



**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NORESTE  
CAMPO EXPERIMENTAL SALTILLO

## **DETERMINACION DE ZONAS CON RIESGO AL ATAQUE DEL DESCORTEZADOR *Dendroctonus adjunctus* Blandford EN BOSQUES DE CONIFERAS DEL SURESTE DE COAHUILA**



### **RECONOCIMIENTO**

Se agradece al Fondo CONACYT- SIREYES a través del proyecto 20000606011 A.E., a la Fundación Produce Coahuila y Nuevo León, y a la Secretaría de Fomento Agropecuario del estado de Coahuila por las aportaciones económicas brindadas para la realización del presente trabajo.

---

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

LiC. FRANCISCO MAYORGA CASTAÑEDA  
Secretario

ING. FRANCISCO LOPEZ TOSTADO  
Subsecretario de Agricultura y Ganadería

ING. ANTONIO RUIZ GARCIA  
Subsecretario de Desarrollo Rural

ING. NORBERTO DE JESÚS ROQUE DIAZ DE LEON  
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

C. RAMON CORRAL AVILA  
Comisionado Nacional de Acuacultura y Pesca

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRICOLAS Y PECUARIAS**

Ph. D. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS  
Director General

Ph. D. EDGAR RENDON POBLETE  
Coordinador de Investigación Innovación y Vinculación

Ph. D. SEBASTIAN ACOSTA NUÑEZ  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dra. MARIA EMILIA JANETTI DIAZ  
Coordinadora de Administración y de Sistemas

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE**

Ph. D. FRANCISCO JAVIER PADILLA RAMIREZ  
Director Regional

Ph. D. JORGE ELIZONDO BARRON  
Director de Investigación

C. P. JOSE CRUZ GONZÁLEZ FLORES  
Director de Administración

M. C. GUSTAVO J. LARA GUAJARDO  
Director de Coordinación y Vinculación en Coahuila

Dr. SERGIO J. GARCIA GARZA  
Jefe del Campo Experimental Saltillo

---

**GOBIERNO DEL ESTADO DE COAHUILA**

LIC. ENRIQUE MARTINEZ Y MARTINEZ  
Gobernador Constitucional del Estado

M. V. Z. ENRIQUE SALINAS AGUILERA  
Secretario de Fomento Agropecuario

M. C. JOSÉ LUIS GUTIÉRREZ ESQUIVEL  
Director de Agricultura

M. V. Z. ENRIQUE GARCIA PEREZ  
Director de Ganadería

ING. JOSE LUIS NAVA MEJIA  
Director de Recursos Forestales y Medio Ambiente

**DELEGACION ESTATAL DE SAGARPA**

ING. EDUARDO VILLARREAL DAVILA  
Delegado en Coahuila

ING. JORGE ALBERTO FLORES BERRUETO  
Subdelegado Agropecuario

LIC. REYNOLD MALTOS ROMO  
Subdelegado de Planeación

LIC. REYNALDO PEREZ-NEGRON  
Subdelegado de Administración

**FUNDACION PRODUCE COAHUILA, A. C.**

ING. BERNABE IRUZUBIETA QUESADA  
Presidente

ING. JUAN ANTONIO OZUNA CARDENAS  
Vicepresidente

M. Sc. IGNACIO A. GONZALEZ CEPEDA  
Presidente del consejo consultivo Sureste

ING. JAVIER GARCIA NUÑEZ  
Tesorero

M. C. JORGE MONTAÑEZ DE LEON  
Gerente

---

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

Comité Editorial del Campo Experimental Saltillo:

M. C. Gustavo J. Lara Guajardo  
Dr. Sergio J. García Garza  
M. C. Antonio Cano Pineda  
M. C. Carlos Ríos Quiroz  
Dr. Marco A. Arellano García  
M. C. David Castillo Quiróz

Revisión Técnica:

Ph. D. Jorge Elizondo Barrón  
Ph. D. Jesús Loera Gallardo

Captura Computacional:

M. C. Antonio Cano Pineda

Fotografía:

M. C. Luis Mario Torres Espinosa

Edición:

M. C. Antonio Cano Pineda  
Dr. Marco A. Arellano García

**MAYOR INFORMACION  
INIFAP**

Campo Experimental Saltillo  
Blvd. Vito Alessio Robles No. 2565  
Col. Nazario S. Ortiz Garza  
Saltillo, 25100, Coah.  
Tel. (01 844) 4 16 20 25  
Fax (01 844) 4 39 19 01

Dirección de Coordinación y Vinculación del  
INIFAP-Coahuila

Blvd. Vito Alessio Robles No. 2565  
Col. Nazario S. Ortiz Garza  
Saltillo, 25100, Coah.  
Tel /Fax: (01 844) 4 39 24 36  
E-mail: dicovi\_coah@hotmail.com  
lara.gustavo@inifap.gob.mx



Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**DETERMINACION DE ZONAS CON  
RIESGO AL ATAQUE DEL  
DESCORTEZADOR *Dendroctonus  
adjunctus* Blandford EN BOSQUES  
DE CONIFERAS DEL SURESTE DE  
COAHUILA**

