

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



SISTEMAS DE CLASIFICACION DE RIESGO PARA *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* EN "EL MANZANO" EN VILLA DE SANTIAGO, NUEVO LEON, MEXICO

TESIS DE MAESTRIA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIOL. GLORIA INIGUEZ HERRERA

Linares, Nuevo León, México

Enero 1999

91

9

TM

Z59

FCF

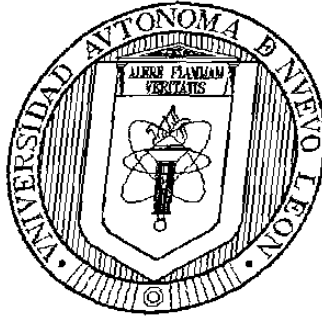
199

I5



1020125427

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



SISTEMAS DE CLASIFICACION DE RIESGO PARA *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* EN "EL MANZANO" EN VILLA DE SANTIAGO, NUEVO LEON, MEXICO

TESIS DE MAESTRIA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIOL. GLORIA IÑIGUEZ HERRERA

Linares, Nuevo León, México

Enero 1999

0132 4606

TM
25991
FCF
1779
I5

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SISITEMAS DE CLASIFICACION DE RIESGO PARA *Dendroctonus
frontalis* y *D. mexicanus* EN "EL MANZANO" EN VILLA DE SANTIAGO,
NUEVO LEON, MEXICO**

Por

GLORIA IÑIGUEZ HERRERA

Biólogo

Universidad de Guadalajara

Guadalajara, jalisco

1988

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

Enero , 1999



**FONDO
TESIS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SISTEMAS DE CLASIFICACION DE RIESGO PARA *Dendroctonus
frontalis* y *D. mexicanus* EN EL "MANZANO" EN VILLA DE SANTIAGO
NUEVO LEON, MEXICO**

Tesis

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

Por

BIOL. GLORIA ÍÑIGUEZ HERRERA

Comisión de tesis:

PRESIDENTE _____

DR. JAVIER JIMENEZ PEREZ

SECRETARIO _____

DR. OSCAR AGUIRRE CALDERON

VOCAL _____

DR. J. JESUS NAVAR CHAIDEZ

Linares, N.L., Enero, 1999

INTRODUCCIÓN

En México los bosques han sido destruidos durante muchos años por diversas plagas forestales. Una de las más importantes desde el punto de vista económico, la constituye el grupo de insectos llamados descortezadores (Piña y Muñiz, 1981). Wood, (1963), estima que las pérdidas provocadas por los insectos de la familia Scolytidae (Coleóptera) en los bosques de coníferas del mundo son por más de 8000 millones de pie-tabla.

Bonilla, B.R. y Borja, L.G. (1986) mencionan que entre los principales grupos de plagas forestales más importantes en México son los descortezadores, estimando que en 1986 afectaron una superficie de 68,850 hectáreas, ocasionando la muerte tanto de arbolado adulto como del renuevo.

En la reunión del grupo de estudios y enfermedades forestales (COFAN-FAO) (1993), reportan que los insectos descortezadores del género *Dendroctonus* afecta actualmete una superficie de 7,721 has., en 21 entidades del país.

Dendroctonus adjunctus

En este año afecto una superficie de 500 has. cubiertas principalmente por *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional "Nevado de Colima" en el estado de Jalisco.

Dendroctonus mexicanus

Este insecto plaga es el de mayor distribución en México, se presenta ocasionando fuertes daños en la zona centro y Sureste del país, la superficie afectada se estima en aproximadamente 750 has.

Dendroctonus frontalis

Durante el período de marzo a mayo esta plaga afecto en forma agresiva una superficie de 950 has., en los estados de Oaxaca, Guerrero, y Querétaro. Las especies mas susceptibles al ataque de dicha plaga son *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oaxacana* y *P. maximinoi*.

El ataque de estos escarabajos periódicamente ocasionan no solo daño económico importante en los bosque, sino causan problemas en el manejo de los mismos. Frecuentemente, los hospedantes infestados son de dimensiones comerciales, aunque en infestaciones severas cualquier individuo es atacado. Por lo tanto, las infestaciones de los escarabajos descortezadores alteran tanto la distribución, como la calidad de los productos esperados. La consideración de que en áreas naturales las infestaciones por este complejo de especies son un componente importante del proceso de sucesión ecológica, que actúa en la dinámica del ecosistema, obliga a replantear el concepto de plaga y por lo tanto, a definir niveles sobre umbrales económicos.

En áreas de aprovechamiento debe considerarse, en cierto momento, la decisión de aplicar medidas regulativas que tienen como objetivo disminuir el nivel de población de estos insectos. En áreas sin un régimen de manejo deben considerarse acciones que reduzcan el riesgo de una infestación que afecte áreas críticas.

El manejo integrado de plagas (MIP) consiste en mantener en niveles tolerables a los agentes destructores, mediante el uso planificado y armónico de tácticas y estrategias preventivas, supresoras o reguladoras que sean ecológica y económicamente eficientes además de socialmente aceptables. Está implícito el hecho de que la acciones que se tomen estén completamente integradas en el

proceso total de manejo del recurso (tanto en la operación como en la planeación). Por lo tanto, el manejo de plagas debe ajustarse como mínimo al lapso de vida de los árboles cultivados y a un lapso mayor cuando así lo requiera la perspectiva de planificación del recurso (Stark, 1980; Coulson, 1981).

Se han desarrollado sistemas de evaluación como herramientas de apoyo en la toma de decisiones necesarias en el manejo de plagas forestales. Entre ellas los sistemas de clasificación de riesgo (SCR) tienen como función estimar la probabilidad de una infestación en el rodal dado, mediante la clasificación del arbolado basado en una serie de características asociadas a la infestación.

OBJETIVOS

Objetivo general: Desarrollar un modelo predictivo de la aparición de una infestación.

Objetivos específicos:

- * Identificar las variables dasométricas y de sitio asociadas a la infestación.

- * Caracterizar la relación entre las variables dasométricas seleccionadas y la infestación.

HIPÓTESIS

Existen parámetros asociados a la infestación de un rodal que permiten predecir el desarrollo de un brote. Estos parámetros se refieren tanto a las características del rodal como a las del insecto-plaga.

3. ANTECEDENTES

Los descortezadores del género *Dendroctonus* representan las especies más importantes que afectan el recurso forestal en Norteamérica.

En México, se distribuyen doce especies; lo que hace al territorio mexicano uno de los centros de especiación más importantes para el género. La mayoría de las doce especies mexicanas de *Dendroctonus* periódicamente matan árboles sobre vastas áreas forestales, la mayoría de ellas son difíciles de identificar hasta especie y presentan enormes problemas para su control económico.

Dendroctonus es, aparentemente, un género relictivo derivado de especies que infestaron antiguos pinos del género *Araucaria*, que una vez cubrieron gran parte del mundo.

Mientras que otros géneros relacionados evolucionaron en otras áreas continentales, *Dendroctonus* encuentra su principal centro de especiación en México. Cuatro de las doce especies que se encuentran en nuestro país son endémicas y no se encuentran en ninguna otra parte. (Flores, 1991).

Las doce especies mexicanas son:

Dendroctonus adjunctus

Dendroctonus frontalis

Dendroctonus mexicanus

Dendroctonus vitei

Dendroctonus rhizophagus

Dendroctonus valens

Dendroctonus approximatus

Dendroctonus parallelocolis

Dendroctonus brevicomis

Dendroctonus jeffreyi

Dendroctonus ponderosae

Dendroctonus pseudotsugae

Dentro de estas doce especies se encuentra el complejo *frontalis* que consiste en el agrupamiento de especies afines a *D. frontalis*. Este grupo o complejo contiene a tres de las especies más importantes para el país (*D. frontalis*, *D. mexicanus* y *D. adjunctus*).

***Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* en el Norte del país**

Situación taxómica: *Dendroctonus frontalis* es una especie muy parecida a *D. mexicanus*, y sus diferencias son: Tamaño ligeramente más pequeño y de coloración más clara, frente con áreas arriba del proceso epistomal más cóncava, puntuaciones en los élitros más difusas, setas del declive elitral generalmente con dos clases de tamaño bastante uniformes, endofalo (varilla seminal) con un lóbulo ventral y proceso dorsal agudo en la preferencia de hospederos y estructura de las feromonas.

Aún cuando el Noreste de México no es importante a nivel nacional en la producción forestal basada en coníferas, sí es un recurso de importancia estatal; ya que en Nuevo León se distribuyen 22 especies del género, colocando al Estado en el primer lugar nacional en cuanto a la diversidad de especies de dicho género (Gómez, 1980).

D. frontalis y *D. mexicanus* son algunas de las especies que se han registrado en la región.

3.1. Descripción de las especies

3.1.1. *Dendroctonus mexicanus* Hopkins

Wood (1982) describe a *D. mexicanus* de la siguiente manera:

El macho adulto tiene una longitud de 2.3 a 4.5 mm.; 2.4 veces más largo que ancho y de color café oscuro a negro. La hembra es similar al macho, excepto en que las elevaciones frontales son menos prominentes y sin tubérculos y, consecuentemente, la ranura media es menos visible. Margen epistomal elevado, siendo una superficie lisa y brillante. Proceso epistomal poco ancho (0.58 veces la distancia entre los ojos), su armadura es oblicua y elevada (40° de la horizontal), la porción horizontal es aproximadamente el 40% del ancho total, transversalmente cóncava, terminada justo abajo del margen epistomal y llevando bajo el margen dista un denso pincel de setas amarillentas. La superficie abajo de los ojos presenta punteaduras rugosas. El pincel epistomal corto y con las setas espaciadas. El pronotum 1.4 veces más ancho que largo. Superficie brillante y no muy tosca, punteaduras cercanas una de otras, algo superficiales y poco abundantes lateralmente, pero no reducidas en tamaño; la vestidura es corta y espaciada. Los élitros 2.2 veces más largos que el pronoto, los lados son rectos y subparalelos en los dos tercios basales y poco anchos y redondeados en el último tercio, márgenes basales arqueados y llevando hileras de nueve crenulaciones traslapadas. El declive moderadamente escarpado y convexo, las estrías no son muy marcadas, punteaduras superficiales poco toscas, más pequeñas que las del disco. Vestidura poco abundante y corta, presentan tres tipos de setas, la longitud de la mayoría de éstas es igual a el ancho de un interespacio, en algunas ocasiones hasta dos veces más anchos.

Los huevos son ovalados, algo elípticos, de consistencia suave, blanco-aperlados al principio y más cremosos al madurar. Miden 1 mm. de longitud.

Las larvas presentan la cabeza bien esclerosada con un aparato bucal fuerte, de tipo masticador, su cuerpo es cilíndrico, apodo, de color blanco cremoso con setas pequeñas, casi no visibles. Los insectos pasan por cuatro instares larvarios, curvas medidas cefálicas promedio son: instar I. 0.325 mm., instar II. 0.460 mm.; instar III. 0.664 mm. e instar IV. 0.857 mm.. Las pupas son de tipo exarata; es decir con apéndices libres, de color blanco cremoso en un principio, pasa después a café claro y luego a café más oscuro.

3.1.2 Distribución Geográfica

Presenta un rango altitudinal desde los 1200 hasta 2858 msnm. Los estados en los que se les ha reportado son: Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

3.1.3. Hospedantes

Pinus arizonica, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. cooperi*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. gregii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsoni*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pringlei*, *P. ponderosa*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis*, y *P. teocote*.

3.2. *Dendroctonus frontalis* Zimmermann

Es la especie más pequeña del género, tiene una longitud de 2 a 4 mm. (el promedio es de 3 mm.), los preadultos son de color amarillo claro y cambian a amarillo café hasta tornarse café claro a café oscuro, la cabeza es amplia y prominente, con elevaciones mediales que forman un surco frontal característico de esta especie. La pubescencia del espacio declivital es larga; las estrías

declivales están profundamente impresas; las perforaciones granulares de los interespacios declivales son más grandes y más espacias; la longitud del cuerpo es 2.4 veces más larga que ancha. Declive elitral con pendiente moderada, setas abundantes y con dos clases de tamaños, las pequeñas presentan la misma longitud que la anchura de una interestría. El macho difiere de la hembra por presentar la frente convexa con un par de elevaciones, una a cada lado de un surco medio, justo encima del nivel de los ojos y cuyas cimas presentan dos elevaciones granulares muy notables. La protuberancia epistomal es ligeramente más ancha que la mitad de la distancia entre los ojos. El patrón de la galería de oviposición producido por la hembra tiene forma de serpentina o "S". El insecto normalmente infesta el fuste del árbol desde la base hasta la copa; iniciándose a un rango de 3-7 metros de altura.

Los huevos son ovalados, algo elípticos, de consistencia suave, de coloración blanco-aperlada y mas cremosos. Al madurar miden 1.5 mm. de largo por 1 mm. de ancho.

Las larvas son subcilíndricas, ápodas, con tres segmentos torácicos y 10 abdominales, son de color blanco-cremoso. Cuando emergen del huevo son de forma de "C" y miden 2 mm. de longitud aproximadamente. La cabeza es esclerosada, con un aparato bucal bien desarrollado, con mandíbulas y maxilas duras y oscuras. La cabeza y el último segmento abdominal presenta algunas setas largas. La larva madura mide de 5 a 7 mm. de longitud. El insecto pasa por cuatro instares larvarios, con las siguientes medidas en la anchura de la cabeza: instar I, 0.294-0.336 mm.; instar II, 0.378- 0.504 mm.; instar III, 0.547-0.672 mm.; instar IV, 0.736-0.960 mm.

La pupa es de color blanco-cremoso y suave. Presenta la forma del adulto, pero con rudimentos alares, patas plegadas ventralmente y segmentos abdominales visibles dorsalmente. Su tamaño varía de 3 a 4 mm. de longitud.

Las infestaciones de *D. frontalis* tienen un patrón de desarrollo único entre los escarabajos descortezadores; las infestaciones se desarrollan continuamente mediante la adición de árboles recién colonizados en un período que varía de algunas semanas a varios meses, provocando grandes infestaciones de más de 20 árboles si las condiciones óptimas se presentan.

