α_4	Longitud de copa viva (L)	0.0637	0.0138	<0.0001

El modelo mejora su ajuste al incluir la altura de quemado del fuste y la longitud de copa viva. Asimismo nos sugiere que al aumentar la altura de quemado del fuste, disminuye la proporción de galerías de *Ips*, mientras que al incrementarse la longitud de la copa viva, también aumenta la proporción de galerías de *Ips*.

Discusión

Pinus montezumae es una especie que se considera ampliamente adaptada al fuego, por poseer características tales como: un estado cespitoso, corteza gruesa en árboles adultos, capacidad de rebrote y autopoda (Rodríguez y Fulé, 2003). De los 35 árboles muestreados en este estudio, sólo el 23% estaban muertos 14 meses después del incendio, aunque se espera que la mortalidad se incremente en los siguientes años. Ryan *et al.* (1988) encontraron que 8 años después de un incendio había muerto el 50% de los árboles de *Pseudotsuga menziesii* afectados, la cual también es una especie relativamente adaptada al fuego por poseer corteza gruesa (Peterson y Arbaugh, 1986).

Se ha señalado que *Ips* y los barrenadores de madera son atraídos por árboles debilitados por diferentes causas (Zhang *et al.*, 1992; Bradley y Tueller, 2001; Saint-Germain *et al.*, 2004); en este caso, los orificios de entrada de los insectos se observaron sólo en la parte del fuste que presentaba chamuscado, al igual que lo reportado por Santoro *et al.* (2001) quienes encontraron que los árboles que no presentaban daño visible en la copa, fueron atacados por descortezadores del género *Ips* en la región quemada de la parte baja del tronco. Mientras que el género *Dendroctonus* presenta un comportamiento contrario: Safranyik *et al.* (2001) encontraron ataques de *D. ponderosae* sólo en la corteza que no mostraba evidencia de quemado. Los géneros *Hylurgops* e *Hylastes* son reportados más bien en la base de árboles adultos recién muertos o moribundos o para tocones, mientras que algunas especies de *Pityophthorus* los acompañan y otras se ubican preferentemente en ramillas o en fustes muy delgados (Cibrián *et al.* 1995). Las galerías de *Pityophthorus* fueron escasas y sólo estuvieron presentes cuando se encontraban galerías de los dos géneros anteriores.

Bradley y Tueller (2001) desarrollaron un modelo para predecir la presencia de *Ips* en árboles dañados por fuego y entre las variables que resultaron significativas mencionan el chamuscado de copa, la altura de chamuscado del fuste y el diámetro a la altura del pecho, variables que también fueron significativas en este estudio, además de la longitud de la copa viva. Los autores encontraron que la probabilidad de que un árbol de 13 cm de diámetro sea atacado por *Ips*, es 27.3 veces mayor que en un árbol de 38 cm. De la misma forma, Steed y Wagner (2004) encontraron que *Ips pini* prefiere ramas y troncos de *Pinus ponderosa* derribados

durante aclareos y con diámetro de 15 cm. En el presente estudio se encontró también una preferencia de *Ips* hacia diámetros pequeños; por ejemplo, en un árbol de 20 cm de diámetro, la proporción de galerías de *Ips* correspondió a 67% y disminuyó a 29% en un árbol de 50 cm de diámetro. Por el contrario, los barrenadores de madera incrementan su presencia en los árboles con diámetros mayores (a partir de la categoría diamétrica de 30 cm), lo cual se explica por el mayor volumen de madera que requieren debido a su tamaño relativamente grande, tanto para ovipositar como para alimentarse. Se ha reportado que en zonas afectadas por incendios los cerambícidos emergen de los árboles de mayor diámetro, debido a que el grosor del floema y la corteza son mayores en esos árboles (Reid y Glubish, 2001; Saint-Germain *et al.*, 2004).

El nivel de daño en la copa es una de las variables más importantes tanto para predecir la mortalidad de árboles dañados por fuego (Peterson y Arbaugh, 1986; Ryan *et al.*, 1988), como para conocer la probabilidad de infestación por insectos descortezadores. Bradley y Tueller (2001) encontraron que para *Ips* esta probabilidad se incrementa en 241%, al aumentar de 5 a 50% el chamuscado de copa. En el presente estudio, la proporción de galerías construidas por *Ips* en un árbol de 40 cm de diámetro varía poco (3%) al pasar de la clase 1 a la clase 5 de nivel de daño en la copa; sin embargo, en la clase 3 esta proporción de galerías disminuye a 25%, lo que muestra que esa clase fue la preferida por los barrenadores de madera y los otros géneros de escolítidos, lo cual coincide con lo reportado por Kelsey y Joseph (2003), quienes encontraron que *Hylurgops porosus* (Scolytidae) y *Spondylis upiformis* (Cerambycidae) prefieren árboles de *Pinus ponderosa* con 100% de la copa chamuscada, ya que son estos árboles los que muestran un incremento en la concentración de etanol tanto en floema como en albura después de ser dañados por un incendio.

Para predecir la presencia de *Ips* en árboles dañados por fuego, Bradley y Tueller (2001) encontraron que la altura de chamuscado del fuste fue una variable significativa en el modelo de regresión logística. Por ejemplo, la probabilidad de que un árbol se infeste se incrementa un 312% al aumentar de 0.1 a 1.5 m esta altura. En el presente estudio se encontró que la proporción de galerías construidas por *Ips* disminuye conforme aumenta la altura de chamuscado del fuste: por ejemplo, para un árbol de 40 cm de diámetro y en la clase 1 de daño de copa, la proporción

disminuye de 46% a 29% al aumentar de 2 a 15 m la altura de chamuscado del fuste; en este caso se supone que al aumentar la altura de chamuscado se incrementa el área de vida de los barrenadores y éstos son más competitivos que *Ips*.

De acuerdo con Santoro *et al.* (2001) y Saint-Germain *et al.* (2004), la concentración de insectos en árboles dañados por incendios representa un peligro potencial de infestación a las áreas adyacentes, sobre todo por especies de descortezadores que en situaciones de altas densidades de población pueden colonizar árboles sanos, aunque por lo general se les considere como plagas secundarias. En el caso de este estudio, lo anterior sería aplicable al género *Ips*, cuya presencia fue constante en árboles de todas las categorías diamétricas observadas, el cual como otros escolítidos, busca nuevos hospedantes cuando aumenta la competencia por espacio. Raffa y Berryman (1983), reportan que en árboles dañados por incendio la competencia se da aún a bajas densidades de población.

Conclusiones

En el estudio se encontró que existe relación entre las evidencias externas de daño por fuego en los árboles y la colonización por descortezadores secundarios y barrenadores de madera. Cuando aumentan la altura de chamuscado del fuste y el diámetro del árbol, disminuye la proporción de galerías de *Ips* en relación con la de otros descortezadores y barrenadores, dicha proporción se incrementa con la longitud de la copa viva.

Los barrenadores de madera tienen preferencia por árboles con la copa chamuscada en su totalidad, pero con yemas terminales vivas, así como por categorías diamétricas de 30 cm y mayores.

Literatura citada

- Agresti, A. 2002. Categorical Data Analysis. 2nd ed. Wiley, John & Sons, inc. p: 79-129.
- Allison, J. D., J. H. Borden, R. L. McIntosh, P. De Groot and R. Gries. 2001. Kairomonal response by four *Monochamus* species (Coleoptera: Cerambycidae) to bark pheromones. *Journal of Chemical Ecology* 27 (4): 633-646
- Bradley, T. and P. Tueller. 2001. Effects of fire on bark beetle presence on jeffrey pine in the Lake Tahoe Basin. *Forest Ecology and Management* 142 (1/3): 148-153.
- Cibrián, T. D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores-Lara. 1995. Insectos Forestales de México/Forest Insects of México. Universidad Autónoma Chapingo. SARH Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre México. USDA Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte FAO. Pub. # 6. 453 p.
- Dodds, K. J., C. Graber and F. M. Stephen. 2001. Facultative intraguild predation by larval Cerambycidae (Coleoptera) on bark beetle larvae (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 30 (1): 17-22
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). 4^a ed. México, D.F. pp: 120-121.
- Kelsey, R. G. and G. Joseph. 2003. Ethanol in ponderosa pine as an indicator of physiological injury from fire and its relationship to secondary beetles. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (5): 870-884.
- McHugh, C., T. E. Kolb and J. L. Wilson. 2003. Bark beetle attacks on ponderosa pine following fire in northern Arizona. *Environmental Entomology* 32 (3): 510-522.
- Miller, J. M. and J. E. Patterson. 1927. Preliminary studies on the relation of fire injury to bark beetle attack in western yellow pine. *Journal of Agricultural Research* 31 (7): 597-613.
- Pérez, Ch. R. 1981. Los incendios forestales como vectores de las plagas del bosque. *Revista Ciencia Forestal* 29 (6): 17-30.