M. C. Antonio Cano Pineda  
Investigador del Programa de Viveros y plantaciones  
Forestales del Campo Experimental Saltillo  
M. C. Oscar U. Martínez Burciaga.  
Investigador de Programa de Sistemas de Información  
Geográfica del Campo Experimental Saltillo  
M. C. Luis Mario Torres Espinosa  
Investigador del Programa de Conservación, Protección  
y Restauración del Campo Experimental Saltillo.  
Dr. José Alfredo Sánchez Salas  
Investigador del Programa de Entomología del Campo  
Experimental Saltillo.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Centro de Investigación Regional del Noreste  
Campo Experimental Saltillo  
México

Diciembre 2005

**DETERMINACION DE ZONAS CON RIESGO AL  
ATAQUE DEL DESCORTEZADOR *Dendroctonus  
adjunctus* Blandford EN BOSQUES DE CONIFERAS  
DEL SURESTE DE COAHUILA**

No está permitida la reproducción total o parcial de este folleto, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del derecho de autor.

Derechos reservados © 2005. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.  
Serapio Rendón No. 83  
Col. San Rafael  
Del. Cuauhtémoc  
06470 México, D. F.  
Tel. (01 55) 51 40 16 00

Primera edición  
Impreso en México  
Tiraje: 500 ejemplares  
No. de Registro INIFAP /CIRNE/F-41

Esta obra se terminó de imprimir  
en Diciembre de 2005 en los talleres de:

**Imprenta Sánchez**  
**Nueva España 514**  
**Fraccionamiento Urdiñola**  
**Saltillo, 25020, Coah.**  
**Tel. /fax (844) 4146151**

Folleto Técnico Núm. 20. Diciembre 2005

**CAMPO EXPERIMENTAL SALTILLO**

Blvd. Vito Alessio Robles No. 2565  
Col. Nazario S. Ortiz Garza  
Saltillo, 25100, Coah.  
Tel. (01 844) 4 16 20 25  
Fax (01 844) 4 39 19 01

La cita correcta de este folleto es:

Cano P., A.; O. U. Martínez B., L.. M. Torres E., J. A. Sánchez S. 2005. Determinación de zonas con riesgo al ataque del descortezador *Dendroctonus adjunctus* Blandford en bosques de coníferas del sureste de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 20. Coahuila, México. 24 p.

measures on a safflower-cotton complex. *J. Econ.Entomol.*, 70: 399-402.

Sharpe, P. J. H. y DeMichele, D. W. 1977. Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor. Biol.*, 64: 649-670.

Stinner, R. E., Gutiérrez, A. P. y Butler, G. D. 1974. An algorithm for temperature-dependent growth rate stimulation. *Can. Entomol.*, 106: 519-524.

Tatcher, R. C. and L. S. Pickard. 1967. Seasonal development of the southern pine beetle in east Texas. *J. Econ. Entomol.* (60): 656-658 pp.

Teck, R. and M. Steele. 1995. Forest vegetation simulation tool and forest health assessment. Forest Health Through Silviculture. Proceedings of the 1995 National Silviculture Workshop. Mescalero, New Mexico. 246 p.

Torres, E. L. M; J. A. Sánchez S; A. Cano P; O. U. Martínez B. 2004. Uso de feromonas en el manejo integrado del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandford. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 13. Coahuila México.

White , R. A. Jr. and R. T. Franklin. 1976. Activity of southern pine beetle in response to temperature. *J. Ga. Entomol. Soc.* (11): 370-372 pp.

Wood, S. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central América. (Col.: Scolytidae), a Taxonomic Monograph. Great Basin Naturalist Memoirs (6): 1-203.

Miller, J. M. 1931. High and low lethal temperatures for the western pine beetle. J. Agric.Res. 43:303-321 pp.

Palmer, H. C. Jr. And J. E. Coster 1978. Survival of southern pine beetles in falled and standing lobolly pines. J. Ga. Entomol. Soc. 13 (1): 1-7 pp.

Perusquia, O. J. 1978. Descortezador de los pinos (*Dendroctonus* spp.) taxonomía y distribución. Inst. Nal. De Invest. For. México Bol. Téc. (55): 1-31 pp.

Perry, J. P. 1951. Pine Bark beetles of Central Mexico. Unasyva. Vol. 4 . 267-290 pp.

Rose, E. 1966. The Biology and ecology of *Dendroctonus valens* Lec.; and the Biology, ecology and control of *Dendroctonus frontalis* (= *mexicanus*) Zimm., en Central México (Col. Scolitydae). Doctoral Thesis, Univ. Of Massachussets. U.S.A.: 243 p.

Serrato, B. B. E. y V. E Ascencio, C. 1996. Determinación de las unidades calor de los descortezadores de los pinos *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y *D. frontalis* Zimmerman. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Morelia. Folleto Técnico Núm. 1. 24p.

