

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

Ips e insectos barrenadores en árboles de Pinus montezumae dañados por incendios forestales

Ips and woodborer insects in Pinus montezumae trees damaged by forest fires

Juana Fonseca-González^{1,2},
Héctor Manuel De Los Santos-Posadas²,
Celina Llanderal-Cázares², David Cibrián-Tovar³,
Dante Arturo Rodríguez-Trejo³ y Jesús Vargas-Hernández²

RESUMEN

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 del quemado 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, lo mismo sucede al aumentarse la altura de quemado del fuste y en árboles con diámetros superiores a los 30 cm.

PALABRAS CLAVE:

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

ABSTRACT

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 that proportion grows with the increment in live crown length. In trees with totally scorched crown, but with live terminal buds, the proportion of galleries of woodborer insects increases and the same happens at increasing bole char height in trees with diameter superior to 30 cm.

KEY WORDS:

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

1 Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ex Hacienda de Aqueztalpa, Santiago Tulantepec. Hidalgo, México. fonsecaj@uaeh.reduaeh.mx

2 Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, CP 56230, Montecillo, Estado de México, México. hmsantos@colpos.mx, llcelina@colpos.mx, vargasjh@colpos.mx

3 División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, CP 56230, Chapingo, Estado de México, México. dcibrian@correo.chapingo.mx, dantearturo@yahoo.com

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.

OBJETIVO

Encontrar la relación entre las evidencias externas de los daños ocasionados por el fuego en los árboles de *Pinus montezumae*, y 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 Cuautepetl de Hinojosa, Hidalgo. Ubicado 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 en 40 ha (CONAFOR, 2003). Dentro de la zona afectada se seleccionó un sitio de 5 ha con arbolado adulto, que representaba diferentes niveles de daño en la copa y quemadura 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.

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 quemadura del fuste medida en metros 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) adaptada 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 metros 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). Marroquín-Sosa (2005) 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

asume 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 uniformar los datos calculando la densidad de galerías de cada género o familia por cm^2 de corteza, de la siguiente forma:

$$\text{DG} = \text{LGF}/\text{SC} \quad \dots(1)$$

donde:

DG = densidad de galerías (cm/cm^2)

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

SC = superficie de corteza (cm^2)

Se hizo un análisis de regresión logística para definir la relación entre la proporción 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 que puede llegar a infestar árboles sanos, 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 $\pi(x)$ 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 dife-

rentes géneros de descortezadores (Bradley y Tueller, 2001). La estructura del modelo logístico usado fue:

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

donde $\pi(x_i)$ 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:

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

donde: β_i son los coeficientes de regresión y x_i corresponden a las características de los árboles diámetro, altura total, altura de quemado 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 quemado del fuste.

RESULTADOS

Los valores promedio de las variables consideradas en los 35 árboles de *Pinus montezumae* evaluados, se presentan en la tabla 1. La mayoría de los árboles (71,4%) se ubicó en la clase 1 del nivel de daño en la copa, ya que no presentaba daño al follaje, pero sí en el tronco. Aunque la proporción de árboles en las clases 2, 3 y 4 fue relativamente baja (<10%), 20% de los árboles muestreados alcanzó la clase 5 (Figura 1).

Los patrones de las galerías grabadas en las muestras de corteza indicaron la presencia de los escolítidos de los géneros *Ips*, *Hylurgops*, *Hylastes* y *Pityophthorus*, así como de barrenadores de madera de las familias Buprestidae y Cerambycidae. En la figura 2 se observa que en los árboles de menor diámetro (< 30 cm) las galerías correspondientes al género *Ips* ocupan más del 95%, valor que disminuye gradualmente conforme aumenta el diámetro del árbol, dando paso sobre todo a las galerías de los barrenadores de madera. 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*.

Tabla 1. Características promedio de los árboles evaluados.

VariabI e	Promedio	Varianza
Diámetro a la altura del pecho (1.3m) (cm)	36,7	68,5
Altura total (m)	25,7	11,9
Altura de quemado del fuste (m)	7,3	13,8
Longitud de copa antes del incendio (m)	8,4	7,9
Longitud de copa viva (m)	6,1	21,1

