

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**



**DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DEL GORGOJO
DESCORTEZADOR *Dendroctonus spp* (Coleoptera:
Scolytidae) Y LA RELACIÓN CON SUS HOSPEDEROS DE
PINO EN LA FINCA SAQUICHAJ, EN COBÁN, ALTA
VERAPAZ.**

JUAN JOSÉ AGUSTÍN SOSA CHÁVEZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DEL GORGOJO
DESCORTEZADOR *Dendroctonus spp* (*Coleoptera: Scolytidae*) Y
LA RELACIÓN CON SUS HOSPEDEROS DE PINO EN LA FINCA
SAQUICHAJ, EN COBÁN, ALTA VERAPAZ

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA

POR

JUAN JOSÉ AGUSTÍN SOSA CHÁVEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, noviembre del 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. LUÍS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

SECRETARIO

VOCAL PRIMERO

VOCAL SEGUNDO

VOCAL TERCERO

VOCAL CUARTO

VOCAL QUINTO

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel Ovalle

Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila

Mep. Elmer Antonio Álvarez Castillo

Pmp. Miriam Eugenia Espinoza Padilla

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**DETERMINACION DE LAS ESPECIES DEL GORGOJO DESCORTEZADOR
Dendroctonus spp (Coleoptera: Scolytidae) Y LA RELACIÓN CON SUS
HOSPEDEROS DE PINO EN LA FINCA SAQUICHAJ, EN COBÁN, ALTA
VERAPAZ.**

Como requisito previo a optar por el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, agradezco su amable atención.

Atentamente,

Juan José Agustín Sosa Chávez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Nuestro creador, que sembró en mi corazón la semilla de mi vocación.

MIS PADRES

Juan José Sosa López y Matilde Yolanda Chávez, como una muestra del amor por ellos, quienes con su esfuerzo, fueron la roca que me sostuvo para alcanzar esta meta.

MIS HERMANAS

Luz Georgina, Karen Yolanda y Rocío, por su apoyo incondicional.

MIS SOBRINOS

Josseline Massiele y Fabián para que este momento sea en el futuro un ejemplo de superación.

MIS ABUELOS

Carmen del Pilar y Juan José Sosa, por ser ellos quienes me inculcaron el amor a la Naturaleza.

MI MAMALELA

Como agradecimiento a su escuela y sabio consejo. La llevo en mi corazón.

MIS AMIGOS:

Herson Quevedo, Alejandro Argueta, Geser González, David Chapas y Gregorio Sajic, por ser batalladores y compañeros en todo momento durante y después de las aulas.

MI ECO PECOSA:

Con mucho cariño, pues son mis hermanos que tengo conmigo hasta el fin de mis días.

AGRADECIMIENTO

A:

Reforestadora Industrial S.A. –REFINSA-, al Ing. Gustavo Sinibaldi por el apoyo incondicional a la investigación y al Ing. Agr. Manuel del Valle que con su apoyo y sus sugerencias, que con la búsqueda de las respuestas científicas han mejorado la calidad de los bienes y servicios forestales y que hicieron posible la realización de esta investigación.

Ing. Agr. Msc. Álvaro Hernández, que con su interés y su asesoría contribuyeron a la realización del presente trabajo.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Antecedentes del <i>Dendroctonus spp.</i> en Guatemala	3
3.1.2 Consideraciones del género <i>Dendroctonus spp.</i>	5
3.1.3 Características Taxonómicas	5
3.1.4 Morfología general del <i>Dendroctonus spp.</i>	6
3.1.5 Especies de <i>Dendroctonus spp.</i> reportadas en Guatemala	6
3.1.5.1 <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford.....	7
3.1.5.2 <i>Dendroctonus valens</i> LeConte	8
3.1.5.3 <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann.....	9
3.1.5.4 <i>Dendroctonus vitei</i> Wood	11
3.1.5.5 <i>Dendroctonus parallelocolis</i> Chapuis	11

CONTENIDO	PAGINA
3.1.6 Aspectos ecológicos relacionados con la plaga del <i>Dendroctonus spp.</i> ..	13
3.1.6.1 Condiciones climáticas.....	13
3.1.6.2 Régimen de lluvias.....	13
3.1.6.3 Temperatura y Humedad relativa.....	16
3.1.6.4 Densidad de árboles y área basal.....	17
3.1.6.5 Diámetro del árbol.....	18
3.1.6.6 Edad del árbol, altura del árbol y diámetro.....	18
3.1.7 Monitoreo de <i>Dendroctonus spp.</i> ..	19
3.1.8 Control de <i>Dendroctonus spp.</i>	20
3.1.8.1 Estrategia preventiva	21
3.1.8.2 Estrategia supresiva.....	21
3.1.9 Estimación de la densidad de población de insectos.....	21
3.2 MARCO REFERENCIAL	23
3.2.1 Ubicación geográfica y vías de acceso de la Finca Saquichaj.....	23
3.2.2 Características climáticas.....	24
3.2.3 Zona de vida	25
3.2.4 Geología y suelos	25
3.2.5 Fisiografía	26
3.2.6 Hidrografía.....	26
3.2.7 Capacidad productiva del suelo	27
3.2.8 Uso actual de la tierra	27
3.2.9 Especies de Pino en los proyectos de reforestación Saquichaj	29
3.2.9.1 <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	29

CONTENIDO	PAGINA
3.2.9.2 <i>Pinus caribaea</i> Morelet.....	29
3.2.9.3 <i>Pinus maximinoii</i> H.E. Moore	30
3.2.9.4 <i>Pinus strobus</i> var. <i>Chapensis</i> Martínez.....	30
4. OBJETIVOS	32
4.1. OBJETIVO GENERAL	32
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	32
5. HIPÓTESIS	33
6. METODOLOGÍA.....	34
6.1 PLAN DE MONITOREO Y CONTROL.....	34
6.1.1 Preparación de cuadrillas y ejecución del plan de monitoreo.....	34
6.1.2 Reconocimiento del ataque del <i>Dendroctonus</i> spp.....	34
6.1.2.1 Fase 1: Árboles recién infestados	34
6.1.2.2 Fase 2: Árboles con progenie en desarrollo.....	35
6.1.2.3 Fase 3: Árboles muertos y abandonados.....	36
6.1.3 Establecimiento de las rutas de monitoreo	37
6.1.4 Toma de datos	37
6.1.5 Estratificación de la Finca Saquichaj	38
6.2 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE GORGOJO DEL PINO.....	39
6.2.1 Recolección de especímenes	39
6.2.2 Preparación y conservación de los especímenes	39
6.2.3 Etiquetado de las muestras	39

CONTENIDO	PAGINA
6.2.4 Montajes permanentes	40
6.2.5 Fotografías de especímenes	40
6.2.6 Claves para la determinación de especies	40
6.2.7 Descripción de daños en el fuste	41
6.3 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE GORGOJOS POR ÁRBOL	41
6.3.1 Conteo de especímenes <i>Dendroctonus spp.</i>	41
6.3.2 Análisis de la Información.	42
6.4 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS Y EL NÚMERO DE INSECTOS	43
6.4.1 Recopilación de la información	43
6.4.2 Análisis de la información.....	43
6.5 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS Y EL ATAQUE DEL GORGOJO	43
6.5.1 Recopilación de información	43
6.5.2 Análisis de la información.....	44
6.6 ATAQUE DEL <i>Dendroctonus spp.</i> EN LA FINCA SAQUICHAJ.....	44
6.6.1 Análisis de la información.....	44
6.7 REALCIÓN ATAQUE DEL <i>Dendroctonus spp</i> Y CLIMA.	45
6.7.1 Análisis de la información.....	45
7. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN.....	46
7.1. ESPECIES DE <i>Dendroctonus spp.</i> EN LA FINCA SAQUICHAJ	46
7.2. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DE INSECTOS POR ARBOL.....	47
7.2.1. <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann	47
7.2.2. <i>Dendroctonus valens</i> LeConte	47

CONTENIDO	PAGINA
7.3 RELACIÓN VARIABLES DASOMETRICAS Y <i>D. frontalis</i>	48
7.3.1 Relación número de larvas pupas e insectos adultos y el radio de copa.	48
7.3.2 Relación larvas, pupas e insectos adultos y el área de foco	49
7.3.3 Relación de larvas, pupas e insectos adultos y el DAP.....	49
7.3.4 Relación larvas, pupas e insectos adultos y el área basal por árbol.....	50
7.3.5 Relación larvas, pupas e insectos adultos y el número de árboles	
infestados.....	50
7.4 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS DEL ESTRATO UNO Y	
<i>D. valens</i>	53
7.4.1 Relación área de foco y radio de copa vrs número de insectos por árbol.	53
7.4.2 Relación múltiple del área de foco y radio de copa vrs de insectos	
por árbol.....	53
7.5 RELACIÓN VARIABES DASOMÉTRICAS DEL ESTRATO DOS Y	
<i>D. valens</i>	54
7.5.1 Relación del área de foco vrs el número de insectos por árbol infestado	55
7.5.2 Relación del área basal por árbol vrs el número de insectos por	
árbol infestado.....	55
7.5.3 Relación del número de insectos por árbol vrs el número de árboles	
infestados.....	55
7.5.4 Relación lineal múltiple del área de foco y área basal por árbol vrs	
número de insectos por árbol infestado	56
7.6 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS DEL ESTRATO TRES Y	
<i>D. valens</i>	57

CONTENIDO	PAGINA
7.6.1 Relación área de foco vrs insectos adultos por árbol infestado	57
7.6.2 Relación área basal por árbol vrs insectos adultos por árbol infestado....	57
7.6.3 Relación diámetro a la altura del pecho vrs insectos adultos por árbol infestado	58
7.6.4 Relación insectos por árbol vrs número de árboles infestados	58
7.6.5 Relación lineal múltiple del área de foco, DAP y el área basal por árbol vrs insectos por árbol infestado.	58
7.7 RELACIÓN VARIABLES DASOMETRICAS Y ÁRBOLES INFESTADOS EN EL ESTRATO UNO	59
7.7.1 Relación del radio de copa vrs el número de árboles infestados	60
7.7.2 Relación del DAP vrs el número de árboles infestados	60
7.7.3 Relación lineal múltiple del radio de copa y DAP vrs número de árboles infestados.....	60
7.8 RELACIÓN VARIABELS DASOMÉTRICAS Y EL NÚMERO DE ÁRBOLES INFESTADOS EN EL ESTRATO DOS	61
7.8.1 Relación densidad de plantación por hectárea vrs árboles infestados....	61
7.8.2 Relación radio de copa vrs árboles infestados.	62
7.8.3 Relación DAP vrs árboles infestados	62
7.8.4 Relación lineal múltiple de densidad de siembra, radio de copa y el DAP vrs árboles infestados.	63
7.9 RELACIÓN VARIABELS DASOMÉTRICAS Y ÁRBOLES INFESTADOS EN EL ESTRATO TRES	64
7.9.1 Relación radio de copa vrs número de árboles infestados.....	64

CONTENIDO	PAGINA
7.9.2 Relación área de foco vrs número de árboles infestados.....	65
7.9.3 Relación del DAP vrs el número de árboles infestados.....	65
7.9.4 Relación área basal por árbol vrs el número de árboles infestados	66
7.9.5 Relación lineal múltiple radio de copa y el DAO vrs número de árboles infestados	66
 7.10 RELACION ENTRE LOS ÁRBOLES INFESTADOS Y LOS FACTORES CIMÁTICOS	 68
7.10.1 Relación precipitación pluvial vrs número de árboles infestados	68
7.10.2 Relación porcentaje de humedad relativa vrs número de árboles infestados	68
7.10.3 Relación de temperatura promedio vrs número de árboles infestados	69
7.10.4 Relación lineal múltiple de las variables climáticas vrs número de árboles infestados.....	69
 7.11 UBICACIÓN DE LOS FOCOS DE INFESTACIÓN DEL <i>Dendroctonus spp.</i> EN LA FINCA SAQUICHAJ.....	 70
 8 CONCLUSIONES.....	 73
 9 RECOMENDACIONES.....	 77
 10 BIBLIOGRAFIA.....	 78
 11 APÉNDICES.....	 81

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PAGINA
Cuadro 1: Clasificación Taxonómica del Gorgojo descortezador del pino	6
Cuadro 2: Distribución y hospederos de <i>Dendroctonus spp</i> presentes en Guatemala	12
Cuadro 3. Áreas de proyectos de reforestación en la Finca Saquichaj	27
Cuadro 4: Marcado de árboles en sus diferentes estados de infestación	38
Cuadro 5. Etiquetado de muestras.....	40
Cuadro 6. Resumen de diferencias entre las diferentes especies de <i>Dendroctonus spp</i>	46
Cuadro 7 . Resumen de la estimación de la densidad de población de <i>D. frontalis</i>	47
Cuadro 8. Estimación de población de insectos por estrato en los estratos de la plantación..	48
Cuadro 9. Resumen variables dasométricas y el número de larvas de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann	51
Cuadro 10. Resumen variables dasométricas y el número de pupas de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann	51
Cuadro 11. Resumen variables dasométricas y el número de insectos adultos de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann.	52
Cuadro 12. Relaciones entre el número de árboles infestados y la población de los estados de desarrollo del <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann.	52
Cuadro 13. Relaciones entre las variables dasométricas y el número de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte en el estrato 1 en la Finca Saquichaj.....	54
Cuadro 14. Regresión múltiple entre las variables dasométricas y el número <i>Dendroctonus valens</i> LeConte por árbol infestado.....	54

CONTENIDO	PAGINA
Cuadro 15. Relaciones entre las variables dasométricas y el numero <i>Dendroctonus valens</i> LeConte en la Finca Saquichaj.....	56
Cuadro 16. Regresiones múltiple entre las variables dasométricas el número de insectos de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte.....	56
Cuadro 17. Regresiones lineales significativas entre las variables dasométricas e insectos de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte.....	59
Cuadro 18. Regresión múltiple entre las variables dasométricas y el numero de insectos adultos de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte	59
Cuadro 19. Regresiones lineales de árboles infestados y las variables dasométricas en el estrato 1de la Finca Saquichaj.....	61
Cuadro 20. Regresión lineal múltiple y las variables dasométricas en el estrato 1 de la Finca Saquichaj.	61
Cuadro 21. Regresiones lineales entre el numero de árboles infestados y las variables dasométricas.....	63
Cuadro 22. Resumen de la regresión lineal múltiple y las variables dasométricas.....	64
Cuadro 23. Regresiones lineales significativas entre el numero de árboles infestados y las variables dasométricas.	67
Cuadro 24. Regresión lineal múltiple y las variables dasométricas en las plantaciones maduras de la Finca Saquichaj.....	67
Cuadro 25. Regresiones lineales entre las variables climáticas y el numero árboles infestados.....	69
Cuadro 26. Regresión múltiple entre las variables climáticas significativas y el número de árboles infestados.....	70

CONTENIDO	PAGINA
Cuadro 27A. Cuadro comparativo de medidas de tendencia central del diámetro en las parcelas permanentes y de los árboles infestados de la plantación madura en la Finca Saquichaj.	82
Cuadro 28A. Medidas de tendencia central del conteo de larvas, pupas y adultos de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann.....	82
Cuadro 29A. Medidas de tendencia central de la población de adultos de	83
Cuadro 30A. Medidas de tendencia central de los datos de la estación meteorológica correspondientes a 12 meses de registro en la Finca Saquichaj.....	83
Cuadro 31A. Boleta de recolección de especímenes	84
Cuadro 32A. Boleta de campo	85

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAGINA
Figura 1. Vías de acceso para la finca Saquichaj. Cobán, Alta Verapaz.	23
Figura 2. Ubicación geográfica y límites de la finca Saquichaj. Fuente: Suárez 2001	24
Figura 3. Uso de la tierra en el año 2001. Fuente: Refinsa (2005)	28
Figura 4: Unidad de muestreo en una sección del árbol.....	42
Figura 5. Cuadro comparativo de factores climáticos durante la investigación.....	70
Figura 6. Mapa hipsométrico de la Finca Saquichaj a escala 1:45,000	72
Figura 7A. Media poblacional de la estimación de individuos por árbol en cada etapa de desarrollo de gorgojo descortezador <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann en la Finca Saquichaj.	86
Figura 8A. Especies de pino atacadas por <i>D. frontalis</i> Zimmermann en la Finca Saquichaj ..	86
Figura 9A. Grafica de estimación de densidad de población según su altura de infestación del <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann en la Finca Saquichaj.	87
Figura 10A. Media poblacional de individuos por árbol en cada estrato de la finca Saquichaj.	87
Figura 11A. Árboles infestados por <i>D. valens</i> durante el periodo de investigación en la Finca Saquichaj	88
Figura 12A. Promedio de insectos de <i>D. valens</i> por árbol durante el periodo de la investigación en la Finca Saquichaj.....	88
Figura 13A Especies de pino atacadas por el <i>D. valens</i> en la Finca Saquichaj.....	89
Figura 14A. Curva de regresión del radio de copa y el número de larvas de <i>D. frontalis</i> por árbol.....	89
Figura 15A. Curva de regresión del área de foco y el número de larvas de <i>D. frontalis</i> por árbol.....	90

CONTENIDO	PAGINA
Figura 16A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y número de larvas de <i>D. frontalis</i> por árbol.	90
Figura 17A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de larvas de <i>D. frontalis</i> por árbol.	91
Figura 18A. Curva de regresión del número de larvas de <i>D. frontalis</i> y el número de árboles infestados.	91
Figura 19A. Curva de regresión del radio de copa y el número de pupas de <i>D. frontalis</i> por árbol	92
Figura 20A. Curva de regresión del área de foco y el número de pupas de <i>D. frontalis</i> por árbol.	93
Figura 21A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de pupas de <i>D. frontalis</i> por árbol.....	93
Figura 22A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de pupas de <i>D. frontalis</i> por árbol	93
Figura 23A. Curva de regresión del número de pupas de <i>D. frontalis</i> y número de árboles infestados en la Finca Saquichaj.....	94
Figura 24A. Curva de regresión del radio de copa y los insectos adultos de <i>D. frontalis</i> por árbol	95
Figura 25A. Curva de regresión del área de foco vrs el número de insectos adultos de <i>D. frontalis</i> por árbol.	95
Figura 26A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de insectos adultos de <i>D. frontalis</i> por árbol.....	95

CONTENIDO	PAGINA
Figura 27A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de insectos adultos de <i>D. frontalis</i> por árbol.....	96
Figura 28A. Curva de regresión del número insectos adultos por árbol y el número de árboles infestados.....	96
Figura 29A. Curva de regresión del área de foco y el número de insectos adultos de <i>D. valens</i> por árbol.....	97
Figura 30A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de insectos adultos de <i>D. valens</i> por árbol.....	97
Figura 31A. Curva del diámetro a la altura del pecho y el número de insectos adultos de <i>D. valens</i> por árbol.....	98
Figura 32A. Curva de regresión del número de insectos adultos de <i>D. valens</i> y el número de árboles infestados.....	98
Figura 33A. Curva de regresión del área de foco y el número de insectos adultos de <i>D. valens</i> en las plantaciones juvenes.....	99
Figura 34A Curva de regresión del área basal por árbol y el número de insectos adultos de <i>D. valens</i>	99
Figura 35A. Curva de regresión entre el número de insectos de <i>D. valens</i> por árbol y número de árboles infestados.....	100
Figura 36A. Curva de regresión del área de foco y el número de insectos por árbol.....	100
Figura 37A. Curva de regresión entre el radio de copa y el número de insectos por árbol. ...	101
Figura 38A. Porcentaje de las etapas de infestación en las plantaciones maduras de la Finca Saquichaj.....	101

CONTENIDO	PAGINA
Figura 39A. Curva de regresión del radio de copa y el número de árboles infestados en las plantaciones maduras	102
Figura 40A. Curva de regresión del área de foco y el número de árboles infestados en las plantaciones maduras	102
Figura 41A. Frecuencias diamétricas de los árboles infestados en las plantaciones maduras en la Finca Saquichaj	103
Figura 42A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de árboles infestados.	103
Figura 43A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de árboles infestados en la plantación madura	104
Figura 44A. Etapas de infestación presentadas en las plantaciones jóvenes de la Finca Saquichaj.....	104
Figura 45A. Curva de regresión del radio de copa y el número de árboles infestados	105
Figura 46A. Clases diamétricas más afectadas por el ataque del gorgojo del pino en las plantaciones jóvenes	105
Figura 47A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de árboles infestados	106
Figura 48A. Etapas de infestación presentes en la plantación muy joven.....	106
Figura 49A. Curva de regresión lineal del radio de copa y el número de árboles infestados en las plantaciones muy jóvenes	107
Figura 50A. Clases diamétricas más afectadas por el ataque del gorgojo del pino en las plantaciones.....	107
Figura 51A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de árboles infestados	108

CONTENIDO	PAGINA
Figura 52A. Gráfica de la Precipitación pluvial y la humedad relativa durante el periodo de investigación en la Finca Saquichaj	108
Figura 53A. Curva de regresión de la precipitación pluvial y el número de árboles infestados.....	109
Figura 54A. Curva de regresión de la humedad relativa y el número de árboles infestados en la Finca Saquichaj	109
Figura 55A. Temperatura promedio diaria en la Finca Saquichaj.....	110
Figura 56A. Curva de regresión de la temperatura promedio y el número de árboles infestados en la Finca Saquichaj.	110
Figura 57A. Altitud en metros sobre el nivel del mar de los puntos de infestación georeferenciados.	111
Figura 58A. Vista lateral del insecto adulto del <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann. Fotografía tomada en un microscopio estereoscopio en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala	111
Figura 59A. Antena del <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann. Fotografía tomada a 40X en un microscopio compuesto en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	112
Figura 60A. El margen posterior del pronoto Fotografía tomada en microscopio estereoscopio en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	112
Figura 61A. Declive elitral de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann. Fotografía tomada en microscopio estereoscopio en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	113

CONTENIDO	PAGINA
Figura 62A. Vista de los dos tamaños de setas del declive elitral de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann Fotografía tomada a 20X en un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	113
Figura 63A. Setas declive elitral de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann. Fotografía tomada a 20X en un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala	114
Figura 64A. El tarso de todas las patas del insecto del genero <i>Dendroctonus spp.</i> tiene un arreglo de 5-5-5, por lo que se dice que es un insecto pentámero . Fotografía tomada a 40X en un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	114
Figura 65A. Insectos adultos de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte. Foto tomada en un microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	115
Figura 66A. Diferente tamaños y colores de los insectos adultos del <i>Dendroctonus valens</i> LeConte. Fotografía tomada en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	115
Figura 67A. Élitro de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte con abundantes setas. Fotografía tomada con un microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala...	116

CONTENIDO	PAGINA
Figura 68A. La antena capitada de <i>Dendroctonus valens</i> LeConte un color rojo intenso. Fotografía tomada a 40X con un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	116
Figura 69A. Pupa de <i>Dendroctonus valens</i> Leconte. Fotografía tomada en un microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	117
Figura 70A. Cuerpo de insecto adulto del <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford. Fotografía tomada en un Microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	117
Figura 71A. Élitros de <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford. Fotografía tomada en un Microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	118
Figura 72A. Vista transversal de la antena de <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford. Fotografía tomada en un Microscopio compuesto a 40X en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala	118

DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DEL GORGOJO DESCORTEZADOR *Dendroctonus spp* (Coleoptera: Scolytidae) Y LA RELACIÓN CON SUS HOSPEDEROS DE PINO EN LA FINCA SAQUICHAJ EN COBÁN ALTA VERAPAZ.

DETERMINATION OF THE BARK BEETLES SPECIES *Dendroctonus spp* (Coleoptera: Scolytidae) AND THE RELATIONSHIP WITH HIS PINE HOSTS IN SAQUICHAJ FARM IN COBÁN ALTA VERAPAZ

RESUMEN

Dentro de las plantaciones de pino en la Finca Saquichaj, fueron encontradas tres especies de gorgojo descortezador: ***Dendroctonus frontalis* Zimmermann, *Dendroctonus valens* LeConte y *Dendroctonus adjunctus* blandford.**

Para el estudio del gorgojo descortezador del pino se dividió la Finca en tres estratos:

Estrato 1: plantaciones de 0 a 5 años de establecimiento

Estrato 2: plantaciones de 5 a 10 años de establecimiento

Estrato 3: plantaciones de más de 10 años de establecimiento

Con base en la morfología de los insectos adultos, el ***D. frontalis***, se diferencia de las demás por tener su declive elitral ligeramente escarpado y convexo con presencia de dos diferentes tamaños de setas: grandes y pequeñas. Este gorgojo forma orificios de entrada bien definidos en el fuste por medio de los tubos resiníferos de color rosado y textura blanda. La longitud de las galerías van desde los 10cm a los 20cm de largo, mientras que su ancho varían entre 3mm y 5mm. La forma de las galerías es en S y son orientadas hacia abajo. El ataque de esta especie de gorgojo descortezador se localiza en el estrato tres de plantaciones maduras y la susceptibilidad al ataque se enfoca en aquellos árboles que presentan condiciones de dominados y sobremaduros. Los

árboles son atacados a una altura entre los 8 m y 15 m. Al descortezar el árbol, la madera presenta tonalidades de azul a negro. Las especies de pino más afectadas fueron ***Pinus maximinoii* H.E Moore** en un 67% y el ***Pinus caribaea var Hondurensis*** en un 33%. Para cada especie de pino atacada, se realizó un muestreo de las densidades de población del insecto en sus tres estados de desarrollo partir de una unidad de muestreo de 2000cm². Como resultado se estimó para: el ***P. maximinoii*** un promedio de 2617 larvas, 1260 pupas y 1650 insectos adultos. En el ***P. caribaea*** se estimó un promedio de 2104 larvas, 1740 pupas y 1750 insectos adultos. Las variables dasométricas más representativas que se relacionan directamente con las densidades de individuos dentro del árbol son: el radio de copa, el área de foco, el diámetro a la altura del pecho y el área basal por árbol. A medida que estas variables crecen se observa un incremento en la estimación de la densidad de insectos por árbol infestado. Sin embargo, a medida que crecen las poblaciones dentro de cada árbol infestado, el número de estos presenta un incremento significativo dentro de la plantación.

Por otro lado, el ***D. valens*** se diferencia de las otras especies por su tamaño y coloración. Esta especie de gorgojo descortezador mide aproximadamente entre 7mm y 10mm de longitud y su coloración es rojo oscuro brillante. segunda especie se diferencia por su tamaño de aproximadamente entre 8mm y 10mm. En el estrato tres, este gorgojo fue encontrado atacando de la especie de ***P. maximinoii*** en un 91% y ***P. caribaea*** en un 9% presentándose en ambas especies de pino como plaga primaria. El estado de desarrollo predominante de este insecto fue el adulto y la densidad estimada de insectos por árbol fue de 17. Los árboles atacados presentan diámetros menores al promedio de la plantación por lo que la susceptibilidad al ataque se hace más evidente en aquellos árboles que tienen las condiciones de sobremaduros y/o suprimidos. También cabe mencionar que esta especie de gorgojo es más frecuente encontrarla en aquellas áreas que son sujetas a extracción de madera.

En los estratos de las plantaciones jóvenes y muy jóvenes la especie de pino atacada fue en su 100% el *P. maximinoii*. Estos estratos presentan densidades de árboles por hectárea entre 900 y 600 árboles y diámetros por debajo de la medida de las parcelas permanentes. Esto indica que las variables dasométricas más significativas en estas plantaciones son densidad de árboles por hectárea, el radio de copa, área de foco y diámetro a la altura del pecho. El daño corresponde a la presencia de orificios de entrada con un diámetro de 6mm, siendo los grumos de resina grandes y blandos de coloración rojiza a rosada y de textura suave y arenosa. El estado de desarrollo del predominante del *D. valens LeConte* fue el adulto y se encontró una densidad de población de 2 insectos por árbol.

Los factores climáticos durante el periodo de investigación indican que: la precipitación pluvial favorece la propagación del *Dendroctonus spp* dentro de las plantaciones en todos los estratos. En el caso de la temperatura, a medida que esta se incrementa, existe mayor probabilidad de incrementarse el número de árboles infestados, por último el aumento de la humedad relativa, favorece el incremento en los árboles infestados dentro de la plantación de la Finca Saquichaj

El *D. adjunctus* se diferencia por tener escasas setas en su declive elitral que nacen de pequeños pináculos bien definidos. No fue encontrada atacando árboles dentro de las plantaciones pero su presencia se detecto por medio de trampas de embudos múltiples atraídos con feromonas y agua ras donde su utilización forma parte del programa del manejo integrado del gorgojo descortezador del pino.