Sevacherian, V., Stern, V. M. y Mueller, A. J. 1977. Heat accumulation for timing *Lygus* control

## CONTENIDO

	Pag.
<b>1 Introducción</b>	1
<b>2 Antecedentes</b>	3
2.1.- Los Grados-Día como método de Predicción	6
2.2 La Modelización de la Relación "Tasa de Desarrollo-Temperatura	7
<b>3 Objetivo</b>	9
<b>4 Metodología</b>	9
<b>5 Resultados y discusión</b>	11
<b>6 Conclusiones</b>	19
<b>7 Literatura citada</b>	20

### INDICE DE FIGURAS

1	Requerimiento de Unidades Calor para cada etapa de desarrollo de <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blf. bajo condiciones de campo en la localidad Puerto de la Cruz, Municipio de Arteaga, Coahuila.	12
2	Curva de regresión y grado de asociación de las variables DIAESTAD (días a estadio o acumuladas) y UC_DIAAC (unidades calor diarias acumuladas) para <i>D. adjunctus</i> Blf. en la localidad Puerto de la Cruz, Mpio. de Arteaga, Coahuila.	15
3	Areas con riesgo de infestación de <i>D. adjunctus</i> Blf. en el sureste del estado de Coahuila.	17

**DETERMINACION DE ZONAS CON RIESGO AL  
ATAQUE DEL DESCORTEZADOR  
*Dendroctonus adjunctus* Blandford EN  
BOSQUES DE CONIFERAS DEL SURESTE DE  
COAHUILA**

<sup>1</sup>Antonio Cano Pineda  
<sup>2</sup>Oscar U. Martínez Burciaga  
<sup>3</sup>Luís Mario Torres Espinosa  
<sup>4</sup>José Alfredo Sánchez Salas

**Introducción**

Los bosques templados del estado de Coahuila cuentan con una superficie de 450 000 ha; desde el punto de vista ecológico, dichos bosques son considerados como ecosistemas frágiles y su presencia adquiere importancia tanto desde el punto de vista comercial como de conservación ambiental.

Las condiciones extremas como las sequías, altas temperaturas e incendios son factores que han aumentado la susceptibilidad del arbolado al

---

<sup>1</sup> M. C. Investigador del Programa de Viveros y Plantaciones Forestales del Campo Exp. Saltillo. CIRNE-INIFAP

<sup>2</sup> M. C. Investigador del Programa de Sistemas de Información Geográfica del Campo Exp. Saltillo. CIRNE-INIFAP

<sup>3</sup> M. C. Investigador del Programa de Conservación, Protección y Restauración del Campo Exp. Saltillo. CIRNE-INIFAP.

<sup>4</sup> Dr. Investigador del Programa de Entomología del Campo Exp. Saltillo. CIRNE-INIFAP

Hoffard, W.H. 1985. A would-Be Manager of Southern Foresters. Gen Tech. Rep. WO-46.

Islas, F. S. 1974. Observaciones sobre la biología y combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Blf. y *D. mexicanus* Hop. En algunas regiones del Estado de México. Inst. Nal. de Invest. For. Méx Bol. Téc. (40): 35 p

Janisch, E. 1925. Über die Temperaturabhängigkeit biologischer Vorgänge und ihre Kurvenmassige Analyse. *Pfluger's Archiv. Ges. Physiol.*, 209: 414-436.

Keen, F. P. and R. L. Furnis. 1937. Efect of sub-zero temperature on populations of Western pine beetle, *Dendroctonus brevicomis*. J. Econom. Ent. 30 (3): 482-504 pp.

Knight, F. B. 1981. Managing forest pests – Challenge of the 1980's. *In: Hazard-rating systems in forest insect pest management: Symposium proceedings; 1980 July 31 August 1; a thens, GA. – Gen Tech. Rep. wo27. Washington, D.C: U.S. Deot. Of Agriculture, Forest Service: 1-7.*

Medina, G. G; J. A. Ruíz C y A. María R. 2004. SICA. Sistema de Caracterizaciones Agroclimáticas. Versión 2.5. Tema Didáctico Núm. 2. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Campo Experimental Zacatecas. INIFAP.

dependent development for arthropods. *Environ. Entomol.*, 28: 22-29

Burgos, M.; S. F Islas,.; A. Villa Salas B.1975. Primeros estudios sobre la biología y el combate de dos escarabajos descortezadores de pino en los Bosques de la Unidad Forestal San Rafael y áreas contiguas. Unidad Industrial de Explotación Forestal San Rafael. México. Bol (7): 59 p.

Cibrián, T. D.; T. Méndez M.; R. Campos B.; H. O. Yates III y J. Flores L. 1995. Insectos Forestales de México/ Forest Insects of Mexico. (COFAN/NAFC). Publicación No. 6. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, estado de México. 266-363 pp.

Davidson, J. 1944. On the relationship between temperature and rate of development of insect at constant temperatures. *J. Anim. Ecol.*, 64: 26-38.

Del Río M. A.; P. Mayo J. 1988. Biología, hábitos y distribución de *Conophthorus* spp. (Coleoptera: Scolytidae en la Sierra Purépecha, Michoacán. INIFAP. Ciencia Forestal 64, Vol. 13 48-74 pp.

Gagne, J. A. 1980. The effects of temperature on population process of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann. Ph. Dissertation. Texas A & M Univ. College Station. 125 p.

Hicks, R.R. Jr. 1986. Climatic, Site, and Stand Factors. In: Tatcher R.C.; J. L. Searcy; J. E. Coster and G. D. Hertel. The Southern Pine Beetle. USDA. Technical Bulletin 1631.55-68 pp.

ataque de insectos descortezadores; en los años 1999 y 2000 se registró el mayor daño ocasionado por estos insectos, reportándose 59 y 67 brotes activos respectivamente en una área compactada de 635 ha, distribuidas en una superficie de 14 638 ha. El diagnóstico estatal arrojó que la sierra de Arteaga, localizada en el sureste del estado de Coahuila presentó el mayor daño por descortezadores, deportándose más del 60% del total de los brotes activos y más del 90% de su superficie fuertemente afectada.