- Peterson, D. L. and M. J. Arbaugh. 1986. Postfire survival in Douglas-fir and lodgepole pine: comparing the effects of crown and bole damage. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 1175-1179.
- Raffa, K. F. and A. A. Berryman. 1983. The role of host plant resistance in the colonization behavior and ecology of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Ecological Monographs* 53: 27-49.
- Ryan, K. C., D. L. Peterson and E. D. Reinhardt. 1988. Modeling long-term fire-caused mortality of Douglas-fir. *Forest Science* 34: 190-199.
- Reid, M. L. and S. S. Glubish. 2001. Tree size and growth history predict breeding densities of Douglas-fir beetles in fallen trees. *Canadian Entomology* 133: 697-704.
- Rodriguez, T. D. A. and P. Z. Fulé. 2003. Fire ecology of mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Windland Fire* 12:23-37
- Safranyik, L., D. A. Linton, T. L. Shore and B. C. Hawkes. 2001. The effects of prescribed burning on mountain pine beetle in lodgepole pine. Information report BC-X-391 Natural Resources Council, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Victoria, British Columbia. 9 p.
- Saint-Germain, M., P. Drapeau and C. Hébert. 2004. Xilophagous insect species composition and patterns of substratum use on fire-killed black spruce in central Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 677-685
- Santoro, A. E., M. J. Lombardero, M. P. Ayres and J. J. Ruel. 2001. Interactions between fire and bark beetles in an old growth pine forest. *Forest Ecology and Management* 144 (1/3): 245-254.
- Steed, B. E., and M. R. Wagner. 2004. Importance of log size on host selection and reproductive success of *Ips pini* (Coleoptera:Scolytidae) in ponderosa pine slash of Northern Arizona and Western Montana. *Journal of Economic Entomology* 97 (2): 436-450
- Wallin, K. F., T. E. Kolb, K. R. Skov and M. R. Wagner. 2003. Effects of crown scorch on ponderosa pine resistance to bark beetles in Northern Arizona. *Environmental Entomology* 32 (3): 652-661.
- Zach, P., 1997. Jewel beetles (Coleoptera, Buprestidae) in pheromone traps set for *Ips typographus*. *Biologia Bratislava* 52 (2): 303-307

Zhang, Q. H., J. A. Byers and F. Schlyter. 1992. Optimal attack density in the larch bark beetle, *Ips cembrae* (Coleoptera:Scolytidae). Journal of Applied Ecology 29: 672-678.

CAPÍTULO III. SECUENCIA DE ARRIBO DE COLEÓPTEROS EN ÁRBOLES DE *Pinus montezumae* DAÑADOS POR INCENDIOS EN HIDALGO, MÉXICO.

Resumen

Con la finalidad de conocer la diversidad de coleópteros que colonizan árboles de *Pinus montezumae* afectados por incendios, así como la secuencia de llegada de los diferentes grupos, los insectos que fueron llegando a los árboles se capturaron mediante la aplicación de un pegamento en los troncos y se contaron por fecha de colecta. La abundancia relativa de cada grupo se ajustó a una curva de regresión logística para saber si existían diferencias entre su patrón de acumulación. Se colectaron especímenes de las familias Curculionidae, Buprestidae, Cleridae, Salpingidae, Elateridae, Colydiidae, Bostrichidae y Staphylinidae, las cuales de acuerdo a sus hábitos alimenticios se pudieron separar en los siguientes grupos: Descortezadores primarios, descortezadores secundarios, barrenadores de madera, depredadores e insectos asociados. Sólo se observaron diferencias significativas entre el patrón de acumulación de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al conjunto de descortezadores. Los depredadores presentaron una abundancia relativa muy semejante a sus presas. Se reporta a *Lechriops niveolineatus* como nueva especie.

Palabras clave: Barrenadores, *Chrysobothris inaequalis*, Depredadores, Descortezadores, *Lechriops niveolineatus*.

Abstract

With the purpose of knowing the diversity of Coleoptera that colonize trees of *Pinus montezumae* affected by fires, as well as the sequence of arrival of the different groups, the insects arriving to the trees were captured through the application of a paste in the trunks and they were counted separately for each collection date. The relative abundance of each group was adjusted to a logistical regression curve to know if differences existed among their pattern of accumulation. Specimens of the families Curculionidae, Buprestidae, Cleridae, Salpingidae, Elateridae, Colydiidae, Bostrichidae and Staphylinidae were collected, which could be separated in the following groups according their feeding habits: primary bark beetles, secondary bark beetles, woodborers, predators and associated insects. Significant differences were observed only between the pattern of accumulation of primary bark beetles and woodborers with regard to the bark beetles group. The predators presented a relative abundance pattern very similar to their preys. A new species of *Lechriops* is reported.

Key words: Woodborers, *Chrysobothris inaequalis*, Predators, Bark beetles, *Lechriops niveolineatus*.

Introducción

Los incendios son uno de los más importantes agentes que ocasionan la degradación de los recursos forestales y provocan anualmente pérdidas cuantiosas de orden económico y daños irreversibles a los ecosistemas. En México durante el período de 1988 a 1997, los incendios afectaron en promedio 246 000 ha al año (SEMARNAP-UACH, 1999), pero en algunos años la superficie dañada ha sido mucho mayor, como en 1998, cuando se incendiaron un total de 850 000 ha (SEMARNAT, 2001)³. Los árboles que sobreviven a estos siniestros quedan con algún nivel de chamuscado ya sea en la copa o en el tronco, lo cual los deja susceptibles al ataque de plagas y enfermedades (Rodríguez, s.f.).

En los pinos dañados por incendios forestales, varias especies de coleópteros son atraídas principalmente por los compuestos volátiles que desprenden los tejidos afectados (Suckling *et al.*, 2001; Kelsey y Joseph, 2003) y algunos de estos insectos dependen de los incendios para su supervivencia (McCullough *et al.*, 1998). Se considera que esta atracción es mayor en las primeras semanas y desaparece al segundo año del incendio (Sullivan *et al.*, 2003), aunque Werner (2002) encontró que la influencia puede ser a largo plazo para los integrantes de la familia Scolytinae, los cuales siguen manteniendo poblaciones altas quince años después de la quema. Los árboles chamuscados ejercen una influencia que puede causar la concentración de los diferentes grupos de insectos que los colonizan; el grupo de mayor importancia, por las pérdidas que puede provocar, es el de los descortezadores (Scolytinae), principalmente el género *Dendroctonus*. Miller y Patterson (1927) demostraron esta interacción desde principios del siglo pasado, al reportar que *Dendroctonus ponderosae* puede ser atraído a árboles de *Pinus ponderosa* dañados por incendio y que además esta influencia se puede dar desde una distancia de dos o tres millas del incendio. El peligro potencial que representa esta atracción es que los descortezadores logran acumularse en árboles dañados o muertos, incrementando sus poblaciones hasta ser capaces de matar árboles sanos adyacentes (Miller y Patterson, 1927; Furniss, 1965).

Aunque los descortezadores del género *Ips* son considerados como secundarios, también son un grupo importante, ya que en su estado adulto están

³ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Reporte Técnico.

involucrados en el manchado de la madera y la transmisión de patógenos (Cibrián *et al.*, 1995). Santoro *et al.* (2001) encontraron que en bosques de *Pinus resinosa* la población de *Ips pini* se incrementó al doble a las cuatro semanas después de un incendio, pero a los tres meses regresó a los niveles previos al disturbio, mientras que las poblaciones de *I. grandicollis* e *I. perroti* se mantuvieron estables.

Algunos barrenadores de madera de las familias Buprestidae y Cerambycidae responden directamente al humo (Rogers, 1996), e incluso al resplandor del fuego, como es el caso del género *Melanophila* (Evans, 1966; citado por McCullough *et al.*, 1998). Estos insectos también buscan los sustratos producidos por el incendio para ovipositar, lo cual fue demostrado por Suckling *et al.* (2001) para el caso de la hembra de *Arhopalus tristis* (F.) (Cerambycidae) sobre *Pinus radiata*. McHugh *et al.* (2003) encontraron que los insectos más frecuentes en bosques de *Pinus ponderosa* afectados por incendios en el sureste de Estados Unidos, fueron buprestidos y cerambícidos. Las áreas adyacentes a donde se realizan quemas prescritas también proveen condiciones para que las poblaciones de cerambícidos y escolitinos aumenten, ya que los troncos y las raíces parcialmente chamuscados son infestados de forma intensa por estos escarabajos durante el primer año después del incendio (Werner, 2002).

Los insectos depredadores de descortezadores utilizan diversas pistas para orientarse hacia sus presas, principalmente las feromonas de agregación emitidas por éstas inmediatamente después de iniciado un ataque a un árbol (Birch, 1984; Aukema *et al.*, 2000), llegando al lugar de uno a cuatro días después (Tatcher *et al.*, 1980, citados por Romero, 1993). También se sabe que se guían por los volátiles que desprenden los árboles que han sido colonizados por descortezadores (Birch, 1984); específicamente, el clérido *Thanasimus dubius* es atraído por los volátiles de los árboles infestados por *Ips pini*, pero no muestra ninguna respuesta por los volátiles de árboles solos (Aukema *et al.*, 2000). Además, se ha relacionado la presencia de depredadores cléridos con el nivel de chamuscado de los árboles, Kelsey y Joseph (2003) encontraron una relación directa entre el nivel de chamuscado de *Pinus ponderosa* y la cantidad de insectos depredadores de las familias Cleridae y Trogositidae colectados; una relación semejante encontraron Santoro *et al.* (2001) para *Thanasimus dubius* en rodales quemados de *Pinus resinosa*. Sin embargo, como lo mencionan Dahlsten *et al.* (2004), todavía es necesario poner en claro el

papel que juegan los volátiles de las plantas en la orientación de los depredadores hacia sus presas, tanto para mejorar los programas de monitoreo como desde una perspectiva ecológica.