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, una de las plagas que ha afectado los bosques de pino y ha producido un fuerte impacto en la ecología y economía del país es el gorgojo descortezador del pino del género *Dendroctonus spp.* Durante los años 1,997 al 2,001 la plaga infestó los pinares de Petén, teniendo su máximo apogeo en el año 2,000 destruyendo más de 2,000 hectáreas de bosque natural de *P. caribaea*. Las pérdidas ocasionadas fueron cuantiosas puesto que la madera de los árboles infestados no pudo comercializarse (Castañeda 2001).

En las últimas décadas, las poblaciones de gorgojos descortezadores han fluctuado sin ningún patrón en particular, con una aparente tendencia a incrementar su acción destructiva. La magnitud de estas poblaciones de gorgojos sugiere que el equilibrio natural ha entrado en un desbalance dado por la gran abundancia de hospederos. La estimación de este riesgo ha hecho que en la Finca Saquichaj, Reforestadora Industrial Sociedad Anónima -REFINSA-, haya desarrollado su propio programa de manejo integrado del gorgojo descortezador del pino de tal manera que el conocimiento de las diferentes características del bosque y del insecto pueden ayudar a entender las diferentes circunstancias que originan los ataques en la Finca Saquichaj.

La lucha para controlar la plaga del *Dendroctonus spp* en la Finca Saquichaj, ha requerido de insumos y personal capacitado para su control. Esta investigación da a conocer los resultados de la aplicación del manejo integrado de la plaga del gorgojo descortezador y muestra las condiciones actuales de las relaciones del insecto con sus hospederos, estimando de esta manera, el alcance destructivo que ocasiona la plaga a los proyectos de reforestación de la Finca Saquichaj.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus spp.*, es la plaga más importante en los bosques y las plantaciones de pino en Guatemala. Durante y después de su ataque, reduce considerablemente el valor de la madera en pie, en especial donde el monitoreo y control son difíciles de aplicar, tomando en cuenta el alto costo que este representa.

Reforestadora Industrial S.A. -REFINSA-, tiene establecidas en el municipio de Cobán A.V. 1,826.07 hectáreas de plantaciones forestales de las cuales 1721 son de *Pinus spp* con edades que varían entre 1 y 25 años. Estas plantaciones estuvieron en un alto riesgo cuando en los años 2,002 y 2,003 se detectaron brotes de *Dendroctonus spp.*, los cuales causaron una pérdida de 26 hectáreas de *P. caribaea var Hondurensis*, con un volumen total de 676m³ de madera que no se pudo comercializar a un costo de **Q. 85,987.20**. Teniendo en cuenta que el *Dendroctonus spp.* es un componente más del bosque y la amenaza latente para las plantaciones en la Finca Saquichaj, se desconocen cuales son las especies de gorgojo y las condiciones que hacen susceptible a la plantación y que influyen en la aparición del gorgojo descortezador del pino que lo constituye en plaga forestal significativa.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Antecedentes del *Dendroctonus* spp. en Guatemala

El *Dendroctonus* spp. corresponde al gorgojo descortezador más destructivo como plaga en los pinares y se manifiesta desde el sur de los Estados Unidos hasta Centro América. En Guatemala las primeras documentaciones datan de 1895 con evidencias de ataque de esta especie en los bosques de Alta Verapaz y Totonicapán (Castañeda 2001).

En Guatemala, los ataques de *Dendroctonus* spp., se reportan también por los años de 1928 donde Bártres inicia las investigaciones sobre la mortandad de pinos en Totonicapán. Pero la plaga oficialmente es identificada en el año de 1936 cuando Juan Antonio Alvarado hizo una inspección a por las regiones infestadas concluyendo que las especies causantes de la muerte de los pinos eran los descortezadores: *D. adjunctus* y el *D. mexicanus*, considerando que las causas principales del ataque del gorgojo eran los incendios forestales y el proceso de ocotéo en los bosques de pino (Medina 1980).

En Guatemala se han reportado 5 especies de gorgojos descortezadores del pino: *D. frontalis* Zimmermann, *D. adjunctus* Blandford, *D. vitei* Wood, *D. valens* LeConte y *D. parallelocolis* Chap. De estas especies, las responsables de los daños en los bosques y las más agresivas son las dos primeras. Estas especies fueron detectadas en los años 70 las cuales adquirieron proporciones catastróficas a finales de esa misma década (Cano 2001).

En 1977, la FAO, determinó que el ataque de *Dendroctonus spp.*, había afectado un área de 93,134 hectáreas de *P. rudis* y *P. ayacahuite* en alturas superiores a 2,400 msnm en la región I del entonces Instituto Nacional Forestal (INAFOR), que comprendían los departamentos de Quetzaltenango, Quiché, Huehuetenango, Totonicapán, Sololá y San Marcos en el altiplano del país. Para el año de 1980, el gorgojo del pino llegó a afectar un área de 100, 000 hectáreas en esta región determinando que el gorgojo causante era el *D. adjunctus Blandford*. (Pitoni 1980).

Para la década de los años 90, el gorgojo descortezador se reporta principalmente en la zona norte del país, infestando los bosques naturales y plantaciones forestales de *P. caribaea* en el departamento del Petén. La especie asociada al ataque fue *D. frontalis Zimmermann* determinada en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Entre los años de 1997 y 2001, como consecuencia del desequilibrio causado por el Huracán Mitch y por las características de los bosques naturales y el mono cultivo de plantaciones forestales de pino, el gorgojo reaparece como brote poblacional en magnitudes considerables (Hernández 2003a). En el departamento de El Petén, un equipo de expertos del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y del Consejo de Áreas Protegidas (CONAP) realizó, en Marzo del 2001, un reconocimiento aéreo que permitió hacer una evaluación general del 95% de los pinares en Poptún. Datos conjuntos de estas instituciones reportan un total de 1,102.41 has infestadas de bosque natural de *P. caribaea*. A esto se suman 374 has de reforestaciones voluntarias de esta especie de pino en los municipios del departamento del Petén, San Francisco, Santa Ana, Flores y La Libertad, que fueron atacadas por el gorgojo descortezador (Castañeda 2002).

3.1.2 Consideraciones del genero *Dendroctonus spp*

Los escolítidos que pertenecen a la familia Scolytidae, están incluidos entre los insectos forestales más destructivos de bosques de coníferas de Norte y Centro América. Asimismo, aún no se les conoce su potencial de destrucción y daño en bosques de plantas latifoliadas. El género *Dendroctonus spp.*, etimológicamente la palabra significa Asesino de árboles o matador de árboles “Tree Killer”, que proviene del griego:(Hernández 2003a)

Dendro = árbol asociado a la palabra Dendrología, especies de árboles.

Cton = asesino

3.1.3 Características Taxonómicas

El género *Dendroctonus spp.* descrito por Erich en 1936, pertenece a la familia Scolytidae del orden Coleóptera (cuadro 1) y comprende aproximadamente 30 especies distribuidas exclusivamente en el continente Americano siendo la única excepción la especie *D. micans* que es una especie euroasiática que ataca a la especie *Picea spp.* (Castañeda 2002).

Unas especies barrenan en la madera de árboles vivos o recién cortados, mientras que otras atacan conos y semillas de coníferas. Algunas especies atacan las raíces de pinos. Los adultos son cilíndricos, de color oscuro, con estrías en los élitros. Las larvas son blancas y ápodas. Es un grupo muy importante que causa grandes pérdidas (Cano 2001).

Estas especies abarcan desde el límite de árboles en el norte de Alaska y Canadá hasta los bosques de coníferas en las partes altas de Nicaragua en Centro América. Este género de gorgojos se les conoce comúnmente como barrenadores o descortezadores debido a que barrenan la corteza y se alimentan del floema de los árboles de coníferas (Castañeda 2002).

Cuadro 1: Clasificación Taxonómica del Gorgojo descortezador del pino

	CATEGORÍA	TAXON
1	PHYLUM	Arthropoda
2	SUBPHYLUM	Atelocerata
3	CLASE	Insecta
4	SUBCLASE	Pterygota
5	DIVISIÓN	Endopterygota
6	ORDEN	Coleóptera
7	SUBORDEN	Polyphaga
8	SUPERFAMILIA	Curculionoidea
9	FAMILIA	Scolytidae
10	GENERO	<i>Dendroctonus</i>
11	NOMBRE COMUN	Gorgojo descortezador de los pinos, gorgojo barrenador de los pinos.

Fuente: (Wood 1982).

3.1.4 Morfología general del *Dendroctonus spp*

El insecto posee un cuerpo robusto o ligeramente elongado, cilíndrico y variable en longitud, de 2.2 mm a 10 mm; de 2.3 a 2.6 veces con el ancho del pronoto, aproximadamente igual al de los élitros y su longitud de la mitad de estos más largo que ancho; el género se reconoce por ser de color café oscuro a negro, aunque algunas especies son rojizas. La frente es convexa y a menudo puede llevar elevaciones o tubérculos. Los ojos son ovales y enteros. Las antenas tienen un funículo formado por cinco segmentos que dan base a una clave aplanada y subcircular que lleva tres suturas marcadas por setas. La cabeza es visible desde la vista dorsal. Los élitros tienen estrías e interestrías con granulaciones y terminan en un declive elitral convexo y cubierto con setas que según su tamaño y abundancia, sirven para identificar a las especies. Tarso de cinco artejos con el tercero dilatado y bilobado y el cuarto muy pequeño, anillado y oculto en el tercero (Hernández 2003b, Tovar et al1995)

3.1.5 Especies de *Dendroctonus spp.* reportadas en Guatemala

Según Castañeda (2001) y Hernández (2001) en Guatemala existen cinco especies de *Dendroctonus spp.* (cuadro 2) las cuales se describen a continuación:

3.1.5.1 *Dendroctonus adjunctus* Blandford

Este gorgojo descortezador es una plaga que ataca los bosques de pinos que se encuentran por encima de los 2800 msnm. Los huevos son ovalados y de un color blanco perla y miden aproximadamente 0.15 cm de largo y ancho. La larva es corrugada en forma de C, apoda y muy a menudo transparente observándose la materia que contiene su abdomen en una coloración café rojiza. Dependiendo del instar en que se encuentre la larva varia en sus dimensiones de 1.5mm a 4.3mm. Las pupas son de una coloración cremosa, en la cual se observan las características de los adultos como los élitros, patas y antenas midiendo 0.6mm de largo y 0.4 de ancho. (Massey1977).

El insecto adulto tiene una longitud de 2.9 a 6.6 mm con un promedio de 5.4mm. el color del cuerpo cuando el insecto esta maduro es negro o café oscuro. Los élitros tienen sus lados rectos y subparalelos en los dos tercios basales y son relativamente redondeados en la parte posterior. El declive es moderadamente pronunciado, convexo y con el interespacio dos débilmente marcado. Las setas de dicho declive salen de gránulos bien definidos y son grandes y escasas (Tovar et-al 1995).

Esta especie se caracteriza por su sistema de galerías, constituido por la galería matriz en dirección horizontal subiendo a lo largo del tronco y un poco más o menos rectangular y formando un arco uniforme. Las galerías son construidas en el cambium y en las capas internas de la corteza. Mide de 4 a 5 mm de largo y de 1.5 a 2 mm de ancho. Sus ataques se encuentran entre los 2400 a los 3200 msnm. Entre las especies de pino atacadas se encuentran las siguientes: *P. rudis*, *P. hartwegii*, *P. maximinoii*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite*, *P. pseudostrubus* y *P. oocarpa* (Castañeda 2002, Hernández 2003a, Juárez 1981).

Como consecuencia de la construcción de galerías y de la inoculación de los hongos manchadores, sobreviene la muerte de los árboles. Dado que el insecto requiere de todo un año para completar su ciclo de vida y el período de ataque es largo, la muerte de los árboles requiere de tiempo y solo después de varias semanas se inician los cambios de color del follaje de verde a verde amarillento. Para pasar de verde amarillento a rojizo se necesitan varios meses. Los insectos causan la muerte de grupos de árboles y con frecuencia los árboles infestados no pasan de 20 individuos, pero si las infestaciones no se controlan durante varios años, entonces el número de árboles muertos por manchón puede crecer hasta incluir varios cientos. Los árboles infestados pueden ser de cualquier clase de dominancia, pero aquellos ubicados en las categorías de suprimido, dominado o codominante son más susceptibles que los ubicados en la categoría de dominante. Son susceptibles también aquellos árboles que han sido lesionados por rayos, por incendios forestales y por la extracción de madera y por infección del muerdago enano o enfermedades de la raíz (Tovar et al;1995).

3.1.5.2 *Dendroctonus valens* LeConte

El insecto se encuentra en los bosques de pino con mayor distribución y frecuencia. En los aprovechamientos son muy comunes y ocasionalmente causan preocupación por atacar árboles vivos pero en la mayoría de veces sus ataques no son efectivos y se considera de importancia secundaria. El huevo es transparente y un poco blanquecino, es de forma cilíndrica y ovoide y un poco mas largo de 1 milímetro. La larva tiene forma de C, es de coloración blanquecina a excepción de la cabeza y una pequeña área en la parte trasera que son de color café. La larva llega a medir aproximadamente entre 10 y 12 mm de largo en su ultimo instar larval. La pupa posee la misma coloración de la larva y se encuentra en un estado de latencia. Pueden ser visibles, los apéndices tales como patas, abdomen, élitros, antenas y ojos. El insecto adulto presenta una forma cilíndrica y mide entre 5.7 y 10 mm de longitud con un promedio de 7.3 mm.

Es de color rojo claro a rojo oscuro. Las antenas tienen una característica que permite su identificación específica, que consiste en presentar un mazo antenal simétrico y con una coloración rojiza uniforme. El pronoto es amplio y finamente puteado con los lados estrechos hacia la cabeza (Tovar et al 1995).

Este insecto es un predador secundario de los tocones y de la porción basal de los árboles con o sin ataque de un descortezador primario. Frecuentemente esta especie esta asociada con las especies de *Dendroctonus spp*, en especial con *D. frontalis Zimmermann* y generalmente se encuentran localizadas en las mismas áreas y atacando los mismos árboles de la misma especie y muy frecuentemente infestando áreas con aprovechamiento forestal. Este se encuentra atacando las especies de pino: *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. maximinoii*, *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* (Cano 2001, Hernández 2003a).

Los insectos infestan con éxito árboles moribundos o tocones recién formados durante los aprovechamientos maderables. Casi siempre se encuentran en la base del árbol y son menos frecuentes hasta el primer metro de altura, además de que raramente rebasan esta altura. Cuando existen grandes poblaciones de insectos, pueden atacar árboles verdes; sin embargo, es extremadamente raro que tengan éxito en estos árboles (Tovar et al 1995).

3.1.5.3 *Dendroctonus frontalis Zimmermann*

El huevo es ovalado en forma elíptica, es de coloración blanco perla y miden aproximadamente 0.15mm. El estado de huevo tarda aproximadamente de 10 a 15 días. Y La larva tiene forma de C, es de color blanquecino cremoso con 10 segmentos abdominales. Su cabeza esta bien desarrollada y sobresalen las mandíbulas de color negro. Tiene una longitud aproximada de 2 mm. Presenta la misma coloración cremosa de la larva, tiene la forma del adulto con el abdomen

y extremidades expuestas, mide de 3 a 4 mm de largo y la duración de este estado es de 13 a 17 días (Billings 2002). Mide de 2.2 a 3.2mm con un promedio de 2.8. Es de color café a negro. La cabeza es visible desde el dorso, los ojos son ovalados y enteros la frente es convexa con dos elevaciones laterales en su porción media justo por debajo del nivel superior de los ojos, que están separados por un surco. En la parte superior de cada elevación y en los márgenes dorsales medios del surco, se encuentran dos gránulos prominentes que algunas veces son de posición media dorsal. El pronoto presenta una superficie lisa, con puntuaciones laterales poco abundantes y poco profundas. El declive elitral con pendiente moderada , setas abundantes de dos tipos de tamaño: grandes y pequeñas (Tovar et al 1995).

La antena es de tipo geniculada, con maza antenal muy aplanada. El funículo antenal formado por cinco artejos, que dan base a una clava aplanada y subcircular y en ella lleva tres suturas marcadas por setas. El pronoto es inerme sin estrías longitudinales y es más ancho que largo. El escuto visible y redondeado. El margen anterior de élitros es crenulado y el declive elitral es convexo. El margen exterior de la protibia armada con varios dientecillos muy aparentes. Los élitros con estrías e interestrías con granulaciones que terminan en un declive elitral convexo. Tiene la particularidad que transporta el hongo ***Ceratocystis minor*** que le da a la madera una tonalidad azul. Esta especie de gorgojo ataca entre los 0 a 1500 msnm y las especies de pino atacadas son: ***P. caribaea***, ***P. maximinoii***, ***P. montezumae*** y ***P. oocarpa***. (Castañeda 2002, Hernández 1975).

El daño directo que ocasiona esta especie es la muerte del los árboles. Los insectos introducen los hongos azules o manchadores de la madera que contribuyen de manera importante en la muerte del árbol, la cual ocurre en pocos días. Los insectos son capaces de matar árboles que oscilan de 5 a 100 cm de diámetro normal. Los árboles más susceptibles son los dañados por

incendios y resinación excesiva, así como los que se encuentran en sobredensidad, en sitios de baja productividad o aquellos de edad sobremadura (Tovar et-al 1995).

3.1.5.4 *Dendroctonus vitei* Wood

Sus características son semejantes al *D. adjunctus Blandford* cuyos ataques se han encontrado en Guatemala a elevaciones que oscilan entre los 900 a 2000 msnm. Las especies de pino atacadas por este gorgojo son: *P. maximinoii* y *P. pseudostrobus* (Castañeda 2002, Hernández 2003a).

3.1.5.5 *Dendroctonus parallelocolis* Chapuis

Es un insecto que principalmente se encuentra en bajas altitudes por debajo de los 2700 msnm. Aunque es primario, no se tienen registradas infestaciones de importancia e incluso es raro en las colecciones de insectos. Es de interés por su habilidad de infestar raíces de árboles grandes. Los adultos son de cuerpo alargado, miden de 4.9 a 6.3 mm de longitud con un promedio de 5.5 mm. Tiene como característica diagnóstica presentar el pronoto subcilindrico y sin la constricción conspicua de su margen anterior; los lados del pronoto son casi paralelos. La vestidura esta poco desarrollada y no es aparente. El color de los adultos es negro brillante. Su sistema de galerías es similar al de *D. adjunctus Blandford*, no obstante que las galerías matrices parecen ir de arriba hacia abajo mas frecuentemente, distinguiéndose además por sus frecuentes ramificaciones (Tovar et al 1995).

Cuadro 2: Distribución y hospederos de *Dendroctonus spp* presentes en Guatemala.

Espece de <i>Dendroctonus spp</i>	Descripción de la especie	Área geográfica reportada	Altitud de influencia	Espece de Pino atacada
<i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford	Mide de 5.4 mm de promedio y 2 mm de ancho siendo 2.5 veces mas largo que ancho. Cuerpo oscuro a casi negro y la protuberancia epistomal tan ancha como la mitad de los ojos.	Altiplano occidental de Guatemala; altiplano central municipio de Tecpán; valle central de Cobán A.V. y el departamento de Santa Rosa.	De los 1900 a 3200 metros sobre el nivel del mar.	<i>Pinus ayacahuite</i> <i>Pinus maximinoii</i> <i>Pinus montezumae</i> <i>Pinus hartwegii</i> <i>Pinus rudis</i> <i>Pinus oocarpa</i> <i>Pinus pseudostrabus</i>
<i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmerman	Longitud promedio 3.5 mm. 2.4 veces más larga que ancha de color café rojizo a casi negro. Inocula el hongo <i>Ceratocystis minor</i>	Altiplano occidental, Valle de Ciudad Guatemala y Poptún, Petén.	De los 0 a los 900 msnm y en el altiplano a 1500 msnm	<i>Pinus caribaea</i> <i>Pinus maximinoii</i> , <i>Pinus montezumae</i> <i>Pinus oocarpa</i>
<i>Dendroctonus parallelocolis</i> Chap	Mide 8mm de largo y 4 mm de ancho 2.5 veces más largo que ancho. Promedio de longitud 6 mm. El color es de café oscuro a negro. Espacios declivitales aplanados con el segundo interespcio marcado débilmente por gránulos redondeados uniseriados. Los tubérculos frontales en el macho más grandes.	Altiplano occidental en el departamento de Quetzaltenango.	Alturas menores a 2400 metros sobre el nivel del mar	<i>Pinus oocarpa</i>
<i>Dendroctonus valens</i> LeConte	Mide aproximadamente 9 mm de largo y de 3 a 4 mm de ancho, 2.3 veces mas largo que ancho. Longitud promedio es de 7.3 mm. Cabeza ancha sin inflexión en la frente, cuerpo cilíndrico y cubierto de pelos diseminados. El pronoto es amplio y firmemente punteado y los lados estrechos hacia la cabeza. Es una plaga comúnmente secundaria asociada a otros <i>Dendroctonus spp</i>	Altiplano occidental, altiplano central en los municipios de Tecpán y Patzún en Chimaltenango, y Cobán Alta Verapaz.	Alturas entre los 1500 a los 3100 metros sobre el nivel del mar	<i>P. caribaea</i> <i>P. oocarpa</i> <i>P. maximinoii</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. pseudostrabus</i>
<i>Dendroctonus vitei</i> Wood	Similar al <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford. Longitud promedio 3.9 mm 2.5 veces mas largo que ancho.	Altiplano central en el municipio de Patzún Chimaltenango	Alturas entre 900 a 2000 metros sobre el nivel del mar.	<i>P. maximinoii</i> <i>P. pseudostrabus</i>

Fuente (Castañeda 2002b, Hernández 2003a)

3.1.6 Aspectos ecológicos relacionados con la plaga del *Dendroctonus spp*

La relación entre el gorgojo y el hospedero, es un fenómeno ecológico muy complejo. De alguna manera la plaga se reproduce y prospera en el bosque permitiendo que algunos de los hospederos sobrevivan para mantener la continuidad de ambas especies. Los aspectos ecológicos entre el gorgojo descortezador y el ambiente donde vive son difíciles de explicar. Existen muchas variables en juego como lo son las especies de pino que sirven como hospedero, las variables dasométricas propias del árbol, el lugar donde se encuentran y el régimen climático prevaleciente en donde habita el gorgojo descortezador. La plaga del *Dendroctonus spp* y sus hospederos del género *Pinus*, se ven condicionados a vivir en una manera en la cual la coevolución permite la perpetuidad de ambas especies.

3.1.6.1 Condiciones climáticas

Entre las principales condiciones climáticas que posiblemente influyen en el *Dendroctonus spp* destacan la precipitación y la temperatura. Estas pueden afectar directamente la población, su tasa de crecimiento, longevidad, oviposición, cópula y dispersión, así como la resistencia del hospedero al ataque. La temperatura y la humedad relativa tienen un efecto directo en los diferentes estados de vida del insecto. Al presentarse cambios fuera de los rangos de temperatura y humedad relativa, la subsistencia será altamente reducida. La alta temperatura y baja humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga, siendo la temperatura optima entre 20° y 22°C y una humedad relativa entre el 50 % y el 60% (Nuñez 2001).

3.1.6.2 Régimen de lluvias

El régimen de lluvias es probablemente el factor ambiental mas determinante que afecta la actividad del gorgojo descortezador del pino, pero se desconoce como. Podría ser que la humedad afecte directamente la supervivencia y la vitalidad de los gorgojos adultos o puede ser

que las poblaciones del gorgojo se vean mermadas por la resistencia adquirida del árbol. Existen investigaciones que han determinado las diferentes relaciones entre el régimen de lluvias, el ataque de gorgojo descortezador y el balance de agua dentro del árbol. Otros estudios dan a conocer la relación del área de influencia de la precipitación en que radica la plaga en una zona terrestre determinada y las fluctuaciones de las poblaciones de gorgojo descortezador. La importancia está, en que el régimen de lluvias tiene una relación directa con la disponibilidad de agua para el hospedero lo que repercute de alguna manera favorable o desfavorable en su resistencia al ataque, y/o la interferencia de esta con la población del gorgojo descortezador.

Lorio y Hodges (1977), citado por Ray. (2002) encontraron que la exudación de resina en árboles de pino está directamente relacionada con el régimen de lluvia. En un experimento donde se indujo a un estrés hídrico cierta cantidad de árboles, se demostró que la exudación de resina disminuyó notablemente provocando que el gorgojo descortezador fuera más eficiente en su ataque. De esta manera los árboles inducidos al estrés artificial sucumbieron al ataque de la plaga no siendo así para los árboles con un régimen hídrico normal. Es obvio que la relación entre la resistencia de los árboles y la producción de resina esta directamente relacionado con el balance de agua del árbol. Estas relaciones sin duda alguna son responsables de las fluctuaciones de la población de la plaga en los periodos de lluvias. Kroll & Reevers (1978), citado por Ray. (2002) estudiaron esta relación en algunas áreas que tienen algún grado de similitud entre sí en el régimen de lluvias. Ellos determinaron que las lluvias tempranas al final de la estación primaveral en EE.UU. están asociadas con los brotes que aparecen durante el verano. La abundante lluvia que anteceden al verano de un año dado, conduce a un aumento de brotes de la plaga durante ese mismo año. Ahora bien, cuando existen lluvias repentinas que son escasas en un año en particular, estas no poseen relación alguna con el apareamiento de brotes en ese mismo año. El Instituto Politécnico de Virginia EE.UU. estudio ciertas relaciones entre el régimen

de lluvias y la fluctuación mensual de las poblaciones del gorgojo descortezador. Las investigaciones concluyeron que la baja precipitación esta directamente asociada con una alta actividad del gorgojo descortezador del pino. Ciertamente la lluvia ejerce un efecto positivo en la resistencia del hospedero. Sin embargo, cuantificar este efecto es sumamente difícil pues existen continuas variaciones propias en el hospedero, la plaga y el clima. Estas diferencias se circunscriben a las áreas donde se encuentra la plaga, lo que hace muy difícil generalizar cualquier estudio sobre la relación de la plaga y el régimen de lluvias (Ray 2002).

King (1972), citado por Ray. (2002) comparó los periodos de lluvia de varios años con abundante y poca presencia de gorgojo en diferentes localidades de EE.UU, y encontró que la precipitación tenue durante el verano en el estado de Georgia, la precipitación muy abundante en el invierno en Texas y los pequeños temporales copados de lluvias tempranas al final de la primavera en las Carolinas, están directamente asociadas con años epidémicos del gorgojo del pino.

La precipitación y los ataques masivos del gorgojo se observan en la producción de resina del hospedero. En los meses de sequías, la producción de resina es escasa y por ser esta la defensa de los árboles, el insecto tiene más éxito en colonizarlos, por lo que mientras más prolongada y severa sea la sequía, menor será la habilidad de los árboles para resistir. Esto se debe a que en los árboles deshidratados por la sequía, la exudación de resina es baja. Es en la época seca cuando generalmente las poblaciones de gorgojo están más dispersas formando grandes brotes, no siendo así en la época lluviosa donde existen pocos brotes y pequeños que se expanden muy lentamente hasta la siguiente época seca que es cuando vuelven a expandirse. (Midtgaard 2003, Nuñez 2001)

Así como el clima influye en los niveles de estrés de un bosque, los árboles expuestos al viento fácilmente pueden ser atacados. El movimiento causado por el viento quiebra las pequeñas fibras del sistema radicular y los árboles se pueden estresar por la continua deficiencia de agua. Por ejemplo, se ha encontrado que el *Dendroctonus valens* LeConte incrementa su actividad en los meses de sequía en el estado de Oregon en los EE.UU. (Overhulser 1999)

También cabe mencionar que eventos tales como tormentas eléctricas, granizo y vientos fuertes, asociados con las lluvias, son factores que permiten el inicio de las epidemias del gorgojo descortezador del pino. Lorio y Yandle (1978), citado por Ray. (2002) encontraron cierta relación entre estos fenómenos y la incidencia de la plaga.