*Dendroctonus adjunctus* Blf. fue identificado como el principal descortezador presente en los bosques de la sierra de Arteaga, y ha sido reportado atacando principalmente a *Pinus rudis*, especie de conífera con importante valor económico y social que se encuentra distribuida entre los 2 798 y los 3 390 msnm.

Las condiciones ambientales de una área durante un período prolongado, usualmente define el rango geográfico y la distribución de un insecto plaga y de sus enemigos naturales. Los factores temperatura, humedad, viento y radiación entre otros ejercen influencia en las poblaciones de insectos, afectando su fisiología y comportamiento, así como su fuente de alimento, el hábitat y los enemigos naturales.

El crecimiento y desarrollo de insectos depende en gran parte de la temperatura. Los descortezadores al igual que todos los insectos, son poiquilotérmicos porque las reacciones químicas que se realizan en su cuerpo son directamente dependientes de la temperatura

ambiental inmediata. La tasa de desarrollo de los insectos esta regulada por la temperatura y es la variable más importante en la razón intrínseca de aumento de una especie colonizante. Aunque los insectos pueden tener una distribución geográfica amplia, solo se convierten en plaga en las áreas en que encuentran su temperatura óptima.

La tasa de desarrollo de un insecto está determinada por la acumulación de unidades calor o grados-día sobre una temperatura umbral, que es la temperatura por debajo de la cual el desarrollo del insecto cesa. Sobre esa temperatura umbral hay un aumento geométrico en el desarrollo con aumento en temperatura hasta la tasa máxima de desarrollo. A temperaturas sobre la tasa máxima, el desarrollo disminuye rápidamente hasta que alcanza la máxima termal, temperatura a la cual el organismo muere. Algunos insectos pueden desarrollarse en un rango amplio de temperaturas, mientras que otros solo toleran cambios menores de temperatura. Monitoreando la temperatura promedio diaria y relacionándola con la curva de crecimiento de dependencia de temperatura específica de un insecto, es posible predecir la actividad máxima o la aparición de una plaga.

## 2.- Antecedentes

La Sierra de Arteaga en el municipio de Arteaga, Coahuila, tiene un gran valor desde el punto de vista ecológico, además de ser una región ecoturística utilizada ampliamente para la recreación, en la cual existe una alta diversidad de especies forestales, sobresaliendo *Pinus rudis*, *P.*

## Literatura citada

- Allen, J. C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Environ. Entomol.* 5(3): 388-395 pp.
- Anderson, R. L.; R. P. Belanger; H.D. Hoffard ; P.A. Mistretta,.; R. J. Uhler. 1983. The integrated pest management decision Key: a new decision-making tool for the forest manager. *In: Microcomputers: a new tool for foresters: Proceedings of a conference conpansored by the Society of American Foresters and Pordue University; 1982 May 18-20; West Lafayette, IN-SAF 82-05. Second printing Bethesda, M D: Society of American Foresters; 125-130 pp.*
- Ascencio, C. V. 1979. Investigaciones sobre plagas forestales realizadas en Tixtlancingo, Guerrero. *Ciencia Forestal* 18(4): 33-57 pp.
- Belehradek, J. 1935. Temperature and living matter. *Protoplasma Monogr.* 8, Verlag Gebrüder Brontraeger. Berlín.
- Benett, W. H. and W. M. Cielsa. 1971. Southern pine beetle. Forest pest leaflet 49. Department of Agriculture. U.S.A.
- Bremen, J. E. 1967. Laboratory studies on the biology and ecology of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimm. M. S. Thesis. Texas A&M University, College Station. 62 p.
- Briere, J. F., Pracros, P., Le Roux, A. Y. y Pierre, J. S. 1999. A novel model of temperature-



## 6.- Conclusiones

El modelo determinado mediante la metodología utilizada en este trabajo, permite predecir el número de días a estadio para el ciclo biológico de *Dendroctonus adjunctus* Blandford en Sierra de Arteaga, Coahuila, considerando las unidades calor acumuladas (UCA).

A partir del análisis de la información anterior, se concluye, para el sitio de estudio en particular, que tanto las unidades calor nocturnas o diurnas acumuladas, contribuyen en forma muy importante en el comportamiento fisiológico de *D. adjunctus* Blf. en lo que a su ciclo biológico se refiere.

La metodología utilizada permitió generar un mapa con diferentes condiciones de riesgo de ataque por *Dendroctonus adjunctus* Blf., con base al cálculo de horas calor acumuladas (UCA) y con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

*cembroides*, *P. ayacahuite*, *P. culminicola*, *P. greggii*, *P. teocote*, *P. hartwegii*, *Abies vejarii*, *Picea mexicana* y *Pseudotsuga flahaulti* a las cuales se encuentran asociadas en muchas ocasiones, especies de los géneros *Quercus*, *Cupressus* y *Juniperus*.