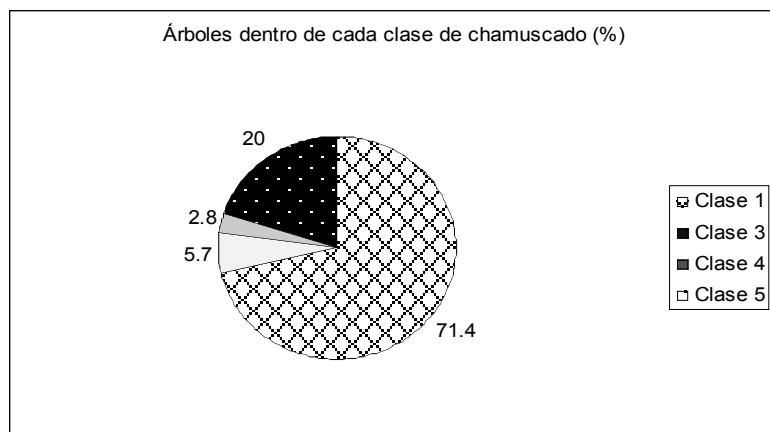


Figura 1. Porcentaje de árboles en cada clase de chamuscado de copa

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

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

donde: I_1 es una variable indicadora que toma el valor de 1 si la clase de chamuscado i aparece, y el valor de 0 de lo contrario. I_1 corresponde a la clase 1 de chamuscado de copa, 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. La clase de chamuscado de 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 *Ips* cambia estadísticamente con el daño por fuego (Tabla 2).

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):

$$f(x_i) = b_0 + b_1 D_i \quad \dots(5)$$

donde D_i es el diámetro del árbol en cm.

Tabla 2. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye clases de chamuscado de copa

Parámetro	Variable Independiente	Valor estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
β_0	Intercepto (I_5)	-0,1004	0,0594	0,0912
$\beta_{2,1}$	Clase 1 (I_1)	-0,1090	0,0740	0,1409
$\beta_{2,3}$	Clase 3 (I_3)	-1,7279	0,2680	<0,000 1
$\beta_{2,4}$	Clase 4 (I_4)	-0,9709	0,3198	0,0024

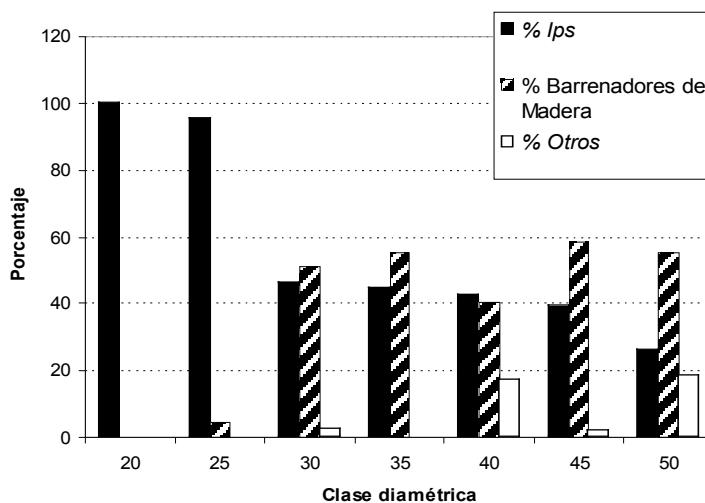


Figura 2. Porcentaje de galerías encontradas en las muestras de corteza, en árboles de *Pinus montezumae* de diferente diámetro.

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

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

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

En este caso sólo las clases de chamuscado 3 y 5 son altamente significativas, mientras que las clases 1 y 4 no lo son (Tabla 4).

Al graficar los coeficientes de regresión, se confirma que la proporción de galerías de *Ips* disminuye conforme aumenta el diámetro de los árboles (Figura 3), con una tendencia similar para las diferentes clases de chamuscado de copa.

Tabla 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

Tabla 4. Coeficientes de regresión y sus estadísticos para el modelo que incluye el diámetro y las clases de chamuscado de copa como variables independientes.

Parámetro	Variable independiente	Estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
β_0	Intercepto (I_5)	1,6223	0,2170	<0,000 1
β_1	Diámetro (D)	-0,0467	0,0057	<0,000 1
$\beta_{2,1}$	Clase 1 (I_1)	-0,1098	0,0747	0,1415
$\beta_{2,3}$	Clase 3 (I_3)	-1,4262	0,2707	<0,000 1
$\beta_{2,4}$	Clase 4 (I_4)	-0,3592	0,3284	0,2740

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 (Tabla 5), quedando el módulo lineal de la siguiente forma (7):

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

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 chamuscado de copa entraron significativamente al modelo.

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

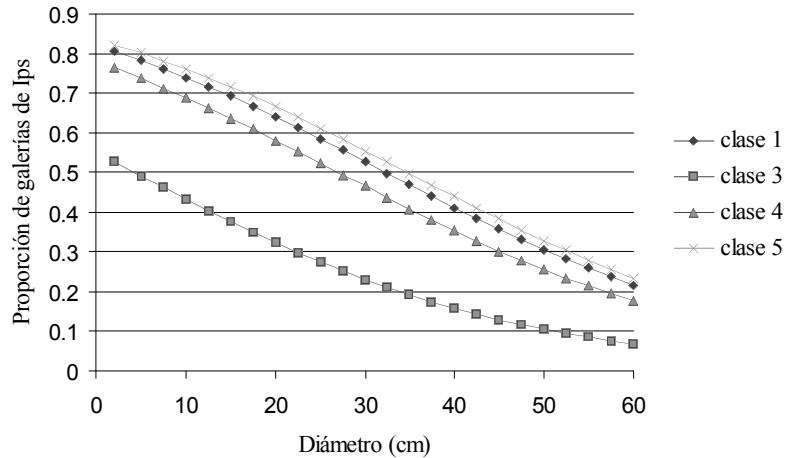


Figura 3. Representación teórica de las galerías elaboradas por *Ips* con relación al diámetro de los árboles y las clases de chamuscado.