En nuestro país no se han publicado estudios sobre los principales grupos de insectos que son atraídos hacia coníferas con algún nivel de chamuscado. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron:

- a) Identificar los principales taxa de descortezadores, barrenadores de madera y depredadores que llegan a los árboles de *Pinus montezumae* afectados por un incendio forestal reciente.
- b) Registrar la secuencia de llegada de los diferentes grupos de insectos a los árboles.
- c) Conocer si existen diferencias entre la secuencia de arribo de los descortezadores y sus principales depredadores.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio estuvo localizada en el ejido San Rafael Amolucan, municipio de Singuilucan, Hgo., donde a finales de enero de 2005 se presentó un incendio forestal en una superficie aproximada de 2 ha (Figura 5). El sitio presenta una altitud promedio de 2330 m, con clima semiseco con lluvias en verano y temperatura anual promedio de 15.7 °C (García, 1988).



Figura 5. Aspecto general del sitio quemado en el ejido San Rafael Amolucan, Municipio de Singuilucan, Hgo. Fotografía tomada dos semanas después de ocurrido el incendio.

Este sitio se encuentra dentro de un bosque bajo manejo y corresponde a un área de regeneración de *Pinus montezumae*, por lo que las características de los árboles son muy homogéneas, con edad de 16 años y un promedio de 7 m de altura y 20 cm de diámetro.

Colecta e identificación de insectos

Se seleccionaron los diez árboles más dañados por el incendio, los cuales presentaban la totalidad de la corteza y la copa chamuscadas. A éstos se les aplicó un adhesivo (Stickem®) que ha sido empleado en trampas pegajosas para monitorear la actividad de descortezadores (Byers *et al.*, 1989) y arácnidos en bosques (Hodge,

1987). El adhesivo se aplicó en un área del tronco de 30 x 20 cm, a una altura aproximada de 1.3 m, previa eliminación superficial de la corteza sin llegar al floema (Figura 6), con la finalidad de no aumentar la atracción de los insectos hacia los árboles por la salida de resina. La altura de la trampa con pegamento se eligió por la facilidad de aplicación y por ser una altura estandarizada para la medición del diámetro en los árboles. En el área tratada se verificó que los árboles no tuvieran evidencias de ataques por descortezadores o barrenadores. Los insectos atrapados en el pegamento se colectaron cada dos semanas, del 12 de febrero al 21 de mayo de 2005, se colocaron todos los ejemplares de los diez árboles en un solo frasco con thinner como solvente para eliminar los residuos del pegamento y se conservaron en una solución de alcohol etílico al 70% para su registro. En cada fecha de colecta se contó el número de insectos atrapados por especie o género.



Figura 6. Aplicación de Stickem® al tronco de los árboles quemados para la captura de insectos.

La identificación de los escolitinos se realizó de acuerdo a Wood (1982); los cléridos se identificaron de acuerdo a Romero (1993) y el resto de los especímenes fue enviado a los expertos correspondientes. Los ejemplares se depositaron en la Colección de Coleoptera del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CC-UAEH).

Análisis de datos

Los insectos colectados se agruparon de acuerdo a sus hábitos alimenticios e importancia en:

Grupo 1: Descortezadores primarios (*Dendroctonus mexicanus*, *D. approximatus*, *Ips mexicanus*).

Grupo 2: Descortezadores secundarios (*Ips integer*, *Pityophthorus* spp., *Hylastes fulgidus* e *Hylurgops incomptus*).

Grupo 3: Barrenadores de madera (*Gnathotrichus* sp., *Euplatypus pini*, *Lechriops niveolineatus* y *Chrysobothris inaequalis*).

Grupo 4: Depredadores (*Enoclerus erro*, *E. arachnodes*, *Elacatis* sp., familia Colydiidae y familia Elateridae).

Grupo 5: Insectos asociados, se incluyeron los insectos de menor importancia por ser saprófagos, por estar más asociados con pastoso por no tener un papel bien definido en ese ecosistema (*Amphidees acuminatus*, familia Staphylinidae y familia Bostrichidae).

Grupo 6: Descortezadores (Grupo 1 + Grupo 2)

Para cada grupo se calculó una abundancia relativa acumulada en cada fecha de colecta, de la siguiente manera:

$$Ab_i = \frac{\sum_{i=1}^8 (n_{i-1} + n_i)}{n_t} \dots\dots\dots (1)$$

Donde: Ab_i es la Abundancia relativa observada del grupo b en la fecha de colecta i ; n_i el número de insectos del grupo b colectado en la fecha i ; n_t , número total de insectos colectados por grupo.

La abundancia relativa se comparó entre grupos para conocer si existían diferencias en su patrón de acumulación, para lo cual se buscó una función que lo describiera. Para todos los grupos se utilizó un modelo de regresión logística limitado a 1, el cual tiene, entre otras, la ventaja de que al principio de las colectas (tiempo 0) asume un porcentaje de población inicial base que existe antes del evento que dispara su aumento.

La abundancia de cada grupo se ajustó a una curva logística que describió su patrón de acumulación y el modelo utilizado fue de la forma:

$$f(t) = (1 + \exp(\beta_1) \times \exp(\beta_2 \times t))^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

Donde: $f(t)$ es la abundancia relativa calculada de cada grupo de insectos; \exp es la base de los logaritmos naturales, β_i son los coeficientes de regresión y t son las fechas de colecta.

Para poder establecer si los patrones de acumulación entre grupos son estadísticamente diferentes, se reformuló el modelo 2 de la siguiente forma general:

$$f(t) = \left(1 + \exp\left(\sum_i^8 \beta_1 + \beta_{1j} I_j\right) \times \exp\left(\left(\sum_i^8 \beta_2 + \beta_{2j} I_j\right) \times t\right) \right)^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

Donde: I_j es una variable indicadora, que toma el valor 1 si se presenta el j -ésimo grupo y 0 en el caso contrario.

De esta forma y tomando como referencia la abundancia del Grupo 6 se buscó diferenciar la distribución de los grupos de insectos por su abundancia relativa, siendo que cada β_{1j} y β_{2j} representa la adicionalidad debida a los otros grupos.

Este modelo se redujo hasta lograr que sólo los parámetros estadísticamente diferentes de cero quedaran incluidos en el modelo. El modelo reducido final fue de la forma:

$$f(t) = (1 + \exp(\beta_1 + \beta_{1D_1} I_{D_1}) \times \exp((\beta_2 + \beta_{2B} I_B) \times t))^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

Donde: β_{1D_1} es el parámetro de adicionalidad para el Grupo 1 (Descortezadores primarios), I_{D_1} es la variable indicadora para el Grupo 1, β_{2B} es el parámetro de adicionalidad para el grupo 3 (Barrenadores de madera), I_B es la variable indicadora para el grupo 3.

Para conocer la fecha en la que se tuvo la máxima acumulación de insectos, así como el momento en que ésta empezó a disminuir, se obtuvo la primera derivada del modelo, que de manera general es de la siguiente forma:

$$df(t)/dt = (1 + \exp(\beta_1) \times \exp(-\beta_2 \times t))^{-2} \times \beta_2 \times \exp(\beta_1) \times \exp(-\beta_2 \times t) \dots \dots \dots (5)$$

Para conocer el patrón de acumulación de depredadores con respecto a sus presas (descortezadores primarios y secundarios), se incluyeron únicamente estos dos grupos en el modelo y posteriormente se obtuvo la primera derivada para ubicar los momentos en los que se dieron las mayores acumulaciones de ambas poblaciones.

Resultados y discusión

Diversidad de Coleópteros

En los troncos con pegamento, en total se colectaron 360 insectos de 20 taxa. Estuvieron presentes las familias Cleridae (47.5%), Curculionidae (29.2%) Salpingidae (14.2%), Buprestidae (3.6%) Staphylinidae (2.8%), Bostrichidae (1.1%), Colydiidae (0.8%) y Elateridae (0.8%), que son las familias más comúnmente reportadas en rodales de coníferas afectados por incendios. Sullivan *et al.* (2003) mencionan que colectaron especímenes de Curculionidae, Buprestidae y Cerambycidae en rodales de *Pinus palustris* que habían sido tratados con quemas prescritas, Saint-Germain *et al.* (2004) encontraron principalmente a Scolytidae, Cerambycidae, Buprestidae, Cleridae, Salpingidae y Staphylinidae.

Las familias colectadas presentan hábitos alimenticios distintos, pudiendo separarse en: Descortezadores, barrenadores de madera, depredadores de descortezadores, saprófagos y otros de menor importancia que se consideraron como asociados. Se abordará cada grupo de insectos por separado, haciendo referencia a su importancia económica y al papel que juegan en el ecosistema.