3.1.6.3 Temperatura y Humedad relativa

El efecto primario de la temperatura recae directamente en la supervivencia del insecto, pero el fenómeno de resistencia del hospedero, esta relacionado con el balance hídrico del árbol. Kalstein (1976), citado por Ray. (2002) encontró que la evapotranspiración potencial de los árboles es una herramienta útil para predecir las poblaciones del gorgojo descortezador del pino. Está dado que la evapotranspiración potencial esta directamente relacionada con las variables climáticas en especial la humedad relativa y temperatura. Las evidencias que se han encontrado de la complicidad de estas en la resistencia del hospedero es circunstancial sin más. Campbell & Smith (1978), citados por Ray. (2002) no encontraron relación alguna entre estas y la fluctuación de la plaga. Logan (2001), menciona que la temperatura es fundamental para las poblaciones del gorgojo descortezador, sin embargo resulta muy interesante que la temperatura del floema dentro del pino, sea más alta que la temperatura ambiente. Primeramente, la elevada temperatura del floema es resultado de la radiación solar absorbida por la corteza. Es por esto que es importante tomar en cuenta el micro hábitat del gorgojo dentro del árbol hospedero.

3.1.6.4 Densidad de árboles y área basal

Las altas densidades están implicadas como un factor causante de las infestaciones del gorgojo descortezador del pino. Benet (1968), citado por Ray. (2002) afirma que las altas densidades ocasionan pérdida en el vigor y se vuelven susceptibles al ataque de esta plaga. Esta hipótesis fue confirmada cuando Hicks et al 1978 hallara en lugares húmedos de Texas que los árboles con un vigor pobre estaban estrechamente relacionados con la alta densidad y por consiguiente al ataque del gorgojo descortezador. El área basal es una variable dasométrica que está estrechamente relacionada con los ataques del gorgojo descortezador del pino. La presencia de la plaga en una plantación o bosque de pino, esta fuertemente correlacionada con valores relativamente bajos del área basal. Rowel (1978) citado por Ray.R (2002) reporta que una base de datos de aproximadamente 2,021 focos de pinos infestados poseía un área basal de $0.541\text{m}^2/\text{Ha}$ comparado con otra base de datos de área basal $2.725\text{m}^2/\text{Ha}$ correspondientes a 1396 puntos no infestados. Estos datos no dejan duda alguna de que la densidad de árboles es importante en la determinación de la susceptibilidad al ataque del gorgojo descortezador del pino ya que ambas variables están relacionadas estrechamente entre si. La relación entre el área basal y el gorgojo descortezador del pino se asemeja a aquella en donde la competencia entre especies se traduce en una pérdida del vigor de los árboles. Esta hipótesis se sostiene en el hecho de que la alta área basal de especies de árboles de maderas duras como el *Cupressus* spp. están asociados al ataque del gorgojo descortezador del pino tomando en cuenta que estos árboles de madera dura no son hospederos de la plaga. Su efecto devastador radica en que la competencia por nutrientes y agua se traduce en pérdida de vigor y aumento de susceptibilidad al ataque de los pinos.

3.1.6.5 Diámetro del árbol

Benet (1971), citado por Ray. (2002) sugiere que el frágil vigor de los árboles están estrechamente relacionados a diámetros reducidos, que constantemente son objeto de ataques del gorgojo descortezador del pino. Estudios realizadas por Coulson et al (1974) sustentan estas observaciones. La recolección de información de mas de 3000 puntos de muestreo de áreas infestadas y no infestadas en la Costa Oeste de EE.UU. durante los años 1975 y 1979, verificaron y cuantificaron las relaciones entre la reducción en la tasa de crecimiento de los árboles con el ataque del gorgojo descortezador. Los investigadores colectaron información de tres a cinco árboles dominantes o codominantes en cada punto de muestreo donde tomaron los datos del espaciamiento entre cada uno de los últimos cinco anillos anuales y de los 5 anteriores. El periodo de lectura correspondió a 5 años. El resultado indica que el incremento en 5 años del ancho de los anillos en los puntos de muestreo en áreas infestadas son de 15.03 mm y de 18.02 mm en áreas no infestadas. Estos datos fueron similares en todos los demás puntos de muestreo, demostrando de esta forma las diferencias en el crecimiento diametral entre las áreas afectadas con el gorgojo y las que no fueron afectadas. Presumiblemente, el crecimiento radial es un reflejo de diversos factores que juegan un papel importante en la pérdida de vigor del árbol ya sea este edafológico, enfermedad y régimen climático entre otros. Es por esto que el crecimiento radial está determinadamente asociado con el ataque del gorgojo descortezador del pino.

3.1.6.6 Edad del árbol, altura del árbol y diámetro

Las características de estas variables no están frecuentemente relacionadas con el ataque directo del gorgojo descortezador del pino. Rowel (1978), citado por Ray (2002) menciona que el promedio de edades en los puntos de muestreo infestados y no infestados no varía en absoluto, de igual manera fueron reportados los datos de alturas y diámetros. Estas variables no pueden generalizar el comportamiento del gorgojo descortezador pues la cero relación obedece a que las

variaciones en las diferentes áreas de plantaciones están regidas por los objetivos de manejo al que están sometidas y la diferencia climática como segundo plano.

3.1.7 Monitoreo de *Dendroctonus spp*

El monitoreo y control es una metodología que es implementada y ejecutada por administradores de fincas y proyectos de reforestación y/o comités y consejos técnicos que involucran diferentes instituciones para su ejecución. Esta metodología incluye recorridos y observaciones parciales en forma calendarizada y numerada dentro de los bosques naturales o plantaciones forestales para detectar focos y brotes de diferentes plagas forestales para la toma de decisiones en el control de estas. El monitoreo es de carácter continuo y permanente que involucra técnicos y expertos entomólogos contratados para el diseño de la muestra, incluyendo la toma de datos y registros así como la recolección de especímenes que son enviados a laboratorio para su posterior determinación (Hernández 2003a).

El monitoreo absoluto, es una metodología que consiste en recorrer el 100% de los árboles dentro de un bosque o plantación forestal observando cada uno de los árboles para detectar la presencia de focos o brotes del gorgojo del pino. Este requiere de planificación permanente y de la asignación de recursos presupuestados en forma anual. El censo es desarrollado en el término de una o varias semanas de trabajo continuo que garantiza mayor confiabilidad en el reporte de la presencia de la plaga forestal. Una vez detectado el brote o foco se toman las acciones inmediatas con cuadrillas especiales para disminuir las poblaciones de la plaga y evitar la expansión de la plaga por todo el bosque o plantación (Hernández 2003a).

3.1.8 Control de *Dendroctonus spp*

Se han propuesto tres categorías de árboles infestados, las que reflejan las diferentes fases del ataque. El número de árboles en cada una de las fases de desarrollo y dónde se ubican en el brote es la clave para determinar si un brote infestado crecerá en condiciones de clima favorable. Es esencial el que se pueda reconocer estas tres fases para determinar correctamente la necesidad de control.

La fase 1, son Pinos con ataques recientes (follaje verde). Cuando las hembras del gorgojo descortezador penetran en un árbol, estas producen feromonas que atraen a otros escarabajos, lo cual inicia una reacción en cadena infestando árboles vecinos de tal manera que el brote tiende a extenderse (Billings 2002).

La fase 2, los Pinos con especímenes estados inmaduros del gorgojo descortezador (follaje verde-amarillento). Después de que los adultos han invadido al árbol, se detiene la producción de atrayentes. Los huevecillos eclosionan y las larvas pequeñas de color blanco inician su alimentación en galerías construidas en la corteza interna, las cuales se entremezclan con las galerías de los adultos. A medida que las larvas se desarrollan, se mueven hacia la corteza externa, donde eventualmente cambian a pupas blancuzcas y después a adultos cafés o negros (Billings 2002).

Por ultimo, la fase 3. Pinos muertos y abandonados por el gorgojo descortezador (follaje café o rojizo). Después de haber madurado en la corteza, los adultos nuevos emergen por perforaciones de salida y vuelan a atacar a otros pinos. Un árbol es llamado "**inactivo**" cuando no se encuentra ningún estado de desarrollo del descortezador en él (Billings 2002).

3.1.8.1 Estrategia preventiva

Esta estrategia consiste en aplicar los siguientes métodos de control (Hernández 2003a):

Mecánico: Eliminación de árboles susceptibles y dañados por causas ajenas a insectos

Químico: Aplicación de insecticidas químicos al fuste de árboles sanos

Cultural: Prevención de incendios y capacitaciones de la plaga forestal

3.1.8.2 Estrategia supresiva

La identificación correcta del agente causal y los objetivos de manejo del propietario tendrán una gran influencia en la selección de uno o más métodos de control. Las cortas de saneamiento actualmente recomendadas para el control directo de infestaciones de *Dendroctonus frontalis* incluyen 1) cortar y aprovechar, 2) cortar y dejar, 3) control químico y 4) apilar y quemar. Los mismos métodos sirven para controlar algunas - pero no todas - de las otras especies de descortezadores. Para controlar infestaciones de descortezadores del género *Ips*, se puede aplicar el método de cortar y descortezar, sin quemar la corteza. Este último no sirve para *Dendroctonus*, porque las crías de éste son capaces de completar su desarrollo dentro de la corteza suelta (Billings 1990).

3.1.9 Estimación de la densidad de población de insectos

Rojas (1978), citado por Tejeda (1993), afirma que la estimación de la población de insectos o número de insectos presentes en un área determinada, puede lograrse en forma eficiente y económica, utilizando un método de muestreo adecuado. Por lo tanto, el área a la cual se desea estimar la población de insectos de una especie determinada es la unidad "A". Para conocer la población se elige un número de muestras de área "a" en "n" sitios dentro de esta área. En cada unidad de muestreo "a" se determina el número de insectos. Calculando el promedio aritmético de todas las unidades de muestreo. Si $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i$, representan los números de insectos en

las unidades de muestreo 1, 2, 3,.....n, respectivamente. Así el promedio de insectos por unidad de muestreo será:

$$\mu = \frac{\sum X_i}{n}$$

La estimación de la población "I" de insectos en el área será:

$$I = \frac{A}{a^2}$$

Donde: **I** = Estimación de la población
A= Área total
a= Área de la unidad de muestreo
μ = Media poblacional

El valor así estimado tiene una aproximación que depende del diseño de la muestra, es decir, tanto el numero de muestras y localización de las unidades de muestreo como el tamaño y forma de estas ultimas. La aproximación de I depende de la variabilidad que presente el número de insectos de una unidad de muestreo a otra.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Ubicación geográfica y vías de acceso de la Finca Saquichaj

La finca Saquichaj se ubica en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Las coordenadas geográficas entre las cuales se encuentra son $15^{\circ} 32' 00''$ y $15^{\circ} 36' 00''$ de latitud norte; $90^{\circ} 24' 00''$ y $90^{\circ} 28' 00''$ de longitud oeste. (figura 1). La principal vía de acceso a la finca la constituye la carretera CA-14 que parte de la ruta al Atlántico (CA-9) en el Rancho, El Progreso. Ésta conduce al norte pasando por el departamento de Baja Verapaz, hasta llegar a la cabecera departamental de Alta Verapaz, Cobán. El acceso entre Cobán y la finca, se realiza a través de la nueva carretera asfaltada que se extiende al norte con rumbo al municipio de Chisec, recorriendo una distancia aproximada de 9 kilómetros. Luego se cruza a la izquierda en la aldea El Rosario y se recorren los restantes 14 kilómetros. A través de este sistema vial la finca Saquichaj dista 235 kilómetros de la ciudad capital.

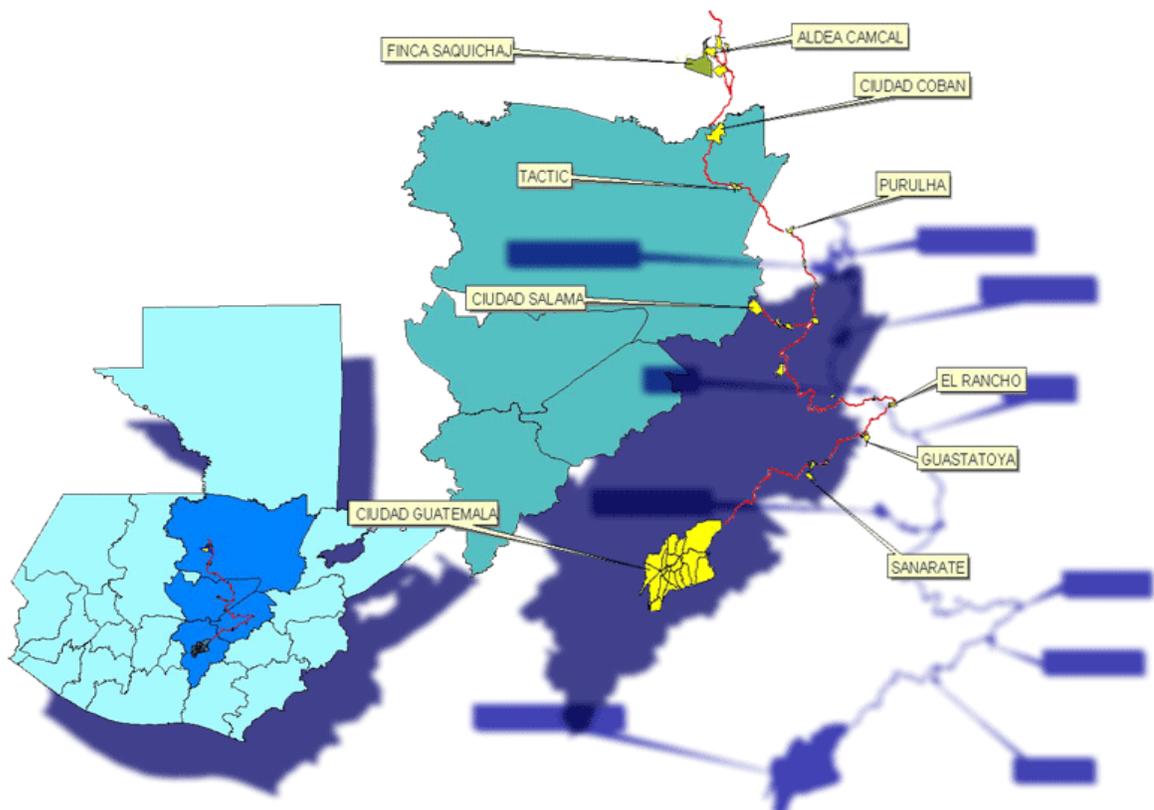


Figura 1. Vías de acceso para la finca Saquichaj. Cobán, Alta Verapaz.

La finca tiene como límites, al norte con la Finca Inopal; al este con Fincas: Chitutz, Coxna, Camcal, Pocol, Icmaja-Seabas, Pubrahub, Choval, Chionc; al sur con Finca Raxmox y al oeste con Fincas: Seacté; Xalcatá, Sahacún, Satzac (figura 2).

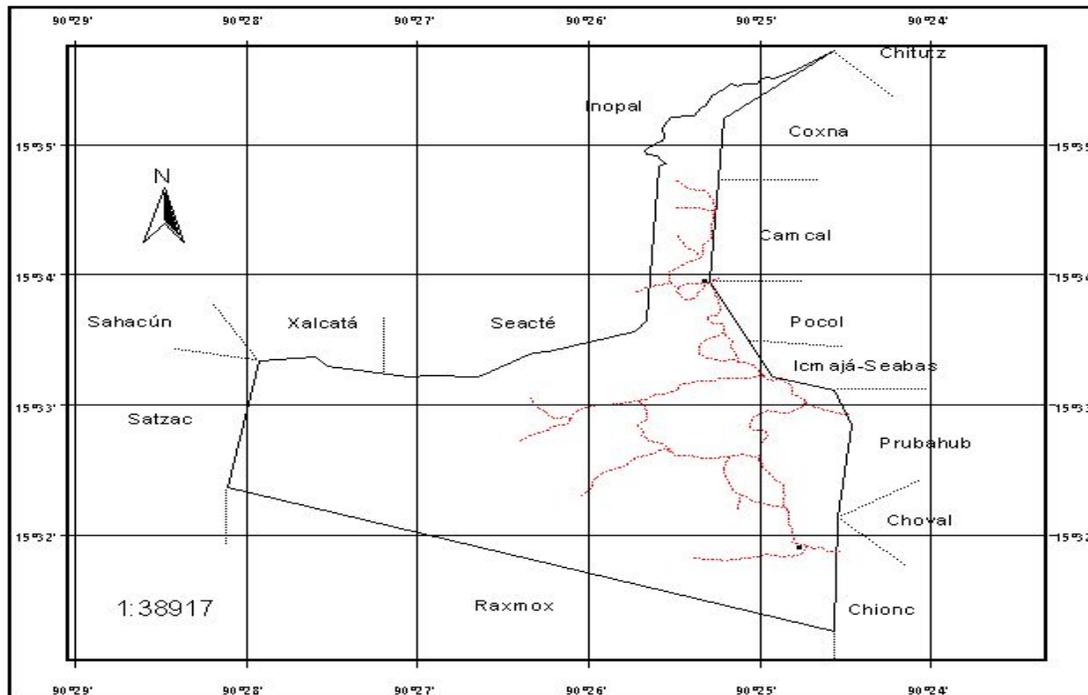


Figura 2. Ubicación geográfica y límites de la finca Saquichaj. Fuente: Suárez 2001

3.2.2 Características climáticas

La precipitación media anual es de 2,074.90 milímetros, la cual se distribuye de mayo a diciembre con una precipitación media mensual mayor a 120 milímetros. En los meses de enero a abril la precipitación media mensual es menor a 97 milímetros. La temperatura media anual es de 17.4 °C, con una máxima media anual de 24.5 °C y una mínima media anual de 13 °C. La humedad relativa varía de 90 % en los meses de octubre y diciembre a 85 % en los meses de marzo y mayo (Suárez 2001).

3.2.3 Zona de vida

De acuerdo con el mapa de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, elaborado por De La Cruz con base a las técnicas establecidas en el mapeo de formaciones vegetales del mundo de Holdridge, el área de estudio se encuentra comprendida dentro de la zona de vida denominada Bosque muy Húmedo Subtropical (frío), que se caracteriza por ser el segmento de mayor altura del bosque muy húmedo. La vegetación natural indicadora está constituida por: (***Liquidámbar styraciflua***) pino candelillo (***Pinus maximinoii***) aguacatillo (***Persea donelismithii***) aguacate chupté (***Persea schiediana***) y zapotillo (***Myrica cerifera***). Sin embargo, debido principalmente a la topografía del área, esta clasificación de zonas de vida no puede generalizarse para la finca, pues estas especies no están representadas. Por el contrario, la vegetación natural que se considera como indicadora en esta área está constituida por las siguientes especies, Ramchap o San Juan (***Vochysia guatemalensis***), Mario o Santa María (***Calophyllum brasiliense***), Canxan (***Terminalia amazonia***), Guarumo (***Cecropia peltata***), Coj o Anonilla (***Talahuma mexicana***), y Encino (***Quercus spp.***). Las especies ***Vochysia guatemalensis***, ***Calophyllum brasiliense***, ***Terminalia amazonica*** y ***Cecropia peltata*** son típicas de a zona de vida del Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido); mientras que las especies ***Talahuma mexicana*** y ***Quercus spp.*** se hallan comprendidas dentro de la zona de vida de Bosque Pluvial Subtropical (Suárez 2001).

3.2.4 Geología y suelos

Suárez (2001), menciona que las estructuras geológicas presentes en el área de la finca, según el mapa geológico de la República de Guatemala, pertenecen al cretácico Albiano-Cenomaniano, formados por rocas de caliza. Con respecto a los suelos del área de estudio, Simmons, Tarano y Pinto indican que pertenecen a la serie Tamahú, que se caracterizan por ser poco profundos de bien a excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza en un clima húmedo o húmedo-seco. La descripción del perfil de esta serie de suelo es la siguiente:

El suelo superficial, a una profundidad de 2 a 5 cm, es franco o franco arcilloso, friable, de color café muy oscuro, que tiene un contenido alto de materia orgánica (25%). La estructura es granular. El suelo es calcáreo a una profundidad cerca de 50 cm, el suelo es franco calcáreo o franco arcilloso, friable, de color café oscuro, que tiene un contenido de materia orgánica de alrededor del 9%, la estructura es de granular a cúbica y en algunos lugares, el suelo es masivo. El sustrato es caliza o mármol.

3.2.5 Fisiografía

Según el mapa de regiones fisiográficas de Guatemala, la finca se encuentra comprendida dentro de la región de las Tierras Altas Sedimentarias, donde se presentan una gran variedad de formas, desde colinas paralelas, topografía kárstica anticlinales y sinclinales sumergidos (siguanes), así como cavernas de roca caliza. El área donde se ubica el proyecto de reforestación Saquichaj posee una topografía ondulada a quebrada y de quebrada a fuertemente quebrada. Las pendientes van de 10% a 70% y de 60% a 100%. Las elevaciones varían de 560 a 1500 metros sobre el nivel del mar (Suárez 2001).

3.2.6 Hidrografía

El sistema hidrográfico de la finca está constituido principalmente por una serie de corrientes efímeras que desembocan en sumideros o "siguanes" y en el río Sachichá. Según el mapa de cuencas de la República de Guatemala, la finca se ubica dentro de la micro cuenca del río Sachichá. Este río tributa al río Negro o Chixoy, el cual drena a la cuenca del río Usumacinta dentro de la vertiente del golfo de México (Suárez 2001).

3.2.7 Capacidad productiva del suelo

Según el sistema de Clasificación de la Tierra por su capacidad de uso del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), son tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada, con pendientes muy inclinadas. Puede considerarse algún tipo de cultivo perenne, la mecanización no es posible y es indispensable efectuar prácticas intensivas de conservación de suelos. Esto los ubica según dicha clasificación de suelos, como suelos Clase VII (Suárez 2001).

3.2.8 Uso actual de la tierra

La finca Saquichaj comprende 19 unidades de manejo y 6 proyectos de reforestación (figura 3). Las edades de las plantaciones oscilan entre los 2 a 23 años de establecimiento, entre plantaciones voluntarias, proyectos PINFOR y proyectos de incentivos fiscales, estos últimos son los más antiguos descritas en el cuadro 3. (Suárez 2001)

Cuadro 3. Áreas de proyectos de reforestación en la Finca Saquichaj

Nombre del Proyecto de reforestación	Años de establecimiento	Área física en Hectáreas
Proyecto incentivos fiscales Finca Saquichaj	1977-1981	732.46
Reforestación voluntaria de las 131 hectáreas	1995-1996	136.69
Reforestación voluntaria de las 93 y 40 hectáreas	1996-1997	147.76
Proyecto de reforestación Se'hi	1997	96.00
Proyecto de reforestación Se'choc	1998	110.00
Proyecto de reforestación Se'pec	1999	110.00
Proyecto de reforestación Se'jeló Fase 1	2000	50.00
Proyecto de reforestación Se'jeló Fase 2	2001	44.54
Proyecto de reforestación Pecgüllich	2004	45.00
Proyecto de reforestación Sajquiché	2004	100.00
Total		1572.45

Refinsa

Ubicación de proyectos y secciones



Finca Saquichaj, Cobán Alta Verapaz

Figura. 3. Uso de la tierra en el año 2001. Fuente: Refinsa (2005)

3.2.9 Especies de Pino en los proyectos de reforestación Saquichaj

Según Paíz, la finca posee en sus plantaciones las especies de pino siguientes: *Pinus maximinoii* H. E. Moore, *Pinus caribaea* Morelet, y *Pinus strobus* var *Chapensis* Martínez.

3.2.9.1 *Pinus oocarpa* Schiede

Árbol de 12-18 (25) m de altura por 40-75 cm. de diámetro, con la copa por lo común redondeada y frecuentemente compacta; ramas fuertes y extendidas; corteza agrietada, oscura o grisácea, con placas delgadas, largas y casi rectangulares de color amarillento interiormente. Hojas en grupos de 5 pocas veces de 3-4 en algunos fascículos, de 17-30 cm., aglomeradas, anchamente triangulares de color verde claro, brillantes, tiesas y ásperas, rara vez suaves y flexibles, bordes finamente aserrados (Paíz 1994).

3.2.9.2 *Pinus caribaea* Morelet

Esta especie esta distribuida en una angosta faja en las costas del atlántico que va desde Belice hasta el norte de Nicaragua. El árbol alcanza hasta 30 metros de altura y 80 centímetros de diámetro. La copa durante la juventud del árbol es de forma agudo-cónica y muy densa, en los árboles maduros es más esparcida, algo irregular con una terminación redondeada. La corteza es de color gris-blanquecino hasta gris-moreno o moreno-rojizo. La corteza se ve interrumpida por largas grietas de color gris blanquecino o por placas delgadas y escamosas de color moreno rojizas. Las ramas son de color verdusco y ascendentes en los ejemplares jóvenes, más tarde de color rojizo, horizontales en la parte inferior y en los ejemplares solitarios, colgantes. Las hojas se presentan en grupos de tres acículas ascendentes por fascículo, pero también se encuentran de dos y de cuatro. El largo de las hojas fluctúa entre 6.5 y 33.5 centímetros de largo y su espesor entre 0.9 y 1.7 milímetros. Los conos son oblongos conoideos, de 4 a 13 centímetros de largo por

3.5 a 6 centímetros de diámetro, de color moreno-amarillento algo lustroso hasta moreno rojizo y opaco (Paíz 1994).

3.2.9.3 *Pinus maximinoii* H.E. Moore

Árbol hasta de 48 metros de altura, con diámetros mayores a un metro. La copa es redondeada, densa, suave por las hojas finas colgantes. La corteza en árboles jóvenes es lisa, de color gris; los árboles adultos tienen la corteza gruesa surcada longitudinalmente, áspera y tosca, de color café-grisáceo. Ramas en verticilos horizontales, finas, de color moreno-rojizo. En árboles solitarios, las ramas son muy extendidas. Hojas en grupos de cinco, de 16 a 18 centímetros de largo, finas, flexibles y colgantes, de color verde claro, brillantes. Los conos son oblongos o largamente ovoides, en la base aplanados, asimétricos de 6.5 a 10 centímetros, deciduos. Las escamas del cono son delgadas, quebradizas, blandas, con ápice redondeado, débilmente aquillada, con una pequeña espina decidua (Tzirin 1998).

3.2.9.4 *Pinus strobus* var. *Chapensis* Martínez

Árbol de 18 a 35 metros de altura, de tronco cilíndrico, recto, hasta de 1 metro de diámetro; corteza relativamente lisa o moderadamente agrietada, color moreno claro o gris blanquecina, siempre notablemente más oscuro en las grietas, con placas escamosas ásperas, de poco espesor en ejemplares adultos, casi lisa color oscilante entre gris blanquecino hasta el amarillento opaco en árboles jóvenes. Ramaje relativamente liviano, verticilado, primero ascendente, más tarde horizontal, con los extremos ascendentes, espacioso cuya corteza presenta color gris blanquecino, casi liso con cicatrices poco manifiestas. Fascículos ordinariamente de 5 agujas de sección triangular, brevemente aceradas, delgadas, flexibles, extendidas o ligeramente arqueadas, color verde con suaves tonalidades azuladas, de 14 a 18 centímetros de longitud, por 0.60 a 0.65 milímetros de espesor; vainas de los fascículos caedizas, de 1.2 a 1.5 centímetros de

longitud, carnosas, color ocre claro, faltando en el follaje adulto; pedúnculo rollizo leñoso delgado, más o menos curvo, fuerte, de 2 a 3.5 centímetros de longitud. Conos más o menos numerosos, solitarios, con frecuencia en grupos de 2 y 3, colgantes, largamente ovales u oval-oblongos, brevemente encorvados, de 8 a 16 cm. de longitud, color bruno-rojizo, hasta amarillo dorado, en los recientemente maduros; escamas ligeras, flexibles, siendo las mayores hasta de 3 cm de longitud, por 1.5 cm de anchura de apófisis deprimido (Tzirin 1998).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Generar información básica y técnica sobre la situación actual de la plaga y la implementación del manejo y control del Gorgojo del pino del genero *Dendroctonus spp* en las plantaciones de pino de la Finca Saquichaj en Cobán A.V.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar las especies de *Dendroctonus spp* presentes en las plantaciones de pino de la finca Saquichaj en Cobán A.V.
2. Estimar la densidad de la población de *Dendroctonus spp* por árbol y determinar el estado de desarrollo de mayor presencia del insecto en las plantaciones de de la Finca Saquichaj en Cobán A.V.
3. Establecer la relación existente entre el número de insectos de *Dendroctonus spp* por árbol y las variables dasométricas de: densidad de siembra de la plantación, altura promedio de la plantación, edad de la plantación, área basal por hectárea, radio de copa, área de foco, diámetro altura del pecho y el área basal por árbol en las plantaciones de la Finca Saquichaj en Cobán A.V.
4. Establecer la relación existente entre el número de árboles infestados por el *Dendroctonus spp* y las variables dasométricas de: densidad de siembra de la plantación, altura promedio de la plantación, edad de la plantación, área basal por hectárea, radio de copa, área de foco, diámetro altura del pecho, área basal por árbol en las plantaciones de la Finca Saquichaj en Cobán A.V.
5. Georeferenciar los focos del *Dendroctonus spp* y establecer la relación existente con las condiciones climáticas prevalecientes en las plantaciones de la Finca Saquichaj en Cobán A.V.