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

Parámetro	Variable independiente	Estimado	Error del parámetro	Valor de rechazo
β_0	Intercepto (I_5)	2,2306	0,2496	<0,000 1
β_1	Diámetro (D)	-0,0471	0,0068	<0,000 1
$\beta_{2,1}$	Clase 1 (I_1)	-0,7015	0,1374	<0,000 1
$\beta_{2,3}$	Clase 3 (I_3)	-2,1082	0,2941	<0,000 1
$\beta_{2,4}$	Clase 4 (I_4)	-0,9120	0,3408	0,0075
β_3	Altura de chamuscado del fuste (A)	-0,0582	0,0121	<0,000 1
β_4	Long. copa viva (L)	0,0637	0,0138	<0,000 1

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 observados 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 ocho años después de un incendio había muerto 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 gale-

rías 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. Esto 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 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 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. Por ejemplo, para un árbol de 40 cm de diámetro y en la clase de chamuscado de copa 1, la proporción disminuye de 46% a 29% al aumentar de 2 a 15 m la altura de chamuscado del fuste. Se asume 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 concen-

tracción 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 área existe relación entre las evidencias externas del daño por fuego y la colonización por descortezadores secundarios y barrenadores de madera.

La proporción de galerías de *Ips* disminuye cuando aumentan el diámetro del árbol y la altura de chamuscado del fuste y 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.

Por lo anterior se recomienda que en el manejo de los árboles chamuscados, se remuevan los árboles que presentan nivel 3 de chamuscado de la copa. Por ser los que más atraen tanto a los barrenadores como a los descortezadores, así como los que quedan en los niveles 4 y 5 por estar muertos o a punto de morir.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Rolando Galán Larrea, al técnico Erasmo Jarillo y al director técnico de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (UCODEFO) No. 1 de Tulancigo, Hidalgo. Al ingeniero Miguel Molina Cardosa, por el gran apoyo brindado en todas las actividades en campo.

LITERATURA CITADA

- Agresti, A. 2002. Categorical Data Analysis. 2nd ed. Wiley, John & Sons, inc. Nueva York-Toronto. Pp: 79-129.
- Allison, J. D., J. H. Borden, R. L. McIntosh, P. De Groot y R. Gries. 2001. Kairomonal response by four *Mono-chamus* species (Coleoptera: Cerambycidae) to bark pheromones. Journal of Chemical Ecology 27(4): 633-646
- Bradley, T. y 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 M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. Flores L. 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. N. 6. 453 p.
- Comisión Nacional Forestal. 2003. Estadísticas de incendios forestales. Reporte técnico.
- Dodds, K. J., C. Graber y F. M. Stephen. 2001. Facultative Intraguild Predation by Larval Cerambycidae (Cole-

- optera) 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.
- 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.
- Kelsey, R. G. y 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.
- 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.
- McHugh, C., T. E. Kolb y J. L. Wilson. 2003. Bark beetle attacks on ponderosa pine following fire in northern Arizona. *Environmental Entomology* 32(3): 510-522.
- Miller, J. M. y 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. y 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. y 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 y E. D. Reinhardt. 1988. Modeling long-term fire-caused mortality of Douglas-fir. *Forest Science* 34: 190-199.
- Reid, M. L., y S. S. Glubish. 2001. Tree size and growth history predict breeding densities of Douglas-fir beetles in fallen trees. *Canadian Entomology* 133: 697-704.
- Rodríguez, T. D. A. y 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 y 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 y Ch. 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 y 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. y 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 y 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 y F. Schlyter. 1992. Optimal attack density in the larch bark beetle, *Ips cembrae* (Coleoptera:Scolytidae). Journal of Applied Ecology 29: 672-678.

Manuscrito recibido el 27 de septiembre de 2006
Aceptado el 11 de junio de 2007

Este documento debe citarse como:

Fonseca González, J., H. M. de los Santos Posadas, C. Llanderal-Cázares, D. Cibrián-Tovar, D. A. Rodríguez-Trejo y J. Vargas-Hernández. 2008. *Ips e insectos barrenadores en árboles de Pinus montezumae dañados por incendios forestales*. *Madera y Bosques* 14(1):69-80.