Del grupo de descortezadores (Cuadro 6), destaca la presencia del género *Dendroctonus*, en especial *D. mexicanus*; cuya importancia se centra en su contribución a la deforestación de grandes áreas en el centro del país, lo que provoca grandes pérdidas económicas (Cibrián *et al.*, 1995). De *D. approximatus* sólo se colectó un ejemplar en la última fecha, por lo que es posible que su captura haya sido casual, ya que de acuerdo a Furniss y Carolin (1977) sólo ataca cerca de la base de árboles infestados por otros descortezadores, árboles dañados o recién derribados y los árboles muestreados no presentaban estas condiciones. Cabe mencionar que aunque no se colectó a *D. valens*, se observaron orificios de entrada de este descortezador en tres árboles también afectados por el incendio, adyacentes a los muestreados. Sobre esta especie, Santoro *et al.* (2001) y Kelsey y Joseph (2003) en estudios diferentes mencionan que es más atraída a rodales quemados de *Pinus ponderosa* que a los controles y Bradley y Tueller (2001) reportan que tiene este mismo comportamiento en *Pinus jeffreyi*. Furniss y Carolin (1977) también mencionan que ataca árboles moribundos, debilitados o dañados y con frecuencia árboles chamuscados.

Se debe hacer hincapié en que al final del estudio, en mayo de 2005, los árboles seguían vivos, aunque algunos presentaban evidencias de ataque (grumos de resina) por *D. mexicanus*.

De los descortezadores del género *Ips*, destaca la captura de *I. mexicanus*, por ser una especie de mediana importancia económica ya que tiene la capacidad de infestar tanto árboles vivos como derribados (Furniss y Carolin, 1977; Cibrián *et al.*, 1995) y su presencia confirma la capacidad que tiene para colonizar árboles lesionados por incendio. La captura de *I. integer* pudo haber sido de forma accidental, ya que de acuerdo a Cibrián *et al.* (1995) esta especie sólo ataca árboles caídos. Es importante destacar que estos árboles no fueron atractivos para *I. bonanseai*, a pesar de ser una especie común en el área, ya que en un estudio previo en un sitio adyacente, se observó la emergencia de esta especie de trozas de árboles de *Pinus montezumae* con diámetros menores a 10 cm, que habían muerto a causa de un incendio. Aunque las especies del género *Ips* se consideran como descortezadores secundarios, Santoro *et al.* (2001) no encontraron evidencia de que *Ips* ataque sólo árboles chamuscados con antecedentes de declinación del crecimiento, por lo que no se les debe restar importancia. Coulson y Witter (1990) mencionan que este género puede colonizar y matar árboles sanos cuando tiene niveles altos de población.

Dendroctonus e *Ips* son los géneros de descortezadores de mayor importancia económica que son reportados en árboles afectados por incendios (Bradley y Tueller, 2001; Werner, 2002; McHugh *et al.*, 2003; Sullivan *et al.*, 2003; Wallin *et al.*, 2003), lo cual coincidió con lo encontrado en este estudio, aunque se hallan colectado en poca cantidad. Según McHugh *et al.* (2003) y Wallin *et al.* (2003), la colonización por estos descortezadores aumenta en relación directa con el grado de chamuscado de la copa.

Los descortezadores del género *Pityophthorus* se colectaron desde el principio, notándose un aumento importante en el mes de abril. Aún cuando no existen referencias previas sobre la presencia de este género en bosques incendiados, se colectaron especímenes de éste género del mismo lugar donde fue colectado *I. bonanseai*. Se sabe que algunas especies de *Pityophthorus* acompañan a los descortezadores primarios tales como *Dendroctonus*, *Ips* o *Scolytus* y además colonizan árboles derribados, debilitados por sequía o por competencia con otros

árboles, así como a aquellos que fueron dañados por incendios (Cibrián *et al.*, 1995). Se considera que ninguna de las especies de *Pityophthorus* tiene importancia económica (Furniss y Carolin, 1977).

Cuadro 6. Descortezadores capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm² de corteza con adhesivo, de 10 árboles de *Pinus montezumae* lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.

TAXA	Fechas de colecta								Total
	12/02	26/02	12/03	26/03	09/04	23/04	07/05	21/05	
Curculionidae									
Scolytinae									
<i>Dendroctonus mexicanus</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	5
Hopkins									
<i>D. approximatus</i> Dietz	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ips mexicanus</i> (Hopkins)	1	2	3	3	0	2	4	0	15
<i>I. integer</i> (Eichhoff)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pityophthorus</i> spp. Eichhoff	6	0	0	1	7	7	1	0	22
<i>Hylastes fulgidus</i> Blackman	0	1	0	0	0	2	3	1	7
<i>Hylurgops incomptus</i> (Blandford)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL	7	3	3	4	7	11	12	5	52

Tanto *Hylastes fulgidus* como *Hylurgops incomptus* son reportados colonizando tocones o árboles moribundos (Furniss y Carolin, 1977), por lo que su presencia en los árboles del presente estudio pudo deberse a que se posaron en el tronco para orientarse o a que también tienen la capacidad de infestar árboles vivos, ya que a pesar del daño por el incendio, los árboles presentaron una recuperación importante al emitir follaje nuevo. Apigian *et al.* (2006) mencionan que estos géneros muestran una marcada preferencia por las áreas con tratamientos de manejo forestal en los que se realizan conjuntamente aclareos y quemas, lo cual es confirmado por el estudio de Kelsey y Joseph (2003), donde reportan que *Hylurgops porosus* estuvo asociado con la severidad del chamuscado de *Pinus ponderosa*, colectándose en mayor cantidad en árboles con la copa completamente chamuscada, condición que también prevaleció en los árboles del presente estudio. Estos insectos considerados secundarios no provocan un daño inmediato a los

árboles, pero al estar asociados con hongos favorecen su debilitamiento gradual, causándoles la muerte en años posteriores a la quema, como lo reportan Sullivan *et al.* (2003) para *Hylastes* spp. sobre *Pinus palustris*.

Del grupo de barrenadores de madera se colectaron cuatro taxa, de los cuales tres se identificaron a especie y uno a género (Cuadro 7). De la familia Curculionidae se colectaron a *Gnathotrichus* sp., *Euplatypus pini* y *Lechriops niveolineatus*. De la familia Buprestidae solo a *Chrysobothris inaequalis*.

Cuadro 7. Barrenadores de madera capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm² de corteza con adhesivo, de 10 árboles de *Pinus montezumae* lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan Hidalgo.

TAXA	Fechas de colecta								Total
	12/02	26/02	12/03	26/03	09/04	23/04	07/05	21/05	
Curculionidae									
Scolytinae									
<i>Gnathotrichus</i> sp. Eichhoff	1	2	2	1	0	0	5	1	12
Platypodinae									
<i>Euplatypus pini</i> Hopkins	0	0	2	1	0	1	5	3	12
Buprestidae									
<i>Chrysobothris inaequalis</i> Waterhouse	1	2	4	1	3	2	0	0	13
Curculionidae: Conoderinae									
<i>Lechriops niveolineatus</i>	0	0	1	7	3	7	6	1	25
TOTAL	2	4	9	10	6	10	16	5	62

Gnathotrichus sp. se observó en el área desde febrero hasta mayo; este género pertenece al grupo de los barrenadores ambrosiales, porque inocula esporas de hongos en las paredes de las galerías, de allí su importancia, ya que puede producir grandes pérdidas económicas al provocar el manchado de la madera de trozas recién cortadas (Deglow y Borden, 1998); aunque también coloniza árboles moribundos (Wood, 1982). Chénier y Philogène (1989) mencionan que este género es atraído por el etanol producido por la fermentación de tejidos de árboles dañados; por lo que es probable que la llegada de este insecto a los árboles chamuscados del ejido San Rafael, halla sido en respuesta a la liberación de etanol a la atmósfera, ya que Kelsey y Joseph (2003) encontraron que los árboles con la totalidad de la copa

chamuscada incrementan la cantidad de etanol presente tanto en el floema como en la albura.

Otro barrenador ambrosial que se pudo coleccionar fue *Euplatypus pini* (Figura 7). Este género fue reportado por Zanuncio *et al.* (2002) en árboles de pino quemados, quienes atribuyen la presencia del insecto al daño que presentaron los árboles.



Figura 7. Ejemplar de *Euplatypus pini* coleccionado de árboles quemados de *Pinus montezumae* en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.