5. HIPÓTESIS

1. No existe ninguna relación significativa entre el número de árboles infestados por el *Dendroctonus spp* y las variables dasométricas de densidad de plantación, edad de plantación, altura de plantación, área basal por hectárea, radio de copa, área de foco, diámetro altura del pecho y área basal por árbol.
2. No existe ninguna relación significativa entre el número de insectos por árbol de *Dendroctonus spp.* y las variables dasométricas de densidad de plantación, edad de plantación, altura de plantación, área basal por hectárea, radio de copa, área de foco, diámetro altura del pecho y área basal por árbol.

6. METODOLOGÍA

6.1 PLAN DE MONITOREO Y CONTROL

Para la recolección de información, previamente se utilizó un plan de monitoreo el cual se describe a continuación.

6.1.1 Preparación de cuadrillas y ejecución del plan de monitoreo

Se escogieron cuadrilleros que supieran leer y escribir. Estos fueron capacitados en el campo para detectar los síntomas del ataque, identificar las diferentes especies de *Dendroctonus spp* presentes en los árboles y la manera adecuada de extraer los especímenes del fuste para tener referencia de la presencia de la plaga. El monitoreo consistió en una planificación calendarizada de caminamientos terrestres y observaciones panorámicas con largavistas en toda el área. Se organizaron las cuadrillas de tal forma que el 100% de los árboles fueron revisados en todas las unidades de manejo de la finca. Los monitoreos fueron planificados para ser ejecutados cada 40 días.

6.1.2 Reconocimiento del ataque del *Dendroctonus spp*

Para el reconocimiento de los árboles infestados por el gorgojo descortezador del pino, se consideró la coloración del follaje de la copa y la presencia de grumos o tubos resiníferos descritas a continuación:

6.1.2.1 Fase 1: Árboles recién infestados

El reconocimiento en esta fase se hizo de manera muy cuidadosa debido a que algunos árboles están atacados pero aparentemente se observan sanos. En esta etapa la población se desarrolla en el interior de los árboles y está constituida por los progenitores y huevecillos.

Los signos visibles son los siguientes (Refinsa 2003):

- a. Coloración del follaje es de color verde
- b. El fuste presenta grumos de resina de un color blanco a ligeramente rosados de textura suave y por lo general pegajosa al tacto. Los grumos se observan frecuentemente a alturas entre 3 y 7 metros. En algunos pinos bajo severo estrés los grumos de resina pueden ser no visibles.
- c. Aserrín rojizo visible en las grietas de la corteza, en telarañas o en la vegetación del sotobosque o en la base de los árboles. Frecuentemente este ocurre en árboles que no resinan por estar muy estresados
- d. La corteza del árbol aun permanece firme y no se desprende fácilmente.
- e. El color de la madera es blanca excepto en la parte aledaña a las galerías en donde es de color café.

6.1.2.2 Fase 2: Árboles con progenie en desarrollo

Después de dos semanas de desarrollo aproximado, los huevos ya han eclosionado dando paso a las larvas, las cuales se encuentran en diferentes tamaños correspondiendo a los diferentes instares larvales. Estas inician su alimentación en las galerías construidas en la corteza interna, las cuales se entremezclan con la de los adultos. Los signos son los siguientes (Refinsa 2003):

- a. El follaje cambia de verde claro a verde amarillento puede tornarse de amarillo a café rojizo antes que la nueva generación haya surgido del árbol.
- b. Los grumos de resina son blancos y un poco amarillentos y de consistencia más dura y la textura es arenosa.
- c. La corteza del árbol puede desprenderse con relativa facilidad que en la Fase 1. Se observan agujeros de salida donde los adultos paternos abandonaron el árbol.

- d. Aserrín blanco de los escarabajos de ambrosía que comienzan a aparecer en la base del árbol.
- e. El color de la madera puede tornarse café claro o también café oscura con algunas secciones azuladas o negras que indica la infección por hongos.
- f. Se observan galerías en forma de serpentina conteniendo larvas, pupas y adultos que han comenzado a construir túneles para la salida. (Refinsa 2003)

6.1.2.3 Fase 3: Árboles muertos y abandonados

En esta fase el árbol ya ha muerto y sirve como hospedero a otros organismos. Después de haber madurado en la corteza, los adultos nuevos emergen por perforaciones de salida y vuelan hacia otros pinos. Los árboles con estos síntomas ya no tienen que someterse a tratamiento de control directo del gorgojo dado que la población ya no está presente y el árbol se vuelve inactivo. Esta fase marca la salida de la nueva generación y la permanencia de formas inmaduras de depredadores. Las características de estos árboles son las siguientes (Refinsa 2003):

- a. El follaje en la mayoría de los árboles es rojizo y las acículas pueden haber empezado a caer.
- b. Los grumos de resina son secos, tornándose duros, amarillentos y quebradizos.
- c. Las perforaciones de salida en el tronco del árbol son abundantes.
- d. La corteza es suelta y desprendible fácilmente
- e. La madera se torna de coloración café oscuro a negra.
- f. El aserrín blanco producido por escarabajos de ambrosía es más abundante

Una vez detectado el gorgojo del pino se observó y analizó la especie presente en el árbol y anotándose los resultados en una libreta de campo. Cuando la especie encontrada fue ***Dendroctonus valens***, se procedió a extraer individuo por individuo, teniendo el cuidado de

dañar al mínimo el fuste del árbol afectado. Una vez extraídos todos los individuos, se procedió a la aplicación de sulfato de cobre como cobertura protectora. Cuando la especie encontrada fue ***Dendroctonus frontalis Zimmermann*** inmediatamente se procedió a aplicar una estrategia supresiva tumbando el árbol, descortezándolo y quemando la corteza posterior a la recolección de especímenes.

6.1.3 Establecimiento de las rutas de monitoreo

Se utilizaron dos cuadrillas de 20 personas cada una para el monitoreo. La primera cubrió la finca de norte a sur monitoreando las unidades de manejo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 131has y la segunda cuadrilla cubrió la finca de sur a norte monitoreando las secciones 13, 14, 15, 16, 18, 40 y 93 has (figura 3).

6.1.4 Toma de datos

Una vez detectados los focos de infestación según los síntomas del cuadro 4, se tomaron los datos dasométricos de los árboles infestados y se llenaron las boletas de monitoreo y control, estos se georeferenciaron con GPS y se tomaron las coordenadas UTM del área del foco.

Cuadro 4: Marcado de árboles en sus diferentes estados de infestación

Etapas de infestación	Descripción del síntoma	Color de cinta de nylon Propuesta por (Hernández Dávila)	Método de Control aplicado
I	<ul style="list-style-type: none"> • Coloración del follaje verde • Grumos de resina color blanco, ligeramente rosados • Aserrín rojizo visible en grietas y el suelo • Corteza firme • Color de madera blanca 	Cinta color verde	Cortar, descortezar y quemar
II	<ul style="list-style-type: none"> • Follaje de verde claro a amarillo • Grumos color crema, duros y textura arenosa • Corteza desprendible con relativa facilidad • Aserrín blanco de escarabajos de ambrosía • Color de madera blanca con secciones azuladas • Galerías en forma de serpentinas 	Cinta color amarillo	Cortar, descortezar y quemar
III	<ul style="list-style-type: none"> • Follaje rojizo y acículas desprendibles • Grumos de resina secos, duros, amarillentos y quebradizos • Perforaciones de salidas en la corteza • Corteza suelta y desprendible fácilmente • Madera de color café o negra • Aserrín blanco en abundancia producido por escarabajos de ambrosía 	Cinta color roja	Cortar y dejar.

Fuente: Programa de investigación, manejo y control de plagas y enfermedades forestales REFINSA 2003

6.1.5 Estratificación de la Finca Saquichaj

Para el análisis de toda la información recopilada en campo los datos fueron ordenados en tres estratos:

Estrato 1: Plantaciones Muy Jóvenes hasta 5 años de establecimiento Secciones, Se`choc y Se`hi

Estrato 2: Plantaciones Jóvenes hasta 10 años de establecimiento Secciones 40, 93 y 131 has

Estrato 3: Plantaciones Maduras más de 10 años. Secciones: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,

13 (figura 3)

6.2 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE GORGOJO DEL PINO

6.2.1 Recolección de especímenes

Con la ayuda de machete y/o navaja, se procedió a descortezar el área afectada del fuste para la recolección de especímenes tratando de no destruir ni extraviarlos durante el proceso. Con la ayuda de pinzas y de un lente de aumento o lupa se colectaron todos los insectos presentes en cualquiera de sus tres estados de desarrollo siguientes: Larva, Pupa y Adulto. Se recolectaron dos muestras de gorgojos adultos por cada monitoreo. Las muestras contenían al menos 10 pares de gorgojos descortezadores. Estos fueron trasladadas al laboratorio de Entomología, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se llenaron las boletas de diagnóstico para su determinación y se resumieron las diferencias entre las especies de gorgojos descortezadores.

6.2.2 Preparación y conservación de los especímenes

Los especímenes fueron colocados inmediatamente en frascos plásticos de 100ml con tapadera hermética dentro de una solución de alcohol al 70% de pureza para su preservación.

6.2.3 Etiquetado de las muestras

Las muestras fueron etiquetadas en papel bond de dimensiones 2X1 cm escrito con lápiz e introducido dentro del frasco con la información del área de colecta de los especímenes (cuadro 5), el lugar específico de recolección, la fecha y el nombre del recolector. Los frascos serán etiquetados con cinta adhesiva escrita también con lápiz y con la misma información.

Cuadro 5. Etiquetado de muestras

Finca Saquichaj Sección : Fecha: Recolector:

Fuente: Guía para el estudio de ordenes y familias de insectos de C.A.

6.2.4 Montajes permanentes

Se separaron los especímenes adultos por sus características físicas más fáciles de observar, en este caso, se tomo en cuenta el tamaño y color. Posteriormente los insectos ya separados se disectaron y se realizaron montajes permanentes en portaobjetos de vidrio para observar los detalles de antenas, élitros y patas en cada una de las especies.

6.2.5 Fotografías de especímenes

Se tomaron fotografías utilizando una cámara digital de marca Sony con una resolución de 3.2 Megapixel, para digitalizar las imágenes tomadas de los montajes permanentes directamente del microscopio compuesto, utilizando para ello, los objetivos 10X y 40X para el detalle de los apéndices del insecto.

6.2.6 Claves para la determinación de especies

Se utilizó la clave comparativa del libro Insectos Forestales de México, en la sección de Escolítidos de (Tovar et-al 1995) para establecer las diferencias morfológicas entre las distintas especies de gorgojos descortezadores encontrados en la Finca Saquichaj.

6.2.7 Descripción de daños en el fuste

Se colectaron muestras del fuste con los daños ocasionados por el gorgojo. Se cortaron tablones de dimensiones variables con motosierra directamente en el campo y luego fueron llevados al casco de la finca para su análisis. Los parámetros utilizados para el análisis o descripción de daños fueron los siguientes: Orificios de entrada y salida, tubos resiníferos, longitud y ancho de galerías, forma y orientación de galerías, coloración del tronco, altura de ataque.

6.3 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE GORGOJOS POR ÁRBOL

6.3.1 Conteo de especímenes *Dendroctonus spp*

La toma de datos se realizó en todos los árboles detectados con presencia del gorgojo. Una vez detectado el foco o árbol infestado, se identificaron los síntomas del ataque. Inmediatamente se procedió a tumbar el árbol, seccionándolo en trozas comerciales de 1.45m de largo (figura 4). En las trozas que presentaron los síntomas del ataque, se estableció la unidad de muestreo. El tamaño de la unidad de muestreo fue una sección descortezada de 2000cm², con dimensiones de 20cm de ancho por 100cm de largo. Ésta fue ubicada en el área de mayor infestación en cada una de las trozas. En cada unidad de muestreo se contabilizó el 100% de los especímenes, colectando individuo por individuo, teniendo el cuidado de no dañarlos. En una boleta de campo se anotó la cantidad total de especímenes encontrados por árbol y por altura del fuste en sus diferentes etapas de desarrollo para cada especie de gorgojo descortezador.

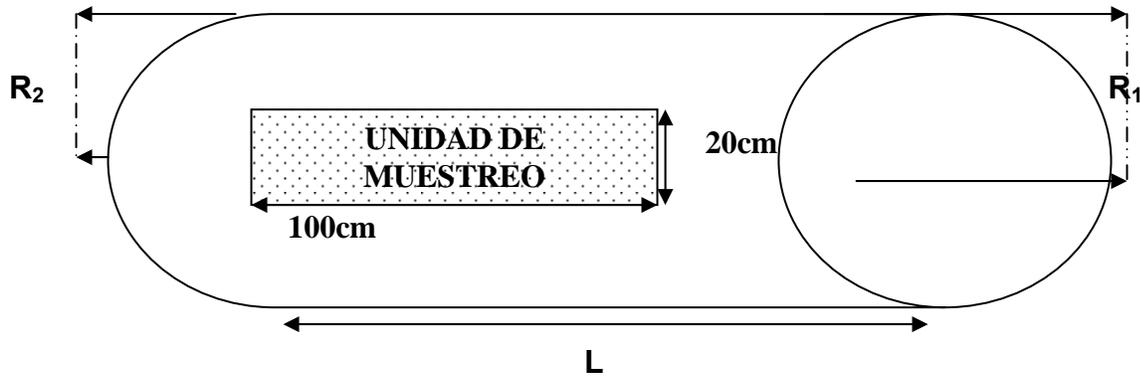


Figura 4: unidad de muestreo en una sección del árbol

6.3.2 Análisis de la Información

Los resultados fueron separados según la especie de gorgojo descortezador. Se calcularon los estadígrafos de tendencia central y los resultados fueron representados en gráficas. Una vez obtenidos los datos se calculó la densidad de población estimada "I" por árbol y por especie de gorgojo. También se calculó la distribución altitudinal en el fuste del árbol, la especie de pino más afectada y el estado de desarrollo predominante durante los diferentes monitoreos realizados en la investigación.

La estimación de la densidad de la población de gorgojos por árbol esta dada por:

$$I = \frac{A}{a^2} * \mu \quad \text{donde:} \quad \mu = \frac{\sum Xi}{N}$$

I = estimación de la población, a = área de la unidad de muestreo y A = área total

μ = El promedio de individuos en la unidad de muestreo o media poblacional

X_i = Numero de individuos en la unidad de muestreo i

N = Numero total de muestras,

Teniendo en cuenta que el área total corresponde a la superficie de la troza entonces:

$$A = \pi L \frac{(R_1 + R_2)}{2}$$

Donde A = área total superficial de la troza, $\pi = 3.1416$, L = largo de la troza, R_1 = radio 1 y R_2 = radio 2.

6.4 RELACIÓN VARIABLES DASOMETRICAS Y EL NÚMERO DE INSECTOS

6.4.1 Recopilación de la información

Se llenaron las boletas de campo en cada monitoreo, registrando la información necesaria para el análisis de las estimaciones de insectos de gorgojo por árbol y las variables dasométricas propias de los árboles infestados en las plantaciones de la finca Saquichaj en Cobán A.V. Los datos recopilados son los siguientes: Densidad de individuos por árbol infestado, densidad de plantación, altura del árbol, edad de la plantación, área basal por hectárea, radio de copa, área física del foco, diámetro a la altura del pecho y área basal por árbol.

6.4.2 Análisis de la información

Una vez obtenidos los datos de campo estos se tabularon y se ordenaron realizándose un análisis de regresión lineal simple cuya forma teórica es: $Y = a + bX$, tomando el número de insectos o individuos en cualquier estado de desarrollo como la variable dependiente Y , y las variables dasométricas como las variables independientes X . Una vez obtenido el resultado de estas relaciones lineales simples, se seleccionaron las variables más significativas según el ANDEVA para cada variable X y se ingresaron a un modelo de regresión lineal múltiple cuya forma teórica es la siguiente: $Y = b_0 + b_n X_n$. De esta manera se obtuvo una ecuación que explicara en una forma más exacta la relación entre el número de insectos por árbol y las variables dasométricas.

6.5 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS Y EL ATAQUE DEL GORGOJO

6.5.1 Recopilación de información

Se llenaron las boletas del monitoreo registrando la información necesaria para el análisis del ataque del gorgojo a las plantaciones de la finca Saquichaj en Cobán A.V. Los datos recopilados son los siguientes: Densidad de plantación, altura del árbol, edad de la plantación, área basal por hectárea, radio de copa, área física del foco, diámetro a la altura del pecho y área basal por árbol.

6.5.2 Análisis de la información

Para el análisis de la información se realizó un análisis de regresión lineal simple cuya forma teórica es: $Y = a + bX$, tomando el número focos o ataques del gorgojo del pino como la variable dependiente Y , y las variables dasométricas como las variables independientes X . Una vez obtenido el resultado de estas relaciones lineales simples, se seleccionaron las variables más significativas según el ANDEVA para cada variable X y luego fueron ingresadas a un modelo de regresión lineal múltiple cuya forma teórica es la siguiente: $Y = b_0 + b_n X_n$. De esta manera se obtuvo una ecuación que explicara en una forma más exacta la relación entre el ataque del gorgojo del pino y las variables dasométricas de la plantación.

6.6 UBICACIÓN DEL ATAQUE DEL *Dendroctonus spp.* EN LA FINCA SAQUICHAJ

Los brotes del gorgojo del pino fueron ubicados en coordenadas UTM utilizando un GPS de marca Gramin y modelo Etrex, calculándose las alturas sobre el nivel del mar y corroborándolas con un altímetro barométrico. Los datos fueron tabulados y se procesó la información en el programa de digitalización de mapas Arcview para analizar e interpretar la información.

6.6.1 Análisis de la información

Se elaboró un mapa base a escala 1:45,000 con la información correspondiente a la distribución de los brotes en las plantaciones y otro hipsométrico para observar el rango altitudinal de mayor actividad.

6.7 REALCIÓN ATAQUE DEL *Dendroctonus spp* Y CLIMA.

6.7.1 Análisis de la información

Para comprender el efecto del clima y el ataque del gorgojo descortezador, se obtuvieron los datos climáticos diarios de 12 meses exactos y el número de focos o ataques del gorgojo descortezador dentro de las plantaciones en ese periodo de tiempo. El análisis de la información consistió en realizar una regresión lineal simple se cuya forma teórica es: es: $Y = a + bX$, donde la variable dependiente Y representa los focos o ataques del gorgojo y la variable X representa los datos climáticos de Precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura promedio. Una vez obtenidos los datos de la regresión lineal simple, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple cuya forma teórica es la siguiente: $Y = b_0 + b_n X_n$.

7. RESULTADOS Y SU DISCUSION

7.1. ESPECIES DE *Dendroctonus spp.* DETERMINADAS PARA LA FINCA SAQUICHAJ

En las plantaciones de la finca saquichaj, se encontraron evidencias de dos especies de gorgojo descortezador infestando árboles: el *D. frontalis Zimmermann* (figuras 58A-68A) y *D. valens LeConte* (figuras 65A-69A). La tercera especie de gorgojo descortezador determinada fue el *D. adjunctus Blandford* (figuras 70A-72A), sin encontrar evidencia de ser una especie activa dentro de la plantación. Se utilizaron para la determinación de las especies 77 muestras de 10 especímenes cada una. Estas fueron determinadas en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y se resume sus diferencias en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resumen de diferencias entre las diferentes especies de *Dendroctonus spp.*

Especies de gorgojo descortezador	<i>D. frontalis Zimmermann</i>	<i>D. adjunctus Blandford</i>	<i>D. valens LeConte</i>
Árboles hospederos	<i>P. maximinoii</i> <i>P. caribaea</i>	No fue encontrado infestando árboles.	<i>P. maximinoii</i> <i>P. caribaea</i>
Fase de infestación predominante	Fase II	-----	Fase I
Tamaño del insecto	3.2 a 4.0 mm	4.0 a 4.5 mm	7.0 a 10.0 mm
Altura de ataque	11.0 a 14.0 m	-----	0.0 a 1.5 m
Presencia de tubos resiníferos	Si	-----	Si
Forma de galerías	Forma de S orientadas hacia abajo	-----	Sin forma definida
Ancho de galerías			
Longitud de galerías	10.0 a 20 cm	-----	3.0 a 5.0 cm
Estado de desarrollo predominante	Larval	Adulto	Adulto
Color de adultos	Café negro	Café a negro	Café a rojo.
Margen basal del pronoto	Sinuoso	Sinuoso	Sinuoso
Setas del declive elitral	Dos tamaños diferentes de setas	Un solo tamaño de setas, pocas y nacidas de pináculos	Abundantes setas de un solo tamaño.
Ancho de clava antenal en micrones	1.0 micrones	1.5 micrones	3 micrones
Largo de clava antenal en micrones	2.3 micrones	2.5 micrones	3.7 micrones

7.2. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DE INSECTOS POR ARBOL

7.2.1. *Dendroctonus frontalis* Zimmermann

Esta especie de gorgojo descortezador es la que más insectos por árbol infestado presentó. Es la segunda plaga con mayor representatividad dentro de las plantaciones de la Finca Saquichaj atacando árboles que corresponden al estrato de las plantaciones maduras, específicamente en la sección número 11 (figura 7A). El estado de desarrollo predominante es el larval como se observa en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resumen de la estimación de la densidad de población de *D. frontalis*.

Especie de Hospedero	Estimación de Larvas por árbol infestado	Estimación de Pupas por árbol infestado	Estimación de Adultos por árbol infestado
<i>P. maximinoii</i>	2617	1260	1650
<i>P. caribaea</i>	2104	1760	1740
Promedio total por árbol	2412	1460	1686

Esta especie fue encontrada atacando en un 67% árboles de la especie *Pinus maximinoii* H.E. Moore y en un 33% a la especie de *Pinus caribaea var Hondurensis* (figura 8A). Las edades de los árboles atacados por esta especie de gorgojo es de 25 años. La altura promedio de los árboles oscila alrededor de los 25 m de altura (figura 9A). El diámetro promedio de los árboles infestados es de 22.21cm con un área basal total afectada de 0.626m² (cuadro 27A).

7.2.2. *Dendroctonus valens* LeConte

Esta especie de gorgojo descortezador se encuentra distribuida ampliamente en los estratos 1 y 2 como lo indica el cuadro 8, las plantaciones tienen una extensión de 470 hectáreas sembradas en su totalidad de *Pinus maximinoii*. La media poblacional indica que en estos estratos se tiene un promedio de 2 individuos por árbol en la plantación muy joven, 3 en la joven y 17 en la madura.

Cuadro 8. Estimación de población de insectos por estrato en los estratos de la plantación.

Estratos de la Plantación	Insectos por árbol infestado	Hospederos	Porcentaje de árboles infestados
Estrato 1	2	<i>P. maximinoii</i>	100%
Estrato 2	3	<i>P. maximinoii</i>	100%
Estrato 3	17	<i>P. maximinoii</i> <i>P. caribaea</i>	91% 9%

7.3 RELACIÓN VARIABLES DASOMETRICAS Y EL *Dendroctonus frontalis* Zimmermann

Las variables dasométricas que presentaron las relaciones lineales más significativas con el número de individuos por árbol en sus tres estados de desarrollo (larva, pupa y adulto) son: el radio de copa, el área de foco, el diámetro a la altura del pecho y el área basal por árbol. Las ecuaciones lineales generadas son altamente significativas y tienen un nivel de confianza del 99%. Los árboles presentaron un promedio de la estimación de la densidad de larvas de 2412, de pupas 1460 y de insectos adultos de 1686. A medida que las variables dasométricas aumentan una unidad, las poblaciones de insectos tienden a incrementarse (cuadro 9, 10 y 11).

7.3.1 Relación número de larvas pupas e insectos adultos y el radio de copa

El radio de copa indica la proximidad y el posible contacto entre copas de los árboles encontrándose que a medida que esta crece en un metro también se ve incrementado el número de insectos en sus tres estados de desarrollo. A medida que crece el radio de copa en un metro la cantidad de larvas dentro del árbol infestado se incrementa en 738.69. Con un coeficiente de determinación de 0.99 y un nivel de confianza del 99% la ecuación generada para la estimación de larvas con respecto al radio de copa es: $y = -601.09 + 738.69x$ y = número de larvas por árbol; x = radio de copa (figura 14A). De igual manera el número de pupas se ve afectado árbol aumentando en 430.75 donde la ecuación generada con un 99% de confianza y un coeficiente de determinación de 0.93 es: $y = -589.42 + 430.75x$ donde y = número de pupas y x = radio de copa (figura 19A). Cuando aumenta en un metro el radio de copa del árbol infestado se estima un

aumento esperado en el número de insectos adultos en 518.70 siendo la ecuación de regresión generada: $y = -685.93 + 518.70x$ donde y = número de insectos adultos por árbol y x = radio de copa y es explicada el 95% de la relación con un 99% de confianza (figura 24A)

7.3.2 Relación larvas, pupas e insectos adultos y el área de foco

El are de foco es el espacio que ocupa el árbol dentro del bosque y a medida que este aumenta en un metro cuadrado el número de insectos también aumentan. De esta manera al aumentar el área de foco en un metro cuadrado, también hay un incremento esperado en el valor estimado del número de larvas en 47.02. La ecuación generada que explica en un 99% la relación entre el número del larvas y el área de foco es: $y = -10.061 + 47.026x$ con un nivel de confianza del 99%. donde y = número de larvas por árbol; x = área de foco (figura 15A). El número de pupas también se ve favorecido y sufre un incremento de 27.42 siendo la ecuación generada con un nivel de confianza del 99% : $y = -244.78 + 27.42x$ explicando la relación entre las variables en un 93%. donde Y = número de pupas y x = área de foco (figura 20A) El número de insectos adultos dentro del árbol también se incrementa en 33.02 cuando el are de foco aumenta en un metro cuadrado, siendo la ecuación generada: $y = -270.92 + 33.02x$ donde y = número de insectos adultos por árbol y x = área de foco la relación es explicada en un 95% con un nivel de confianza del 99% (figura 25A).

7.3.3 Relación de larvas, pupas e insectos adultos y el DAP

El diámetro a la altura del pecho da la idea del crecimiento del árbol y a medida que este aumenta en un centímetro también el número de insectos por árbol infestado aumenta dentro del árbol. Es decir a diámetros más grandes mayor número de insectos. A medida crece el diámetro a la altura del pecho en un centímetro, el número de larvas aumenta en 92.35 generando una ecuación que explica en un 99% la relación y con un nivel de confianza del 99%: $y = -1247.78 + 92.358x$ donde

y = número de larvas por árbol; x = diámetro a la altura del pecho (figura 39). El número de pupas también sufre un incremento en 47.722 donde la ecuación generada explica la relación en un 97% con un nivel de confianza del 99%. La ecuación es: $y = -422.17 + 47.722x$ donde y = número de pupas y x = diámetro a la altura del pecho. Por último el número de insectos adultos dentro del fuste del árbol aumenta en 60.50 donde la ecuación generada es: $y = -797.06 + 60.50x$ donde y = número de insectos adultos por árbol y x = diámetro a la altura del pecho explicando la relación en un 97% con un nivel de confianza del 99% (figura 26A)

7.3.4 Relación larvas, pupas e insectos adultos y el área basal por árbol

El aumento en un centímetro cuadrado del área basal por árbol, estima un aumento esperado del número de larvas en 29312.92. La ecuación generada es $y = -243.46 + 29312.925x$ la cual explica la relación en un 98% con un nivel de confianza del 99%. donde y = número de insectos por árbol y

x = área basal por árbol (figura 17A). El número de pupas por árbol también sufre un incremento de 15146.25 donde con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación de 0.98 es: $y = 96.76 + 15146.25x$ donde y = número de pupas y x = área basal por árbol (figura 22A).