3.2.1. Distribución Geográfica

D. frontalis se distribuye desde los 700 a 1900 msnm. y se ha reportado en los siguientes Estados: Colima, Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Sinaloa y Tamaulipas.

3.2.2. Hospedantes

Pinus arizonica, *P. durangensis*, *P. greggii*, *oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. tenuifolia* y *P. teocote*.

3.3. Biología y Comportamiento

El ciclo de vida de estos insectos varía según la especie y las condiciones climáticas. La actividad de vuelo comienza en la primavera, cuando las temperaturas son de 14.4°C (Franklin, 1970).

Thompson y Moser, (1986) mencionan que la temperatura óptima de vuelo es de 27°C. Esto ocurre, por lo general, en los meses de abril y mayo, y continúa más o menos sin interrupción hasta finales de septiembre y octubre. Existen períodos en los que aumenta la actividad por la emergencia de adultos en verano.

Todas las especies pueden atacar árboles vigorosos bajo condiciones epidémicas, pero bajo condiciones endémicas atacan sólo árboles debilitados.

3.3.1. Ciclo de vida *Dendroctonus frontalis*

Este insecto se ha estudiado mucho en Estados Unidos (Thatcher, 1960 y 1967) y en México donde se han realizado solamente dos trabajos sobre su ciclo de vida: en Tixtlancingo, Gro. (Islas, 1980) y Altamirano, Chiapas (Gómez, 1982). En Estados Unidos, la duración de huevo hasta adulto es de 140 días, dependiendo de la época del año, altitud y latitud, presentando tres generaciones por año en la parte Norte de su distribución y siete a nueve en la parte Sur; pero ésta a sido cuestionable debido al traslape de generaciones sucesivas. En México, se ha reportado que su ciclo de vida es de 43 a 60 días, pudiendo variar de acuerdo a las estaciones del año; por lo cual, en el invierno es más largo y en el verano más corto, presentándose de 6 a 8 generaciones al año.

3.3.2. Comportamiento

El ciclo de vida se inicia con pocos escarabajos adultos en busca de un árbol hospedante. A esto se le denomina *selección primaria del hospedante*. Se desconoce el mecanismo exacto que interviene en la selección inicial del hospedante; pero se cree que interviene la percepción visual u olfatoria del hospedante por el insecto, la búsqueda al azar o una combinación de ambas tácticas. Una vez que han seleccionado al hospedante, los escarabajos adultos producen feromonas que, en algunos casos, se mezclan con compuestos volátiles producidos por el hospedante; lo que dá como resultado la atracción de un gran número de adultos adicionales. Las hembras son las que inician el ataque. Esta etapa de colonización es la respuesta de los adultos a las feromonas (y a los atrayentes producidos por el hospedante); se le conoce como *selección secundaria del hospedante*.

Una vez que la hembra (pionera) entra a través de la corteza hasta la región del floema, comienza a cavar una galería. Posteriormente, entra el macho a la galería.

El apareamiento se lleva a cabo en la galería o en una cavidad denominada *cámara nupcial*. Los escarabajos del género *Dendroctonus* son monógamos (sólo tienen una compañera de apareamiento); en tanto que otros son polígamos (tienen más de una compañera, ejemplo: *Ips* spp). La hembra cava galerías y oviposita a lo largo de ambas paredes de la galería. Los huevos se depositan individualmente en cavidades separadas llamadas *nichos*.

Después de la oviposición, los huevos eclosionan y las larvas del primer instar minan en ángulo recto alejándose de la galería de oviposición. Presentan cuatro instares larvales. Las larvas de los últimos instares migran hacia la corteza externa. Las larvas se transforman en pupas dentro de una pequeña celda ubicada en el extremo de la galería de las larvas. Las pupas se transforman en preadultos o preimagos. Los adultos de la progenie hacen un orificio a través de la corteza interna desde la cámara pupal hasta el exterior que utilizan como punto de salida. Este proceso se conoce como *emergencia* y están en condiciones de colonizar a un nuevo hospedante.

3.3.3. Ciclo de vida. *Dendroctonus mexicanus*

Este insecto presenta varias generaciones por año; varios estudios efectuados en los Estados de México y Puebla (Perry, 1951; Moreno Noriega, 1954; Rose, 1966; Islas, 1980; García Martínez y Cibrián Tovar, 1987) mostraron que el tiempo de generación de huevo a huevo varía fuertemente de acuerdo a la temperatura y condiciones de desarrollo: de 42 hasta 125 días por lo que puede haber de 3 a 6 generaciones por año. La variación en el número de ciclos por año dependerá básicamente de la altitud. Se propone que en bajas altitudes; por ejemplo de 1500 a 1700 msnm. el número de generaciones puede llegar hasta

cinco o seis por año. En altitudes de 2400 msnm. se demostró la presencia de cuatro generaciones por año (García Martínez y Cibrián Tovar, 1987).

3.3.4. Comportamiento

Los descortezadores presentan dos comportamientos de vuelo; el primero está constituido por vuelos largos, que pueden ser hasta de 3 o más Km., y el segundo, de vuelos cortos del árbol en donde se desarrolló el insecto a cualquiera de los árboles vecinos. El primer caso sucede cuando una población de hembras se desplaza por el bosque, aparentemente al azar, en búsqueda de nuevos hospedantes. Después de volar por cierto tiempo, escogen a un hospedante. Estas hembras, llamadas pioneras, construyen orificios entre las placas de corteza para llegar al floema; si el árbol es vigoroso puede rechazar el ataque, ahogando en la resina que expulsa por motivo de la perforación. Por el contrario, si no hay una defensa apropiada por parte del árbol, entonces las hembras inician la producción de feromonas de agregación, que atraerán a machos y varias hembras al árbol escogido.

En el segundo caso, cuando los árboles vecinos son los atacados sucede algo similar pero posiblemente el ataque sea mucho más numeroso desde el principio.

La mezcla de feromona que liberan las mencionadas hembras pioneras está constituida por frontalina (alcohol de alto peso molecular), por brevicomina y transverbenol. Estas sustancias se liberan con los excrementos producidos a partir de la primera alimentación de la hembra. Tales sustancias se mezclan con la resina producida por el hospedante, principalmente alfa-pineno, el cual sinergiza la acción de la feromona. Esta mezcla es liberada en el ambiente, detectándose por hembras y machos que están en vuelo, aunque éstos se encuentren a distancias considerables. Los insectos son atraídos fuertemente, siguiendo el gradiente de concentración hasta encontrar al árbol atacado por las hembras pioneras. Al llegar

las nuevas hembras, se disponen en la vecindad de las que llegaron primero. Con el tiempo, las que van arribando se ubican en nuevas áreas de la corteza hasta que ocupan varios metros de la longitud del fuste.

También los machos son atraídos por las hembras, liberando una feromona de antiagregación o repelencia, que señalará al sitio como ocupado. La suma de las feromonas producidas por los machos en el árbol infestado crecerá hasta alcanzar una concentración que neutraliza el arribo de más machos y hembras a dicho árbol desviando el ataque a árboles vecinos.

Una vez que las parejas están instaladas en el floema se puede considerar como concluida la fase de establecimiento.

Una vez que las hembras lograron penetrar al floema y llegar a la zona del cambium e iniciar su alimentación, liberan esporas de hongos del tipo manchador (*Ceratosistis spp*) que de inmediato germinan y producen hifas que se desarrollan con rapidez; tales hifas se desplazan hacia el interior de la albura de la madera y por el floema. Estos hongos producen un micelio que estrangula los conductos de resina y las traqueidas transportadoras de agua. Su acción permite mejorar condiciones de vida de los insectos tanto adultos como estados juveniles. Al arribar los machos y alcanzar a las hembras en el interior de la galería se produce la cópula y un poco después la hembra inicia la oviposición; para ello avanza por la interfase cambium-floema.

Los huevecillos son depositados en las paredes laterales de la galería en nichos que después tapa con pequeñas virutas de madera. El macho sigue a la hembra y junto con ella mantiene libre de residuos y excrementos una distancia de varios cm. de longitud que permita el libre tránsito de ambos sexos. Todo el material residual lo compacta y lo empuja hacia las partes más viejas de la galería. A lo largo de dicha galería, y conforme se va excavando, se practican cavidades en el floema que permiten a los insectos dar vueltas dentro del túnel; algunas de estas cavidades se continúan hasta llegar a la superficie y sirven como orificios de

aereación. A medida que la galería es más larga se hace más evidente su forma sinuosa; con los nichos de oviposición en las paredes de la misma, casi siempre dispuestas en forma alternada. La galería puede llegar a medir hasta 1.20 m de longitud.

Una parte de la población de las hembras copuladas puede salir del árbol infestado, volar hacia nuevos árboles infestándolos exitosamente y continuar la oviposición en ellos. Este comportamiento permite a la población disponer de una estrategia de manejo de recursos alimenticios; sobre todo cuando la densidad de individuos atacantes en un árbol es demasiado elevada. Para salir de su galería las hembras practican orificios a través del floema y las placas de la corteza, estos orificios miden al rededor de 1 mm. de diámetro.

Los huevos permanecen en los nichos de oviposición durante intervalos de tiempo que oscilan de 5 a 19 días, con un promedio de duración que varía regionalmente. Asencio (1980) e Islas Salas (1980) mencionan 7.9 y 10 días como tiempos promedio de desarrollo de huevos para regiones de Michoacán, Jalisco y Estado de México. Al nacer, las larvas se desplazan por túneles que ellas mismas practican. En un principio, estos túneles están ubicados en el floema que está en contacto con el cambium. Al pasar al segundo o tercer instar, las larvas se desplazan más por la parte interna del floema y es este tejido su única fuente de alimento. A partir del cuarto instar, el desplazamiento de los individuos está marcadamente dirigido hacia la corteza externa, en donde excavan una cavidad oval para pasar al estado de pupa. Todo el estado larval requiere de 30 a 55 días para su desarrollo completo. Un hecho de interés es que la mayoría de la vida juvenil de *D. mexicanus* transcurre en el interior del floema y de la corteza externa, esto implica que al descortezar un árbol infestado no se observa a los insectos; los cuales son evidentes sólo si se descubre el interior del floema. El estado de pupa se encuentra en las cavidades mencionadas, llamadas también cámaras de pupación. En el mismo lugar y después de transcurrir un tiempo, que

puede variar de 10 a 14 días, las pupas se transforman en adultos; que en un principio serán de color café claro y conforme pasan los días se tornan más oscuros. A este adulto se le llama *preimago*, que significa que todavía requiere de un tiempo de maduración en el interior del árbol. Este tiempo varía de 10 a 13 días.

Los adultos que están en condiciones de salir pueden hacerlo o esperar a condiciones climáticas favorables para volar en busca de otros hospedantes.

4. MANEJO DE PLAGAS

Dentro del MIP existen herramientas que apoyan la toma de decisiones necesarias en el manejo de plagas forestales; ya sea a nivel preventivo o de supresión. Parte de los sistemas tienen como función estimar la probabilidad de una infestación en un rodal dado, mediante la clasificación del arbolado basado en una serie de características asociadas a la infestación.

Para iniciar la discusión sobre los sistemas de clasificación de riesgo (SCR) se requiere conjugar el concepto de impacto, como elemento de decisión en el manejo integrado de plagas (MIP), con el plan del manejo forestal.

Impacto: es un término muy amplio, aplicable en varios sentidos. En el marco del MIP deben tomarse una serie de consideraciones para aplicarlo. En este contexto, impacto son los disturbios provocados por insectos y pueden ser positivos o negativos.

Es importante considerar, que cualquiera que sea el impacto, éste tomará tarde o temprano la forma de un impacto económico. Se considera que el impacto económico tiene tres elementos: nivel de producción, insumos de producción y la distribución de la producción y costos. Al estimarse el valor a la sociedad del "producto" que está afectado, se determinará el valor del impacto. Sin embargo, en ocasiones no puede fijarse un valor al impacto, por lo que solo se determinará la dirección del cambio.

Las alternativas disponibles en el MIP pueden agruparse en dos tipos: Técnicas de supresión y de prevención.

Durante años se han aplicado exclusivamente medidas regulativas o de combate usando métodos físicos y químicos.

El método más usado fué el Derribo y Quema, siguiendo el Derribo y Abandono. Sin embargo, estas medidas no han sido usadas en el contexto del MIP, sino como medidas curativas independientes del plan de manejo. No es sino hasta que se reconoce la importancia del impacto de los descortezadores cuando se plantea la necesidad de incorporar criterios relacionados a estos insectos en los planes de manejo.

La presión actual, tanto de la opinión pública como de instituciones, han generado un interés para desarrollar medidas de prevención y de combate más acordes con la política de conservación.

La estimación de riesgo de ataques por insectos en una región o unidad de manejo forestal es un importante elemento de decisión para los manejadores de montes. Estas estimaciones se pueden lograr a través del uso de sistemas de clasificación de riesgo (SCR).

Dichos sistemas pueden hacer más eficientes las prácticas de detección, prevención y manejo de plagas forestales. Por ejemplo, al conocer las condiciones de los árboles que favorecen a los ataques por insectos, se pueden efectuar algunos cambios en la estructura y vigor de los rodales mediante aclareos, favorecimiento de una especie hospedante, etc. que reducirán la vulnerabilidad del rodal al daño por las plagas. Actualmente los SCR se usan con intensidad; su concepción data desde finales de la década de los 20' (Person, 1928 y Dunning, 1928). Desde ese tiempo se han desarrollado diferentes procedimientos para calificar la probabilidad de que los árboles sean atacados por insectos.

4.1. Riesgo y Vulnerabilidad

Según Graham (1963), el concepto de riesgo se refiere a las presiones ejercidas en los árboles por las poblaciones de insectos y a la condición fisiológica de los árboles. Se calificarán con alto riesgo a aquellas áreas que tengan altas poblaciones de insectos o que tengan el potencial para sostener altas infestaciones.

Paine et al. (1984) definen como riesgo de un rodal a la probabilidad de ocurrencia de una infestación por plagas forestales en ese rodal. Berryman (1980) afirma que los modelos de clasificación de riesgo tratan de predecir el comportamiento de las poblaciones de insectos.