Cuando en los bosques se presentan condiciones extremas de sequía y altas temperaturas, los árboles son afectados en su vigor, situación que se agrava con la presencia de incendios forestales que además de los daños les causa una fuerte deshidratación (Torres *et al*, 2004).

Los descortezadores al igual que otros organismos poiquiloterms no pueden regular su temperatura interna, por lo que ésta oscila en función de la temperatura del medio en que se desarrollan (Serrato y Ascencio, 1996). Los mismos autores indican que el ciclo biológico varía de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona en que habitan, debido a la influencia de la temperatura y la humedad principalmente.

Algunas especies de descortezadores son muy similares entre sí en lo que a su morfología externa se refiere; sin embargo, es posible diferenciarlos por el tamaño de su cuerpo, distribución altitudinal y climática, duración de su ciclo biológico y por su cápsula seminal (Perusquia, 1978; Ascencio, 1979; Wood, 1982).

Los descortezadores son especies multivoltinas con diapausa facultativa; pueden presentar desde cuatro hasta nueve generaciones al año con considerables sobreposiciones generacionales, lo

cual depende de las condiciones climáticas donde se desarrollan. (Perry, 1951; Rose, 1966; Thatcher y Pickard, 1967; Islas, 1974; Burgos *et al.*, 1975).

La temperatura afecta el tiempo que requieren estos insectos para desarrollarse desde el estado de huevo hasta adulto, y también influye sobre el proceso de emergencia y reemergencia durante la fase de dispersión, ya que, la temperatura favorable para el vuelo de los escolítidos es de 20 °C a la intemperie (Cambridge, 1971, citado por Del Río y Mayo, 1988). La temperatura también influye sobre el potencial reproductivo y la mortalidad (Bremen, 1967; White y Franklin, 1976; Palmer y Coster, 1978; Gagne, 1980). Las especies de *Dendroctonus* tienen definidos los rangos de temperatura en que viven. Algunos insectos pueden desarrollarse a temperaturas debajo de 0 °C o por encima de 40 °C (Miller, 1931; Keen y Furnis, 1937; Bennett y Cielsa, 1971).

El manejo integrado de plagas considera el manejo de hospederos y factores ambientales asociados con sistemas de predicción para evitar problemas de descortezador antes de su desarrollo (Knight, 1981).

Hoffard (1985) señala que en los últimos años se ha llevado a cabo un desarrollo significativo en el manejo de *Dendroctonus frontalis* en el suroeste de los Estados Unidos. En materia de evaluación ha desarrollado una variedad de sistemas de categorías de riesgo por región específica para predecir la susceptibilidad de un bosque al ataque del descortezador. Estos sistemas de categorías

as cuales, la temperatura media anual, no es mayor a 14 °C. En promedio se acumulan no más de 1500 unidades calor durante los meses de marzo a septiembre que corresponde al período de desarrollo de este insecto. La superficie en esta categoría es de 47, 718 ha., que corresponde a 589.1 unidades geográficas de 0.81 ha cada una (90 X 90 m.).

Las áreas marcadas con el color rojo, representan zonas de mayor riesgo dado que las temperaturas tanto máximas como mínimas son mas altas por lo que la acumulación de unidades calor, es mayor. Se puede considerar que, en estas áreas, la acumulación de unidades calor podrá ser superior a las 1500 unidades lo que acelera el ciclo de desarrollo de los insectos e inclusive, puede presentarse más de una generación (hasta dos según Cibrián *et al.*, 1995); la superficie potencial para esta categoría es de aproximadamente 23,595 ha. No obstante que la temperatura tiene un efecto primario en la supervivencia de los descortezadores, otros factores climáticos (como la precipitación) y la condición general del rodal (densidad, calidad de sitio, incremento, composición y edad entre otros) deberían ser considerados a la par para ayudar a determinar la severidad del ataque de insectos descortezadores (Hicks, 1986).

La inferencia de los resultados para otras áreas que se realizó en este estudio, fue generada de variables (temperaturas máximas y mínimas) obtenidas con información histórica, de estaciones climatológicas que se encuentran en el área representada gráficamente.

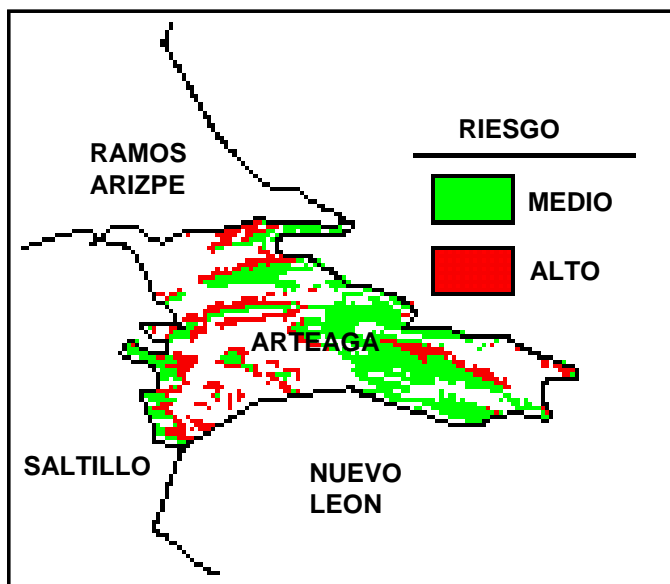


Figura 3. Areas con riesgo de infestación de *D. adjunctus* Blf. en el sureste del estado de Coahuila.