Por último, el número de insectos dentro del fuste del árbol crece en 19204.50 siendo la ecuación generada: $y = -139.08 + 19204.50x$ donde y = número de insectos adultos por árbol y x = área basal por árbol explicando la relación en un 97% con un nivel de confianza del 99% (figura 27A).

7.3.5 Relación larvas, pupas e insectos adultos y el número de árboles infestados

Al incrementarse el número de insectos por árbol infestado, el número de árboles infestados también se incrementa es decir a mayores densidades de insectos por árbol, se incrementa el número de árboles infestados. De esta manera a medida que aumentan el número de larvas dentro del fuste del árbol, así también se incrementa el número de árboles infestados en un

0.0049 generando la ecuación: $y = -0.3188 + 0.0049x$ donde y = número de árboles infestados y x = Número de larvas por árbol con un coeficiente de determinación del 0.92 y un nivel de confianza del 99% (figura 41). Conforme aumenta el número de pupas de *D. frontalis* dentro del fuste del árbol, también aumentan los árboles infestados en un 0.0058 generando la ecuación: $y = 4.5152 + 0.0058x$ donde y = número de árboles infestados y x = número de pupas por árbol con un coeficiente de determinación de 0.83 y un nivel de confianza del 99% (figura 46). Cuando el número de insectos por árbol se incrementa, el número de árboles infestados dentro de la plantación también crece en un 0.0049 por lo que la ecuación generada es: $y = 4.9891 + 0.0049x$ donde y = número de insectos adultos de *D. frontalis* y x = número de árboles infestados. Con un coeficiente de determinación del 0.85 y un nivel de confianza del 99% (figura 51)

Cuadro 9. Resumen variables dasométricas y el número de larvas de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de larvas por árbol	Radio de copa	2.8709E-17	0.998	-601.093101	738.693101
Número de larvas por árbol	Área de foco	2.5999E-17	0.995	-10.0619011	47.0260832
Número de larvas por árbol	DAP	3.5809E-17	0.991	-1247.78206	92.358804
Número de larvas por árbol	Área basal por árbol.	4.5809E-17	0.988	-243.468027	29312.9252

Cuadro 10. Resumen variables dasométricas y el número de pupas de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de pupas por árbol	Radio de copa	3.9935E-09	0.93078077	-589.425736	430.750736
Número de pupas por árbol	Área de foco	3.9935E-09	0.935725	-244.78041	27.4221052
Número de pupas por árbol	DAP	9.8012E-10	0.97443421	-422.173008	47.7226449
Número de pupas por árbol	Área basal por árbol.	9.4502E-12	0.98713434	96.7653061	15146.2585

Cuadro 11. Resumen variables dasométricas y el número de insectos adultos de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de insectos por árbol	Radio de copa	1.9371E-10	0.95958135	-685.93852	518.705187
Número de adultos por árbol	Área de foco	1.9371E-10	0.95958135	-270.920499	33.0213904
Número de adultos por árbol	DAP	8.3159E-12	0.97507136	-797.064856	60.5093238
Número de adultos por árbol	Área basal por árbol.	8.3159E-12	0.97315377	-139.083588	19204.5068

Al incrementarse la densidad de insectos, en sus tres etapas de desarrollo por árbol infestado, el número de árboles infestados dentro de la plantación también se incrementa significativamente. En el cuadro 12, se observa que cuando aumenta el número de larvas dentro del fuste del árbol, el número de árboles infestados crece en 0.0049 y las pupas e insectos adultos ejercen el mismo efecto en el número de árboles infestados, aumentando estos últimos en 0.0058 y 0.0049 respectivamente.

Cuadro 12. Relaciones entre el número de árboles infestados y la población de los estados de desarrollo del *Dendroctonus frontalis* Zimmermann.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de árboles infestados	Larvas	1.9371E-10	0.9271	0.31883	0.0049
Número de árboles infestados	Pupas	1.9371E-10	0.8319	4.5152	0.0058
Número de árboles infestados	Adultos	8.3159E-12	0.8595	4.9891	0.0049

7.4 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS DEL ESTRATO UNO Y EL *Dendroctonus valens*

LeConte

En las plantaciones muy jóvenes las variables dasométricas que están relacionadas significativamente con el número de insectos por árbol infestado son el área de foco con un promedio de 10.72 m² y el radio de copa con un promedio de 1.74 m respectivamente. Las ecuaciones fueron altamente significativas generadas con un nivel de confianza del 99% que se detallan en los cuadros 13 y 14.

7.4.1 Relación área de foco y radio de copa vrs número de insectos por árbol

Este estrato de la plantación, el área de foco y el radio de copa son las variables más representativas y que poseen una relación más adecuada para explicar el efecto del ataque del gorgojo del pino sobre los árboles. En el primer caso, el aumento en un metro cuadrado en el área de foco, el número de insectos por árbol aumentará en 1.322, generando la ecuación: $y = -6.538 + 1.322x$ con un coeficiente de determinación del 0.94 y un nivel de confianza del 99% donde y = número de insectos por árbol y x = área de foco (figura 36A). En la segunda variable, un aumento en un metro del radio de copa, el número de insectos aumentará en 20.12. de esta manera la ecuación generada con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación del 0.90% es: $y = -29.087 + 20.129x$ donde y = número de árboles infestados y x = radio de copa (figura 37A)

7.4.2 Relación múltiple del área de foco y radio de copa vrs número de insectos por árbol

Ingresando en la ecuación de regresión lineal múltiple las variables dasométricas que presentaron un coeficiente de determinación arriba del 90% fueron el área de foco y el radio de copa. La ecuación de regresión indica que cuando existe un aumento de un metro cuadrado en el área de foco, el número de insectos por árbol disminuye en 7.7816 mientras que el aumento de un metro

en radio de copa incrementa en 1.78 número de insectos por árbol que corresponde al aumento en un centímetro del área basal por árbol. La ecuación generada con un coeficiente de correlación del 97% y un nivel de confianza del 99% es: $Y = 1.835 - 7.191 X_1 + 1.781 X_2$ donde X_1 = área de foco, X_2 = radio de copa.

Cuadro 13. Relaciones entre las variables dasométricas y el número de *Dendroctonus valens* Leconte en el estrato 1 en la Finca Saquichaj.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de insectos por árbol	radio de copa	2.4968E-12	0.90753912	-29.0818387	20.1299636
Número de insectos por árbol	área de foco	1.7203E-14	0.94235253	-6.53874577	1.32296351

Cuadro 14. Regresión múltiple entre las variables dasométricas y el número *Dendroctonus valens* Leconte por árbol infestado.

Relaciones	P < value	Correlación múltiple	R ²	Intercepto	Coeficiente X ₁ = área de foco	Coeficiente X ₂ = radio de copa
Relación entre el número de árboles infestados y las variables: área de foco, Diámetro altura del pecho y área basal por árbol	2.5873E-13	0.97205102	0.94488319	1.83558589	-7.1912381	1.78167253

7.5 RELACIÓN VARIABES DASOMÉTRICAS DEL ESTRATO DOS Y EL *Dendroctonus valens*

LeConte

Las variables dasométricas que están relacionadas con el número de insectos por árbol en este estrato son el área de foco y el área basal por árbol. Cuando estas aumentan en una unidad se observa un incremento en el número de insectos dentro del fuste, información que se resume en los cuadros 15 y 16. El promedio del área de foco en este estrato es de 21.84 m² y el promedio del área basal por árbol es de 0.0263 m²

7.5.1 Relación del área de foco vrs el número de insectos por árbol infestado

En la plantación joven, a medida que aumenta en un metro el área del foco donde se localiza el gorgojo del pino, el número de insectos por árbol crece en 1.41. Esta plantación esta en pleno desarrollo y a medida que crece la plantación se va volviendo más susceptible al ataque del gorgojo. La ecuación de regresión generada explica con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación de 0.85 es: $y = 1.412 + 0.00498x$. donde y = número de insectos por árbol y x = área de foco (figura 33A).

7.5.2 Relación del área basal por árbol vrs el número de insectos por árbol infestado

El gorgojo del pino se ve influenciado positivamente a medida que aumenta el área basal por árbol. Esto conlleva a que cuando el árbol crece aumenta el grosor de la corteza y lo vuelve apto para la colonización del gorgojo descortezador. Estos árboles como se explico anteriormente, se encuentran en áreas con una densidad alta de árboles ocasiona competencia por nutrientes. De esta manera cuando aumenta en un centímetro cuadrado el área basal por árbol, el número de insectos crece en 56.56. Entonces la ecuación generada $y = 1.386 + 56.56x$ explica el comportamiento del gorgojo respecto al área basal con un 99% de confiabilidad y un coeficiente de determinación de 0.83. donde y = número de insectos por árbol y x = área basal por árbol

7.5.3 Relación del número de insectos por árbol vrs el número de árboles infestados

Dentro de la plantación a medida que aumenta la población de insectos por árbol, el número de árboles decrece en 19.46. El gorgojo descortezador ataca las plantaciones jóvenes con densidades bajas de los 2 insectos por árbol. La ecuación que relaciona el número de árboles atacados y el número de insectos por árbol es: $y = 195.96 - 19.469x$ Con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación de 0.84. donde y = número de árboles infestados y x = número de insectos por árbol (figura 35A).

7.5.4 Relación lineal múltiple del área de foco y área basal por árbol vrs número de insectos por árbol infestado

La regresión múltiple indica que a medida que en la plantación joven el área de foco aumenta en un metro cuadrado, la estimación del número de insectos de ve incrementada en 0.037 y a medida que aumenta en un centímetro cuadrado el área basal de los árboles, se da una disminución en la estimación esperada del número de insectos por árbol es de 14.56. Con un coeficiente de correlación múltiple del 92% y el 86% de la variabilidad explicada la ecuación generada es: $Y = 1.387 + 0.0375 X_1 - 14.5637 X_2$ donde X_1 = área de foco, X_2 = área basal.

Cuadro 15. Relaciones entre las variables dasométricas y el numero *Dendroctonus valens* LeConte en la Finca Saquichaj.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de insectos por árbol	área de foco	1.6893E-69	0.8588707	1.41296632	0.04981719
Número de insectos por árbol	área basal por árbol	2.168E-63	0.83159123	1.36861508	56.5653735
Número de árboles infestados	Número de insectos valens	1.0605E-42	0.69371722	1.33919858	0.00688326

Cuadro 16. Regresiones múltiple entre las variables dasométricas el número de insectos de *Dendroctonus valens* LeConte

Relaciones	P< value	Correlación múltiple	R ²	Intercepto	Coeficiente X ₁ = área de foco	Coeficiente X ₂ = área basal árbol
Relación entre el número de árboles infestados y las variables: área de foco, Diámetro altura del pecho y área basal por árbol	9.2709E-69	0.92861981	0.86233476	1.38793224	0.03759917	14.5637832

7.6 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS DEL ESTRATO TRES Y EL *Dendroctonus*

valens LeConte

Las variables dasométricas que están relacionadas con el número de insectos por árbol infestado son el área de foco, el diámetro a la altura del pecho y el área basal por árbol datos resumidos en los cuadros 17 y 18. Los árboles infestados poseen promedios de 2.62 metros en el radio de copa, 25.52 m² en el área de foco, 22.21 cm en el diámetro a la altura del pecho y 0.0482 m² de área basal por árbol. Esta especie de gorgojo descortezador esta presente en todas las secciones del estrato de la plantación madura. El estado de desarrollo predominante del insecto es el adulto.

7.6.1 Relación área de foco vrs insectos adultos por árbol infestado

El área de foco siendo una medida espacial dentro del bosque, influye en la población del insecto. Cuando aumenta el área de de foco del árbol en un metro cuadrado, el número de insectos por árbol se incrementa en 0.59. Siendo esta una relación significativa con un coeficiente de determinación de 0.95 y un nivel de confianza del 99% la ecuación generada para esta relación es: $y = 3.127 + 0.593x$. donde y = número de insectos adultos y x = área de foco (figura 29A)

7.6.2 Relación área basal por árbol vrs insectos adultos por árbol infestado

El número de insectos adultos en las plantaciones maduras se ve directamente influenciado por el área basal del árbol infestado. Cuando el área basal del árbol crece en un centímetro cuadrado, el número de insectos adultos se incrementa en 320.186. La ecuación de regresión generada con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación de 0.98 es: $y = 1.504 + 320.186x$. donde y = número de insectos adultos y x = área basal (figura 30A).

7.6.3 Relación diámetro a la altura del pecho vrs insectos adultos por árbol infestado

En el caso del diámetro, cuando este crece también experimenta un aumento en el número de individuos dentro del fuste aumentando este en 1.350 por cada centímetro que crece el diámetro. La ecuación generada que relaciona el diámetro y el número de insectos es: $y = -13.97 + 1.350x$ con un coeficiente de determinación de 0.93 y un nivel de confianza del 99%. donde y = número de insectos adultos y x = diámetro altura del pecho (figura 31A).

7.6.4 Relación insectos por árbol vrs número de árboles infestados

Cuando el número de insectos dentro del fuste aumenta en un individuo, el número de árboles infestados disminuye en 2.86 por cada insecto dentro del fuste. La ecuación generada tiene una pendiente negativa y explica este fenómeno con: $y = 178.83 - 2.86x$ donde x es el número de insectos por árbol, con un coeficiente de determinación de 0.93 y un nivel de confianza del 99%. donde y = número árboles infestados. y x = número de insectos por árbol (figura 32A).

7.6.5 Relación lineal múltiple del área de foco, DAP y el área basal por árbol vrs insectos por árbol infestado

Los resultados de la regresión múltiple indican que 422.29 insectos es un estimado del aumento en el número de insectos por árbol que corresponde a un centímetro cuadrado se mantiene constante el área basal por árbol. Cuando el diámetro crece en un centímetro, el estimado de la disminución esperada de número de insectos por árbol es de 0.228 y cuando el área del foco crece en un metro cuadrado, el estimado esperado de la disminución del número de insectos esta dada por 0.096. Por lo tanto con un nivel de confianza del 99%, y el 98% de la variabilidad es explicada esta dada por la ecuación: $Y = 4.060 - 0.096 X_1 - 0.228 X_2 + 422.29 X_3$, donde Y = número de insectos por árbol, X_1 = área de foco, X_2 = diámetro altura del pecho y X_3 = área basal por árbol.

Cuadro 17. Regresiones lineales significativas entre las variables dasométricas y el número *Dendroctonus valens* LeConte.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de insectos por árbol	área de foco	4.622E-108	0.95731109	3.12764557	0.59306855
Número de insectos por árbol	DAP	3.128E-92	0.93168696	-13.9717821	1.35068967
Número de insectos por árbol	área basal por árbol	2.267E-149	0.98748653	1.50402747	320.186224
Número de árboles infestados	Número de insectos valens	1.3594E-96	0.93998703	178.839571	-2.86178246

Cuadro 18. Regresión múltiple entre las variables dasométricas y el numero de insectos adultos de *Dendroctonus valens* LeConte .

Relaciones	P < value	Correlación múltiple	R ²	Intercepto	Coeficiente X ₁ = área de foco	Coeficiente X ₂ = DAP	Coeficiente X ₃ = área basal por árbol
Relación entre el número de árboles infestados y las variables: área de foco, Diámetro altura del pecho y área basal por árbol	2.012E-150	0.99462	0.98928	4.06085	-0.09622	-0.22873	422.2912

7.7 RELACIÓN VARIABLES DASOMETRICAS Y ÁRBOLES INFESTADOS EN EL ESTRATO UNO

Estas plantaciones de 6 años de edad corresponden a las áreas denominadas Sehoc y Se`hi (figura 3). Estas presentan una densidad de siembra entre 800 a 900 árboles por hectárea con un promedio de 844. La altura promedio se encuentra entre los 8m. Las fases de infestación en estas áreas se manifestaron de la siguiente forma: fase uno de infestación en un 2%, fase dos un 49% y la fase tres en 49% (figura 48A). En los cuadros 19 y 20 se observa el resumen del análisis de regresión de las variables dasométricas más significativas que afectaron esta plantación de Pino.

7.7.1 Relación del radio de copa vrs el número de árboles infestados

El radio de copa promedio para la plantación es de 1.02m y el promedio del radio de copa de los árboles infestados es de 1.74m llegando en algunas ocasiones hasta 3m. Esta plantación conforme aumenta su desarrollo, va experimentando en algunas áreas, un contacto entre copas. Este contacto entre copas, como se describió anteriormente ocasiona que los árboles entren en competencia y experimenten algún tipo de estrés por nutrientes y consecuentemente su susceptibilidad al ataque del gorgojo descortezador. La ecuación generada con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación de 0.90 es: $y = -21.52 + 32.84x$ donde y es el número de árboles infestados y x el radio de copa (figura 49A).

7.7.2 Relación del DAP vrs el número de árboles infestados

El número de árboles infestados por el gorgojo descortezador aumenta conforme crece el diámetro del árbol. El diámetro promedio de la plantación es de 11.23cm y el diámetro promedio de los árboles infestados es de 10cm. La ecuación generada y que explica la influencia del ataque del gorgojo en la plantación muy joven es: $y = -23.67 + 6.00x$ con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación de 0.91; donde y es el número de árboles infestados y x el diámetro a la altura del pecho (figura 50A).

7.7.3 Relación lineal múltiple del radio de copa y DAP vrs número de árboles infestados

En base al primer análisis de regresión simple, la regresión múltiple indica que: 3.227 árboles infestados es un estimado en el aumento esperado en un centímetro del diámetro del árbol y que 16.02 es un aumento esperado en el número de árboles infestados que corresponde al aumento en un metro del radio de copa, donde el 93.4% de la variabilidad en el número de árboles infestados con un nivel de confianza del 99% es explicada en la siguiente ecuación generada: $Y = -24.106 + 16.02X_1 + 3.22 X_2$. Donde X_1 = Radio de copa y X_2 = Diámetro altura del pecho.

Cuadro 19. Regresiones lineales de árboles infestados y las variables dasométricas en el estrato 1 de la Finca Saquichaj.

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de árboles infestados	Radio de copa	1.429E-158	0.72503804	-21.525879	32.8463446
Número de árboles infestados	DAP	4.262E-275	0.91485663	-23.672559	6.00092763

Cuadro 20. Regresión lineal múltiple y las variables dasométricas en el estrato 1 de la Finca Saquichaj.

Relaciones	P < value	Correlación múltiple	R ²	Intercepto	Coeficiente X ₁ = radio copa	Coeficiente X ₂ = DAP
Relación entre el número de árboles infestados y las variables: Radio de copa y Diámetro altura del pecho	7.5142E-40	0.96683711	0.934774	-24.106276	16.0209986	3.22764824

7.8 RELACIÓN VARIABELS DASOMÉTRICAS Y EL NÚMERO DE ÁRBOLES INFESTADOS EN EL ESTRATO DOS

Estas plantaciones corresponden a los proyectos de reforestación, de las 131, 93 y 40 hectáreas (figura 3). Las plantaciones jóvenes están entre los 9 y 10 años de edad. Presentan una densidad de árboles por hectárea promedio de 763 árboles, un área basal por hectárea de 9.22m² y una altura de 11m. Las fases de infestación se presentaron de la siguiente forma: fase uno de infestación un 77%, fase dos de infestación el 7% y la fase tres de infestación el 16%.(figura 44A). En los cuadros 21 y 22 se observa el resumen del análisis de las variables dasométricas más significativas en este estrato.

7.8.1 Relación densidad actual de plantación por hectárea vrs árboles infestados

Esta variable dasométrica esta directamente relacionada con la susceptibilidad del árbol al ataque del gorgojo descortezador. Coincidentemente con lo mencionado por Ray R (2002), las altas densidades originan una competencia entre árboles, dando lugar a que existan árboles que se

desarrollen deficientemente. Con un coeficiente de determinación de 0.80 y un nivel de confianza del 99%, la ecuación que explica el comportamiento del gorgojo respecto de la densidad de plantación es: $y = -713.91 + 1.408x$. donde y es el número de árboles infestados y x es la densidad de árboles por hectárea.

7.8.2 Relación radio de copa vrs árboles infestados

El radio de copa es la medida en la cual puede detectarse que tan cerca están los árboles uno del otro. En esta etapa de crecimiento de la plantación madura, el radio de copa adecuado es de no más de 2m para evitar el contacto entre copas. Sin embargo el radio de copa promedio de los árboles infestados es de 2.7mt, por lo que existe contacto entre copas y por consiguiente existe una competencia entre los árboles por nutrientes. La ecuación generada que explica la relación del radio de copa con los árboles infestados es: $y = -110.35 + 169.29x$ donde y es el número de árboles infestados y x es el radio de copa con un coeficiente de determinación de 0.89 y un nivel de confianza del 99% (figura 45A).

7.8.3 Relación DAP vrs árboles infestados

A medida que crece el diámetro de la plantación, los árboles son más susceptibles al ataque del gorgojo descortezador. El diámetro promedio de las plantaciones jóvenes es de 11.36cm y el diámetro promedio de los árboles infestados es de 17.42cm (figura 46A). Coincidentemente con lo descrito por Rowel (1978), hace suponer que, cuando el desarrollo de un árbol en particular es favorable y su diámetro crece, la cercanía de los árboles vecinos que están dentro del diámetro promedio de la plantación, ejercen cierta influencia sobre este ocasionando que en cierto momento que el árbol sea susceptible y disminuya su vitalidad para soportar el ataque del gorgojo descortezador. La ecuación de regresión generada que explica este fenómeno con un nivel de

confianza del 99% y un coeficiente de determinación del 94% es: $y = -287.33 + 37.27x$. donde y es el número de árboles infestados y x es el diámetro a la altura del pecho (figura 47A).

7.8.4 Relación lineal múltiple de densidad actual de árboles, radio de copa y el DAP vrs árboles infestados

En la regresión múltiple, las variables dasométricas de densidad actual de árboles, radio de copa y diámetro a la altura del pecho (DAP) que poseen mayor significancia, la ecuación generada indica que, en la plantación joven se estima que el número de árboles infestados se incrementa en un 0.3655 con cada aumento en un árbol en la densidad de plantación de árboles por hectárea y que 37.34 es un estimado en el aumento esperado en el número árboles infestados con cada incremento en un metro del radio de copa. Finalmente un estimado en el decremento esperado de 36.73 en el número de árboles infestados. Con una variabilidad del 96% en el número de árboles infestados, un coeficiente de correlación múltiple del 98% y un nivel de confianza del 99% la ecuación generada es la siguiente: $Y = -465.503 + 0.365 X_1 - 36.737 X_2 + 37.347 X_3$. Donde X_1 = Densidad de siembra por hectárea, X_2 = Diámetro altura del pecho y X_3 = Radio de copa.

Cuadro 21. Regresiones lineales entre el número de árboles infestados y las variables dasométricas

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de árboles infestados	Densidad de plantación	1.521E-183	0.802642577	-713.911327	1.40847281
Número de árboles infestados	Radio de copa	4.7117E-74	0.892377548	-110.359294	169.290342
Número de árboles infestados	Diámetro altura del pecho	1.2558E-16	0.94954171	-287.332984	37.2726203

Cuadro 22. Resumen de la regresión lineal múltiple y las variables dasométricas.

Relaciones	P< value	Correlación múltiple	R ²	Intercepto	Coficiente X ₁ = Densidad de plantación	Coficiente X ₂ = DAP	Coficiente X ₃ = radio copa
Relación entre el número de árboles infestados y las variables: Densidad. Radio de copa y Diámetro altura del pecho	1.73E-54	0.982595	0.965494	- 465.5038	0.365521	- 36.73767	37.3475856

7.9 RELACIÓN VARIABLES DASOMÉTRICAS Y ÁRBOLES INFESTADOS EN EL ESTRATO

TRES

Estas plantaciones corresponden a las secciones de la 1 a la 13 y 16, 17 y 18 (figura 3). Estas se encuentran en su última etapa de desarrollo y de manejo silvicultural. Las edades comprendidas oscilan entre los 24 y 25 años de edad. El diámetro promedio de estas plantaciones es de 32.19cm y un área basal por hectárea de 21.35 y la altura promedio es de 24.72m. También presentan un promedio en las densidades de siembra de 308 árboles por hectárea. En su mayoría son plantaciones mixtas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoii* mientras que en otras áreas se presentan en asociación con *Cupressus lucitanica* específicamente la sección 12. En las plantaciones maduras, las fases de infestación se manifestaron de la siguiente manera: fase uno de infestación en un 8%, la fase dos de infestación en un 20% y la fase tres de infestación en un 72% (figura 38A). En los cuadros 23 y 24 se resume las relaciones más significativas del estrato.

7.9.1 Relación radio de copa vrs número de árboles infestados

El radio de copa representa una medida del tamaño de la copa del árbol. El gorgojo descortezador se ve favorecido cuando el radio de copa aumenta. Así cuando el radio de copa se incrementa en un metro, el número de árboles infestados aumentan en 141, siendo la ecuación de

regresión: $y = -79.755 + 141.308x$ donde y es el número de árboles infestados y x el radio de copa. La ecuación tiene un 99% de confianza y un coeficiente de determinación de 0.899 (figura 39A).

7.9.2 Relación área de foco vrs número de árboles infestados

El área del foco es una medida espacial que influye también en la incidencia de la plaga. Cuando el área del foco crece en un metro cuadrado, la estimación del número de árboles infestados crece en 6.29, por lo que la ecuación de regresión para la estimación del valor del número de árboles infestados es la siguiente: $y = 129.60 + 6.29x$ donde y es el número de árboles infestados y x el área de foco. La ecuación es explicada con un 99% de confianza y un coeficiente de determinación de 0.721 (figura 40A).

7.9.3 Relación del DAP vrs el número de árboles infestados

El diámetro es una variable que está estrechamente relacionada con el ataque del gorgojo descortezador. A medida que este se incrementa el diámetro decrece la susceptibilidad al ataque del gorgojo descortezador. En una plantación homogénea en la edad y densidad, los diámetros pequeños son sinónimos de mal desarrollo y por consiguiente pueden estar más expuestos al ataque del gorgojo descortezador. El diámetro promedio en la plantación madura es de 32.19 cm mientras que la frecuencia diamétrica promedio de los árboles infestados se encuentra entre los 15 y 20cm (figura 41A). Esto es coincidente con lo descrito por Ray R. (2002) respecto a la influencia del diámetro en el ataque del gorgojo descortezador. Estos datos indican que existe cierto porcentaje de árboles que poseen un mal desarrollo dado por la competencia, mal manejo o un índice de sitio inadecuado. El resultado de la regresión tiene una pendiente positiva, es decir a medida que aumenta el diámetro del árbol, el número de árboles atacados tiende a disminuir. Por lo tanto el número de árboles infestados crece 14.59. Así pues, la ecuación que explica con un

intervalo de confianza del 99% fenómeno es: $y = -33.544 + 14.59x$ donde y es el número de árboles infestados y x el diámetro a la altura del pecho y el coeficiente de determinación es de 0.8946 (figura 42A).

7.9.4 Relación área basal por árbol vrs el número de árboles infestados

El área basal por árbol experimenta una situación similar al diámetro. En las plantaciones mixtas, en especial con maderas duras como *Cupressus lusitanica*, el área basal por hectárea aumenta y esto hace pensar que puede haber relación alguna con la susceptibilidad del ataque. El hecho es que los árboles como el Ciprés, tienden a competir fuertemente con los árboles de pino, siendo estos últimos los más afectados pues esta competencia termina en una pérdida de vigor de los pinos respecto a los Cipreses que se observa en el diámetro pequeño y por consiguiente en el área basal de los árboles. Esto puede definirse como una ventaja para el ataque del gorgojo descortezador del pino. Coincidentemente con lo descrito por Benet (1968) y por Rowel (1978), en la finca saquichaj, los pinos maximinoii son más susceptibles puesto que están en plantaciones mixtas con pinus oocarpa, siendo este último más resistente al ataque (figura 45A). En el análisis de regresión aplicado, se puede observar que a medida que aumenta el área basal por árbol, la susceptibilidad al ataque disminuye, es decir mientras el área basal de los árboles infestados sea más baja que la media de la plantación, estos serán más susceptibles al ataque del gorgojo descortezador. La ecuación de regresión es la siguiente: $y = 141.69 + 3085.3x$ donde y es el número de árboles infestados y x el área basal por árbol. El intervalo de confianza es del 99% y con un coeficiente de determinación es del 0.77 (figura 43A).