Coulson y Witter (1984) se refieren al riesgo como la actividad de los insectos en el tiempo y el espacio y arriban a una conclusión similar a la de Paine et al. (1984). El denominador común de los autores mencionados es el de considerar como elemento clave de los modelos de riesgo a las poblaciones de insectos.

Graham (1963) incluye en el concepto de vulnerabilidad de rodales a los parámetros fisiológicos y morfológicos de los árboles; así como a las condiciones del sitio y del rodal. Stoszek y Mika (1978) siguen esta definición y la aclaran; ellos mencionan que los rodales forestales tendrán alta predisposición al ataque si los árboles se encuentran en una condición susceptible como consecuencia de la densidad del rodal, la diversidad de especies, la competencia, la productividad, los nutrientes del suelo y la humedad. La predisposición al ataque se puede sinonimizar con la vulnerabilidad de los árboles al ataque de los insectos.

Varios autores han usado de manera indistinta estos conceptos; por ejemplo, Safranyik et al. (1975) definieron a las áreas favorables para el desarrollo de plagas como áreas de alta vulnerabilidad, mientras que el estado fisiológico de los árboles y su tasa de crecimiento fueron usados para calificar el riesgo de ataque. Amman et al. (1977) desarrollaron claves de riesgo en base a la conjunción de la edad y el diámetro medio del rodal con las altitudes y latitudes favorables para el desarrollo de los insectos. Berryman (1980) considera que, en general, los modelos de clasificación de riesgo se han derivado empíricamente de observaciones de ciertas características del rodal o del sitio que están asociados con varios niveles de poblaciones de insectos o de sus daños.

4.2. Antecedentes sobre los Sistemas de Clasificación de Riesgo

Dunning (1928) desarrolló un sistema de clasificación de árboles para manejar *Pinus ponderosa*. Este autor ubicó a árboles individuales en siete clases mediante la calificación de variables relacionadas con su edad, grado de dominancia dentro del rodal, desarrollo de la copa y vigor. Él fue el primero que introdujo el concepto de riesgo, definiéndolo como la esperanza relativa de pérdidas causadas por insectos; lo cual se puede interpretar como la proporción que resulta de dividir el porcentaje de mortalidad dentro de una clase específica entre el porcentaje que representa esa clase en la constitución del rodal. Keen (1936) retomó y aumentó la clasificación de Dunning hasta llegar a 16 clases basadas en características fisonómicas de los árboles, características que representaron a la edad y el vigor de ellos.

Estas dos clasificaciones estimaron el riesgo de los árboles en base a su ubicación dentro de diferentes grupos fisonómicos y formaron la base para el desarrollo de las cortas de saneamiento, que actualmente se usan para reducir las

pérdidas causadas por insectos; principalmente por insectos descortezadores del género *Dendroctonus*.

Salman y Bongberg (1942) estimaron el riesgo de infestación de *Dendroctonus brevicomis* en árboles individuales de *Pinus ponderosa* mediante el uso de características representativas de la condición de salud del árbol; tales como: tamaño, número y color de las hojas, muerte de ramillas, daño en ramas y muerte en punta.

Su sistema fué diseñado para identificar de manera inmediata a los árboles de muy alto riesgo durante las cortas de saneamiento y recuperación. En cambio, los de Keen y Dunning lo diseñaron para operaciones de manejo forestal a largo plazo. Por esta razón, Keen (1943) redefinió su sistema para incluir características de salud de árboles individuales y así poder usarlo en operaciones de saneamiento. El sistema de Keen (1943) tuvo gran aceptación y fué empleado durante más de 15 años.

Johnson (1949) incorporó información sobre niveles poblacionales de insectos descortezadores (principalmente *Dendroctonus brevicomis*) en el sistema de clasificación de riesgo de Salman y Bongberg y con ello, creó un nuevo sistema para calificar el riesgo de infestación por descortezadores. Los factores claves en el sistema fueron el porcentaje del volumen del rodal que se calificó como de alto riesgo y el porcentaje del volumen que fué recientemente muerto por insectos.

Como se mencionó anteriormente, los SCR surgieron como respuesta a la necesidad de tener mayores elementos de decisión para la prevención y control de insectos descortezadores. Posteriormente, se han diseñado diferentes sistemas de clasificación de riesgo para otros insectos. Morris y Bishop (1951) implementaron uno para el defoliador *Choristoneura fumiferana*; Dimond y Bishop (1968) lo hicieron para un adélgido del follaje de los pinos, *Pineus pinifoliae* (Fitch);

Wilson y Kennedy (1970) para el picudo *Hylobius radicis* Buch; Stoszeck y Mika (1978) para el defoliador *Orgyia pseudotsugata* (McD.); y por último, Ferrell (1980) implementó un sistema de clasificación de riesgos para dos especies de *Abies*. En este sistema se califica la probabilidad de muerte de árboles individuales.

Sin embargo, la mayoría de los SCR que se desarrollaron después de Johnson (1949) fueron para insectos descortezadores. Así tenemos que para *Dendroctonus ponderosae* Safranyik et al. (1974), Amman et al. (1977), Berryman (1978 y 1982) y Moore et al. (1981) desarrollaron modelos de calificación de riesgo y de susceptibilidad al ataque. Para *Dendroctonus frontalis* se han desarrollado 13 modelos de calificación de riesgos. De estos, sólo 7 han demostrado ser consistentes y eficientes al ser puestos en práctica, éstos son los generados por Ku et al. (1981); Mason et al. (1981); Hedden (1983); Nebeker y Honea (1984); Lorio (1978); Lorio y Sommers (1981); Lorio, Mason y Autry (1982); Hedden y Karpinski (1983); y por último, el generado por Billings y Bryant (1983).

4.2.1. Tipos de Modelos de Riesgo

Hedden (1981) ubica dos tendencias en el desarrollo de modelos de clasificación de riesgo: una es la tendencia biológica o mecánica y otra es la tendencia basada en modelos empíricos.

4.2.2. Modelos Biológicos

Estos se basan en un conocimiento profundo de las relaciones entre un insecto, su hospedante y el medio. Es el resultado de investigaciones realizadas en un lapso de tiempo considerable, que permitió la identificación de los factores críticos que fomentan el aumento de las poblaciones de insectos así como la

identificación de los componentes de resistencia del hospedante y de los factores del ambiente que influyen en los dos anteriores. Estos modelos se basan en el uso de estadísticos y de procedimientos matemáticos; por lo que pueden ser extrapolables a regiones no muy diferentes de donde fueron generados. Por su naturaleza biológica, los modelos se pueden modificar con relativa facilidad.

4.2.3. Modelos Empíricos

Los modelos empíricos se basan en la aparente correlación entre el insecto, el hospedante y el sitio, sin implicar relaciones causales. Estos pueden ser aplicados en la región en donde fueron desarrollados y sólo bajo las condiciones en que se construyeron. No se pueden extrapolar a otras regiones ni usarlos bajo condiciones distintas a las que prevalecieron durante su desarrollo. La utilidad de los modelos biológicos, puede servir de base para el desarrollo de éstos últimos. En muchas ocasiones, por falta de información, se está obligado a trabajar con estos modelos. Estos son más económicos que los modelos biológicos y pueden ser muy útiles cuando los objetivos del modelo son limitados.

4.3. Implementación de un Sistema de Clasificación de Riesgo

Hedden (1981) menciona los pasos que se deben seguir en la elaboración de un sistema de clasificación de riesgo, estos son:

1. Identificación de usuarios.
2. Definición de la población y colecta de datos.
3. Análisis preliminar de datos.
4. Selección de variables.
5. Desarrollo del modelo.

1. El sistema de clasificación de riesgo es un componente del plan de Manejo de Plagas, el cual puede volverse un elemento predominante en el régimen de manejo forestal. Por lo tanto, es esencial conocer la capacidad de los usuarios, el tipo de información disponible y los objetivos del sistema de manejo forestal. Para captar el interés de los administradores del bosque (toma de decisiones) es importante que el plan de MIP, que se derive de la propuesta de trabajo, sea compatible con los objetivos del régimen de manejo forestal existente. De esta forma, al integrar a los administradores en el desarrollo del modelo desde sus inicios, existe mayor posibilidad de su aplicación.

2. Definición de la población. En la formulación más aproximada del modelo es necesario enmarcar la población sujeto de estudio, para que los datos que se tomen sean insesgados. Este paso podría determinar la naturaleza e intensidad de la colecta de datos. El estado de conocimientos acerca de la especie

plaga y la cantidad de datos previamente colectados determinarán que datos nuevos deberán ser colectados para el desarrollo del modelo.

Colecta de datos. Esta es una actividad fundamental. Se debe seguir un sistema de muestreo que garantice que la calidad y la cantidad de la información recabada es la necesaria para el desarrollo del modelo. Generalmente, los datos son colectados en forma simultánea a partir de una serie de variables, las cuales pueden no tener relación con el conocimiento de la biología del insecto; sin embargo, ello podría ser útil para definir la relación potencial entre el insecto, hospedante y el medio.

3. Análisis preliminar de datos. Cuando han sido colectados datos de muchas variables, el próximo paso es la identificación de aquellas que contribuyan en la formulación de la hipótesis. Estas variables, o subconjunto de ellas, pueden entonces ser usados en el desarrollo del modelo. Para este caso, se tienen métodos estadísticos, desde técnicas simples hasta las más sofisticadas técnicas multivariadas; tales como análisis discriminante y de factores para la reducción del número de variables.

4. Selección de variables. Después de que han sido identificadas las variables "candidato" se procede a desarrollar el modelo.

5. Desarrollo del modelo. Este puede ser empírico o mecánico (ambos expresados, ya sea de manera cualitativa o cuantitativa). La forma más aproximada del modelo depende del conocimiento acerca del complejo de plaga, sobre el uso propuesto del modelo y la naturaleza del régimen de manejo forestal existente. Un simple modelo cualitativo podría ser suficiente para asignar amplias categorías de riesgo, en una región determinada.

Los modelos cuantitativos podrían ser expresados de muchas formas como: funciones en donde las variables se escogen por procesos discriminatorios, ecuaciones de regresión o funciones probabilísticas. Los modelos cuantitativos deben ser usados para generar clases de riesgo o susceptibilidad que nos determinan el conjunto de normas de tratamiento.

Ahora bien, en función del uso de los datos colectados, podemos tener varios tipos de modelos de índices de riesgo (Lorio et al., 1982). Estos son: i) por análisis discriminante por sitio, árbol y variables del rodal, así como variables derivadas de un proyecto regional coordinado (inventario forestal); ii) Modelos probabilísticos y iii) Índice de riesgo cualitativo para rodales.

4.3.1. i) Análisis Discriminante

Es análogo a la regresión múltiple; y por lo tanto, implica proporciones regidas por estadística. Los modelos de índices de susceptibilidad o de riesgo son obtenidos de la selección de una combinación de variables que son discriminadas o rechazadas (de manera más efectiva entre parcelas infestadas y no infestadas). Por lo tanto, valores discriminantes asociados con parcelas no infestadas indican susceptibilidad.

4.3.2. ii) Modelos Probabilísticos

Pueden determinarse las variables más fuertemente asociadas con las infestaciones por un análisis discriminante "Stepwise" y definir así una función de probabilidad. El uso de estos modelos considera en algunos casos involucrar funciones logísticas para estimar así una medida continua de incidencia de la plaga o la probabilidad de una infestación explosiva.

4.3.3. iii) Modelos Cualitativos

Es un sistema para una evaluación de campo en donde es posible el uso de datos disponibles del incremento; para ello, debe hacerse una serie de suposiciones acerca de las relaciones insecto-árbol-medio para que tenga efectividad. El inventario forestal continuo de las condiciones del sitio será el punto de apoyo para su desarrollo.

4.3.4. Validación del Sistema

Después de que cada modelo ha sido desarrollado, éste debe ser validado. La validación puede ocurrir antes o después de su implementación. En general, algunas formas de variación pueden darse antes de que el sistema sea puesto en uso.

Existe una jerarquía de validación:

- 1) Probando el modelo contra los datos de los cuales fueron desarrollados a través del análisis de errores o análisis de sensibilidad del modelo por los errores de los parámetros.
- 2) Probándolos en un subconjunto de datos originales; conjunto que se creo para este propósito antes de que el modelo sea desarrollado.
- 3) Probar el modelo en un conjunto de nuevos datos completamente independientes.

Obviamente, un buen funcionamiento con los datos desde los cuales se desarrolló el modelo es esperado y no presenta una muy rigurosa prueba del modelo. Probando el modelo contra un pequeño grupo de datos del modelo

original, conjunto que se creó para este propósito; sin embargo, este proceso de validación se ve forzado a las condiciones prevalecientes cuando los datos originales fueron tomados. Este procedimiento no permite que el modelo sea probado a fuertes cambios en cuanto a las condiciones temporales y cambios espaciales.

La prueba más rigurosa de validación es contra el grupo completo de datos. Tal prueba puede indicar qué tan burdo es el modelo como para cambiar las condiciones, más aun si el rango o el intervalo de condiciones es muy grande o diferente de aquellos que prevalecieron cuando el modelo fué desarrollado. Entonces, el procedimiento de validación puede indicar si el modelo puede ser extrapolado para cubrir las condiciones del exterior en cuanto al rango o intervalo de los datos originales.

La fase de validación es potencialmente la más importante en el desarrollo de clasificación de riesgo. Desafortunadamente es el punto más ignorado. Muchos investigadores sienten que sus obligaciones terminan cuando se desarrolla el modelo. En realidad, el desarrollo del sistema no está completo hasta que haya sido probado y validado. El modelo de validación puede ser un proceso de conteo donde la retroalimentación es usada para modificar y mejorar el sistema.