En esta figura, se presentan dos categorías de riesgo de infestación de *D. adjunctus* Blf. en áreas de arbolado de pino-oyamel, etc. Las áreas marcadas con el color verde, corresponden a zonas de poca acumulación de unidades calor y en

de riesgo pueden usar bases de datos existentes o información colectada en campo.

Otro sistema computarizado denominado decision-Key, desarrollado por el USDA Forest Service (Servicio Forestal de los Estados Unidos) considera variables ambientales, económicas, localización geográfica e interacciones de plagas, con las cuales se formulan opciones de manejo para varios escenarios (Anderson *et al.*, 1983).

Recientemente en el Boise National Forest se desarrolló y validó el concepto de manejo de ecosistemas dirigido a la problemática de la sanidad forestal; para ello analizaron la pérdida del paisaje y subsecuentes actividades de manejo con fines de restauración y mantenimiento de la sanidad y sustentabilidad a largo plazo del paisaje forestal. En este trabajo se hizo uso de herramientas y tecnologías disponibles tales como bases de datos, modelos de simulación de vegetación, sistemas de clasificación de riesgo y Sistemas de Información Geográfica, para caracterizar factores del ecosistema tales como complejidad, viabilidad y atributos del paisaje y elasticidad al estrés (Teck y Steele, 1995).

## 2.1.- Los Grados-Día como método de Predicción

Varios métodos han sido elaborados con base en la relación tasa de desarrollo-temperatura. El más extendido es el llamado método de grados-día ( $^{\circ}D$ ) que representa la acumulación de

unidades de calor por encima de la temperatura umbral mínima de desarrollo, en el caso de insectos, durante un período de un día. Los °D para cada día se calculan, como la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura umbral mínima o de desarrollo:

Para predecir el estado de desarrollo a partir de los grados-día, es necesario haber establecido antes, además del umbral mínimo de desarrollo, la integral térmica, definida como el número de grados-día que han de ser acumulados para que ocurra un evento determinado (eclosión, mudas larvianas o ninfales, pupación, emergencia del adulto, etc.).

## **2.2.- La Modelización de la Relación "Tasa de Desarrollo-Temperatura"**

El umbral mínimo de desarrollo varía entre especies de insectos y entre estadios. Del mismo modo, la integral térmica es diferente para eventos distintos y, entre especies diferentes, para un mismo evento.

Para la determinación de estos valores se han propuesto numerosos modelos empíricos y biofísicos que describen la relación tasa de desarrollo con temperatura.

El primer modelo utilizado fue el Modelo Lineal desarrollado por varios autores (Allen, 1976, Sevacherian *et al.*, 1977, entre otros). Es un modelo válido para temperaturas intermedias, pero no se ajusta a la realidad, para temperaturas bajas o

El modelo fue empleado con datos de UC de cada estación climatológica, lo que permitió estimar los valores de duración del ciclo biológico del descortezador que sirvieron de base para determinar las áreas con diferentes períodos de desarrollo del insecto, tal como se describe en la metodología utilizada.

Con la finalidad de que la información generada sobre la base del modelo anterior, sea de más fácil interpretación y operativamente más accesible, es posible representarla en mapas generados a partir de Sistemas de Información Geográfica, en donde las zonas de riesgo (días de duración del ciclo biológico) son categorizadas en rangos de intensidad de riesgo y representadas en una escala de color.

La precisión de la información en un mapa de riesgo dependerá, de la confiabilidad de los datos y de lo exhaustivo que sea el monitoreo de los factores relacionados (temperatura), con la presencia, de *D. adjunctus* Blf. Adicionalmente los polígonos de los predios y los sitios de monitoreo deberán de estar debidamente georreferenciados para su precisa ubicación en los mapas de riesgo.

La Figura 3, muestra el mapa de riesgo generado con base al cálculo de horas calor acumuladas durante el desarrollo del ciclo de vida de *D. adjunctus* B. para el período marzo – septiembre del 2002, en Puerto de la Cruz, Arteaga, Coahuila.

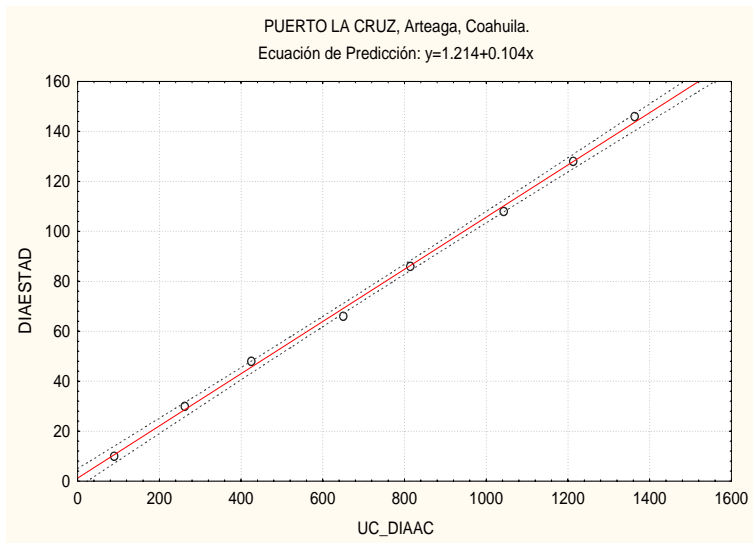


Figura 2. Curva de regresión y grado de asociación de las variables DIAESTAD (días a estadio o acumuladas) y UC\_DIAAC (unidades calor diarias acumuladas) para *D. adjunctus* Blf. en la localidad Puerto de la Cruz, Mpio. de Arteaga, Coahuila.