7.9.5 Relación lineal múltiple radio de copa y el DAP vrs número de árboles infestados

Para las variables dasométricas de Radio de copa y Diámetro a la altura del pecho (DAP) las más significativas, la regresión múltiple indica que en la plantación madura, se estima que el número

de árboles infestados decrece en 7.69 con cada aumento en un centímetro del diámetro a la altura del pecho y que 76.34 es un aumento esperado en el número de árboles infestados que corresponde al aumento en un metro del radio de copa, donde el 96.2% de la variabilidad en el número de árboles infestados con un nivel de confianza del 99% es explicada en la siguiente ecuación generada: $Y = 261.38 + 76.34 X_1 - 7.69 X_2$. Donde X_1 = Radio de copa y X_2 = Diámetro altura del pecho.

Cuadro 23. Regresiones lineales significativas entre el número de árboles infestados y las variables dasométricas.

Relaciones		P > Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de árboles infestados	radio de copa	6.108E-277	0.89644406	-79.7555277	141.308963
Número de árboles infestados	área de foco	1.429E-158	0.72503804	129.60553	6.29813446
Número de árboles infestados	DAP	4.262E-275	0.89485663	610.337559	-14.4051763
Número de árboles infestados	Área basal por árbol	1.656E-173	0.75690709	437.334383	-3050.26244

Cuadro 24. Regresión lineal múltiple y las variables dasométricas en las plantaciones maduras de la Finca Saquichaj.

Relaciones	P < value	Correlación Múltiple	R ²	Intercepto	Coeficiente X ₁ = radio copa	Coeficiente X ₂ = DAP
Relación entre el número de árboles infestados y las variables: Radio de copa y Diámetro altura del pecho	6.859E-127	0.98108495	0.96252767	261.383411	76.3467623	-7.6978563

7.10 RELACION ENTRE LOS ÁRBOLES INFESTADOS Y LOS FACTORES CIMÁTICOS

El clima representa un factor importante en el ataque del gorgojo descortezador del pino. En la figura 5, los meses de septiembre a enero, se observa un incremento en la precipitación pluvial y al mismo tiempo una disminución en la temperatura. En los meses de febrero a julio, y parte de agosto, la precipitación pluvial decrece y se observa un aumento en la temperatura. Según Ray. R. (2002) cuando el árbol esta en un estrés por falta de agua y un aumento en la temperatura, es inminente la colonización del árbol. En los cuadros 25 y 26 se resume el resultado del análisis de las relaciones entre los factores climáticos y el número de árboles infestados dentro de la Finca Saquichaj.

7.10.1 Relación precipitación pluvial vrs número de árboles infestados

De esta manera, la precipitación pluvial favorece la propagación del gorgojo descortezador. Contrariamente con lo descrito por Mitgaard (2003), Nuñez (2001) y Ray R.(2002), cuando la precipitación aumenta en un milímetro de agua el número de árboles infestados por la plaga crece en 0.784. Es decir que a medida que aumenta la precipitación también se observa un incremento en los árboles infestados. La ecuación generada que explica esta relación es: $y = 11.512 - 0.7843x$ donde y = número de árboles infestados y x = precipitación pluvial durante el periodo de investigación; con un coeficiente de determinación de 0.81 y un nivel de confianza del 99%. la ecuación explica que, cuando la precipitación es baja se da una alta actividad del gorgojo descortezador del pino (figura 53A).

7.10.2 Relación porcentaje de humedad relativa vrs número de árboles infestados

La humedad relativa también ejerce una influencia positiva en el número de árboles infestados por el gorgojo descortezador. A medida que esta aumenta en un grado porcentual, el número de árboles infestados crece en 6.6307. La ecuación generada es: $y = -543.53 + 6.6307x$ donde y =

número de árboles infestados y x = humedad relativa durante el periodo de investigación; con un coeficiente de determinación de 0.90 y un nivel de confianza del 99% (figura 54A).

7.10.3 Relación de temperatura promedio vrs número de árboles infestados

Por ultimo la temperatura también juega un papel importante en la infestación de los árboles. Cuando existen días de altas temperaturas, es de esperar que ocurran infestaciones dentro de la plantación, así cuando la temperatura aumenta en un grado centígrado, el número de árboles infestados aumenta en 3.67. La ecuación generada es: $y = -50.147 + 3.67x$ donde y = número de árboles infestados y x = temperatura promedio durante el periodo de investigación con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de determinación del 0.84 (figura 56A).

7.10.4 Relación lineal múltiple de las variables climáticas vrs número de árboles infestados

La regresión lineal múltiple indica que cuando la precipitación pluvial aumenta en un milímetro de lluvia, la estimación del aumento esperado en el número de árboles infestados es de 0.641 cuando la precipitación se mantiene constante. En el caso de la humedad relativa existe una disminución de 2.36 cuando la humedad relativa aumenta en un grado porcentual y finalmente el número de árboles infestados aumenta en 14.877 cuando la temperatura aumenta en un grado centígrado. La ecuación generada con un coeficiente de correlación múltiple de 96% y un coeficiente de determinación del 94% es: $Y = -111.686 + 0.641 X_1 - 2.36 X_2 + 14.877 X_3$. donde X_1 = precipitación pluvial, X_2 = porcentaje de humedad relativa y X_3 = temperatura promedio.

Cuadro 25. Regresiones lineales entre las variables climáticas y el numero árboles infestados

Relaciones		P < Value	R ²	Coeficiente a	Coeficiente b
Variable: Y	Variable: X				
Número de árboles infestados	Precipitación pluvial	3.25608E-06	0.785735312	11.51201692	0.784346154
Número de árboles infestados	Humedad Relativa	1.2574E-08	0.77469065	543.5384742	-2.81911765
Número de árboles infestados	Temperatura promedio	7.1494E-11	0.84757715	-50.1476923	3.67076923

Cuadro 26. Regresión múltiple entre las variables climáticas significativas y el número de árboles infestados

Relaciones	P< value	Correlación múltiple	R ²	Intercepto	Coficiente X ₁ = precipitación	Coficiente X ₂ = % HR	Coficiente X ₃ = Tem promedio
Y = número de árboles infestados	4.9365E-36	0.96963	0.94019	-111.686	0.64169	-2.36218	14.877

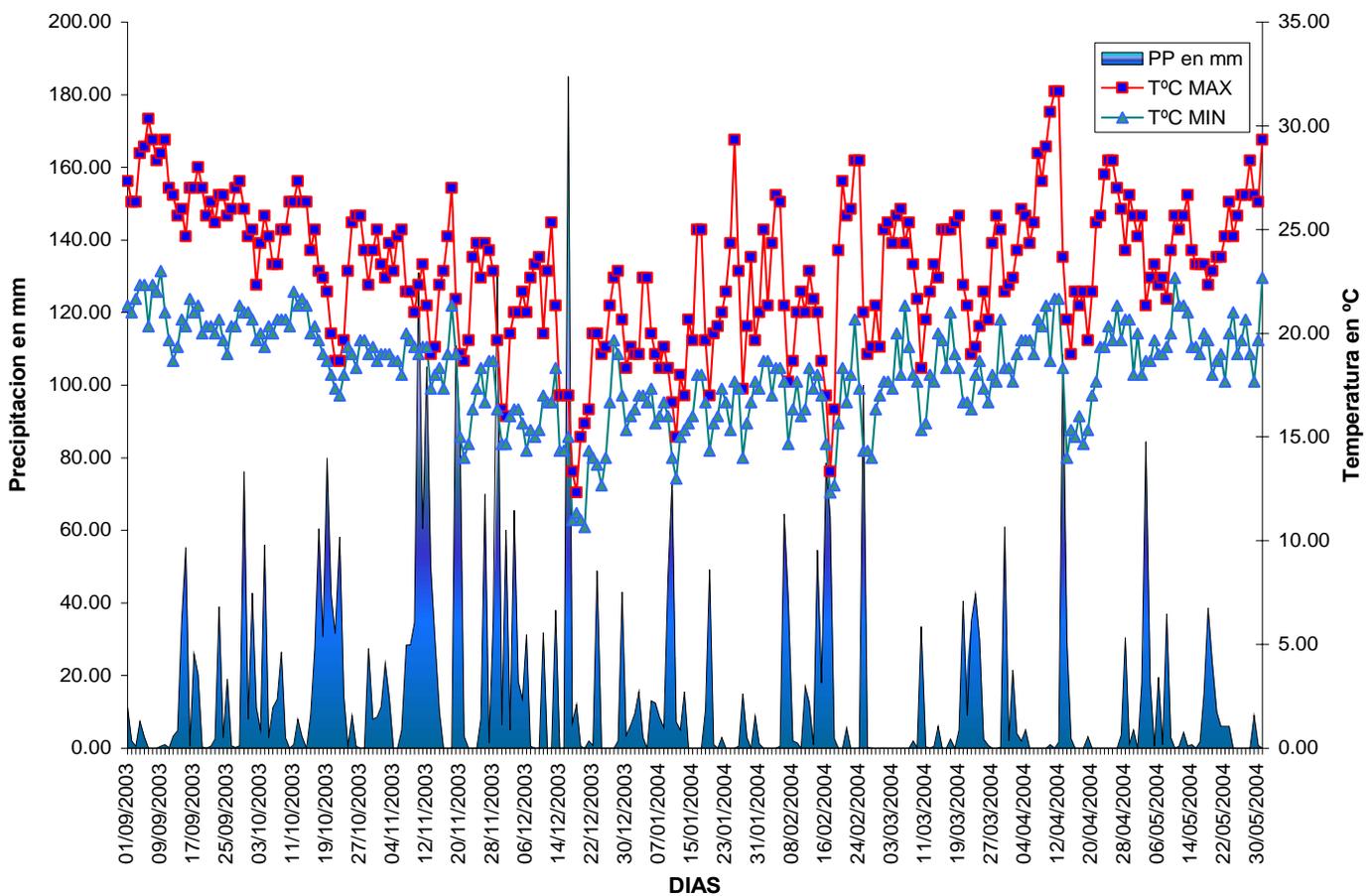


Figura 5. Gráfica comparativa de la precipitación y temperaturas máximas y mínimas del periodo de investigación

7.11 UBICACIÓN DE LOS FOCOS DE INFESTACIÓN DEL *Dendroctonus* spp. EN LA FINCA SAQUICHAJ

Los brotes del *Dendroctonus* spp. se encuentran entre los 780 y 1498msnm con una media de 1263msnm. Los puntos georeferenciados del ataque del gorgojo descortezador están ubicados dentro de las coordenadas UTM: Latitud Norte: 0775630 y 0781413; Longitud Oeste: 1723786 Y 1716999 (figura 6).

Finca Saquichaj

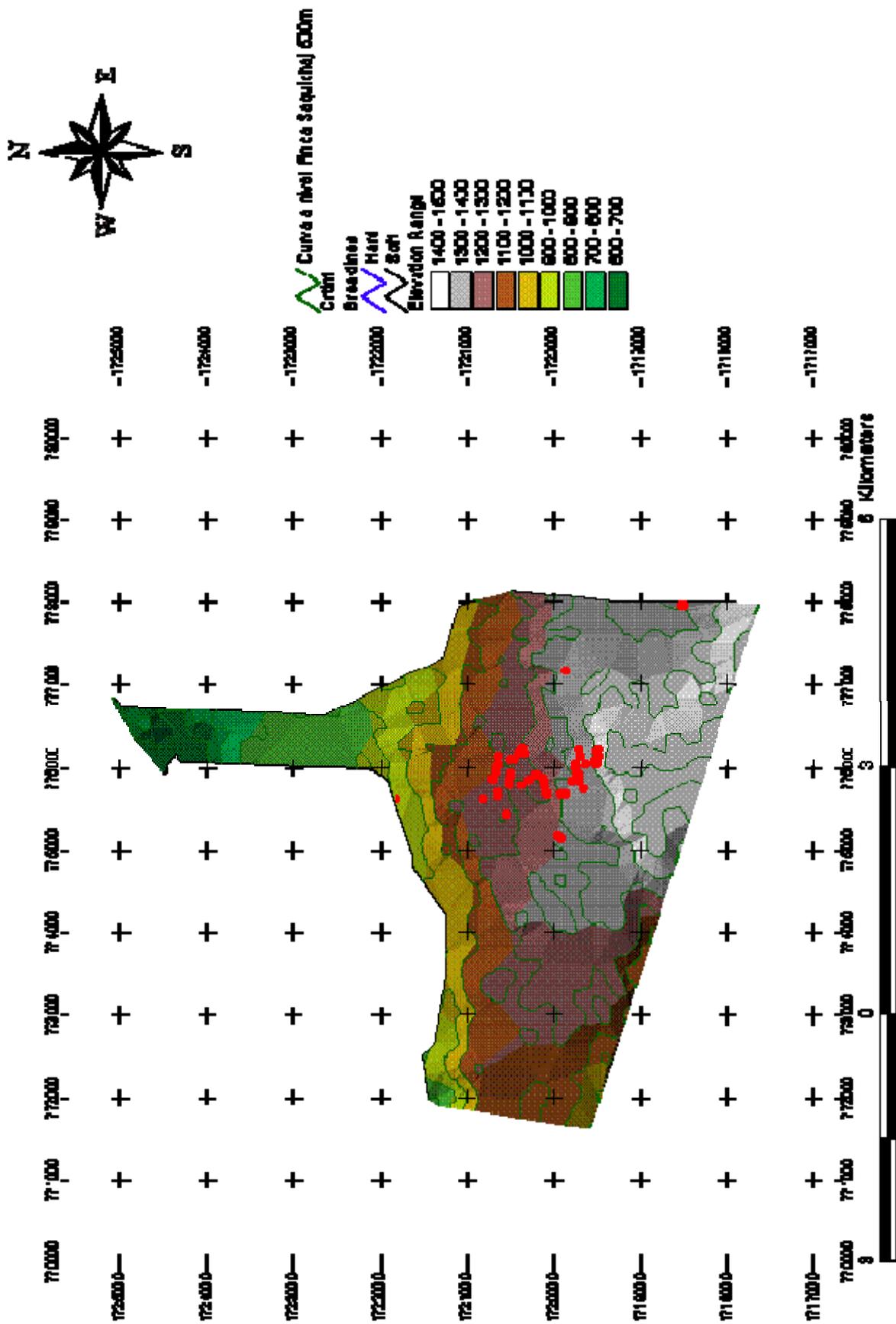


Figura 6. Mapa hipsométrico de la Finca Saquichaj a escala 1:45,000

8 CONCLUSIONES

1. En plantaciones de *Pinus maximinoii* y *Pinus caribaea var Hondurensis* se determinaron las especies de gorgojo descortezador: *Dendroctonus valens* LeConte, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann y *Dendroctonus adjunctus* Blandford como las predominantes en la Finca Saquichaj.
2. El promedio de la estimación de la densidad de insectos por árbol infestado de *D. frontalis* Zimmermann, en sus tres estados de desarrollo fueron para la especie de *P. maximinoii* de: 2617 larvas, 1260 pupas y 1650 insectos adultos. Para la especie de *P. caribaea var Hondurensis* fueron de 2104 larvas, 1760 pupas y 1740 insectos adultos. El promedio total de para ambas especies fue de 2412 larvas, 1460 pupas y 1686 insectos adultos siendo el estado larval el predominante. En el estrato de las plantaciones maduras, el promedio de insectos por árbol de *D. valens* LeConte en las especies de y *P. caribaea var Hondurensis* fue de 17 individuos, atacándolas en un 91% y 9% respectivamente. Para el estrato de las plantaciones jóvenes y muy jóvenes fue de 2 individuos por árbol infestado. El 100% de los árboles afectados son de la especie *P. maximinoii*. El estado de desarrollo predominante es el adulto. El *D. adjunctus*, no fue encontrado infestando árboles dentro de la Finca Saquichaj sin embargo se confirma su presencia por la captura de especímenes en las trampas de embudo múltiple colocadas en lugares estratégicos dentro de los tres estratos de plantaciones en la Finca Saquichaj.

3. Las variables dasométricas más significativas que se relacionaron con el número de insectos por árbol de ***D. frontalis Zimmermann*** en sus tres estados de desarrollo fueron: el radio de copa, el área de foco, el diámetro a la altura del pecho y el área basal por árbol. Estas relaciones indican que a medida que aumentan en una unidad estas variables dasométricas, el número de individuos dentro del árbol infestado se incrementa significativamente, y como consecuencia también se eleva número de árboles infestados. Las relaciones que explican este fenómeno tienen un $P < \text{value}$ menor del 0.001 con coeficiente de determinación mayor del 0.90 y un nivel de confianza del 99%. Bajo las condiciones de la Finca Saquichaj.
4. En el estrato de las plantaciones maduras, las variables dasométricas que se relacionaron más significativamente con el número de insectos de ***D. valens LeConte*** en su estado adulto fueron: el área de foco, el diámetro a la altura del pecho y el área basal por árbol infestado. Estas relaciones indican que a medida que aumentan en una unidad estas variables dasométricas, el número de individuos dentro del árbol infestado se incrementa significativamente. Sin embargo, al incrementarse el número de individuos por árbol infestado se reduce el número de árboles. Las relaciones que explican este fenómeno tienen un $P < \text{value}$ menor del 0.001 con coeficiente de determinación mayor del 0.95 y un nivel de confianza del 99% bajo las condiciones de la Finca Saquichaj.
5. En el estrato de las plantaciones jóvenes, las variables dasométricas más significativas que están directamente relacionadas con las densidades de población del ***D. valens LeConte*** son el área de foco y el área basal por árbol. Estas al incrementarse en una unidad, el número de insectos por árbol también aumenta. Cuando existe un aumento en el número de insectos por árbol, el número de árboles infestados disminuye significativamente. En el

estrato de plantas muy jóvenes, las variables dasométricas más significativas son el área de foco y el radio de copa. El número de árboles infestados aumentan al incrementarse el número de insectos por árbol. Las relaciones que explican este fenómeno tienen un P<value menor del 0.001 con coeficiente de determinación mayor del 0.90 y un nivel de confianza del 99% bajo las condiciones de la Finca Saquichaj

6. En el estrato de las plantaciones maduras, la relación entre las variables dasométricas más significativas y el número de árboles infestados son: el radio de copa y el diámetro a la altura del pecho. Los árboles más susceptibles promediaron estas variables en: 2.62 m y 22.21 cm respectivamente. Las relaciones que explican este fenómeno poseen un P<value menor del 0.001, un coeficiente de determinación de 0.90 y un nivel de confianza del 99%. Bajo las condiciones de la Finca Saquichaj

7. En el estrato de las plantaciones jóvenes las características de los árboles más susceptibles al *Dendroctonus* spp son: áreas densamente pobladas con aproximadamente 700 árboles por hectárea, un radio de copa de 2.78 m y un diámetro de 17.42 cm que esta fuera del promedio de la plantación. Las relaciones que explican este fenómeno poseen un P< value menor al 0.001 y un coeficiente de determinación mayor a 0.90 y un nivel de confianza del 9%. En el estrato de las plantaciones muy jóvenes, los árboles más susceptibles al ataque del ***Dendroctonus* spp.** poseen un radio de copa de 1.74m y un diámetro a la altura del pecho de 10.14cm. Las relaciones que explican este fenómeno poseen un P<value menor al 0.001 y un coeficiente de determinación mayor a 0.90 y un nivel de confianza del 9%.

8. Al incrementarse la intensidad de la precipitación, el porcentaje de humedad relativa y temperatura promedio, también se incrementa el número de árboles infestados en dentro de la Finca Saquichaj. Las ecuaciones generadas que explican este fenómeno poseen un P<value menor del 0.001 y un coeficiente de determinación mayor a 0.80 y un nivel de confianza del 99%. Los puntos georeferenciados de los brotes se encuentran entre los 780 y 1498 msnm con una media de 1263 msnm. Los puntos del ataque del gorgojo descortezador están ubicados dentro de las coordenadas UTM: Latitud Norte: 0775630 y 0781413; Longitud Oeste: 1723786 Y 1716999.

9 RECOMENDACIONES

1. Priorizar como forma de combate del *Dendroctonus spp.* el estudio a nivel de detalle del ciclo biológico en las tres especies de gorgojo descortezador encontradas dentro de las plantaciones de la Finca Saquichaj, y describir cuantitativamente los estados de vida con respecto al tiempo de tal manera que se identifiquen los factores que modifican su actividad y las diferentes interacciones que ocurren bajo las condiciones de la Finca Saquichaj.
2. Crear líneas de investigación orientadas a establecer las posibles causas de la susceptibilidad de los árboles ante el ataque del *Dendroctonus spp.* como por ejemplo: las características físicas y químicas de los suelos, la nutrición y la disponibilidad de agua de la planta y la tasa de resinación de las diferentes especies de pino.
3. Capacitar al personal encargado de la Finca Saquichaj en la determinación de la plaga del *Dendroctonus spp.* y equiparlos con instrumentos de precisión para su correcta determinación para la facilitación en la toma de decisiones inmediatas para su control.
4. Dentro del estrato de las plantaciones maduras y en base a las variables dasométricas del radio de copa, el área de foco, el diámetro a la altura del pecho y el área basal por árbol; definir cortas de mejoramiento y saneamiento en forma selectiva de aquellos árboles que presenten las condiciones de suprimidos, dominados y sobremaduros, como también aquellos que presenten lesiones por extracción de madera y/ tormentas eclécticas mientras que en los estratos de las plantaciones jóvenes y muy jóvenes es necesario reducir la densidad de árboles por hectárea tomando en cuenta las variables dasométricas del radio de copa y el diámetro a la altura del pecho.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Andrews, K. 1989. Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centro América. 4 ed. Honduras, Escuela Agrícola El Zamorano, Departamento de Protección Vegetal. 155 p
2. Billings, RF. 1990. Los escarabajos descortezadores del pino con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: guía de campo para la inspección terrestre. Texas, US, Forest Service. 19 p
3. _____. 2002 Bark beetles of North America: image and fact sheet library (en línea). Consultado 14 ene 2004. Disponible en: <http://www.barkbeetles.org>
4. Cano, MF. 2001. Gorgojo del pino; efecto del cambio climático en los años recientes. Revista Agricultura no.40:12-14.
5. Castañeda, C. 2001. Informe final: diagnóstico y rápida evaluación de ataque del gorgojo del pino en pinares de Poptún, Petén, Guatemala. Guatemala INAB. 21 p.
6. _____. 2002. El gorgojo del pino *Dendroctonus* y sostenibilidad de bienes y servicios de los pinares de Guatemala. In Congreso Forestal Latinoamericano (2002 GT.) Guatemala. p. 221-236
7. ESNACIFOR, HN. 2001. Curso: manejo y control del *Dendroctonus frontalis*. Honduras, Escuela Nacional Forestal, Centro Integrado de Capacitación Forestal. 42 p.
8. Harry, O. 1972. Identificación de tres taladradores de la corteza (Coleoptera: Scolytidae) que probablemente se encontrarán en el nordeste de Nicaragua. Boletín Fitosanitario FAO 20(5):100-104.
9. Hernández, M. 1975. El gorgojo de la corteza, plaga principal de los pinares (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann). Honduras, COHDEFOR. 13 p. (Publicación no 1).
10. Hernández Dávila, A. 2001. El gorgojo del pino *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, matador de árboles de pino; Poptún, Petén, Guatemala. Guatemala Forestal, Boletín no. 10:4 p.
11. _____. 2003a. Estimación de la efectividad de control del *Dendroctonus*. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 12 p.
12. _____. 2003b. Situación actual y caracterización de los gorgojos descortezadores de los pinos *Dendroctonus*, en Guatemala. Guatemala, REFINSA / FAUSAC / INAB. 13 p.
13. _____. 2004a. Evaluación de trampas con feromonas para captura de gorgojos descortezadores de los pinos, en los proyectos de reforestación Chicocom y Maria Soledad en Cobán, A.V. Guatemala, REFINSA. 10 p.

14. _____. 2004b. Plan estratégico de monitoreo y control del gorgojo descortezador de los pinos en las fincas Saquichaj y Chicocom en Cobán, A.V. Guatemala, REFINSA. 14 p.
15. Juárez Pérez, ZE. 1981. Relación de densidad, regeneración y manejo de bosques de *Pinus rudis* atacados por *Dendroctonus spp.* Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 92 p.
16. Landaverde, R. 2001. Los escarabajos descortezadores del genero *Dendroctonus*, plaga de las pinaceas en Centro América. Honduras, IICA, Dirección Técnica de Sanidad Vegetal. 31 p
17. Logan, J. 2001. Gost forest, global warning and the mountain pine beetle (en línea). US, American Entomologist. Consultado 22 ene 2004 Disponible en <http://www.for.gob.bc.ca/tasb/legsregs/fpc/fpcguide/beetle.html>
18. Massey, G. 1977. Round headed pine beetle: forest insect & disease (en línea). US, USDA, Forest Service. Consultado 12 dic 2003. Disponible en <http://www.odf.state.or.us>
19. Medina G, EA. 1980. Susceptibilidad de los bosques de coníferas al ataque del gorgojo del pino *Dendroctonus* (Coleóptera: Scolytidae) en función de la composición, edad y densidad de los mismos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 94 p.
20. Midtgaard, T. 2003. Escarabajos de corteza del pino en la reserva forestal Mountain Pine Ridge, Belice: descripción de las especies, como monitorear y controlar la plaga en caso de infección. 2 ed. Noruega, Miljortikk. 18 p.
21. Nuñez, HD. 2001. Manejo integrado del gorgojo del pino *Dendroctonus frontales* Zimmermann. Honduras, Programa Regional Forestal para Centro América (PROCAFOR, MAFOR). 30 p.
22. Overhulser, D. 1999. Read turpentine beetle (*Dendroctonus valens*), forest health note (en línea). US, Oregon Department of Forestry. Consultado 14 ene 2004. Disponible en <http://www.odf.state.or.us>
23. Paiz Schwartz, G. 1994. Diagnostico de las plantaciones de *Pinos maximinoii*, *Pinus caribaea*, *Pinus montezumae*, *Pinus strobus var Chapensis* y *Cupressus lusitanica* del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, A.V. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 94 p.
24. Pitoni, A. 1980. Planificación del control de la plaga del *Dendroctonus* y del aprovechamiento de la madera dañada. Guatemala, FAO, Documento de trabajo. 113 p
25. Ray, R. 2002. The southern pine beetle: chapter 4: climatic, site, and stand factors (en línea). Consultado 14 ene 2004. Disponible en <http://www.barkbeetles.org/spb/spbbook/Chapt4.html>
26. REFINSA. GT. 2003. Manejo del gorgojo en las fincas Saquichaj y Chicocom, Cobán, A.V. Guatemala: informe anual de actividades de control de plagas, periodo 2002-2003. Guatemala. 27 p.

27. Suárez Urrutia, JA. 2001. Situación actual forestal de la finca Saquichaj en el municipio de Cobán, A.V. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
28. Tejeda Poma, VH. 1993. Evaluación de cuatro unidades de muestreo, para estimar poblaciones de plagas del suelo en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), Siquinalá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 81 p.
29. Tovar, DC. *et al.* 1995. Insectos forestales de México. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 456 p. (Publicación no. 6).
30. Tzirin Batzin, J. 1998. Índices de sitio preliminares para *Cupressus lusitanica*, *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari, *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus strobus* L. var. *Chiapensis* Martínez, establecidas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 67 p.
31. Vite, JP. 1975. Escarabajos del pino del género *Dendroctonus*: poblaciones de plagas en América Central. Nicaragua, FAO 23(6):178-184.
32. Wood, SL. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae): a taxonomic monograph. Provo, Utah, US, Brigham Young University. 1359 p.