Por lo que respecta a los barrenadores de la familia Buprestidae, *Chrysobothris inaequalis* (Figura 8) se observó durante los primeros tres meses de colecta, los cuales correspondieron a finales de invierno y principios de primavera, a pesar de que según Barr (1984) los buprestidos restringen su actividad durante los meses fríos. Westcott (1998) menciona que colectó a *C. inaequalis* en áreas quemadas del Cofre de Perote a una altitud de 3000 m y posteriormente, Westcott y Mudge (2003) lo observaron en el volcán Nevado de Colima, a una altitud de 3350 m, aunque no lograron coleccionarlo. En México, estos insectos están pobremente estudiados tanto biológica como taxonómicamente, a pesar de que para el género *Chrysobothris* se reportan 83 especies en México, 37 endémicas del país, siendo *C. inaequalis* una de ellas (Barr, 1984). Existen varios reportes de que los buprestidos prefieren árboles quemados (Barr, 1984; Werner, 2002; Sullivan *et al.*, 2003; Saint-Germain *et al.*, 2004), aunque por otro lado, Chénier y Philogène (1989) mencionan que los buprestidos se orientan más por pistas visuales que químicas, ya que no respondieron a monoterpenos ni a etanol, más bien fueron atraídos hacia siluetas verticales oscuras, las cuales corresponden a los troncos de los árboles.



Figura 8. Espécimen de *Chrysobothris inaequalis* colectado de árboles quemados de *Pinus montezumae* en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo. Fotografía tomada por Armando Burgos Solorio.

Un reporte importante del presente estudio es la presencia de una especie nueva, descrita y aún no publicada por Raúl Muñiz Vélez⁴ como *Lechriops niveolineatus*. (Curculionidae: Conoderinae) (Figura 9). A pesar de que existen muy pocos estudios sobre la biología y hábitos de este género en México, se colectaron especímenes de esta nueva especie que emergieron de trozas de árboles pequeños de *Pinus montezumae* que habían muerto por incendio en un área adyacente a la de este estudio. López *et al.* (s.f) encontraron ejemplares de la subfamilia Conoderinae sobre el follaje de *Quercus* spp. y Morrone *et al.* (2002) reportan a *Lechriops aurita* (Schönherr) y *L. lebasii* Boheman, de colectas realizadas en el estado de Hidalgo. Hespenheide (2003) menciona que los ejemplares de este género son barrenadores de coníferas, que las larvas y las pupas se pueden encontrar bajo la corteza de pinos y que un grupo pequeño de especies infestan a *Pseudotsuga menziesii*.

Por la relevancia del reporte, se ha considerado necesario proveer las características básicas para el diagnóstico de esta nueva especie. La información fue proporcionada por Raúl Muñiz V.

Lechriops niveolineatus es de tamaño pequeño, de forma oval alargada, con el protórax casi tan ancho como los élitros, las patas relativamente cortas; de color ocre en la mayor parte del dorso, con algunas partes oscuras y con dos franjas

⁴ Raúl Muñiz Vélez, Investigador y Especialista en Curculionoidea, Lago Cuitzeo No. 144 Col. Anáhuac, México, D. F.

laterales blancas a lo largo del protórax, que se prolongan sobre los húmeros; algunas veces hay escamas redondeadas, blancas, dispersas sobre los élitros, que no llegan a formar manchas o franjas. Cabeza redondeada, expuesta casi en su totalidad, por el lado dorsal ocupada en gran parte por los ojos, que son casi holópticos, estrechamente separados en la frente y rodeados por una franja muy angosta de escamas pequeñas.



Figura 9. Especimen de *Lechriops niveolineatus* colectado de árboles quemados de *Pinus montezumae* en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.

A pesar de que son muchos los estudios que asocian a los cerambícidos con árboles dañados por incendios (Furniss, 1965; Werner, 2002; McHugh *et al.*, 2003; Saint-Germain *et al.*, 2004), en el área de estudio no se colectaron.

Del grupo de depredadores de escolitinos, se colectaron insectos de las familias Cleridae, Salpingidae, Colydiidae y Elateridae (Cuadro 8). El 75% de los especímenes correspondió a *Enoclerus erro* y *E. arachnodes*.

Cuadro 8. Depredadores capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm² de corteza con adhesivo, colocadas en 10 árboles de *Pinus montezumae* lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan Hidalgo.

TAXA	Fechas de colecta								Total
	12/02	26/02	12/03	26/03	09/04	23/04	07/05	21/05	
Cleridae									
<i>Enoclerus erro</i> Wolcott	2	21	34	32	12	39	18	10	168
<i>E. arachnodes</i> Klug	0	1	0	1	0	1	0	0	3
Salpingidae									
Othniinae									
<i>Elacatis</i> sp.	0	1	1	13	6	13	10	7	51
Colydiidae	0	2	0	0	0	0	1	0	3
Elateridae	1	1	1	0	0	0	0	0	3
TOTAL	3	26	36	46	18	53	29	17	228

Cibrián (1988) reporta sólo a *E. arachnodes* para el estado de Hidalgo, mientras que a *E. erro* lo menciona para Jalisco, Michoacán y Tlaxcala. Este último es un depredador de *Ips* y *Dendroctonus mexicanus* y su asociación fue demostrada por Romero (1993). Por otra parte, sólo se colectaron tres especímenes de *E. arachnodes* (Figura 10), posiblemente porque está en el límite de su distribución altitudinal o porque intervienen otros factores adicionales, no presentes en los árboles estudiados.

Otro depredador de descortezadores, *Elacatis* sp., también se presentó desde el primer mes de colecta. Cibrián (1987) lo reporta sobre árboles recién infestados por *Dendroctonus adjunctus*, mientras que Rivera y Macías (2001) mencionan que depreda a *Ips grandicollis* en rodales de *Pinus oocarpa* en Chiapas. En cuanto a las familias Colydiidae y Elateridae, poco se sabe de su influencia sobre las poblaciones de descortezadores. Cibrián (1987) encontró larvas de la familia Colydiidae alimentándose de larvas de *Dendroctonus adjunctus*. Otras especies en el estado larval son ectoparásitos de las larvas y pupas de varios barrenadores de madera (Triplehorn y Johnson, 2005).



Figura 10. Especimen de *Enoclerus arachnodes* colectado de árboles quemados de *Pinus montezumae* en el ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan, Hidalgo.

Los insectos que se consideraron como asociados fueron de las familias Bostrichidae y Staphylinidae y el curculiónido *Amphidees acuminatus* (Cuadro 9).

Cuadro 9. Insectos asociados capturados de febrero a mayo de 2005 en una superficie de 6000 cm² de corteza con adhesivo, colocadas en 10 árboles de *Pinus montezumae* lesionados por un incendio. Ejido San Rafael, Municipio de Singuilucan Hidalgo.

TAXA	Fechas de colecta								Total
	12/02	26/02	12/03	26/03	09/04	23/04	07/05	21/05	
Staphylinidae									
Aleocharinae	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Staphylininae	0	0	0	4	2	0	0	2	8
Curculionidae									
Entiminae									
<i>Amphidees acuminatus</i>	1	1	1	0	0	0	1	0	4
Champion									
Bostrichidae	0	0	0	0	0	1	0	3	4
TOTAL	1	1	1	4	2	2	1	6	18

De la familia Staphylinidae se presentaron las subfamilias Aleocharinae y Staphylininae, las cuales incluyen géneros que se comportan como depredadores (Navarrete *et al.*, 2002). Saint-Germain *et al.* (2004) reportan que los estafilínidos están más asociados a árboles no chamuscados en áreas que presentaron un incendio un año antes, que a los árboles chamuscados, y Apigian *et al.* (2006)

mencionan que esta familia de insectos es afectada negativamente por los tratamientos de quemas prescritas.

Con respecto a *Amphidees acuminatus* (Curculionidae), los únicos reportes en México son para *A. latifrons* y *A. major*, el primero de las cuales ha adquirido el estatus de plaga en los últimos diez años en la Sierra de Arteaga, Coahuila, por barrenar las yemas del manzano (Guerrero *et al.*, 2004), mientras que el segundo es reportado por López *et al.* (s. f) sobre y bajo la corteza y en el follaje de *Quercus* spp. Según Muñiz (Comunicación personal)⁴ se les relaciona más bien con pastos amacollados y aunque se han colectado en el follaje de encino y oyamel, se desconoce su acción sobre ese hospedante.

La mayoría de los especímenes de la familia Bostrichidae son barrenadores y pueden atacar tanto árboles vivos como ramas, ramillas muertas y madera aserrada (Triplehorn y Johnson, 2005), pero son reportados más bien viviendo sobre latifoliadas (Cibrián *et al.*, 1995), por lo que su importancia en la colonización de *Pinus montezumae* es limitada.