número de días a estadio para el ciclo biológico de *D. adjunctus* se encuentra representado por:

$$y = 0.1214 + 0.104 * x$$

Donde:

y = días a estadio

0.1214 = intercepto

0.104 = valor de b

x = unidades calor diarias acumuladas.

altas, lo que impide un correcto cálculo de los umbrales mínimo y máximo de desarrollo, así como de la temperatura óptima y la integral térmica. Este modelo es simple y de una aproximación aceptable.

Posteriormente, se desarrollaron los Modelos Catenario Simétrico y Asimétrico (Janisch, 1925), Exponencial (Belehradek, 1935) y Logístico (Davidson, 1944), estos dos últimos ampliamente utilizados, pero también con problemas en los ajustes en las zonas de temperaturas altas y bajas.

En 1974, Stinner *et al.*, describieron el Modelo Sigmoide Modificado cuya aportación es la de corregir el desajuste de los modelos anteriores, en la zona de altas temperaturas.

Ninguno de los modelos anteriores estuvo basado en leyes biofísicas. En 1977, Sharpe y DeMichele formularon un complejo modelo biofísico que lleva su nombre y que es ampliamente aceptado y utilizado porque describe correctamente la relación tasa de desarrollo-temperatura en todo el rango de desarrollo de la especie de insecto considerada.

En la actualidad se continúa estudiando modelos con el objetivo de reducir el número de parámetros utilizados. Durante 1999, Briere *et al.*, propusieron un modelo de sólo 3 parámetros que permite óptimos ajustes y facilita seguir obteniendo el umbral mínimo de desarrollo.

### 3.- Objetivo

Determinar las áreas con riesgo de ataque del descortezador (*Dendroctonus adjunctus* Blf.) mediante un modelo que relacione el desarrollo biológico de la especie con la acumulación de unidades calor, para aplicar oportunamente medidas de prevención o control.

### 4.- Metodología

El estudio fue ubicado y debidamente georreferenciado en un rodal de *Pinus rudis* localizado dentro de un polígono correspondiente al predio particular "Puerto de la Cruz", en la Sierra de Arteaga, Coah., a 25°-30'-16" Latitud Norte, 101°-15'45" Longitud Oeste y 2730 msnm. El seguimiento en campo del ciclo biológico de *D. adjunctus* Blf. se desarrolló de los meses de marzo a septiembre del año 2002.

Para la obtención de la información del ciclo biológico de *D. adjunctus*, se marcaron cinco árboles ubicados en un brote activo y recientemente infestados. El muestreo se realizó en placas de corteza a diferentes alturas de los árboles plagados, cada quince días registrando en formatos la fecha, estadio y condición del arbolado.

La anterior información, además de la temperatura y la humedad relativa diarias, (que fueron registradas mediante un dispositivo HOBO configurado para mediciones horarias), fueron utilizadas para la elaboración del modelo.

regresión de las mencionadas variables contra los días a estadíos (o acumulados).

Los resultados que se obtuvieron indican, que las tres variables consideradas lograron un alto grado de asociación contra la variable Días a estadíos o acumulados (DIAESTAD), con valores de  $R^2 = 0.99$ ; los valores para el intercepto y el error estándar estimado fueron mayores para la variable Unidades Calor Diarias Acumuladas Durante la Noche con 10.609 y 3.184 respectivamente. La variable Unidades Calor Diarias Acumuladas Durante el Día registró valores de intercepto (2.314) y de error estándar (1.678) más bajos que la anterior variable, obteniéndose los menores valores de intercepto y error estándar para las Unidades Calor Diarias Acumuladas (día y noche) (UC\_DIAAC) con 1.21 y 1.515 respectivamente.

En la Figura 2, se muestra la gráfica correspondiente al modelo lineal generado para la variable UC\_DIAAC, misma que explica el alto grado de asociación entre las variables consideradas.

Las unidades calor diarias acumuladas permiten explicar en forma más precisa el grado de asociación existente entre dicha variable y los días a estadío acumulados.

Por tal razón el modelo que permite predecir el

el cálculo de UC se realizó con base en el método de la curva modificada de John C. Allen (1976). *D. mexicanus* requirió de un promedio mínimo de 866.98 UC para completar su ciclo de vida, mientras que *D. frontalis* requiere de 853.39 UC.

El comportamiento de *D. adjunctus* Blf. en este estudio es coincidente con lo reportado por los autores anteriormente señalados para *D. mexicanus* en los bosques de Michoacán, con la diferencia de que en el presente trabajo, la disminución de la actividad en *D. adjunctus* Blf. se presentó en un estado de desarrollo más avanzado, que el reportado por los mencionados autores para *D. mexicanus*. Esta diferencia se debe en principio a que la especie objeto de este trabajo es diferente a la reportada por los anteriores autores, y a que el comportamiento de las poblaciones puede variar entre especies y por las condiciones particulares que presente cada rodal (Hicks, 1986).