Un importante atributo en cuanto al sistema de manejo de plagas es la habilidad de predecir cuándo y dónde puede ocurrir un brote. Los modelos de clasificación de riesgo ayudan en estos procesos. Si el modelo vá a ser usado, éste debe ser compatible con el régimen de manejo existente. Mas aun, las decisiones en cuanto al manejo solo deben ser tan buenas como la información en la cual están basados. Entonces, basando el modelo en la más alta calidad de información disponible y estableciendo las limitaciones del modelo y la validación, debe ser

un proceso de conteo y el nuevo conocimiento debe ser incorporado cuando sea apropiado. Últimamente el esfuerzo en cuanto al suceso del sistema de manejo de riesgo dependen de si es lo que tecnológicamente los usuarios necesitan.

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en el área de "El Manzano" en el municipio de Santiago, Nuevo León, que se encuentra localizado entre los $25^{\circ} 21' 28''$ y los $25^{\circ} 23' 27''$ de latitud Norte y entre los $100^{\circ} 11' 39''$ y los $100^{\circ} 13' 06''$ de longitud Oeste, con un rango altitudinal que va desde los 1200 a 1900 msnm., con una superficie total de 560 has. (Fig.1)

La zona de estudio queda comprendida dentro de dos provincias fisiográficas que son:

1. La región de Piamonte al Este del municipio y en las partes bajas de la sierra con lomeríos y mesetas que, según Porter (1932), es considerada como transicional entre la Planicie Costera del Golfo al este y la Sierra Madre Oriental al oeste.

2. La Sierra Madre Oriental. En conjunto esta sierra está formada por varias cadenas montañosas, que en el municipio de Santiago, N.L. sufren una inflexión que origina una reducción de los valles del oeste y la formación de cañones. El origen de ésta es sedimentario y su configuración data del cretácico.

El municipio de Santiago, N.L. contribuye enormemente al abastecimiento de agua para la capital del estado. En su aporte acuífero, la presa Rodrigo Gómez (La Boca) constituye un depósito de elevada importancia. Posee dos corrientes tributarias importantes; primeramente, el Río La Chueca que nace cerca del límite norte del municipio, pero sus principales afluentes se encuentran dentro del área de estudio; la segunda corriente tributaria es un río que nace inmediatamente al sur de la presa. Además, existe una corriente secundaria perenne que nace en La Nogalera, que en su recorrido forma la Cola de Caballo y llamada después Arroyo Escamilla. Vá a desembocar también al sur de la presa.

5.1.1. Clima. Templado subhúmedo con lluvias todo el año, las temperaturas medias más altas se encuentran distribuidas en verano, principalmente en los meses de Julio y Agosto. Las temperaturas más bajas en invierno, en los meses de Diciembre y Enero. Las temperaturas medias anuales son de 20.9°C. (Figura 2) Datos tomados de INEGI, 1986

5.1.2. Precipitación. Los promedios anuales de precipitación son para Santiago de 1,015 mm. y para Laguna de Sánchez de 598 mm., de los cuales, en la primera localidad el 56% corresponde a lluvia de verano (principalmente en agosto y septiembre), mientras que sólo el 6.8% se presenta en invierno. En la Laguna de Sánchez, el promedio total anual del 45% corresponde a lluvias de verano y el 4% a lluvias de invierno. La forma de esta precipitación en su mayor parte está constituida por lluvias, encontrándose además otras formas de precipitación como rocío, lloviznas, escarcha, nieve, granizo. Estas últimas generalmente en los meses fríos del año y más abundantes en Laguna de Sánchez, dado principalmente por su altitud. (Figura 2) Datos tomados de INEGI, 1986.

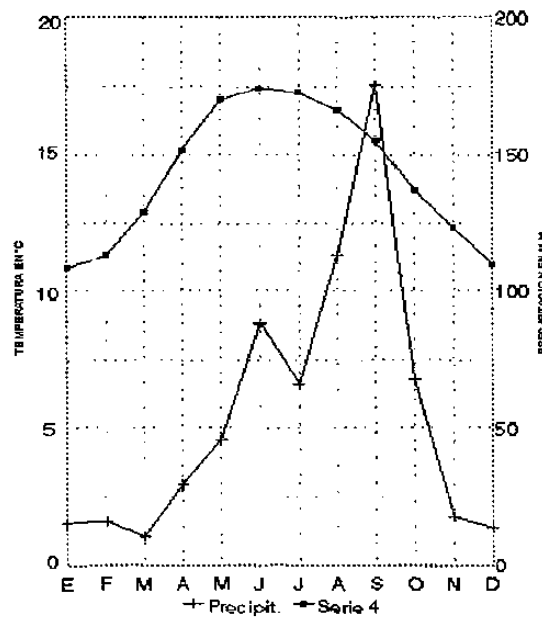


Figura 2. Distribución de temperatura y precipitación del área de estudio.

5.1.3. Vientos. Los vientos dominantes, generalmente débiles y moderados, provienen en su mayor parte del Noreste, debido principalmente a la posición latitudinal del municipio, dentro de los vientos aislados. Aunado a esto, la cercanía con el Golfo de México contribuye aportando humedad a estos vientos.

Masas de aire frío procedentes del norte (Los "Nortes") que ocurren en los meses fríos del año son también importantes por su aporte acuífero al provocar el desencadenamiento de lluvias, lloviznas y otros fenómenos implicados. Los vientos más fuertes se presentan en los meses de Diciembre y Mayo.

5.1.4. Suelo. LUVISOL (L). Esta unidad de suelo presenta dos horizontes: un A Umbrico y un B Agrílico; el primero indica que existe una capa superficial blanda de color oscuro, rica en materia orgánica y el segundo, se refiere a una capa úmbrica generalmente abajo de un horizonte A, en la que ha habido acumulación de arcilla. Esta unidad presenta la subunidad LUVISOL Cálico (LK) que, como el nombre lo indica, se caracteriza por la presencia de material calcáreo, de fertilidad moderada a alta. En su mayor parte ocupa zonas de bosques.

5.1.5. Vegetación. Bosque de *Pinus-Quercus*. Se distribuye desde la cota de 1400 a los 2500 metros y en la mayor parte de su extensión con un clima semicálido subhúmedo ((A) C (X')(Wo")a((e')), con temperatura media anual entre 10° y 18°C y una precipitación entre 600 a 800 mm. anual.

Se encuentra limitado en exposiciones norte con bosques de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* y bosque de *Quercus* y en exposiciones Suroeste con chaparrales.

Está constituido por tres estratos: Superior, medio e inferior; el primero, de una altura de 14 a 25 metros, dominado principalmente por las especies siguientes: *Pinus teocote*, *P. pseudostrobus*, *Quercus laeta*, *Q. rugosa*, y *Arbutus xalapensis*.

El estrato medio de 2 a 6 metros de altura está formado, además de estadios juveniles de los encinos antes citados, por los siguientes componentes dominantes: *Rhus toxicodendron*, *R. radicans*, *Crataegus greggiana*, *Senecio seemanii* y *Prunus sp.*

Entre algunas de las especies comunes en el estrato inferior, de .80 m., se encuentran: *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* (especie alelopática que se ve muy favorecida al talar el bosque), *Hedeoma palmeri* y *Desmodium psilophyllum*.

5.2. Metodología

Para determinar la metodología a seguir en la obtención del Sistema de Clasificación de Riesgo se tomaron en consideración las limitantes inherentes a éste; así como las condiciones de la población, esto es:

1. Identificación de usuarios: Se realizaron entrevistas con los administradores del área de estudio para conocer los objetivos y propósitos para la protección del recurso.

2. Definición de la muestra y colecta de datos: El área para hacer el muestreo se determinó usando una tabla digitalizadora, fotografías aéreas, y cartas topográficas del municipio de Allende, escala de 1:50 000. El tipo de muestreo fue aleatorio estableciéndose sitios temporales de forma circular de 500 m² para sitios sanos, con el objetivo de conocer cuánto y en qué condiciones se encuentra el arbolado y de 1000 m² para sitios infestados considerando que se cubriera el mayor número de árboles infestados. La información en la que se basó para la realización del modelo fué tomada en forma de inventario considerando la totalidad de árboles en cada uno de los sitios. La muestra constó de 1281 individuos.

La descripción de las variables se realizó en tres niveles diferentes: Rodal-Sitio-Arbol.

Rodal:

* Proporción de especies. Número de individuos de cada una de las especies involucradas, *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus*.

* **Area basal.** Es el área con corteza de la sección transversal del fuste de un árbol, normalmente a 1.3 mts. de altura Se expresa en metros cuadrados y se estima con la siguiente fórmula: $g = \pi/4 * d^2$.

* **Densidad.** Cantidad de arbolado expresado en volumen, área basal o número de árboles por unidad de superficie.

* **Edad del rodal.** Es la edad media de los árboles dominantes o codominantes de una masa forestal.

* **Índice de sitio.** Es la altura dominante alcanzada por un rodal coetáneo, puro por lo general, a una edad determinada.

* **Incremento.** Es el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período de tiempo determinado.

* **Regeneración.** Es la sustitución de los árboles maduros por árboles jóvenes. En esta fase se repueblan o renuevan rodales en forma natural o artificial. Esta se estimó contando todos los árboles menores de 2.50 mts.

Sitio:

* **Pendiente.** Inclinação de la superficie terrestre, respecto a un plano horizontal. Este parámetro se estimó con ayuda del BLUME-LEISS.

* **Ubicación del sitio.** Georeferenciación de cada uno de los sitios de muestreo. Esto se realizó con ayuda del Global Position System (GPS).

* **Exposición.** Orientación que presentan los accidentes topográficos. En este caso se tomó en cuenta la exposición en la que se ubicó cada uno de los sitios que se muestrearon, ejemplo: (norte, noreste, este, sureste, etc.).

* **Altitud.** Distancia vertical de un objeto o punto sobre un plano de comparación, usualmente sobre el nivel del mar. Este parámetro se tomó para cada uno de los sitios y se obtuvo con el altímetro.

* **Profundidad del suelo.** Para estimar la profundidad del suelo se realizó un orificio que fuera lo suficientemente amplio y profundo para poder medir los horizontes.

* **Disturbios.** Estos se estimaron mediante observaciones y condiciones que presentó cada uno de los sitios, tales como incendios, desmonte, tala, pastoreo, etc.

* **Especies involucradas.** Especies de pinos que se encontraron; ya sea por su frecuencia, volumen o valor silvícola en cada uno de los sitios, con el propósito de saber qué especie era la más susceptible a la infestación. Estas especies fueron: *Pinus teocote* y *P. pseudostrabus*.

* **Grado de infestación.** Es el número de individuos infestados que se encuentra dentro de cada uno de los sitios.

Árbol:

* Especie. Especie hospedante involucrada: *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus*.

* Orientación. Ángulo de un plano vertical fijo con otro que pasa por un punto de la esfera celeste. Esta información se obtuvo de la siguiente manera: del punto donde se ubica el sitio se toma la orientación en grados de cada uno de los árboles en dirección a las manecillas del reloj.

* Distancia al centro del sitio. Es un intervalo de espacio que media entre dos puntos. Este parámetro se obtuvo de la forma siguiente: del centro del sitio se tomó la distancia de cada uno de los árboles.

* Condición. Es el estado en el cual se encuentra cada uno de los individuos dentro de los sitios:(sano o infestado).

* Altura. Se define como la diferencia en altura entre la punta del árbol y la base del mismo. La altura sirve para determinar el volumen de un árbol o rodal y el índice de sitio.

* Diámetro. Es el medido a 1.30 m de altura con respecto a la base del árbol. La medición del diámetro se realizó con la cinta diamétrica.

* Dominancia. Grado de control o de influencia en una comunidad por una o más especies. De acuerdo a la altura de cada árbol se clasificaron de la siguiente manera: Dominante, codominante, intermedio, suprimido y regeneración.

* Tiempo de paso. Número de años que tardan los árboles en pasar de una categoría diamétrica a la inmediata superior. Se determinó contando el número de anillos en los primeros 2.5 cm. de diámetro y, con ello, se estimó el número de años que tardó en pasar de una categoría diamétrica a otra.

* Edad del árbol. Número de años transcurridos desde la germinación de la semilla o desde la aparición de un brote de cepa o raíz hasta el momento de efectuar el conteo de los anillos de crecimiento.

* Daños físicos. Tales como rayado, tumores, cánceres, cinchado, quemado, etc.

Se obtuvo información de 40 sitios, 20 de ellos sanos y 20 infestados con un total de 1281 árboles. Cada uno de los sitios se encuentra ubicado en el área de estudio con sus respectivas coordenadas. La toma de datos de campo en el lugar donde se realizó el presente trabajo se inició en Enero de 1993 y se finalizó en Octubre de 1994 con salidas periódicas.

5.3. Selección de Variables

De la información obtenida del muestreo de los 1281 árboles se realizaron análisis previos antes de definir qué variables conformarían el modelo.

Se hicieron pruebas de χ^2 y t de Student. Para árboles individuales se analizaron las siguientes variables: diámetro, dominancia, edad y especie. Estos análisis se hicieron para el total de los 1281 árboles muestreados comparando sitios sanos contra infestados. Estas pruebas permitieron hacer una comparación de escenarios en los cuales se muestra cómo se distribuyen cada una de estas variables en sitios sanos y sitios infestados. Las variables como área basal, suelo, fuego, índice de sitio, pendiente, exposición y regeneración se analizaron para cada uno de los sitios, sanos contra infestados.

Del inventario realizado para los 40 sitios de muestreo se obtuvieron las variables que pueden predecir el riesgo de infestación en el arbolado. Estas se seleccionaron en forma independiente de acuerdo a la variación de sus características asociadas a la variable dependiente (condición) por medio del programa de cómputo SCREEN (Hamilton, 1988), quedando sólo las más representativas y que explican con mayor grado de confiabilidad la condición del arbolado.

El programa de cómputo SCREEN está diseñado para apoyar en la selección de un juego de variables independientes (área basal, diámetro, proporción de especies, incremento, etc.) y predice la expresión de una variable dicotómica dependiente (infestado -no infestado, presencia-ausencia, etc.); es decir, busca describir la relación entre variables independientes y dependientes en el caso de que la variable dependiente sea dicotómica. El desarrollo del algoritmo y su uso estadístico para realizar la selección de variables se encuentra en Sterling

et al. (1969). Con este programa se logró una reducción en el número de las variables y condiciones de evaluación a utilizar en el modelo de riesgo (Hamilton, 1988).