Secuencia de arribo de coleópteros

El patrón de acumulación observado de los diferentes grupos de coleópteros tuvo el siguiente comportamiento a través del período de colecta (Figura 11):

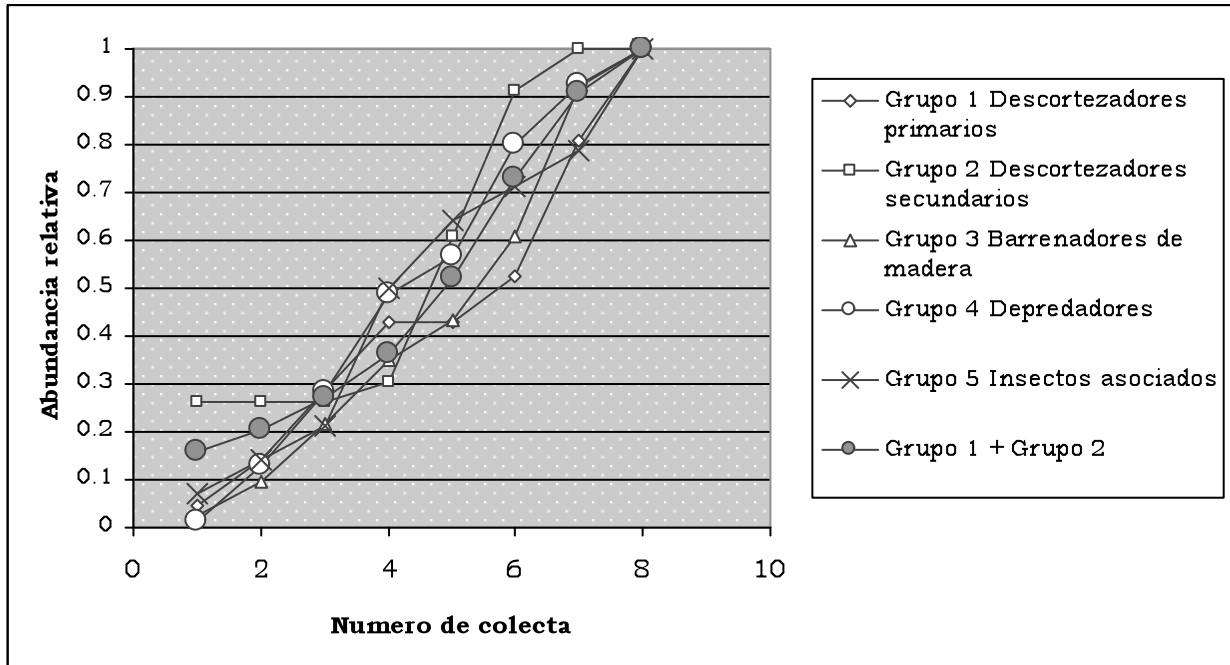


Figura 11. Patrón de acumulación observado de los grupos de coleópteros colectados en árboles quemados de *Pinus montezumae*, en el ejido San Rafael, Mpio. de Singuilucan, Hidalgo.

Para obtener el modelo reducido, se fueron eliminando los parámetros no significativos hasta obtener diferencias en el patrón de acumulación entre los descortezadores primarios (Grupo 1) y barrenadores de madera (Grupo 3) con respecto al conjunto de descortezadores (Grupo 6) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo reducido (4)

Parámetro	Estimado	Error estándar	Valor de t	Valor de rechazo
16	3.252957	0.2154	15.10	<0.0001
13	0.494055	0.1856	2.66	0.0108
26	0.750894	0.0472	15.92	<0.0001
21	-0.10278	0.0347	-2.97	0.0049

Al graficar el patrón de acumulación ajustado de éstos grupos, observamos que al principio, el conjunto de descortezadores tiene una tasa de acumulación más

rápida que los barrenadores de madera, pero después de la quinta colecta, ésta disminuye (Figura 12).

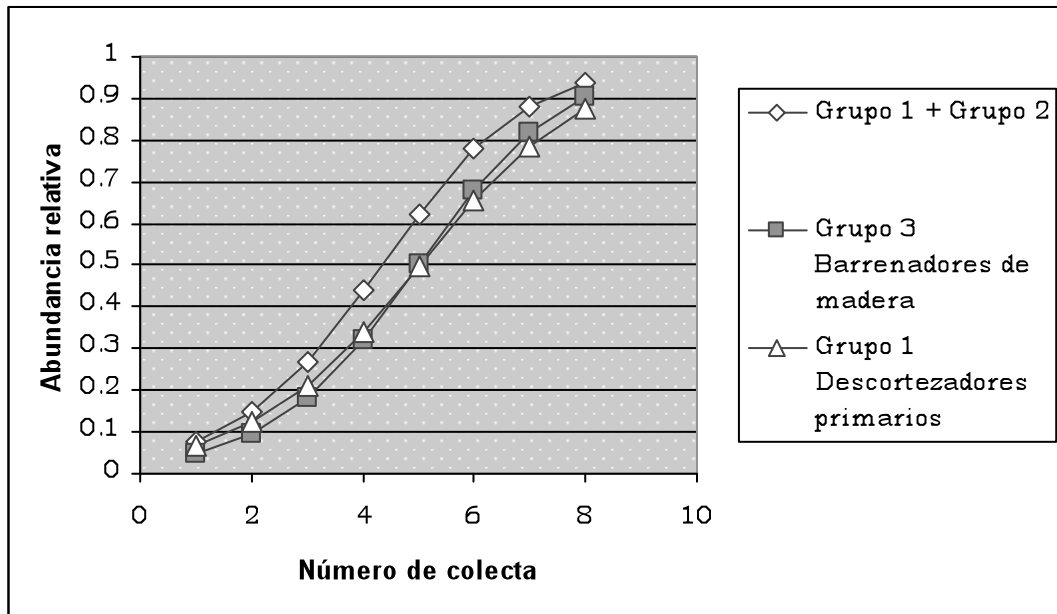


Figura 12. Patrón de acumulación ajustado de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al conjunto de descortezadores.

Para conocer cuando se da el máximo de incremento en la acumulación de éstos grupos, se calculó la derivada del modelo y así podemos observar que los barrenadores de madera presentan el punto máximo de acumulación en la colecta número 5, la que corresponde a principios de abril, lo mismo presenta el grupo de descortezadores primarios, mientras que el conjunto de descortezadores tiene su punto máximo de acumulación dos semanas antes, o sea a finales de marzo (Figura 13).

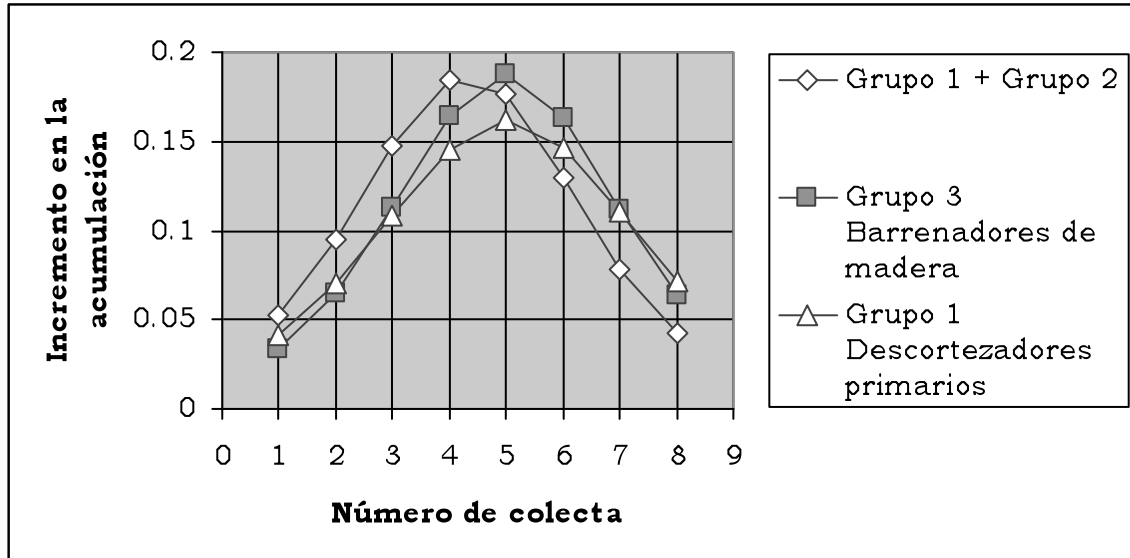


Figura 13. Incremento relativo ajustado para los grupos de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al conjunto de descortezadores.

Son muchos los factores que influyen en los descortezadores y barrenadores para la selección de su hospedante. Chararas (1978), Barbosa y Wagner (1989) y Coulson y Witter (1990) coinciden en que ésta se da con base en el vigor del árbol. La atracción primaria de los insectos pioneros hacia el probable hospedante ocurre por los volátiles que los tejidos dañados emiten, ya sea oleoresinas, terpenos, alcoholes u otras sustancias. Si estos olores son detectados, el insecto dirige su vuelo hacia la fuente que los emite y cuando no se detectan olores atractivos, el vuelo del insecto tiende a ser al azar (Wood, 1982). Los árboles del área de estudio, presentaron un daño importante al mostrar la totalidad de la copa chamuscada y según Rodríguez (1996), esta condición puede causar la muerte a los árboles y los que no mueren presentan una disminución importante en el crecimiento, ya que para emitir follaje nuevo y recuperar la capacidad fotosintética, tienen que utilizar las reservas alimenticias. Esta situación aunada a la pérdida de agua, fue aprovechada en primera instancia por los descortezadores, que mostraron una tasa de acumulación más rápida que los barrenadores en los primeros dos meses después del incendio, lo cual coincide con lo reportado por Chararas (1978), quien menciona que uno de los indicadores más importantes del vigor de un árbol es la presión osmótica del plasma celular y que las elevaciones de ésta a niveles inusuales (producto de sequías) ha coincidido con ataques de coleópteros, tanto

escolítidos como bupréstidos. Ya en abril, los barrenadores presentaron una acumulación más alta que los descortezadores en conjunto, ya que como lo reportan Coulson y Witter (1990) los primeros necesitan árboles debilitados o severamente dañados, porque en general no pueden vivir en árboles sanos e incluso, como en el caso del bupréstido *Melanophila californica*, las larvas no se pueden desarrollar si el hospedante no muere. Al final del periodo de colecta los descortezadores primarios empezaron a mostrar una acumulación importante, probablemente porque los árboles tuvieron la capacidad de emitir nuevo follaje y empezaron a reestablecer sus funciones fisiológicas a los niveles adecuados, y solo el género *Dendroctonus* e *Ips mexicanus* tuvieron la capacidad de colonizarlos. El género *Dendroctonus* se considera más agresivo porque la mayoría de las especies necesitan colonizar árboles vivos para que su progenie se desarrolle con éxito; el género *Ips* por el contrario, generalmente requiere hospedantes que han muerto recientemente o que están severamente dañados, por lo que es común que varias especies de *Ips* arriben a árboles ya colonizados por *Dendroctonus*, ya que éste ha superado la resistencia del árbol (Coulson y Witter, 1990).