En climas extremosos en donde la variación térmica entre el día y la noche suele ser marcada, las UCA pueden ser diferentes a las que se dan en climas mas estables, o en sitios que por condiciones innatas (microclimas generados bajo el dosel o condiciones orográficas particulares) conservan una menor variación entre las temperaturas diurnas o nocturnas.

Con la finalidad de determinar la importancia de las unidades calor acumuladas durante el día, la noche y ambas (diarias), se realizaron análisis de

Los valores de temperatura fueron transformados a Unidades Calor (UC) mediante el método de Grados-Día a través del programa SICA (Medina *et al.*, 2004), el cual requiere la temperatura máxima, la temperatura mínima y una temperatura base de acuerdo a la especie. Una vez calculadas diariamente, estas UC se acumularon para los períodos de aparición de los diferentes estadíos.

Mediante análisis de regresión entre días a aparición de estadíos y acumulación de UC durante esos días, se obtuvo el modelo que relaciona estas variables considerando como variable dependiente, el número de días a aparición del estadío y como variable independiente, la acumulación de UC.

Para el desarrollo del modelo se utilizaron datos de UC de las estaciones climatológicas San Antonio de las Alazanas, Los Lirios, Jamé, Potrero de Abrego, Huachichil y Puerto de la Cruz, las cuales están ubicadas dentro de la zona de afectación del insecto descortezador. Para cada punto de ubicación de la estación, se determinó el riesgo mismo que fue relacionado con la actividad poblacional del insecto, correspondiendo al de mayor actividad el ciclo biológico más corto y por lo tanto de mayor riesgo por el número de generaciones que puedan presentarse.

Con los valores de riesgo determinados en cada estación climatológica, se realizaron interpolaciones para estimar el valor en unidades geográficas de 90 X 90 m (0.81 ha), y a través de sistemas de información geográfica, se delimitaron

las áreas mediante procedimientos de reclasificación en donde se unían las unidades geográficas del mismo valor, formando polígonos o áreas con el mismo riesgo de ataque.

La cuantificación de la superficie comprendida en los polígonos del mismo valor, se hizo mediante el mismo sistema de información geográfica en el cual se cuantifican el número de unidades geográficas que existen en los polígonos iguales, y el resultado es multiplicado por 81 que corresponde a la superficie de cada unidad geográfica. Esto equivale al método de la cuadrícula para cuantificar superficies.

## 5.- Resultados y discusión

El análisis estadístico determinó que la acumulación de unidades calor (UCA), está más relacionada con la aparición de los diferentes estadios del insecto que la humedad relativa, la cual no mostró ninguna significancia. Por lo tanto, el análisis subsiguiente se realizó con base a unidades calor acumuladas en las diferentes etapas y durante el ciclo completo de desarrollo del insecto (UCA) en 157 días.

En la figura 1, se muestra el requerimiento de UC para el desarrollo de *D. adjunctus*. El estado de huevo requirió de 10 días para acumular 89.3 UC necesarias para eclosionar.

El estado larval fue la etapa que requirió de un mayor número de días (76) y una mayor cantidad de unidades calor (724.5) para su desarrollo, sobresaliendo la larva del tercer instar la cual

demandó 18 días y 225.2 UC, lo que representa el 31.08 % de las UC del estado larval; hasta el final del estado larval (desde huevo hasta el 4° estadio) este insecto logró la acumulación de 813.8 unidades UC. Las UCA para los estados de pupa, imago y adulto fueron de 1105.1, 1318.2 y 1468.2 respectivamente.

Se observó una importante reducción de la actividad de *D. adjunctus* Blandford durante el estado de pupa para el cual requirió 28 días y 213.1 UC. El ciclo completo requirió de 1468.2 UC.

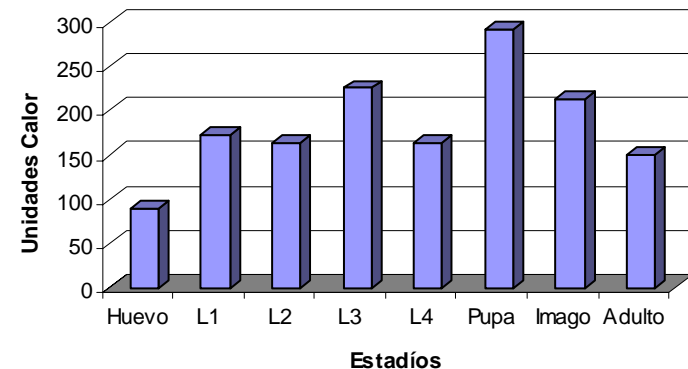


Figura 1. Requerimiento de unidades calor (UC) para cada etapa de desarrollo de *Dendroctonus adjunctus* Blf bajo condiciones de campo en la localidad Puerto de la Cruz, Municipio de Arteaga, Coahuila.

Serrato y Ascencio (1996) determinaron las UC que requieren *D. mexicanus* y *D. frontalis* durante su ciclo biológico, bajo condiciones de laboratorio;