Dadas las características del programa, se realizó un análisis general para observar el comportamiento que tiene cada una de las variables y sus condiciones de evaluación.

Matemáticamente, una variable dicotómica es aquella que puede asumir uno o dos valores posibles (0 - 1 / infestado - no infestado / vivo - muerto, etc.). La variable independiente puede tomar solamente 8 valores (0 -7). Las clases discretas no tienen que mostrar intervalos del mismo tamaño por el riesgo de que el programa enmascare relaciones entre las variables dependientes e independientes. Es más recomendable tener un número alto de clases discretas a tener clases demasiado amplias.

Debido a que el formato para el programa de cómputo no acepta mas de ocho características con sus respectivas calificaciones, se ajustaron las variables a dicho formato, según se muestra en el Cuadro 1 y se procedió a ejecutar el programa.

**Cuadro 1. Variables, Características y Calificaciones Usadas para el
Análisis de Selección de Variables.**

VARIABLE	CALIFICACIÓN	POSIBILIDADES
1 ESPECIE	2	(0) teocote; (1) pseudostrobus
2 ALTURA	6	(0) 0-5; (1) 5-10; (2) 10-15; (3) 15-20; (4) 20-25; (5) 25-30
3 DIAMETRO	8	(0) 0-15; (1) 15-30; (2) 30-45; (3) 45-60; (4) 60-70; (5) 70-80; (6) 80-90; (7) 90-100
4 DOMINANCIA	5	(0) Dominante; (1) Codominante; (2) Intermedio; (3) Suprimido; (4) Regeneración
5 INDICE DE SITIO	4	(0) 12; (1) 15; (2) 18; (3) 21
6 EDAD	7	(0) 0-15; (1) 15-30; (2) 30-45; (3) 45-60; (4) 60-75; (5) 75-90; (6) 90-105
7 PENDIENTE	8	(0) 10-15; (1) 15-20; (2) 20-25; (3) 25-30; (4) 30-35; (5) 35-40; (6) 40-45; (7) 45-50
8 EXPOSICION	8	(0) Norte; (1) noroeste; (2) sur; (3) suroeste; (4) oeste; (5) sureste; (6) este; (7) noreste
9 AREA BASAL	8	(0) 20-25; (1) 25-30; (2) 30-35; (3) 35-40; (4) 40-45; (5) 45-50; (6) 50-55; (7) 55-60
10 SUELO	5	(0) 0-5; (1) 5-10; (2) 10-15; (3) 15-20; (4) 20-25
11 FUEGO	2	(0) Ausente; (1) presente
12 REGENERACION	4	(0) no existe; (1) ligera; (2) moderada; (3) alta
13 CONDICION	2	(0) Sano; (1) infestado

5.4. Determinación del Sistema de Riesgo

El programa de cómputo SCREEN seleccionó a cada variable independiente conforme a la relación que guarda con la variable dicotómica dependiente (sano o infestado), utilizando la frecuencia relativa de las características de la variable dependiente. Utilizó los resultados provenientes como eventos óptimos de las variables independientes para describir el comportamiento de la variable dependiente.

El algoritmo de selección del programa de cómputo combina las características en las que la relación es similar de acuerdo a la estructura numérica de los datos, para reducir la amplitud de las características y variables analizadas (Hamilton, et al. 1988).

5.5. Análisis de la Información

Los datos obtenidos por el muestreo se utilizaron como variables independientes en el programa de cómputo RISK (Hamilton, 1974). Este programa calcula la probabilidad mediante ecuaciones de predicción de riesgo de infestación en árboles individuales.

5.6. Modelo Probabilístico

En forma general, el modelo calcula la predicción de la muerte de árboles individuales especificando los intervalos de tiempo como una función de su estado y en las características particulares del árbol. La probabilidad de infestación está ligada por 0 y 1 (Hamilton, 1988).

De acuerdo con Walker y Duncan (1967) y Neter y Maynes (1970), una función logística es un modelo estadísticamente preferido para los límites estimados de probabilidad expresando la relación entre 0 y 1 de la variable dependiente y cada una de las etapas de las variables independientes. Por esta razón se utilizó una función logística en el modelo de mortalidad, además dicotómico para tener una mejor relación curvilínea con la variable dependiente dicotómica.

La forma general del modelo logístico de probabilidad de infestación es:

$$P = [1 + e^{-(B_0 + B_1 \cdot 1 + B_2 \cdot 2 + \dots)}]^{-1}$$

Donde:

P = Probabilidad de infestación en un intervalo de tiempo específico.

B_i = i-ésimo coeficiente de regresión no lineal, i = 0, 1, 2,

X_j = j-ésima variable independiente, j = 1, 2, 3,

El programa de cómputo RISK (Hamilton, 1974) engloba todo lo anterior. El modelo es desarrollado para la medición de los datos, adiciona un intervalo específico de tiempo, creado por las condiciones estimadas de probabilidad que son únicamente aplicables en intervalos similares de tiempo. Por lo que el modelo puede usarse para predecir la probabilidad de infestación en cada árbol mediante un intervalo de medición. Los datos de cada etapa con iguales intervalos de medición son usados en la verificación del modelo.

5.7. Validación del Modelo

La validación o prueba de bondad de ajuste del modelo se determina por el uso de la estadística de Chi², comparando los resultados propuestos por el modelo contra los observados en cada etapa de la población. La validación del modelo es:

$$X^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

E_i

Donde:

O_i = número de observaciones de los árboles sanos o infestados en la i-esima clase

E_i = número esperado de árboles sanos o infestados en la j-ésima clase.

n = número de clases.

X^2 = Chi cuadrada.

Este programa de cómputo verificó los modelos propuestos con X^2 , mediante el uso del modelo de regresión no lineal ya mencionado, prediciendo la probabilidad de infestación en cada observación de la población empleada para la validación del modelo.

5.8. Partes del sistema de calificación de riesgo

Todo sistema de calificación de riesgo, para su uso, consta de dos partes clave de riesgo y de una tabla de porcentajes de probabilidad del evento.

La clave de riesgo la constituyen las variables representativas que explican al suceso, con cada una de sus características y sus respectivos valores en relación a la condición del árbol. La tabla de porcentajes contiene las probabilidades, las cuales se distribuyen en diferentes rangos que son las diversas combinaciones de las variables. De estas se puede derivar en forma inmediata el riesgo de infestación de un árbol.

5.9. Uso del sistema calificación de riesgo

Consiste en calificar a un árbol visualizando sus características dasométricas que son enmarcadas en la clave de riesgo, otorgándole diferentes valores dependiendo de cada una de éstas. Los valores expresados por las características de cada variable se suman para obtener un número que representa la condición del árbol.

El número de la suma de todas las variables se busca en la tabla de porcentajes de probabilidad en la columna asociada con dicho valor. Esta será la probabilidad de infestación que tenga cada árbol en un período de un año.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción del Arbolado

La localización de sitios infestados se realizó mediante inspección terrestre, usando síntomas visibles (coloración del follaje) observados desde largas distancias y a los daños que presentó el arbolado los cuales confirmaron la presencia del descortezador.

Los síntomas que presentó el arbolado en sitios infestados fueron los siguientes: presencia de grumos de resina suave de un color ligeramente rosado y muy pegajosos, aserrín de color rojizo, y follaje aparentemente normal, estas son características que identifican a árboles recién infestados y que corresponde a la fase 1. Al desprender la corteza se encontraron huevecillos y larvas de color blanco aperlado, las cuales iniciaban su alimentación en las galerías que ellas mismas construían, el follaje se torno cada vez más amarillento. Los grumos de resina son blancos y duros, existían larvas de depredadores y en algunas galerías pupas estas características corresponden a la fase 2 de pinos con crías de descortezadores. Follaje amarillo-rojizo, la corteza se desprendía fácilmente del tronco, se encontraron algunos adultos y depredadores, abundante aserrín en la base del árbol, perforaciones de salida y la resina se volvió dura y amarillenta, la superficie de la madera se tornó café oscura con algunas secciones azules o negras infestadas por hongos, esto corresponde a la fase 3 de pinos muertos y abandonados por los descortezadores.

En los sitios infestados se encontró a *Dendroctonus frontalis*, en algunas ocasiones en forma conjunta con *D. mexicanus* y sólo en un sitio con *D. valens*, estas infestaciones ocurrieron entre los meses de abril y agosto del 1994.

Dentro de los resultados preliminares antes de entrar al modelo se discuten algunas pruebas de χ^2 y t con respecto a la variable dependiente que es la probabilidad de infestación en función de las variables independientes consideradas para el modelo. Esto se hizo preliminarmente para tener una visión más amplia.

6.2. Descripción del Rodal

6.2.1. Proporción de Especies

El área de estudio esta constituida por comunidades de pino-encino, donde *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus*, son las especies involucradas. El total de individuos fué de 1281 de los cuales 465 corresponden a sitios sanos (300 de *P. teocote* y 165 de *P. pseudostrobus*); 816 a sitios infestados (563 a *P. teocote* y 253 a *P. pseudostrobus*).

La proporción total para cada una de las especies fue diferente, *P. teocote* presento un 67.37%, mientras que para *P. pseudostobus* fue de 32.63%. (Cuadro 2).

Especie	Proporción total	Proporción árboles sanos	Proporción de árboles infestados
<i>P. teocote</i>	67.37	34.47	65.53
<i>P. pseudostrobus</i>	32.63	39.47	60.53

Cuadro 2. Proporción de las especies con el total de individuos sanos e infestados

Para el caso de sitios infestados se obtuvo una proporción de infestación de cada una de las especies en la que *P. teocote* presentó un 67.54% de infestación mientras que *P. pseudostrobus* tuvo un 57.78%. De acuerdo a los resultados se observo que la especie teocote es la que más abunda y la que mayor infestación presento, por lo que la hace mas susceptible a la infestación.

6.1.3. Area Basal

El área basal media fue de 31.502 ± 9.009 para sitios sanos ; para sitios infestados se tuvo una media de 33.537 ± 9.765 . La prueba de χ^2 demostró que el área basal para sitios infestados fue mayor que en sitios sanos. Estimada = 2.33, tabulada al .05 = 12.6 y al .01 = 16.8 .

(Figura 2)

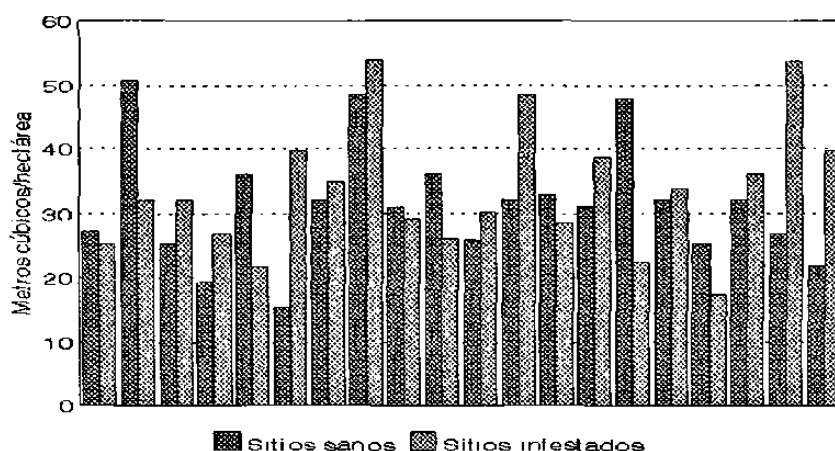


Figura 2. Distribución del área basal en sitios sanos y sitios infestados.

6.1.4. Densidad

En sitios sanos se tuvo una media de 404.5 ± 206.2 individuos/hectárea; en sitios infestados la media fue de 455 ± 224.8 individuos/hectárea. La gráfica representada en la figura 3 se observa que la densidad fue mayor en los sitios infestados que en los sitios sanos y la prueba de χ^2 No se encontró diferencia significativa en cuanto a la densidad existente en sitios sanos e infestados.(Figura 3)

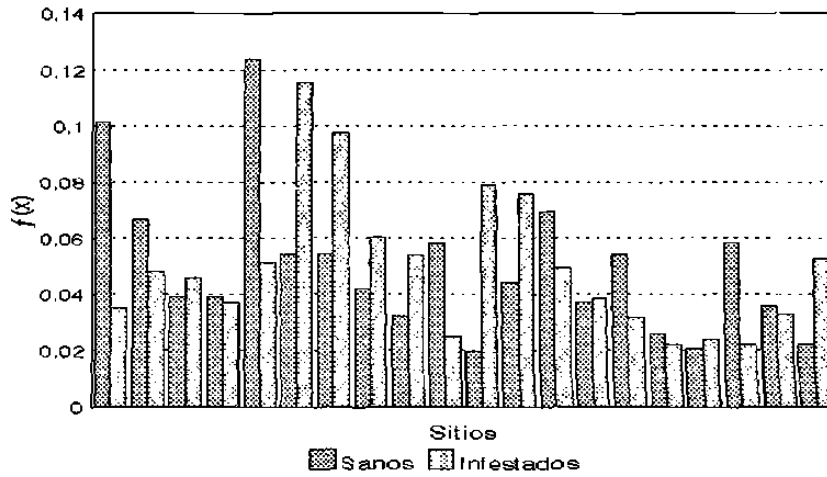


Figura 3. Distribución de la densidad en sitios sanos e infestados.