Del total de insectos descortezadores primarios capturados, se concluye que hubo poca atracción en los primeros tres meses después del incendio, pero a partir del cuarto mes se empieza a registrar la llegada del género *Dendroctonus*. Debido a que el muestreo se llevó a cabo sólo en los primeros cuatro meses después del incendio no se pudieron observar los cambios en la presencia de los descortezadores durante el primer año, aunque es de esperarse que ésta aumente, ya que Werner (2002) menciona que la influencia de los incendios forestales para los descortezadores es a largo plazo, ya que a los 15 años de la quema continúan manteniéndose poblaciones altas de escolitinos, no así de bupréstidos o cerambícidos, pero Sullivan *et al.* (2003) mencionan que las poblaciones de varios escolitinos, bupréstidos y cerambícidos, aumentan sólo durante el primer año después de la quema, y vuelven a sus niveles normales al año siguiente.

Patrón de acumulación de descortezadores y depredadores

Al enfocarnos específicamente al patrón de acumulación que presentan los depredadores con respecto a sus presas (conjunto de descortezadores), se confirma que tienen una sincronización en su llegada a los árboles (Figura 14), producto de la

coevolución entre estos grupos, como es reportado en varios estudios (Birch, 1984, Romero, 1993). Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los patrones de acumulación entre escolitidos y sus depredadores (Cléridos, salpígidos, colydiidos y elatéridos), se pudo observar que a partir de la cuarta colecta (principios de abril), la abundancia relativa de los depredadores es más alta que la de los descortezadores.

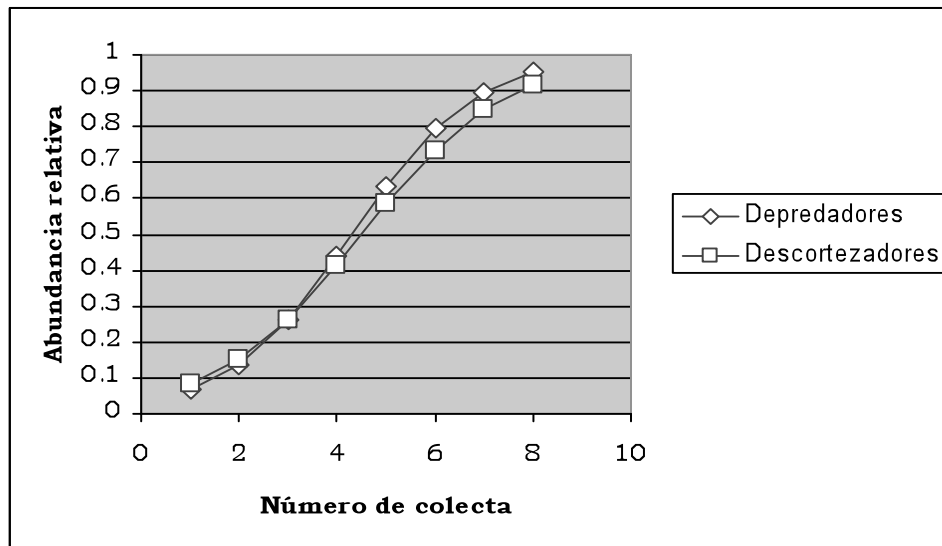


Figura 14. Patrón de acumulación ajustado de descortezadores y sus depredadores.

Al obtener la derivada del modelo, pudimos apreciar que a pesar de tener una tendencia muy similar, la acumulación de depredadores se da antes que la de los descortezadores y declina también más rápido (Figura 15). Cabe recordar que esta es una abundancia relativa, ya que si observáramos las colectas absolutas, notaríamos que los depredadores superaban a sus presas en cinco veces, lo cual es difícil de explicar, ya que según Romero (1993), *Enoclerus erro* requiere en promedio 47 presas para completar su desarrollo larvario, mientras que *E. arachnodes* requiere 95. Esta disparidad entre el número de depredadores y sus presas, coincide con lo reportado por Santoro *et al.* (2001), quienes encontraron que la abundancia del clérido *Thanasimus dubius*, que es depredador específico de *Ips perroti* e *I. grandicollis*, se incrementó de un 30 a un 90% a la siguiente semana de una quema controlada, aunque la población de su presa no aumentó.

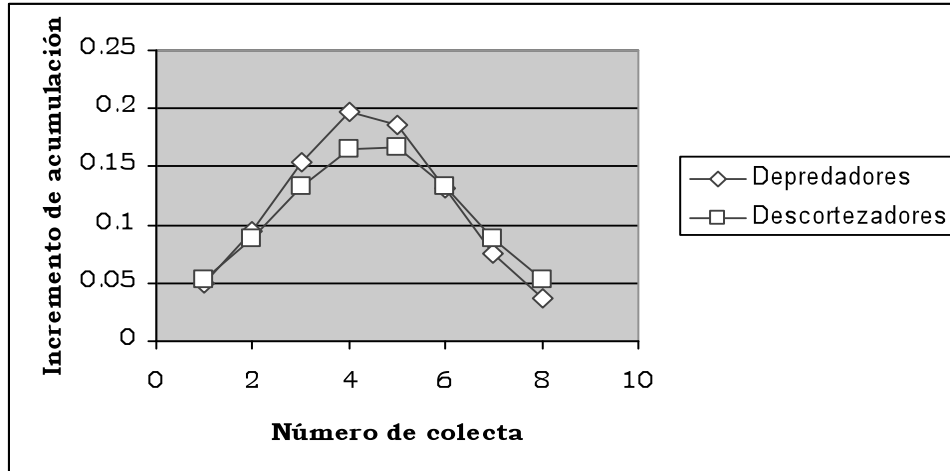


Figura 15. Incremento relativo ajustado de descortezadores y sus depredadores.

Es conocido que los cléridos son atraídos parcialmente por las feromonas de los descortezadores (Birch, 1984; Romero, 1993; Dahlsten *et al.*, 2004) y que al interpretar y utilizar las feromonas, los depredadores tienen la ventaja de llegar simultáneamente que sus presas a los árboles. Varios estudios han encontrado que también utilizan los volátiles de los árboles como kairomonas para localizar a sus presas, específicamente los componentes de la resina, como lo reportan Chénier y Philogène (1989), llegando a los árboles en el transcurso de uno a dos días después de iniciada la infestación (Romero, 1993). La estrategia de responder tanto a los olores del árbol infestado como a las feromonas de los escolítidos, permite a los depredadores una localización más eficiente de sus presas. Sin embargo, existen algunos casos en que se ha comprobado que un depredador responde más a los volátiles del árbol que a las feromonas de sus presas (Birch, 1984). Posiblemente, la llegada de los cléridos fue como respuesta tanto a las feromonas de sus presas como a los volátiles que emitieron los árboles al tener tejidos dañados, pero los descortezadores no encontraron condiciones adecuadas para aumentar de manera importante su población, mientras que los depredadores siguieron siendo atraídos por los volátiles de los árboles.

A pesar que no hay mayor información sobre el género *Elacatis*, se pudo concluir que este género tiene un gran potencial como depredador de *Ips*, ya que representó más del 22% de los depredadores colectados; además, su abundancia estuvo sincronizada con la de los descortezadores, de la misma forma que los depredadores cléridos.

De las familias Colydiidae y Elateridae sólo se colectaron tres especímenes de cada una, por lo que se concluye que no tuvieron una influencia importante sobre la población de los descortezadores.

Conclusiones

En las áreas de los troncos cubiertas con el adhesivo, se colectaron insectos de las familias Cleridae, Curculionidae, Salpingidae, Buprestidae, Staphylinidae, Bostrichidae, Colydiidae y Elateridae, con un total de 20 taxa representados, lo que muestra la amplia diversidad de insectos asociados a los árboles de *Pinus montezumae* dañados por incendios.

En la secuencia de arribo de los insectos sólo se encontraron diferencias en el patrón de llegada entre los grupos de descortezadores primarios y barrenadores de madera con respecto al resto de los coleópteros.