11 APÉNDICES

Cuadro 27A. Cuadro comparativo de Medidas de tendencia central del diámetro en las parcelas permanentes y de los árboles infestados de la plantación madura en la Finca Saquichaj.

<i>Estadísticos</i>	<i>Árboles Infestados</i>	<i>Promedio de parcelas permanentes</i>
Media	22.21300148	32.19761905
Error típico	0.46611229	0.660161245
Mediana	18	32
Moda	15	32.6
Desviación estándar	11.03022997	4.27833385
Varianza de la muestra	121.6659732	18.30414053
Curtosis	-0.231190077	0.243846271
Coefficiente de asimetría	0.882510389	0.217693423
Rango	52.3	19.4
Mínimo	3	22.3
Máximo	55.3	41.7
Suma	12439.28083	1352.3
Cuenta	560	42
Mayor (1)	55.3	41.7
Menor(1)	3	22.3
Nivel de confianza(95.0%)	0.915545553	1.333222667

Cuadro 28A. Medidas de tendencia central del conteo de larvas, pupas y adultos de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann.

ESTADISTICOS	LARVAS	PUPAS	ADULTOS
Media	2411.94503	1459.964561	1685.880365
Error típico	220.378735	233.5215082	209.7363414
Mediana	2526.86174	1302.607021	1508.281814
Moda	#N/A	852.0812843	#N/A
Desviación estándar	853.5231704	904.4249122	812.3053573
Varianza de la muestra	728501.8025	817984.4219	659839.9935
Coefficiente de variación	35.38733925	61.94841549	48.18285889
Curtosis	0.149668135	1.065932524	-0.453272318
Coefficiente de asimetría	-0.028252934	1.353104323	0.756808315
Rango	3359.354948	2869.653061	2507.273664
Mínimo	793.3170578	558.2601518	744.346869
Máximo	4152.672006	3427.913213	3251.620533
Suma	36179.17545	21899.46841	25288.20547
Cuenta	15	15	15
Mayor (1)	4152.672006	3427.913213	3251.620533
Menor(1)	793.3170578	558.2601518	744.346869
Nivel de confianza(95.0%)	472.6653756	500.8538206	449.8397116

Cuadro 29A. Medidas de tendencia central de la población de adultos de *Dendroctonus valens* Leconte.

Estadísticos	Plantación Madura	Plantación Joven	Plantación Muy joven
Media	17.19745223	2.518292683	2
Error típico	1.071867913	0.069988863	0
Mediana	12	2	2
Moda	8	2	2
Desviación estándar	13.43046646	0.896294765	0
Varianza de la muestra	180.3774294	0.803344306	0
Coficiente de variación	78.09567534	35.59267592	0
Curtosis	4.649579914	3.833629617	#¡DIV/0!
Coficiente de asimetría	1.919061416	1.936987501	#¡DIV/0!
Rango	80	4	0
Mínimo	3	2	2
Máximo	83	6	2
Suma	2700	413	54
Cuenta	157	164	27
Mayor (1)	83	6	2
Menor(1)	3	2	2
Nivel de confianza(95.0%)	2.117247262	0.138201729	0

Cuadro 30A. Medidas de tendencia central de los datos de la estación meteorológica correspondientes a 12 meses de registro en la Finca Saquichaj

Estadísticos	Precipitación	Humedad Relativa	Temperatura Promedio
Media	14.29654605	86.28261826	20.83168317
Error típico	1.452681318	0.210033143	0.156480804
Mediana	3	86.66666667	21.33333333
Moda	0	88.66666667	22.33333333
Desviación estándar	25.32836426	3.6560249	2.723844955
Varianza de la muestra	641.5260359	13.36651807	7.419331337
Curtosis	10.83999732	-0.329301686	0.287649675
Coficiente de asimetría	2.909860184	-0.600111769	-0.652291349
Rango	185	17.33333333	14.83333333
Mínimo	0	73.66666667	11.83333333
Máximo	185	91	26.66666667
Suma	4346.15	26143.63333	6312
Cuenta	304	303	303
Mayor (1)	185	91	26.66666667
Menor(1)	0	73.66666667	11.83333333
Nivel de confianza(95.0%)	2.858621211	0.413313754	0.307930776

Cuadro 31A. Boleta de recolección de especímenes

BOLETA DE CONTEO DE ESPECIMENES						
Código de muestra _____ Especie de pino _____						
Boleta _____						
Fecha de conteo: _____ Sección: _____						
Sección del fuste	Área total	Área unidad muestr.	Estadios del insecto			
			Larva	Pupa	Adulto	observaciones
TOTAL						
Responsable: _____						

Cuadro 32A. Boleta de campo

MONITOREO									CONTROL				
Fecha de monitoreo	Sección	No de foco	Especie de pino	Etapa identificada	Presencia de gorgojo spp	Área del foco m ²	DAP cm	Total de árboles	Fecha de control	Práctica de manejo	Altura comercial	Aprovechamiento	
												**** producto	Volumen
*				**			***			****			
1= Pinus maximinoii				I = Árbol con copa verde			A = Cortar y dejar			■ = Troza			
2= Pinus oocarpa							B = Cortar y aprovechar						
3= Pinus chapensis				II = Árbol con copa amarilla			C = Descortezar y quemar			□ = Trocillo			
4= Pinus caribaea							D = Quemar fuste con corteza						
5= Ciprés				III = Árbol con copa café rojiza			E = Aplicación de Químico fuste con corteza			□ = Flitch			
6= Otras													

Fuente: Reforestadora industrial REFINSA, Boleta de Monitoreo y control del Gorgojo Descortezador del pino.

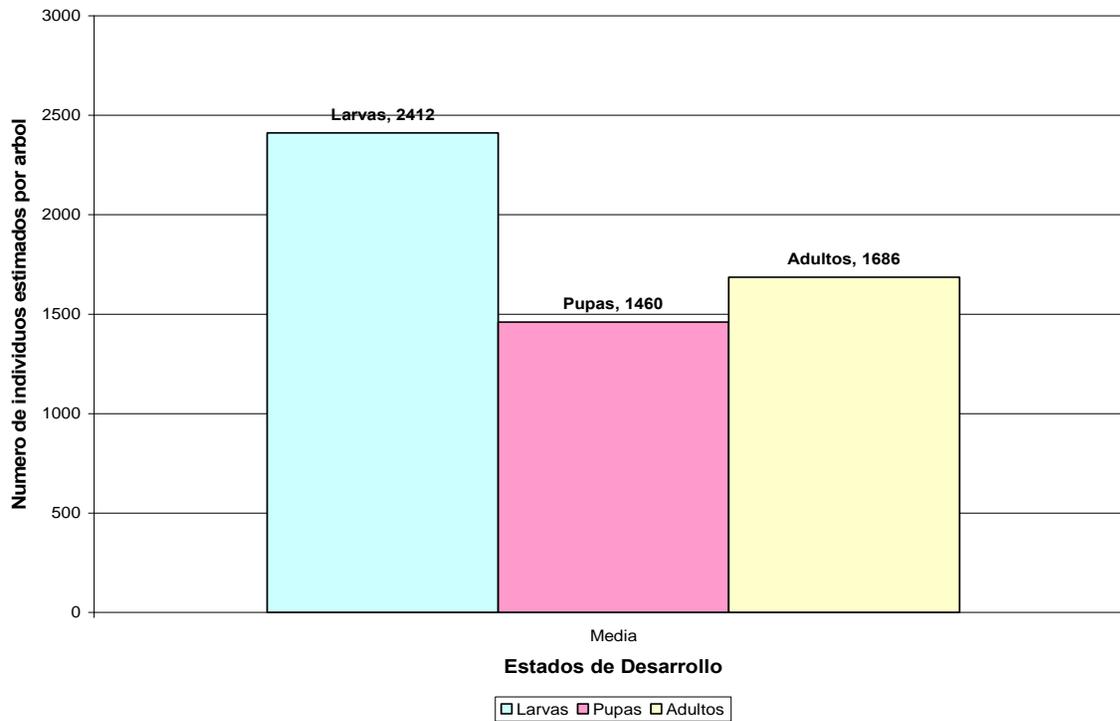


Figura 7A. Media poblacional de la estimación de individuos por árbol en cada etapa de desarrollo de gorgojo descortezador *Dendroctonus frontalis* Zimmermann en la Finca Saquichaj.

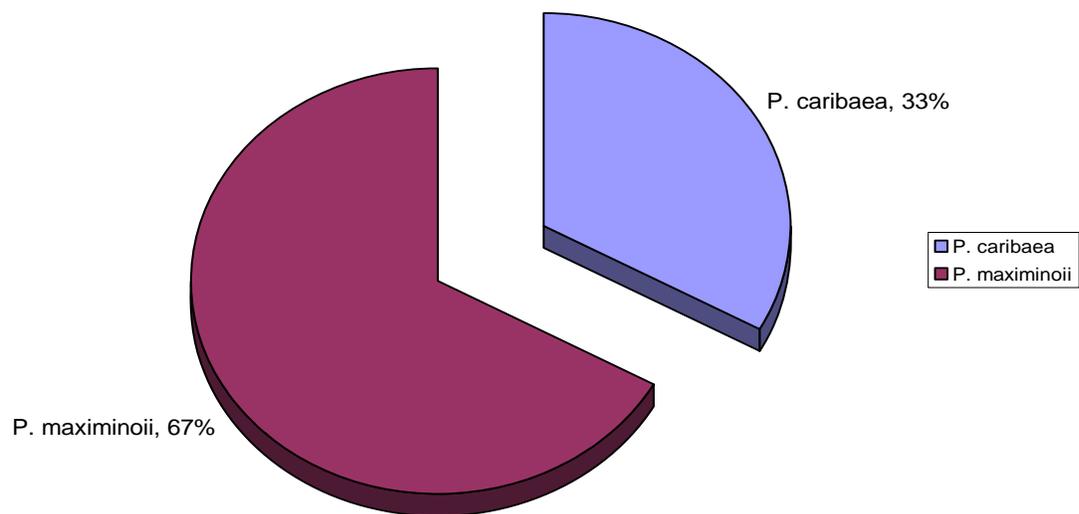


Figura 8A. Especies de pino atacadas por *D. frontalis* Zimmermann en la Finca Saquichaj

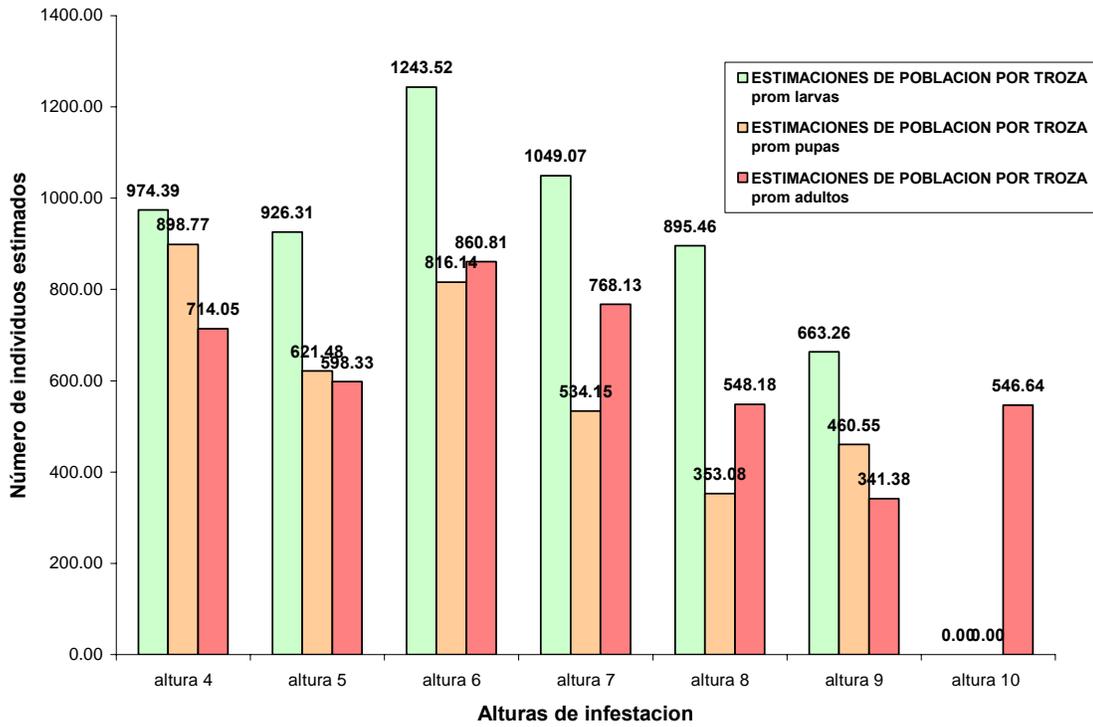


Figura 9A. Grafica de estimación de densidad de población según su altura de infestación del *Dendroctonus frontalis* Zimmermann en la Finca Saquichaj.

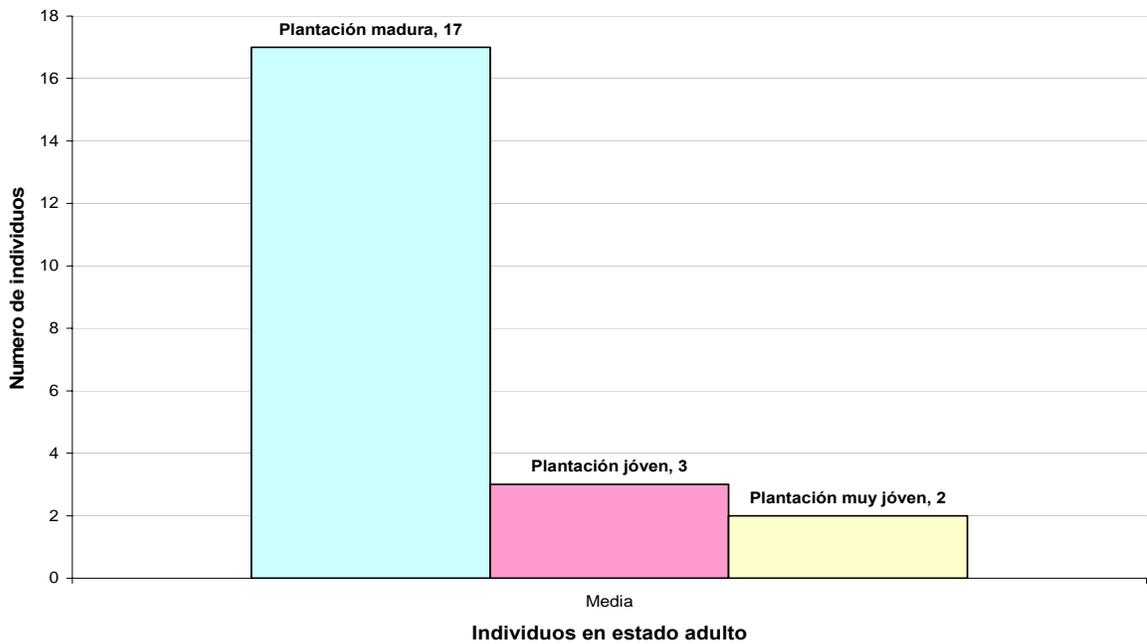


Figura 10A. Media poblacional de individuos por árbol en cada estrato de la finca Saquichaj.

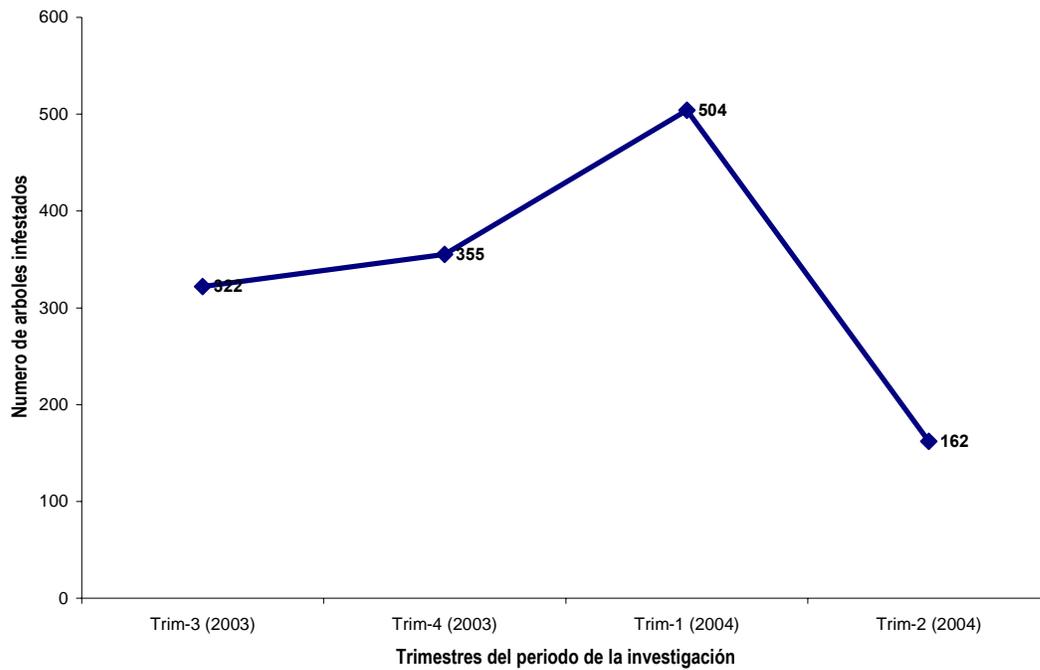


Figura 11A. Árboles infestados por *D. valens* durante el periodo de investigación en la Finca Saquichaj

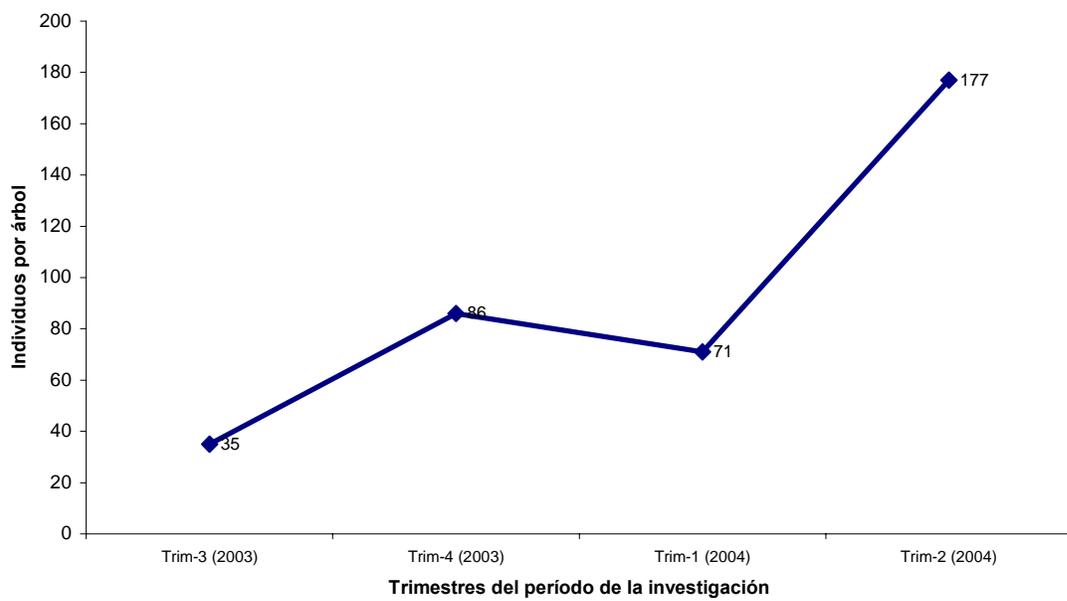


Figura 12A. Promedio de insectos de *D. valens* por árbol durante el periodo de la investigación en la Finca Saquichaj

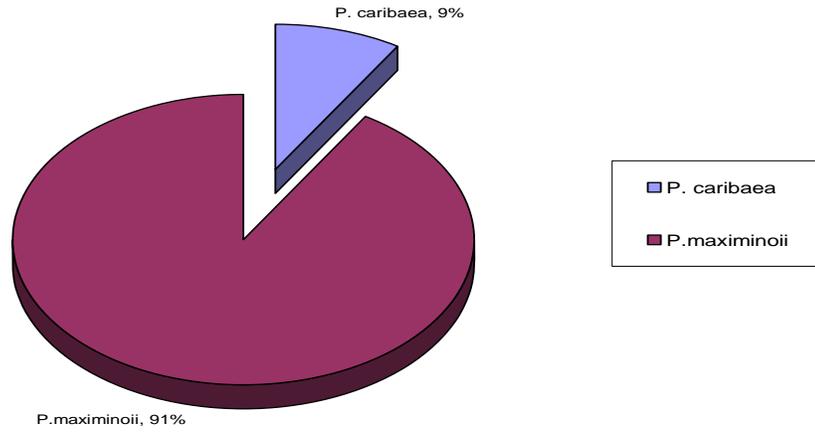


Figura 13A. Especies de pino atacadas por el *D. valens* en la Finca Saquichaj

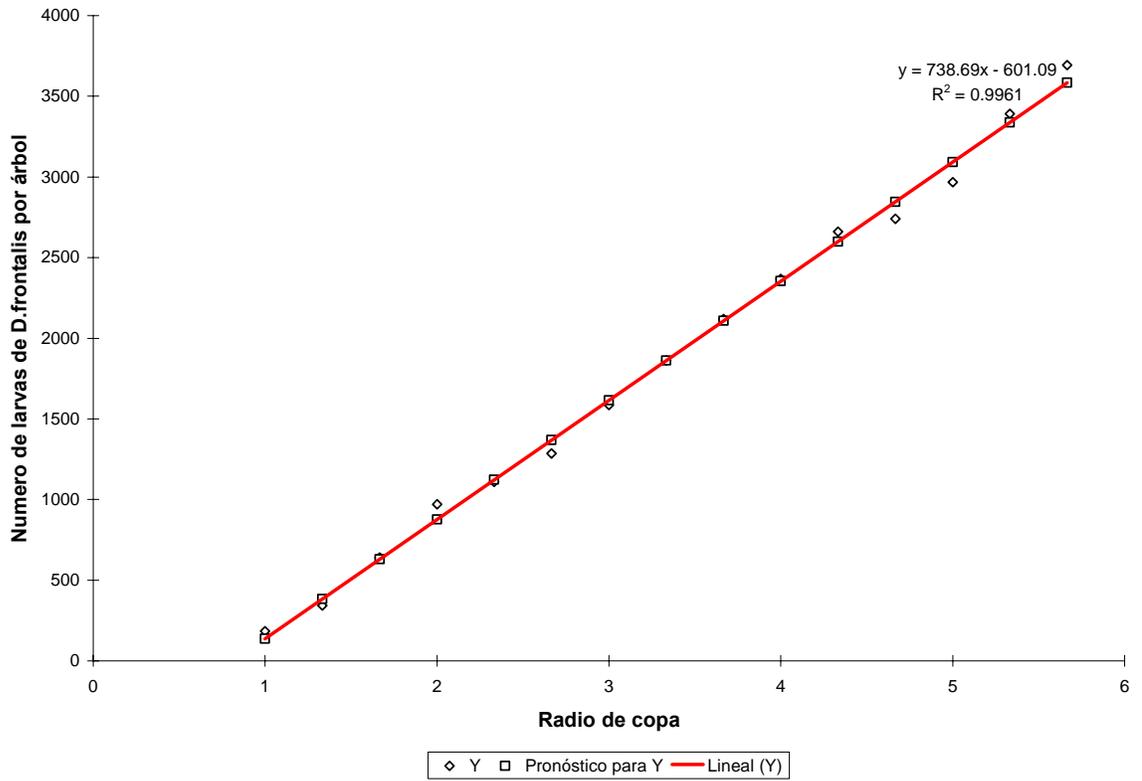


Figura 14A. Curva de regresión del radio de copa y el número de larvas de *D. frontalis* por árbol.

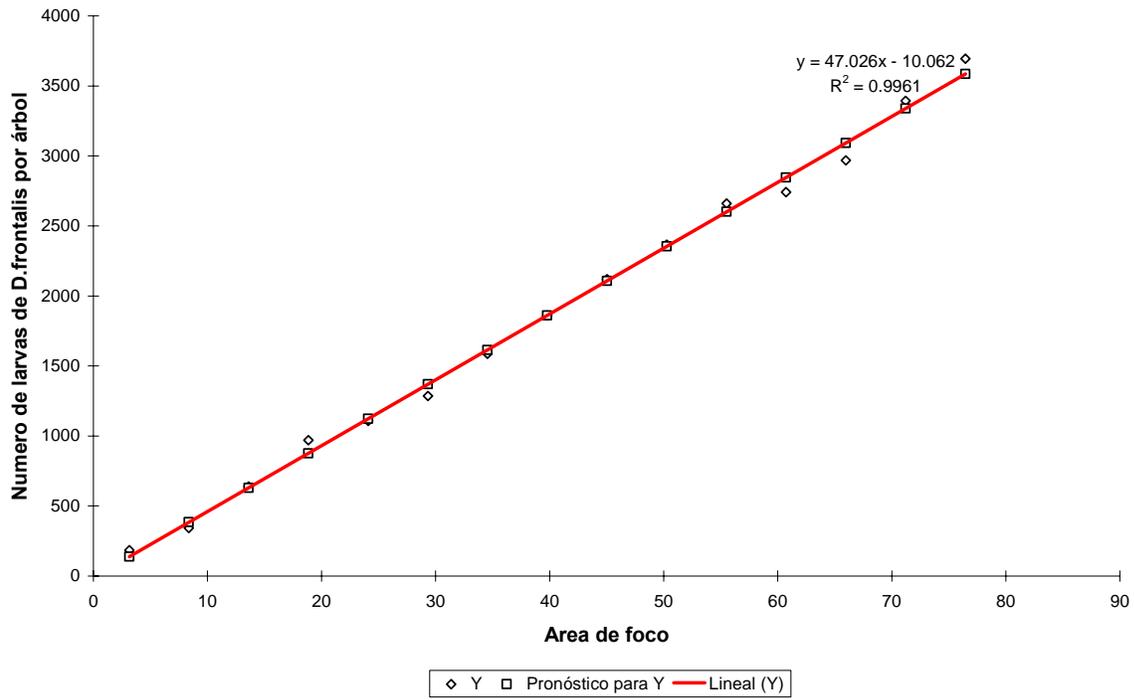


Figura 15A. Curva de regresión del área de foco y el número de larvas de *D. frontalis* por árbol.

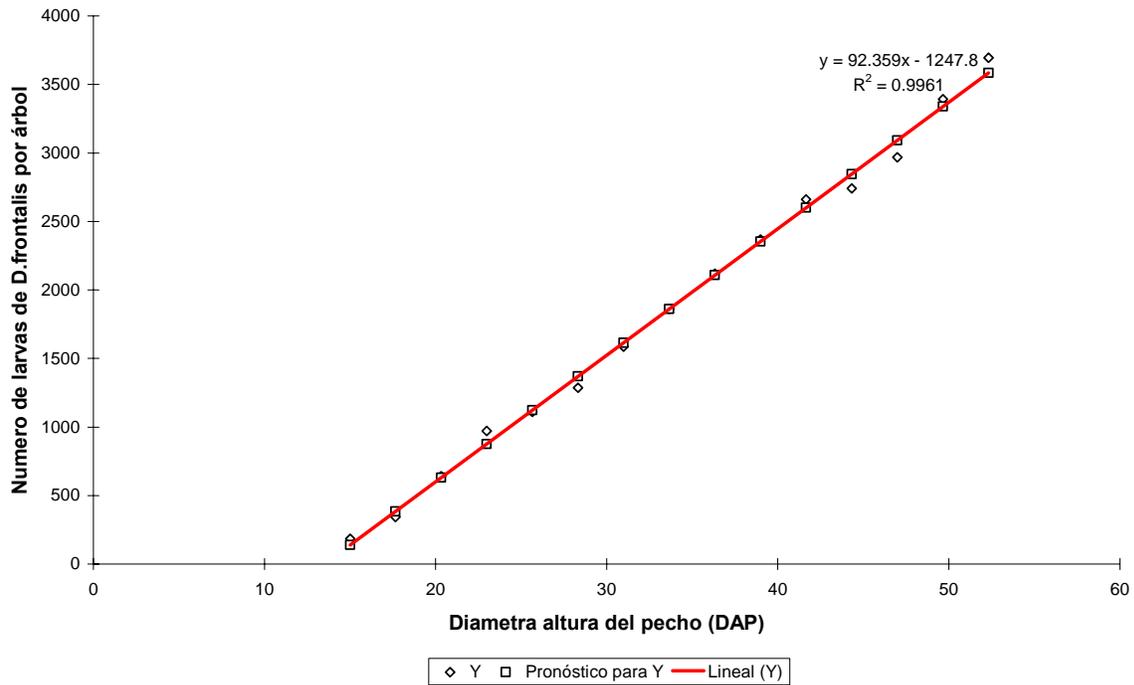


Figura 16A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y número de larvas de *D. frontalis* por árbol.