6.1.5. Edad

La edad x de los sitios sanos fue de 47 años, con una S de ± 9.6243 y para sitios infestados la x fue de 54 años con una S de ± 13.5092 . De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que los sitios infestados tienden a presentar mayor edad. (Figura 4)

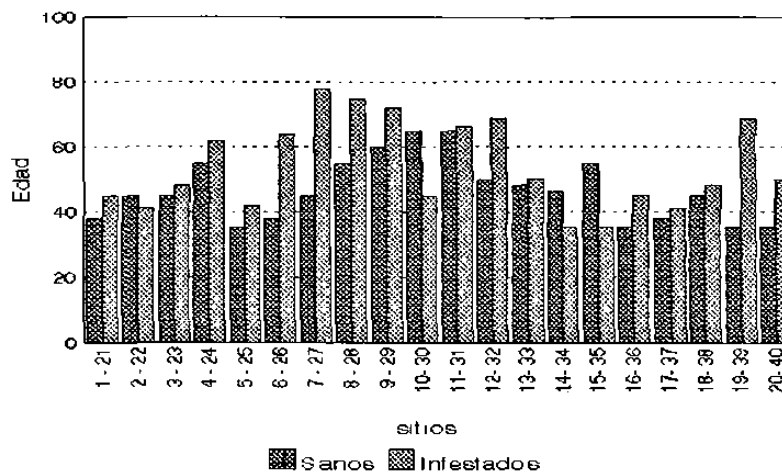


Figura 4. Representación gráfica de la edad en sitios sanos e infestados.

6.1.6. Índice de Sitio

Para la determinación de esta variable se utilizaron las curvas de índice de sitio que elaboró Aguirre, 1984 para *Pinus pseudostrobus* y *P. teocote*, cuyos resultados fueron los siguientes: para sitios sanos la \bar{x} fue de 20.3 con una S ± 1.217 y para sitios infestados la \bar{x} fue de 19.925 y una S de ± 1.325 . No hay variación en IS de sitios sanos e infestados.

6.1.7. Regeneración

Esta variable se vio favorecida en sitios con las siguientes características: alta densidad, suelos poco profundos, abundante materia orgánica, pendientes poco pronunciadas y donde anteriormente se presentaron incendios. Los resultados obtenidos para esta variable demostraron que la regeneración fue mayor en sitios infestados que en sanos. (cuadro 3)

Sitio	Media	D. estándar	Prueba de t
Sanos	2.5	1.608	1.9067
Infestados	2.8	0.979	3.2585

Cuadro 3.

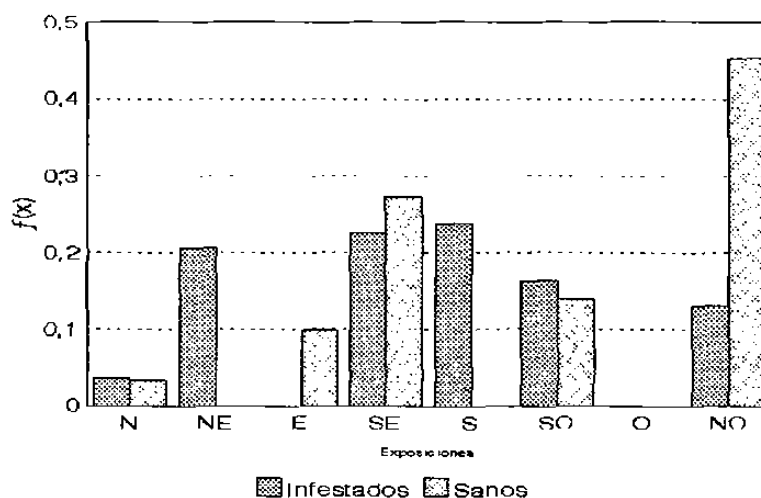
6.2. Descripción del Sitio

6.2.1. Pendiente

De acuerdo a los resultados obtenidos esta variable se obtuvo una \bar{x} para sitios sanos de 25.3 y una S de ± 9.989 para sitios infestados la \bar{x} fue de 24.5 y la S de ± 10.106 , lo cual muestra que no se presentaron diferencias significativas en lo que respecta a esta variable entre sitios sanos e infestados.

6.2.2. Exposición

Es otra de las variables que no presentó ninguna diferencia ente sitios sanos y sitios infestados. La x para sanos fue 5.45 con una S de ± 2.1558 y para infestados una x de 4.35 con una S de ± 2.1971 .



6.2.3. Altitud

Presento una x de 1480.8 con una S de ± 95.3774 para sitios sanos y una x de 1518.4 con una S de ± 45.0384 . Estos resultados demostraron que los sitios infestados se encontraron a mayor altitud que los sanos.

6.2.4. Profundidad del Suelo

A los resultados de esta variable se les realizó una prueba de t para confirmar la diferencia que se encontró entre sitios sanos y sitios infestados. (Cuadro 5)

Sitios	Sanos	Infestados
Media	12.6	14.5
D. estándar	4.9949	2.8789
Prueba de t	10.2621	15.8474

Cuadro 5. Profundidad del suelo

6.2.5. Diámetro

A las distribuciones diamétricas se les realizó una prueba de Chi^2 de la que se obtuvieron los siguientes resultados:

Chi^2 estimada = 1.812
Chi^2 tabulada para 0.5 fue de 24.995
Chi^2 tabulada para 0.1 fue de 30.577

Estos valores de la prueba de Ch^2 comprobaron que no se encontró diferencia significativa, que los diámetros de los sitios sanos son iguales a los de sitios infestados.

La figura 5 muestra distribuciones de frecuencia de sitios sanos e infestados de las cuales los sitios sanos presentan una distribución poco regular o que tiende a ser mas coetáneo lo que indica que entre más tienda un rodal a ser regular se presentara en menor escala una infestación. Los sitios infestados presentaron una distribución exponencial en las frecuencias mostraron que estos sitios tienden a ser irregulares debido a que la distribución de frecuencias fue mayor. Entre más irregular es un sitio mayor probabilidad tendrá de ser infestado debido a que se encuentran diferentes estratos en un mismo sitio propicia la competencia por espacio y alimento entre los individuos.

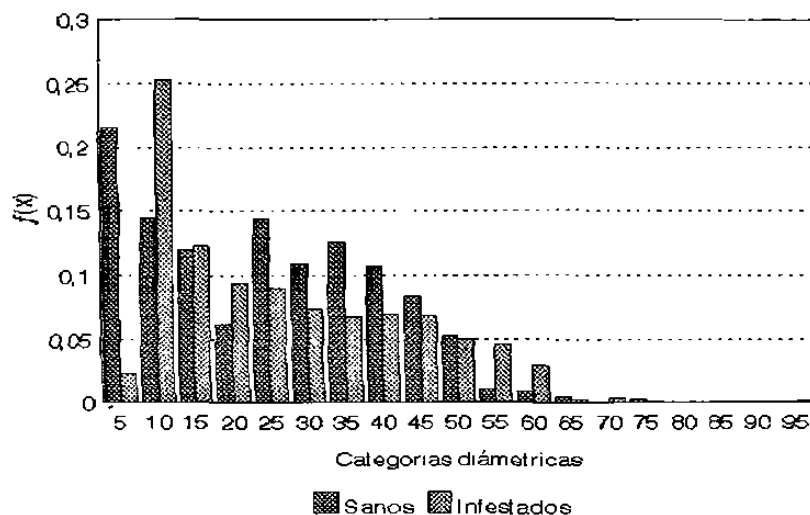


Figura 5. Distribución de frecuencias para categorías diamétricas en sitios sanos e infestados.

6.2.6. Dominancia

Los resultados obtenidos de la prueba de χ^2 para esta variable fueron los siguientes: la χ^2 estimada fue de 0.1168 y la tabulada con una probabilidad al .95 fue de 9.487 y para el .99 fue 13.276 esto comprobó que no hay diferencia significativa en los estratos de sitios sanos y sitios infestados. En la Figura 6 se muestra que la distribución de los estratos dominante, codominante, intermedio y en ambas muestras fue similar; pero en el estrato de regeneración se observa que la infestación fue mayor. Esto es la consecuencia de que en sitios infestados la densidad fue mayor, se encontró mas irregularidad en lo que se refiere a estratos lo que propicia que se tenga mayor competencia entre el arbolado y esto propicie que se tenga mas susceptibilidad en estos sitios y se incremente el riesgo de infestación.

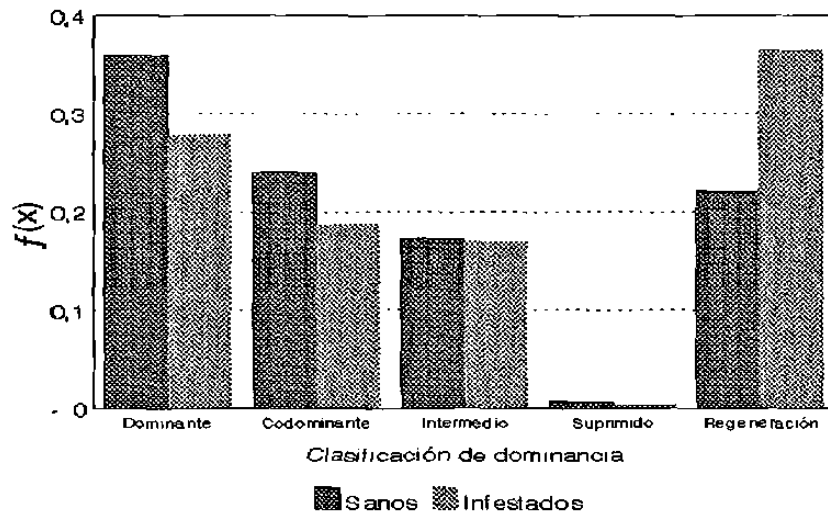


Figura 6. Distribución de las categorías silvícolas en sitios sanos y sitios infestados.

6.2.7. Tiempo de Paso

La x para sitios sanos fue de 12.24 y la S de ± 2.121 y para sitios infestados la x fue de 13.06 y la S de ± 1.365 . La prueba de t para sanos = 11.24 y para infestados = 13.68. Estos resultados mostraron que el tiempo que tarda en pasar el arbolado de una categoría diamétrica a otra en los sitios donde se presentó la infestación fue mayor. El crecimiento del arbolado de los sitios infestados se vio afectado por las condiciones que en ellos se presentan como son: alta densidad, irregularidad de los estratos (más de 4), antecedentes de incendio, individuos de mayor edad y otros factores que propician que el arbolado esté debilitado. Cuando un árbol compite por espacio y alimento se dice que es un árbol estresado, por que está luchando por sobrevivir. Sus funciones principales están encaminadas a la protección utilizando todas sus reservas para este propósito.

6.3. Análisis de Selección de Variables

El muestreo lo conformaron 1281 árboles, cubriendo el área y número de árboles requeridos para el análisis de la selección de variables, ya que estas contienen las diferentes combinaciones que muestra el arbolado durante el desarrollo de la infestación. Esta información fue procesada por el programa de cómputo Screen (Hamilton, 1988) seleccionando esté las variables más importantes las cuales representaron la condición del estado del arbolado.

6.3.1. Selección de Variables Significativas

La selección de variables fue realizada por Screen bajo un nivel de significancia del 95% de confiabilidad, en la tabla que contiene los valores de las pruebas estadísticas usadas para determinar que variable independiente ha sido seleccionada en cada nodo. La variable con el valor mas alto es la que tiene mas peso en la predicción de la variable dependiente (sano o infestado); si la primera variable fuese retirada, el programa aporta información acerca de la variable que seguirá en importancia. (cuadro 3)

VARIABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ESPECIE	4.59	3.16	0.00	0.00	0.00	4.63	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALTURA	0.00	3.50	0.00	2.42	0.00	4.24	0.00	0.00	0.00	0.00	1.66	3.50	0.00
DIAMETRO	0.00	6.35	0.00	5.46	0.00	4.47	0.00	0.00	3.59	0.00	5.47	3.37	3.90
DOMINANCIA	0.00	3.95	0.00	6.03	0.00	5.47	0.00	0.00	3.59	2.93	4.14	2.29	3.81
INDICE DE SITIO	6.97	3.62	2.06	4.20	2.52	4.33	0.00	0.00	5.95	0.00	0.00	7.04	0.00
EDAD	0.00	5.55	0.00	5.77	0.00	4.38	0.00	0.00	1.84	0.00	6.18	2.76	4.37
PENDIENTE	5.99	5.70	4.53	5.08	0.00	7.49	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	9.06	3.19
EXPOSICION	0.00	12.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AREA BASAL	6.97	10.44	4.53	5.62	2.31	6.10	0.00	2.28	3.01	0.00	8.36	6.27	0.00
SUELO	6.59	4.69	4.58	5.83	2.60	6.62	0.00	0.00	2.99	0.00	0.00	4.14	0.00
FUEGO	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	3.96	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.00	1.64
REGENERACION	6.59	7.53	3.47	4.87	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	2.59	2.59
CONDICION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 3. tabla con los valores de las pruebas estadísticas para determinar que variable independiente ha sido seleccionada en cada nodo.

Se realizó sólo una ejecución del programa, no se realizaron más para no restarle confiabilidad y significancia a los resultados.