Por otro lado, el patrón de acumulación de insectos depredadores estuvo asociado a la secuencia de acumulación de los descortezadores. En términos absolutos, por cada descortezador se colectaron cinco insectos depredadores.

Literatura Citada

- Apigian, K. O., D. L. Dahlsten and S. L. Stephens. 2006. Fire and fire surrogate treatment effects on leaf litter arthropods in a western Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management* 221: 110-122.
- Aukema, B. H., D. L. Dahlsten and K. F. Raffa. 2000. Improved population monitoring of bark beetles and predators by incorporating disparate behavioral responses to semiochemicals. *Environmental Entomology* 29(3): 618-629.
- Barbosa, P. and M. R. Wagner. 1989. *Introduction to Forest and Shade Tree Insects*. Academic Press. United States of America. 639 p.
- Barr, W. F. 1984. An overview of the mexican Buprestidae with a listing of *Chrysobothris* species (Coleoptera). *Memoria de los Simposia Nacionales de Parasitología Forestal II y III*. Cuernavaca, Morelos. pp: 69-75.
- Birch, 1984. Agregation in bark beetles. In: *Chemical Ecology of Insects*. Edited by Bell, W. J. and R. T. Cardé. Chapman and Hall. 524 p.
- Bradley, T. and P. Tueller. 2001. Effects of fire on bark beetle presence on jeffrey pine in the Lake Tahoe Basin. *Forest Ecology and Management* 142: 148-153.
- Byers, J. A., A. Olle and J. Löfqvist. 1989. Effective attraction radius: A method for comparing species attractants and determining densities of flying insects. *Journal of Chemical Ecology* 15 (2): 749-765.
- Chararas, C. 1978. La presión osmótica de las especies forestales y sus relaciones con los insectos xilófagos. En: *Pesson, P. Ecología Forestal. El bosque: clima, suelo, árboles, fauna*. Edit. Mundi-Prensa. España. p. 207-229.
- Chénier, J. V. R. and B. J. R. Philogène. 1989. Field responses of certain forest Coleoptera to conifer monoterpenes and ethanol. *Journal of Chemical Ecology* 15: 1729-1745.
- Cibrián, T. D. 1987. Estudios sobre la biología y disposición espacial del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandf. (Coleoptera:Scolytidae). Tesis de Maestría. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Posgraduados. México. pp. 67-70.
- Cibrián, T. D. 1988. Aspectos ecológicos del depredador *Enoclerus arachnodes*. En. *Memorias del XXIII Congreso Nacional de Entomología*. p. 199.

- Cibrián, T. D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores-Lara. 1995. Insectos Forestales de México/Forest Insects of México. Universidad Autónoma Chapingo. SARH Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre México. USDA Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte FAO. Pub. # 6. 453 p.
- Coulson, R. N. y J. A. Witter. 1990. Entomología Forestal. Ecología y Control. Edit. Noriega. México. 751 p.
- Dahlsten, E. L., D. L. Rowney, A. B. Lawson, N. Erbilgin and K. F. Raffa. 2004. Attraction of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytinae) and its predators to natural attractants and synthetic semiochemicals in Northern California: Implications for population monitoring. *Environmental Entomology* 33 (6): 1554-1561.
- Deglow, E. K. and J. H. Borden. 1998. Green leaf volatiles disrupt and enhance response to aggregation pheromones by the ambrosia beetle, *Gnathotrichus sulcatus* (Coleoptera: Scolytidae). *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1697-1705.
- Furniss, M. M. 1965. Susceptibility of fire-injured Douglas-fir to bark beetle attack in southern Idaho. *Journal of Forestry* 63: 8-11.
- Furniss, R. L. and V. M. Carolin. 1977. Western Forest Insects. U. S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publication No. 1339. 654 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. México, D.F. p. 121.
- Guerrero, R. E., J. A. Lezcano B., V. M. Sánchez V., J. Corrales R. y J. Landeros F. 2004. Biología del picudo de la yema del manzano *Amphidees latifrons* (Sharp) (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 20 (1): 256-2726.
- Hespenheide, H. A. 2003. New *Lechriops* species for the United States (Coleoptera: Curculionidae: Conoderinae). *The Coleopterist's Bulletin* 57: 345-352
- Hodge, M. A. 1987. Macrohabitat selection by the orb weaving spider, *Micrathena gracilis*. *Psyche* 94: 347-361.
- Kelsey, R. G. and G. Joseph. 2003. Ethanol in ponderosa pine as an indicator of physiological injury from fire and its relationship to secondary beetles. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (5): 870-884.

- López, G. E., A. Equihua M., J. Romero N., J. L. Méndez M. y R. Muñiz V. s. f. Curculionoides (Coleoptera: Curculionidae) presentes en *Quercus* spp. en el poblado de San Marcos Huaquilpan, Mpio. de Calpulalpan, Tlaxcala, México. En Revisión. Acta Zoológica Mexicana.
- McCullough, D. G., R. A. Werner and D. Neumann. 1998. Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America. Annual Review of Entomology 43: 107-127.
- McHugh, C., T. E. Kolb and J. L. Wilson. 2003. Bark beetle attacks on ponderosa pine following fire in northern Arizona. Environmental Entomology 32: 510-522.
- Miller, J. M. and J. E. Patterson. 1927. Preliminary studies on the relation of fire injury to bark-beetle attack in western yellow pine. Journal of Agricultural Research 31 (7): 597-613.
- Morrone, J. J., R. Muñiz, J. Asiain y J. Márquez. 2002. Lista de las especies de Curculionidea (Insecta: Coleoptera) depositadas en la colección del museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 87: 147-165.
- Navarrete, H. J. L., A. F. Newton, M. K. Thayer, J. S. Ashe y D. S. Chandler. 2002. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Universidad de Guadalajara. CONABIO. 401 p.
- Rivera, G. M. L. y J. E. Macías S. 2001. Respuesta en condiciones de campo de *Dendroctonus frontalis*, *Ips grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae) y sus depredadores a diferentes semioquímicos en el sureste de México. Manejo Integrado de Plagas 61: 85-86.
- Rodríguez T., D. A. s. f. El fuego como factor de predisposición a enfermedades. En: Enfermedades Forestales de México. En Prensa.
- Rodríguez T., D. A. 1996. Incendios Forestales. Universidad Autónoma Chapingo y Edit. Mundi-Prensa. México. 630 p.
- Rogers, T. J. 1996. Effects of fire on forest insects in western forest ecosystems. In: R. F. Billings and T. E. Nebeker (Eds.). Proceedings: North American Forest Insect Work Conference. Forest Entomology: Vision 20:21. Texas, U.S.A. pp. 136-137.

- Romero, L. 1993. Estudio de depredadores de la familia Cleridae y su relación con *Dendroctonus mexicanus* (Hopk.). Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 140 p.
- Saint-Germain, M., P. Drapeau and C. Hébert. 2004. Xilophagous insect species composition and patterns of substratum use on fire-killed black spruce in central Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 677-685
- Santoro, A. E., M. J. Lombardero, M. P. Ayres and J. J. Ruel. 2001. Interactions between fire and bark beetles in an old growth pine forest. *Forest Ecology and Management* 144 (1/3): 245-254.
- SEMARNAP-UACH. 1999. Atlas Forestal de México. SEMARNAP, UACH. México. 102 p.
- Suckling, D. M., A. R. Gibb, J. M. Daly, X. Chen and E. G. Brockerhoff. 2001. Behavioral and electrophysiological responses of *Arhopalus tristis* to burnt pine and other stimuli. *Journal of Chemical Ecology* 27 (6): 1091-1104.
- Sullivan, B. T., C. J. Fetting, W. J. Otrosina, M. J. Dalusky and C. W. Berisford. 2003. Association between severity of prescribed burns and subsequent activity of conifer infesting beetles in stands of longleaf pine. *Forest Ecology and Management* 185: 327-340.
- Triplehorn, Ch. A., N. F. Johnson (Eds.). 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th edition. Thomson Brooks/Cole, USA. pp: 365-467.
- Wallin, K. F., T. E. Kolb, K. R. Skov and M. R. Wagner. 2003. Effects of crown scorch on ponderosa pine resistance to bark beetles in Northern Arizona. *Environmental Entomology* 32 (3): 652-661.
- Werner, R. A. 2002. Effect of ecosystem disturbance on diversity of bark and wood-boring beetles (Coleoptera: Scolytidae, Buprestidae, Cerambycidae) in white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) ecosystems of Alaska. Research Paper PNW-RP-546. Portland, OR: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 15 p.
- Westcott, R. 1998. México in spring. *Buprestis Report* No. 36: 5-6.
- Westcott, R. and A. Mudge. 2003. The Buprestidae of México. *Buprestis Report* No. 41: 3-5.

- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs 6. 1359 p.
- Zanuncio J. C., M. F. Sossai, L. Couto and R. Pinto. 2002. Ocurrence of *Euplatypus parallelus*, *Euplatypus* sp. (Col.: Euplatypodidae) and *Xyleborus affinis* (Col.: Scolytidae) in *Pinus* sp. in Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brazil. Revista Árvore 26(3): 387-389.