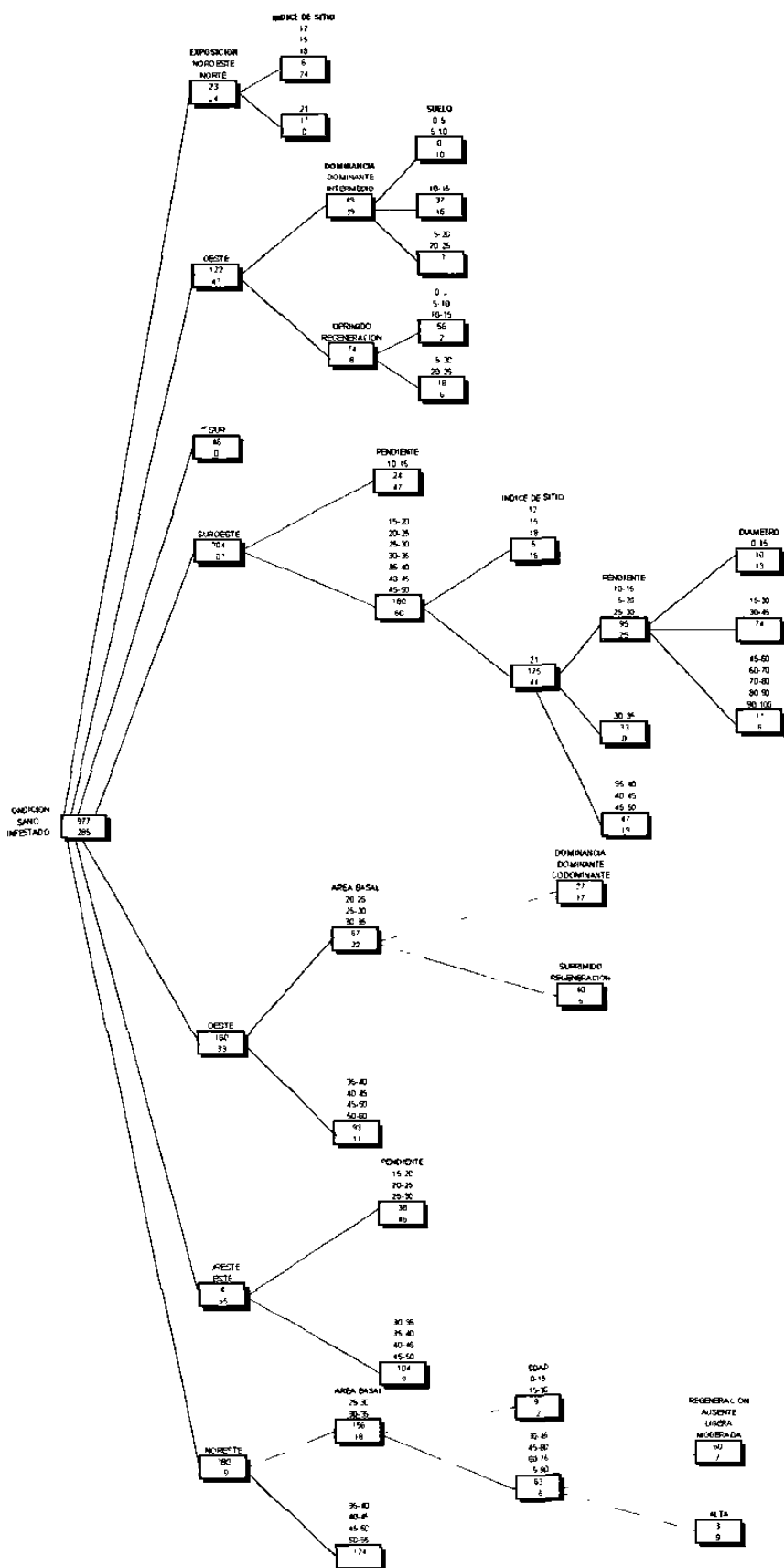
6.3.2. Análisis de la Selección de Variables Significativas

Las variables seleccionadas por Screen son altamente significativas del riesgo de infestación de los árboles en el orden que se presentaron las cuales se tomaron como variables predictoras que son: índice de sitio, área basal, exposición, suelo, dominancia, y pendiente.

El árbol de decisión generado por Screen figura (1), tiene como raíz la variable dependiente (condición) sano e infestado y la combinación de las variables predictoras como ramas, la ruta superior esta asociada a la característica de sano en la cual se le asignan las variables seleccionadas, con sus respectivas características, perteneciéndole los valores de la porción superior dentro de los cuadros. La ruta inferior le pertenece a la característica de infestado.

Los resultados de esta fase indicaron que solo hubo una variable independiente en el nivel de significancia del 95%, esta fue la exposición, en los otros niveles se identificaron a las variables índice de sitio, dominancia, pendiente y área basal.

Figura. 1. Diagrama de selección de variables y características asociadas ajustadas por el programa SCREEN, con un 95% de confianza.



Las variables seleccionadas por SCREEN se volvieron a seleccionar por la ruta de la exposición, en la cual se conformaron los rangos de mortalidad expresados en porcentajes; estos se obtuvieron sumando los valores de los cuadros para cada variable, este valor se dividió con el valor inferior dentro de cada cuadro, obteniendo el valor correspondiente de predicción de infestación para cada variable presentado en la figura 2.

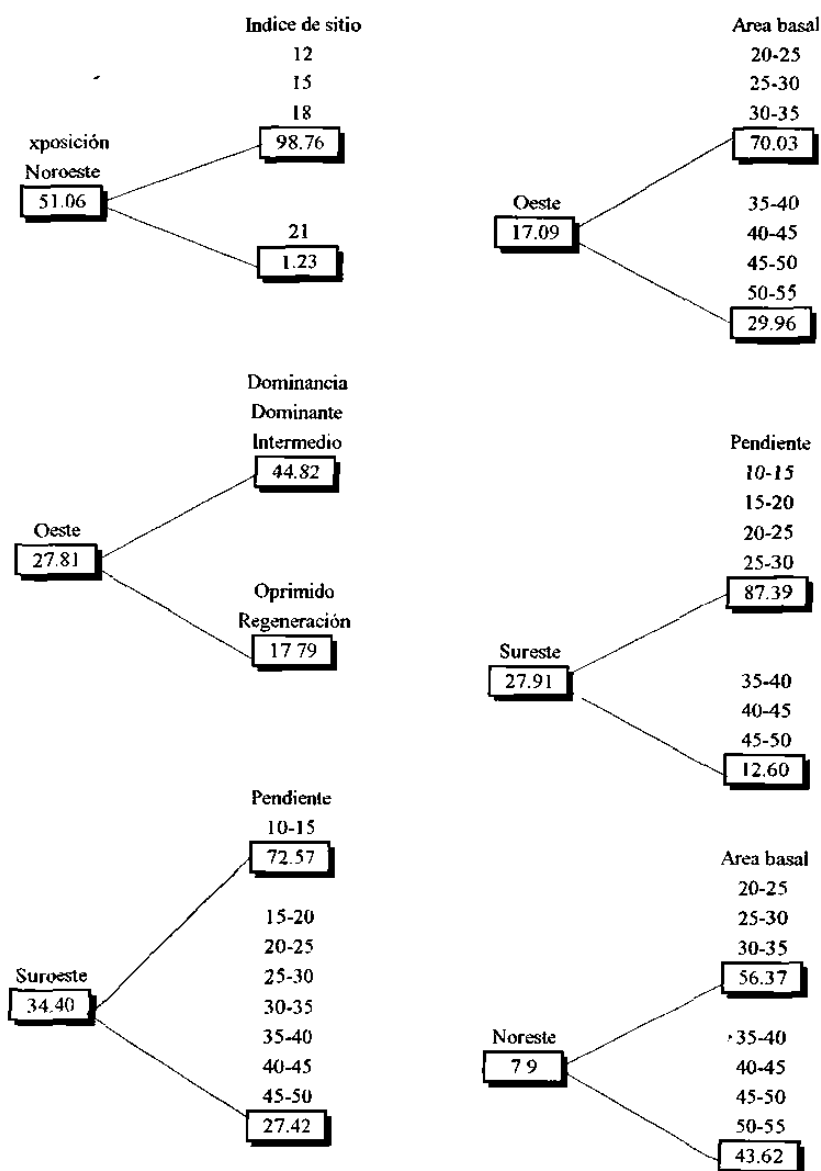


Figura 2. Representación gráfica de las variables seleccionadas con sus respectivos valores de predicción.

6.4. Elaboración del Sistema de Calificación de Riesgo

Las variables seleccionadas con sus respectivos valores fueron las que se utilizaron en el programa de cómputo Risk (Hamilton, 1974), para estimar los coeficientes de regresión de las variables seleccionadas, para incluirlas en el modelo logístico de probabilidad que se encuentra incluido en dicho programa.

6.4.1. Elaboración de los Modelos Probabilísticos

Se hicieron diferentes combinaciones de las variables seleccionadas de acuerdo al orden de aparición por fases para obtener un modelo que tuviera la mejor confiabilidad.

Los modelos que se desarrollaron fueron los siguientes:

No. DE VARIABLES	MODELOS PROBABILISTICOS
1	$P = \{1 - e^{-(\beta_0 + \beta_1 * INDI)}\}^{-1}$
2	$P = \{1 - e^{-(\beta_0 + \beta_1 * INDI + \beta_2 * PEND)}\}^{-1}$
3	$P = \{1 - e^{-(\beta_0 + \beta_1 * INDI + \beta_2 * PEND + \beta_3 * EXPO)}\}^{-1}$
4	$P = \{1 - e^{-(\beta_0 + \beta_1 * INDI + \beta_2 * PEND + \beta_3 * EXPO + \beta_4 * AREA)}\}^{-1}$

Donde:

P = Probabilidad de infestación estimada a un año.

e = exponencial.

β_i = i-ésimo coeficiente de regresión, $i = 0, 1, 2, 3, 4$.

INDI = Índice de sitio

PEND = Pendiente

EXPO = Exposición

AREA = Area basal

6.4.1. Elección del Modelo Probabilístico

Cada uno de los modelos seleccionados se sometieron a un análisis de varianza donde se observaron diferencias significativas entre cada uno de los modelos, en la F calculada, en el cuadrado medio del error (CME), la prueba de t, el r^2 y por último la prueba de bondad de ajuste determinada por Chi^2 , en donde se presentaron diferencias significativas con respecto al número de variables.

Modelo :

$$P = [1 - e^{-(0.6462 - 15.558 * \text{INDI})}]^{-1}$$

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	r^2	Chi^2
Modelo I	1	37.11	37.105	37.036	3.84	8.533	0.00
Error	397	397.74	1.001				
Total	398	434.85					

Modelo II:

$$P = [1 - e^{-(0.6462 - 15.558 * \text{INDI} - 0.2406 * \text{EXPO})}]^{-1}$$

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	r^2	Chi^2
Modelo II	2	37.16	18.579	18.497	3.00	8.544	0.00
Error	396	3.97.74	1.004				
Total	398	434.90					

Modelo III:

$$P = [1 - e^{-(0.6462 - 15.558 \cdot \text{INDI} - 0.2406 \cdot \text{EXPO} - 1.1364 \cdot \text{PEND})}] - 1$$

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	r ²	Chi ²
Modelo III	3	38.28	12.759	12.666	2.60	8.776	0.00
Error	395	397.90	1.007				
Total	398	436.18					

Modelo IV :

$$P = [1 - e^{-(0.6462 - 15.558 \cdot \text{INDI} - 0.2406 \cdot \text{EXPO} - 1.1364 \cdot \text{PEND} + 0.6080 \cdot \text{AREA})}] - 1$$

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabulada	r ²	Chi ²
Modelo IV	4	70.82	17.706	17.613	2.37	15.16	0.02
Error	394	396.07	1.005				
Total	398	466.90					

El criterio tomado para la selección del mejor modelo fue tomado por: el menor valor de Chi² y el número de variables en el modelo, por ser la mejor forma de probar el ajuste. (cuadro 4).

MODELO	No. DE VARIABLES INDEPENDIENTES	Chi ²
I	1	0.00
II	2	0.00
III	3	0.00
IV	4	0.02

Cuadro 4. Criterios de selección para el sistema de calificación de riesgo.

Cabe mencionar que después de varias corridas con diferentes combinaciones con las variables seleccionadas, se generaron otros modelos, de los cuales ninguno de ellos presento un menor ajuste.

El modelo IV fue seleccionado con sus respectivos coeficientes de regresión y el análisis de bondad de ajuste realizado estimando la probabilidad de infestación en un año, para árboles individuales el cual queda de la siguiente forma:

$$P = [1 - e^{-(0.6462 - 15.558 \cdot \text{INDI} - 0.2406 \cdot \text{EXPO} - 1.1364 \cdot \text{PEND} + 0.6080 \cdot \text{AREA})}]^{-1}$$

Donde:

P = probabilidad de muerte en un año

INDI = índice de sitio

PEND = pendiente

EXPO = exposición

AREA = área basal

El cuadro 6 muestra la prueba de bondad de ajuste, que indica la distribución de los valores de las probabilidades de infestación para *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus* en un año. Valores observados y valores predichos por el modelo.

NUMERO DE ARBOLES POR INTERVALO			
INTERVALOS EN PORCENTAJES	TOTAL	MORTALIDAD OBSERVADA	PREDICHA
0.0 - 45.0	374	125	124.96
0.01			
45.0 - 95.0	25	12	12.26
0.01			
95.0 - 100.0	0	0	0
0			
			VALOR CALCULADO DE Chi ²
			0.02
VALOR DE Chi ² DE TABLAS AL 95% Y 99% DE NIVEL DE SIGNIFICANCIA: 3.84 y 6.63			

Cuadro 6. Distribución de intervalos de porcentajes de probabilidad de infestación en un año de la infestación observada para *Pinus teocote* y *Pinus pseudostrobus* y la infestación predecida por el modelo que fue seleccionado.

A un nivel de significancia del 95% el valor de tablas de Chi² con un grado de libertad de 3.84. Dado que el valor calculado de Chi² es mayor a 0.02 que el que se presenta en tablas, no se rechaza el modelo que se propone.

6.5. Sistema de Clasificación de Riesgo Para Estimar la Probabilidad de Infestación en *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus* en "El Manzano", Santiago, N. L.

Al modelo se le aplicaron todas las combinaciones posibles de los valores para cada una de las variables, con ello se originaron diferentes probabilidades estimadas a un año, considerando cualquier caso que pudiera presentar la infestación. Estas probabilidades se agruparon en rangos y se les hicieron modificaciones en los valores para cada variable, para con ello generar una clave de riesgo y la tabla de porcentaje de probabilidad de infestación que constituyen al sistema de calificación de riesgo de infestación para *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus*.

Las modificaciones consistieron en hacer que las variables y sus valores sean de fácil observación, calificación y predicción de árboles individuales.

Al calificar se escoge una condición de cada variable, a la cual se le asigna un valor. La suma de los valores de cada una de las condiciones se busca en la tabla de porcentajes de infestación, en esta se localiza el valor que representa la condición del pino evaluado. A dicho valor le corresponde el porcentaje que se encuentra a su lado, siendo la probabilidad de que el árbol sea infestado en un año.

El sistema de calificación de riesgo que tiene el árbol de ser infestado en un año se presenta con sus variables, valores de la condición y la tabla de porcentajes de infestación en el cuadro 6.

VARIABLE	
VALOR	

INDICE DE SITIO		
a)		12
	.....0	
b)		14
	.....0	
c)		16
	.....0	
d)		18
	.....5	
e)		21
	.....10	
EXPOSICION		
a) Norte	.....1	
b)		Sur
	.....3	
c)		Este
	.....1	
d) Oeste	.....2	
PENDIENTE		
a)	5 -	35
	.....5	
b) 35 - 60	.....1	
AREA BASAL		
a) 17 - 29	.....4	
b) 41 - 53	.....2	
TABLA DE PORCENTAJES DE INFESTACION A 1 AÑO		

PUNTOS	PORCENTAJE
0	0 %
1	7 %
2	15 %
3	21 %
4	29 %
5	36 %
10	73 %
>13	+ 95 %

Cuadro 6. Sistema de calificación de riesgo para estimar la probabilidad de infestación en árboles individuales a un año en "El Manzano", Santiago, N.L.

7. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

Los resultados de los modelos fueron probados por la prueba de X^2 y el programa de computación validó los modelos propuestos por la prueba estadística de X^2

los datos establecidos para la verificación de RISK tiene una medición en intervalos de 6 años, de este modo fue necesario convertirlo a una probabilidad anual de la predicción de mortalidad para el modelo de probabilidad de muerte sobre el intervalo de las mediciones.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, C. O. 1991. Elaboración de Tablas de Producción en Base a Sitios Temporales de Muestreo. Un Ejemplo con *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el Noreste de México. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León México. Reporte Científico No. 24. 43p.
- Amman, G. O., M. D. McGregor, D. B. Cahill, and W. H. Klein. 1977. Guidelines For reducing of Lodgepole Pine to the Mountain Pine Beetle in Unmanaged Stands in the Rocky Mountains. USDA For Serv. Gen. Tech. Rep. INT.-36, 19 p. Intermt For and Range Exp. St14., Ogden, Utah.
- Ascencio C. V. 1980. Estrategias de Control en Estudio de *Dendroctonus* spp. Memorias del Primer simposio Nacional Sobre Parasitología Forestal. Sociedad Mexicana de Entomología. pp. 193-199.
- Berryman, A. A. 1978. A Synoptic Model of the Lodge Pole Pine Mountain in Pine Beetle Interaction and Its Potential Application in Forest Pest Management. pp. 98-105. En: A.A. Berryman, G.D. Amman and R.W. Stark (Eds.). Theory and Practice of Mountain Pine Beetle Management in Lodge Pole Pine Forests. Univ. of Idaho, Moscow.
- Berryman, A. A. 1980. General Constructs for Risk Decision Models. Proc. 1980. Conv. of Soc. of Amer. Foresters. 123-128.
- Berryman, A. A. 1982. Biological Control, thresholds, and Pest Outbreaks. Environ. Entomol. 11: 544-549.
- Billings, R. F. and C. M. Bryant. 1982. Southern Pine Beetle Field Guide for Hazard Rating, Prevention and Control. Forest Pest Control. Section Texas Forest Service.

Billings, R.F. and C.M. Bryant. 1983. Developing a System for Mapping the Abundance and Distribution of Southern Pine Beetle Habitats in East Texas. In: Proc. Symposium on Insect and Host Tree Interaction. 1983. March. University of Freiburg/Br. West Germany. Z. Angew Entomol. 96(2):208-216.

Billings, R. F., H. A. Pase III, and J. E. Flores. 1990. Los Escarabajos Descortezadores del Pino, con Énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Guía de Campo para la Inspección Terrestre. Servicio Forestal de Texas, Lufkin, Texas.

CETENAL, 1978. Carta Topográfica Allende, Clave G14C36, Coahuila y Nuevo León, México. Escala 1:50,000.

Carta Uso del Suelo. Allende, Clave G14C36, Coahuila, Nuevo León, México. Escala 1:50,000.

Carta Edafológica. Allende, Clave G14C36, Coahuila, Nuevo León, México. Escala 1:50,000.

Carta geológica. Allende, Clave G14C36, Coahuila, Nuevo León, México. Escala 1:50,000.

Coulson, R. N. y J. A. Witter. 1990. Entomología Forestal. Ecología y Control. Primera Edición. Ed. Limusa pp. 751

Dimond, J. B. and R. H. Bishop. 1968. Susceptibility and Vulnerability of Forests to the Pine leaf aphid *Pineus pinofoliae* (Fitch) (Adelgidae). Maine Agric. Exp. Stn. Bull. 658. 16 p.

Dunning, Duncan. 1928. A tree Classification for the Selection Forests of the Sierra Nevada. Jour. Agr. Res. 36:755-771.

Ferrell, G. T. 1980. Risk-Rating Systems for Mature red fir and white fir in Northern California. Gen. Tech. Rep. PSW-39. 29 p.

- Flamm, O. R., R. N. Coulson, and T. R. Payne. 1986. The Southern Pine Beetle. Department of Entomology, Texas A&M University, College Station, Texas 77843.
- Franklin, R. T. 1970. Southern Pine Beetle Population Behaviour. J. Ga. Entomol. Soc. S: 175-182.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de köppen (Para adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). UNAM.
- García, M. R, y Cibrián, T. D. 1987. Variación Poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopk. (Coleoptera:Scolytidae) En cuatro generaciones consecutivas. IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal y IV Reunión sobre plagas y Enfermedades Forestales. Durango, Dgo., del 28 al 30 de octubre de 1987.
- Gómez, V. L. 1980. Problemas causados por Plagas Forestales en México. Memorias 1er. Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Uruapán Michoacán. 103-105 pp.
- Graham, Kenneth. 1963. Concepts of Forest Entomology. Reinhold, N.Y. 399 p.
- Hamilton, D. A, Jr. 1974. Event Probabilities Estimated By Regression, USDA Forest Service Research Paper INT-152, 18 p., illus. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah 84401.
- Hamilton, D.A, Jr. 1988. SCREEN (F): A FORTRAN77 Program to Identify Predictors of Dichotomous Dependent Variable, USDA Forest Service Research Note INT - 383 4 p., Intermountain Research Station, Ogden, Utah 84401.
- Hedden, R. L. 1981. Hazard Rating System Development and Validation on Overview in Hedden, R. L., S. J. Barras and J. E. Coster. 1981. Hazard-Rating Systems in Forest Insects Pest Management: Symposium Proc. USDAFS Gen. Tech. Rep. Wo-27. Athens, GA. USDA For. Serv.

- Hedden, R. L. 1983. Impact Submodels for a Southern Pine Beetle Pest Management Program. Clemson. S.C. (No publicado).
- Hedden, R. L. and C. Karpinski. 1983. Estimating Potential Loss From the Southern Pine Beetle. For. Leaflet No. 8. Clemson, S. C. Clemson University and the South California Forestry Commission. 4 p.
- Hicks, R. R., J. E. Jr. Howard, K. G. Waterson and J.E. Coster. 1981. Rating East Texas Stands for Southern Pine Beetle Susceptibility south. J. Appl. For. 5: 7-10.
- INEGI, 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León, S.S.P., México.
- Islas, S. F. 1980. Observaciones sobre la Biología y el Combate de los Escarabajos Descortezadores de los Pinos; *Dendroctonus adjunctus* Blandf. y *Dendroctonus mexicanus* Hopk. en algunas Regiones del Estado de México. Inst. Nac. de Inv. For. Bol. Téc. 40:1-31.
- Jiménez, P. J. 1988. Elaboración de Tablas y Tarifas de Volumen para Fuste Limpio de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus teocote* Schl. et Cham. En una Fracción de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México. Tesis doctoral.
- Johnson, P. C. 1949. Determining the Bark Beetle Hazard of Pine Stands in Northeastern California. Jour. Forestry 47:277-284.
- Keen, F. P. 1936. Relative Susceptibility of ponderosa Pine to Bark Beetle Attack. Jour. Forestry 34: 919-927.
- Keen, F. P. 1943. Ponderosa Pine Tree Classes redefined. Jour. Forestry 41: 249-253.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e Incremento de árboles y Masas Forestales. Dpto. de Enseñanza, Investigación y Servicio de Bosques Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo México.

- Ku, T. T., M. J. Sweeney and V. B. Shelburne. 1981. Hazard Rating of Stands for Southern Pine Beetle Attack in Arkansas. In Hazard-Rating Systems in Forest Insect Pest Management. Symposium Proceedings. (Athens, Ga., July 1980) R. L. Hedden, S. J. Barras and J. E. Coster, Cords USDA. For. Serv, Gen. Tech. Rep. Wo-27, 145-148 p.
- Lanier, N. G., J. P. Hendrichs and J. E. Flores. 1988. Biosystematics, of the *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) Complex. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York 13210. Ann. Entomol. Soc. Am. 81(3): 403-418.
- Lorio, P. L. Jr. 1978. Developing Stand Risk Classes for The Southern Pine Beetle. Res. Pap. SO-144. New Orleans, LA. USDA Forest Service Sout. For. Exp. Sta. 9 p.
- Lorio, P. L. Jr. and R. A. Sommers. 1981. Use of Available Resource Data to Rate Stands for Southern Pine Beetle Risk. pp. 75-78. In: Hedden, R. L., Barras, S. J. and Coster, J. E. (Coords). Hazard Rating Systems in Forest Insect Pest Management: Symposium Proceedings. 1980 July. Gen. Tech. Rep. No. 27. Athens, GA. USDA. Forest Service.
- Lorio, P. L., Jr., G. N. Mason and G. L. Autry. 1982. Stand Risk Rating for Southern Pine Beetle: Integrating Pest Management With Forest Management. J. For. 80: 212-214.
- Mason, G. N., R. R. Hicks Jr., C. M. Brygant, M. L. Mathews, D. L. Kulhavy and J. E. Howard. 1981. Rating Southern Pine Beelte Hazard by Aerial Photography. pp. 109-114. In: Hedden, R. L., Barras, S. J., Coster, J. E. (Coords). Hazard Rating Systems in Forest Insect Pest Management: Symposium Proceedings. 1980 July. Gen. Tech. Rep. WO-27. Athens, GA. USDA. Forest Service.

- Mason, G. N., P. L. Lorio Jr., R. P. Bélanger, and W. A. Nettleton. 1985. Rating the Susceptibility of Stand to Southern Pine Beetle Attack: Integrated Pest-management, USDA Forest Service Research Agriculture Handbook No. 645 p. 31.
- Moore, J. A., R. L. Mahoney and J. A. Schenk. 1981. Hazard Rating for Mortality Caused by the fir Engreaver and the Mountain Pine Beetle in the Northern Rocky Mountains. pp.155-158. In: R. L. Hedden, S. L. Barras and J. E. Coster (Eds.) Hazard Rating Systems in forest Insect Pest Management. U.S. dep. Agric. For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-27.
- Moreno, N. H. 1954. Biología y Combate de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins. tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. México.
- Morris, R. F. and R. L. Bishop. 1951. A Method of Rapid forest Survey for Mapping Vulnerability to Spruce Budworm Damage. For. Chron. 27:1-8.
- Nebeker, T. E. and C. R. Honea. 1984. Comparisons of Selected Southern Pine Beetle Hazard Rating Systems in Mississippi: Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station. Tech. Bull. Mississippi State.
- Neter, J., and S. E. Maynes. 1970. On the Appropriateness of the Correlation Coefficient With a 0,1 Dependet Variable. J. Am. Stat. assoc. 65 (330):501-509.
- Padilla, G. I. 1981. Glosario práctico de términos Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Bosques Dirección de Difusión y Cultura México. Primera Edición. Colección Cuadernos Universitarios.
- Paine, D. T., M. F. Stephen, and A. H. Taha. 1984. Conceptual Model of in Infestation Probability Based on Bark Beetle Abundance and Host Tree Susceptibility; Forum. Envirom. Entomol. 13 (3): 619-224 p.

- Paz Enriquez, D. 1989. Sistema de Clasificación de Riesgo para Estimar la Muerte de oyamel (*Abies religiosa* Schl. et Cham) en el Parque "Desierto de los Leones", D.F. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales U.A.CH. Chapingo, México. 93 p.
- Perry, J. P. 1951. Especies de Escarabajos de la Corteza del Pino en México Central. *Unasylva* 5(4): 160-167.
- Porter, 1932. En: Muelliered, F.K. 1944. Geología del Estado de Nuevo León Anal. Inst. Invest. Cientif. UNL, 1(1) Monterrey, N.L.
- Person, H. L. 1928. Tree Selection by the Western Pine Beetle. *Jour. Forestry* 26: 564-578.
- Romahn de la Vega, C. F., Ramírez, M. H., Treviño, G. J. 1987. Dendrometría Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de apoyo académico No. 26 Chapingo México. 387p.
- Rose, W. E. 1966. The Biology and Ecology of *Dendroctonus valens* Lec. and the Biology, Ecology, and Control of *Dendroctonus frontalis* (= *mexicanus*) Zimm. in Central Mexico. (Coleoptera: Scolytidae). Doctoral Thesis. Univ. of Massachusetts, U.S.A. 243 p
- Rzedowski, J. 1981. La Vegetación de México, De. Limusa, México, D.F. 432 p.
- Safranyik, L., D. M. Shrimpton and H. S. Whitney. 1974. Management of Lodgepole Pine to Reduce Losses form the Mountain Pine Beetle. *Can. For. Serv., For. Tech. Rept.* 1. 24 p.

- Váldez, T. V. 1981. Tesis. Contribución al Conocimiento de los Tipos de Vegetación, su Cartografía y Notas Florístico-Ecológicas del Municipio de Santiago, N.L., México.
- Walker, S. H. and D. B. Duncan. 1967. Estimation of the Probability of an Event as a Function of Several independent Variables. *Biometrika* 54:167-179.
- Wilson, L. F. and P. C. Kennedy. 1970. Pine Root Collar Weevil Hazard Zones for Red Pine in Lower Michigan. Res. Note N-C 104. USDA For. Serv. 2 p.
- Wood, S. L. 1963. A Revision of Bark Beetle Genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) Great Basin Naturalist. 23:1-117.
- Wood, S. L. 1982. Aspectos Taxonómicos de los Scolytidae. Memorias de los Simposio Nacionales de Parasitología Forestal II y III S.A.R.H. pag. 170-174. Cuernavaca, Morelos 17- 20 febrero de 1982 México.