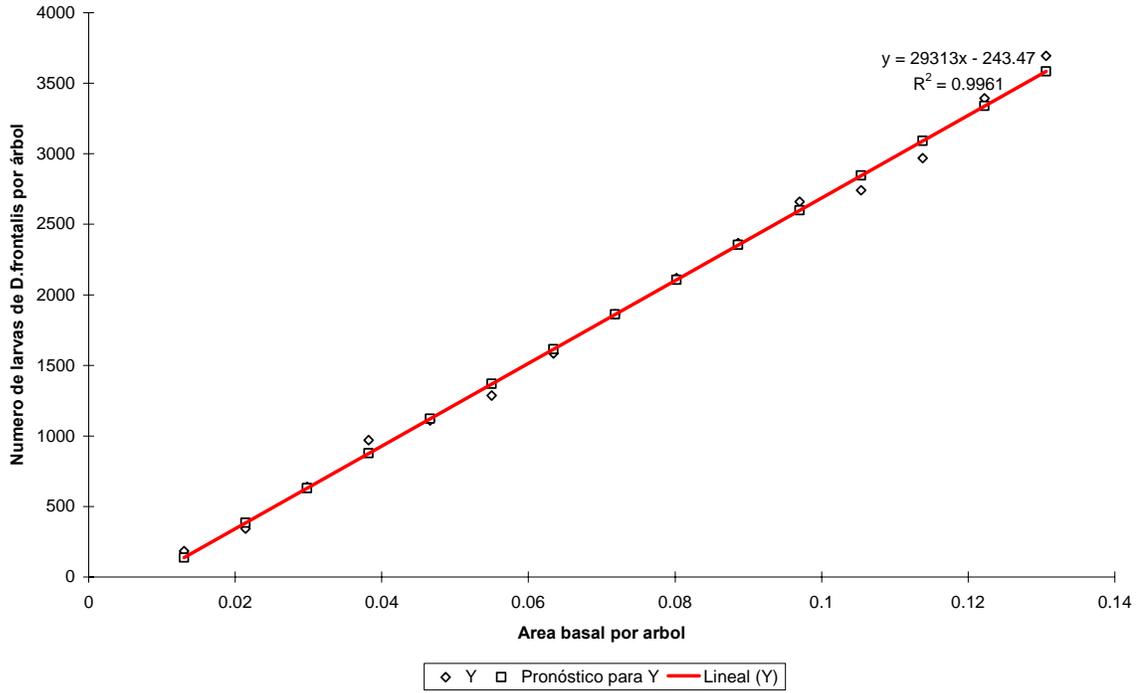


Figura 17A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de larvas de *D. frontalis* por árbol.

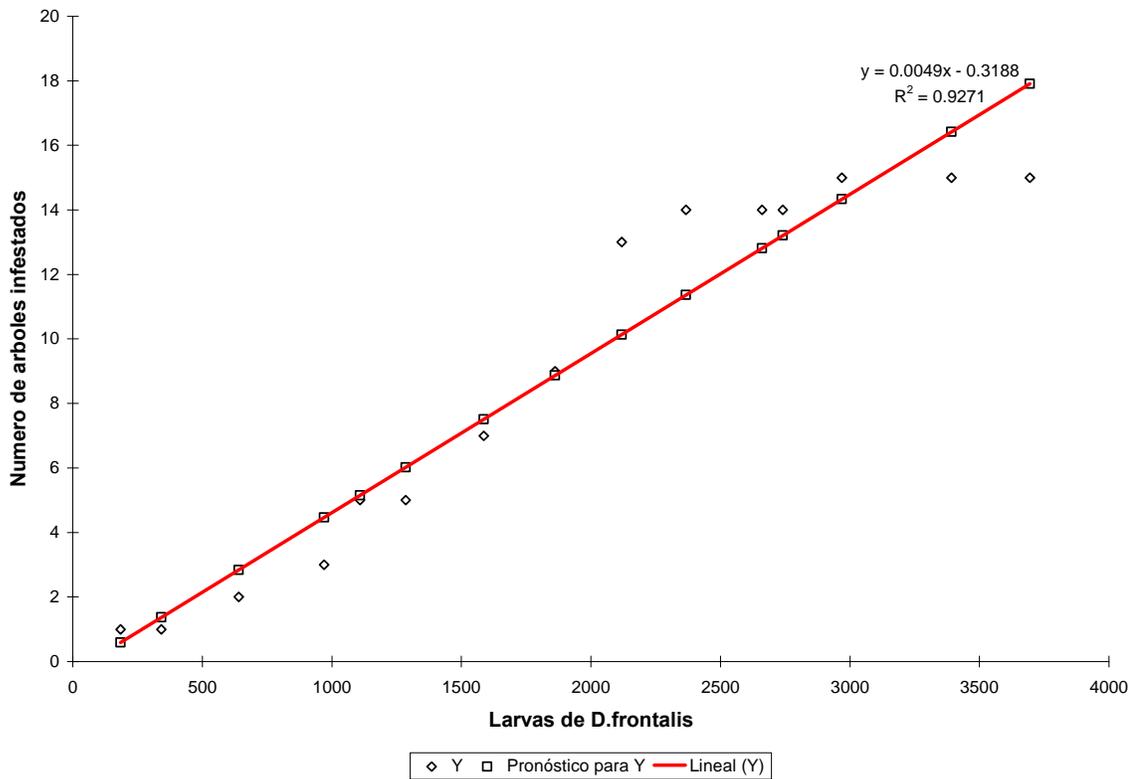


Figura 18A. Curva de regresión del número de larvas de *D. frontalis* y el número de árboles infestados.

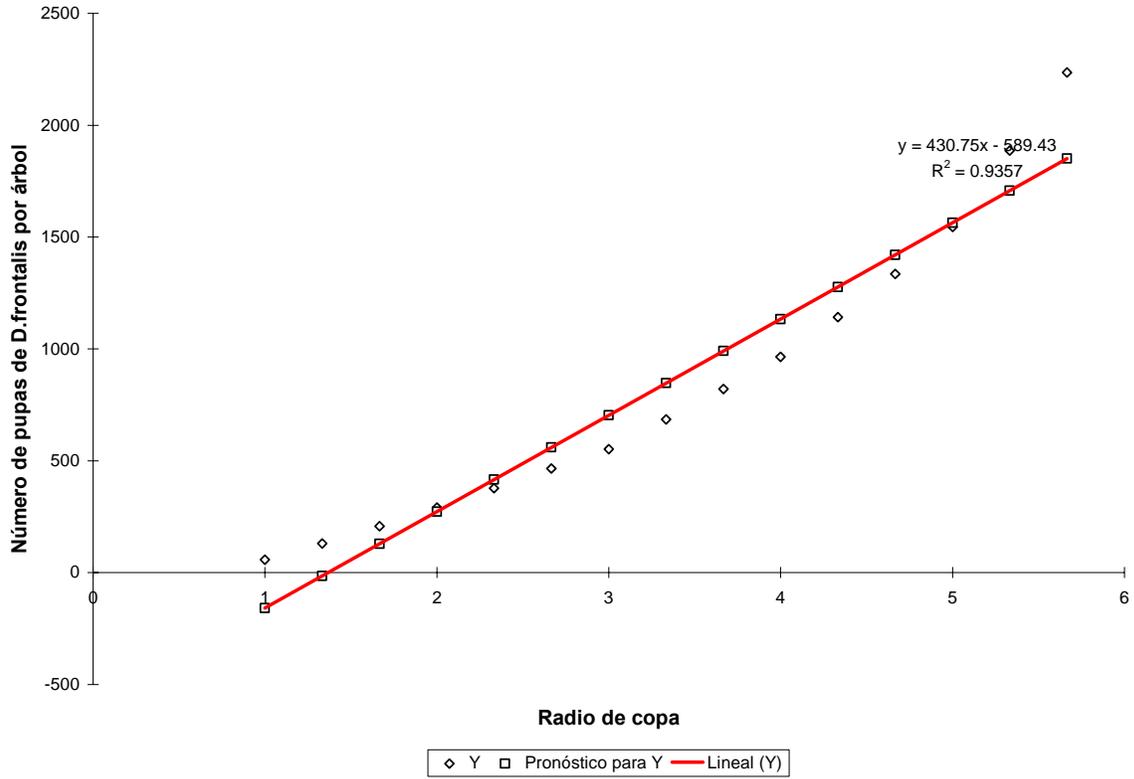


Figura 19A. Curva de regresión del radio de copa y el número de pupas de *D. frontalis* por árbol

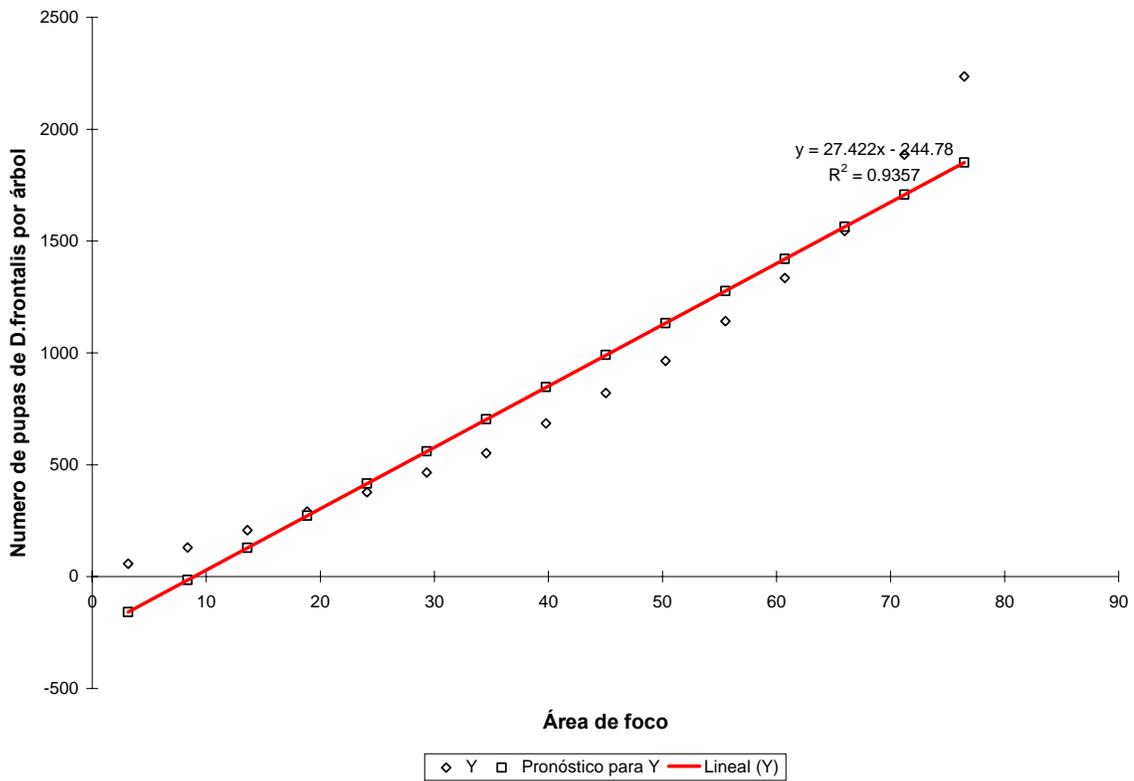


Figura 20A. Curva de regresión del área de foco y el número de pupas de *D. frontalis* por árbol.

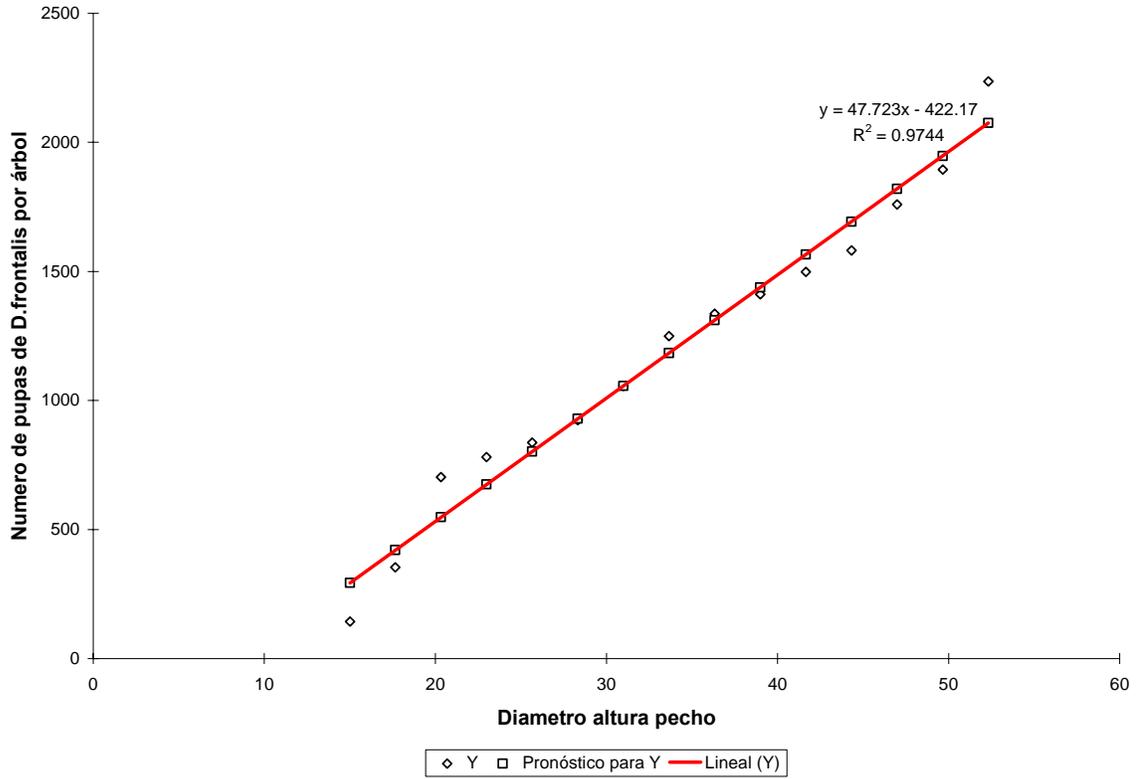


Figura 21A Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de pupas de *D. frontalis* por árbol

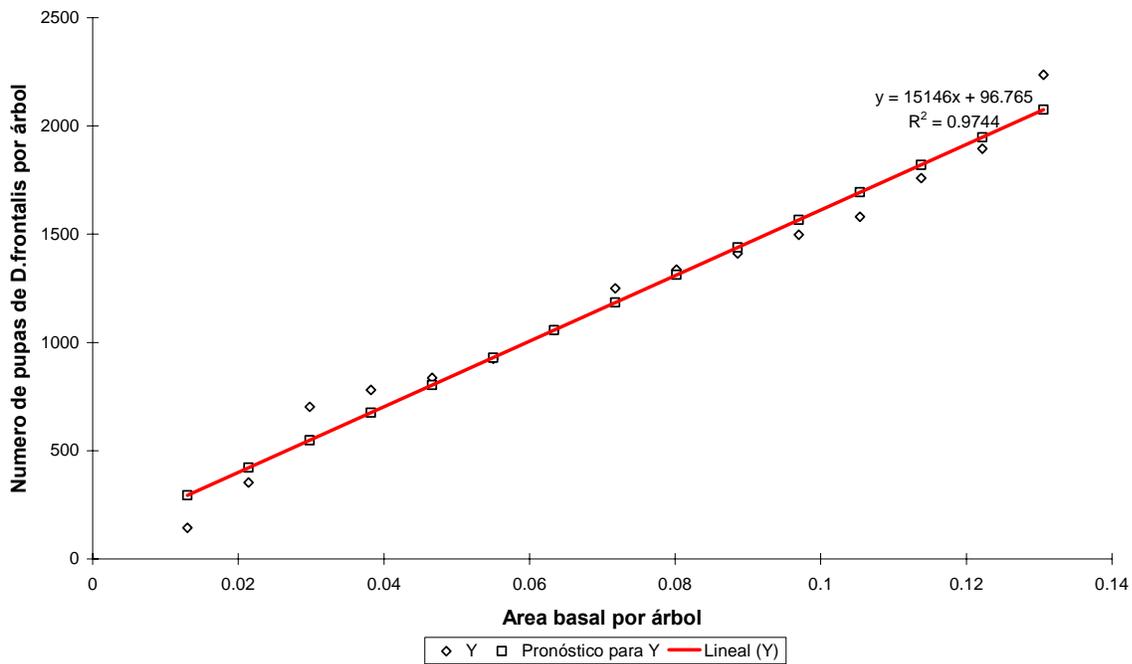


Figura 22A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de pupas de *D. frontalis* por árbol

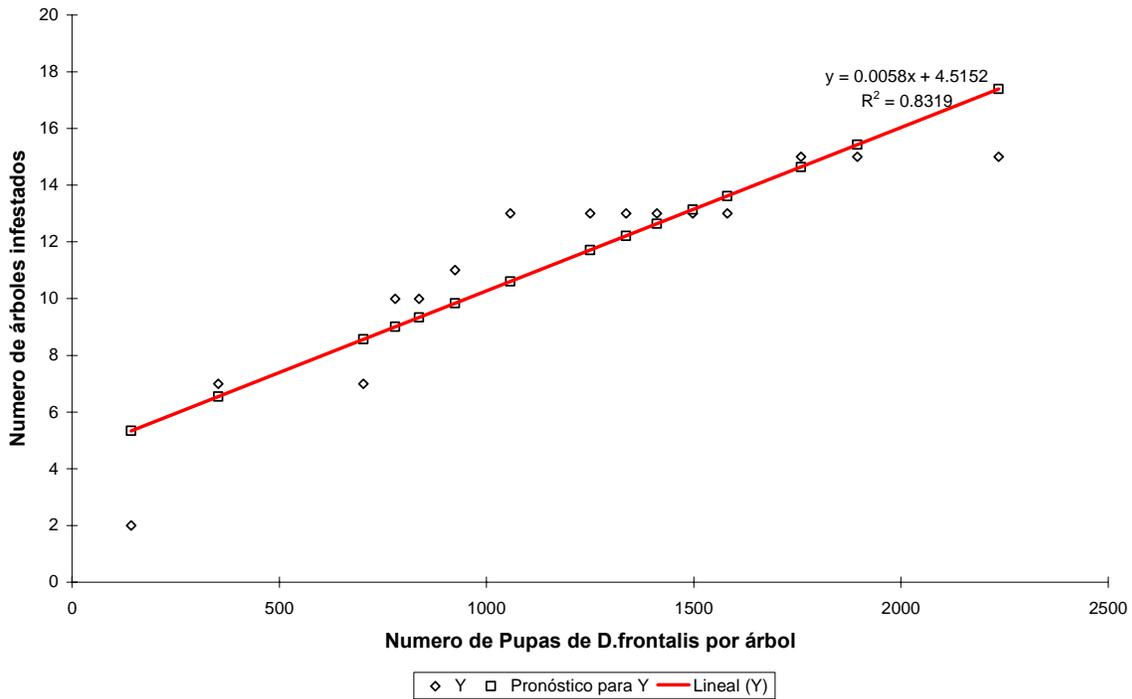


Figura 23A. Curva de regresión del número de pupas de *D. frontalis* y número de árboles infestados en la Finca Saquichaj

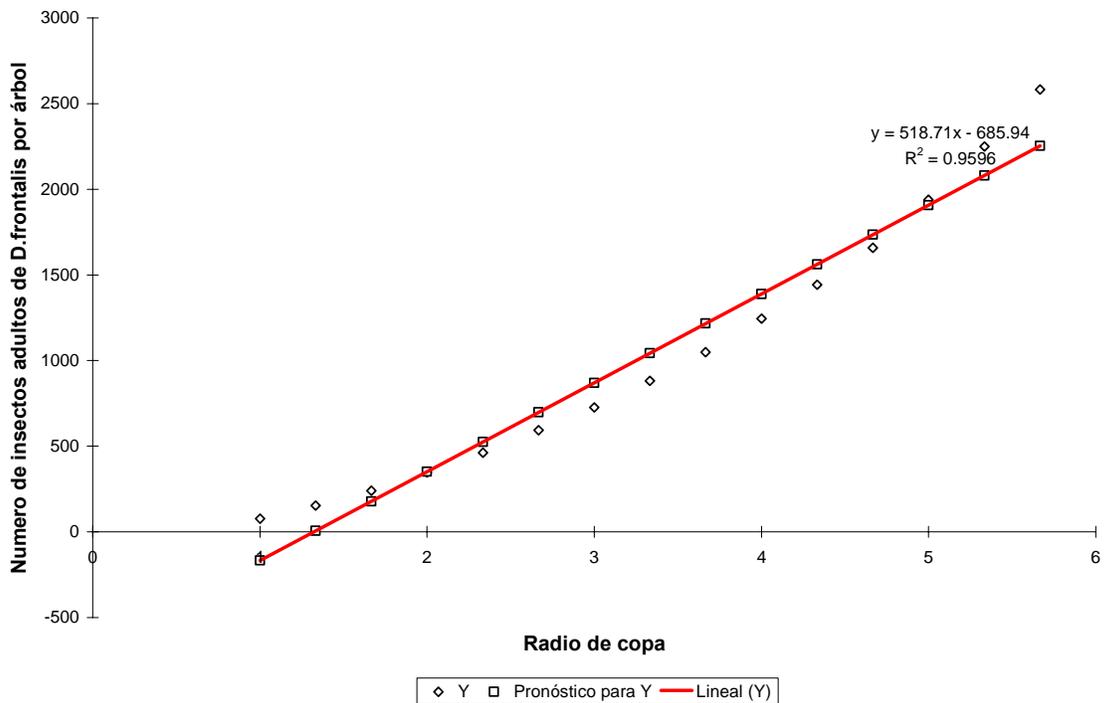


Figura 24A. Curva de regresión del radio de copa y los insectos adultos de *D. frontalis* por árbol

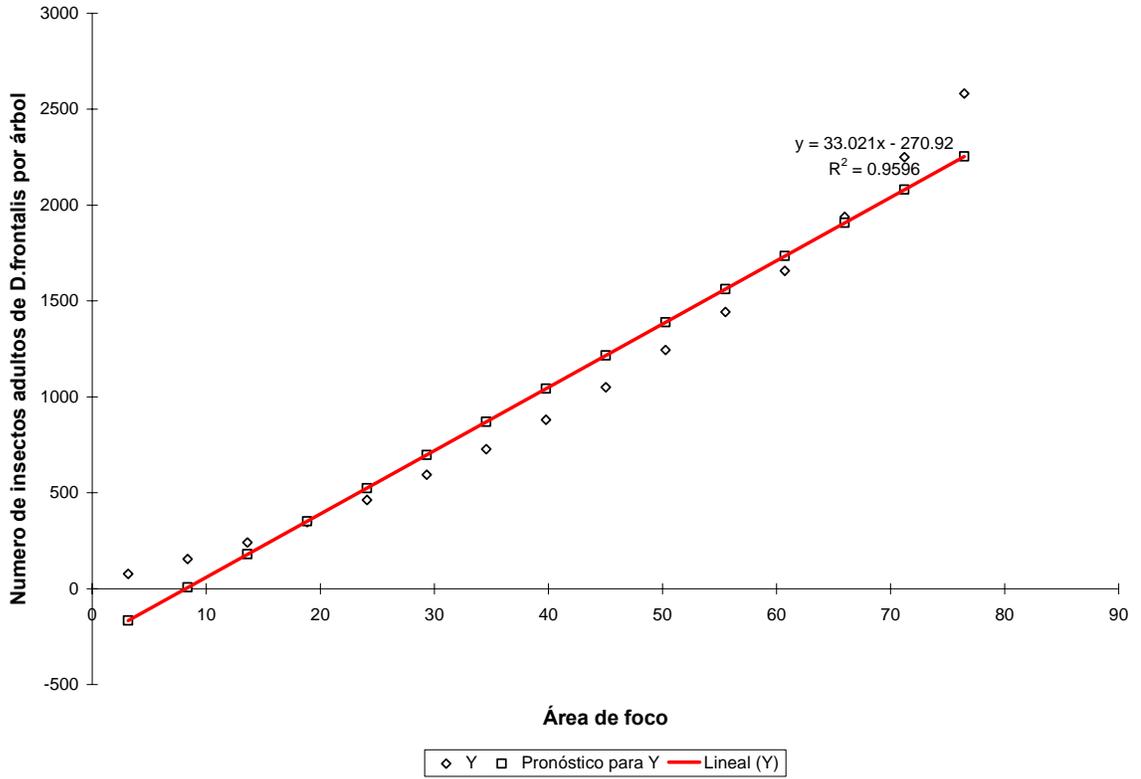


Figura 25A. Curva de regresión del área de foco vrs el número de insectos adultos de *D. frontalis* por árbol.

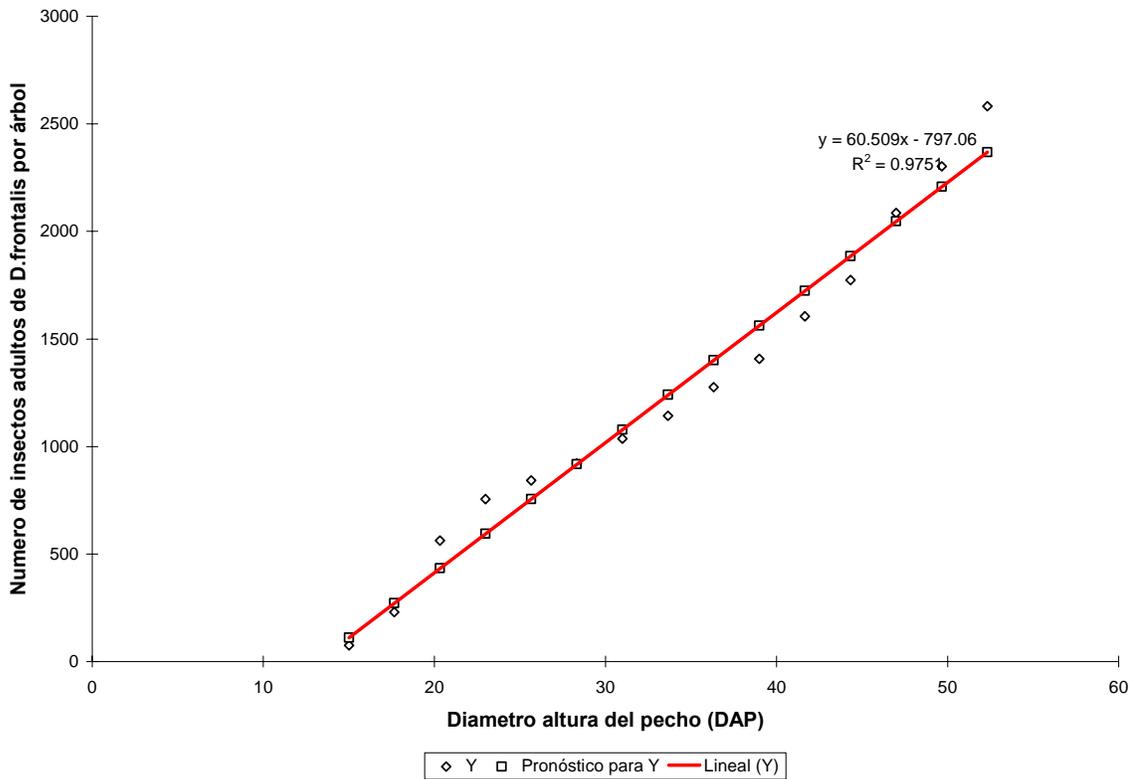


Figura 26A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de insectos adultos de *D. frontalis* por árbol.

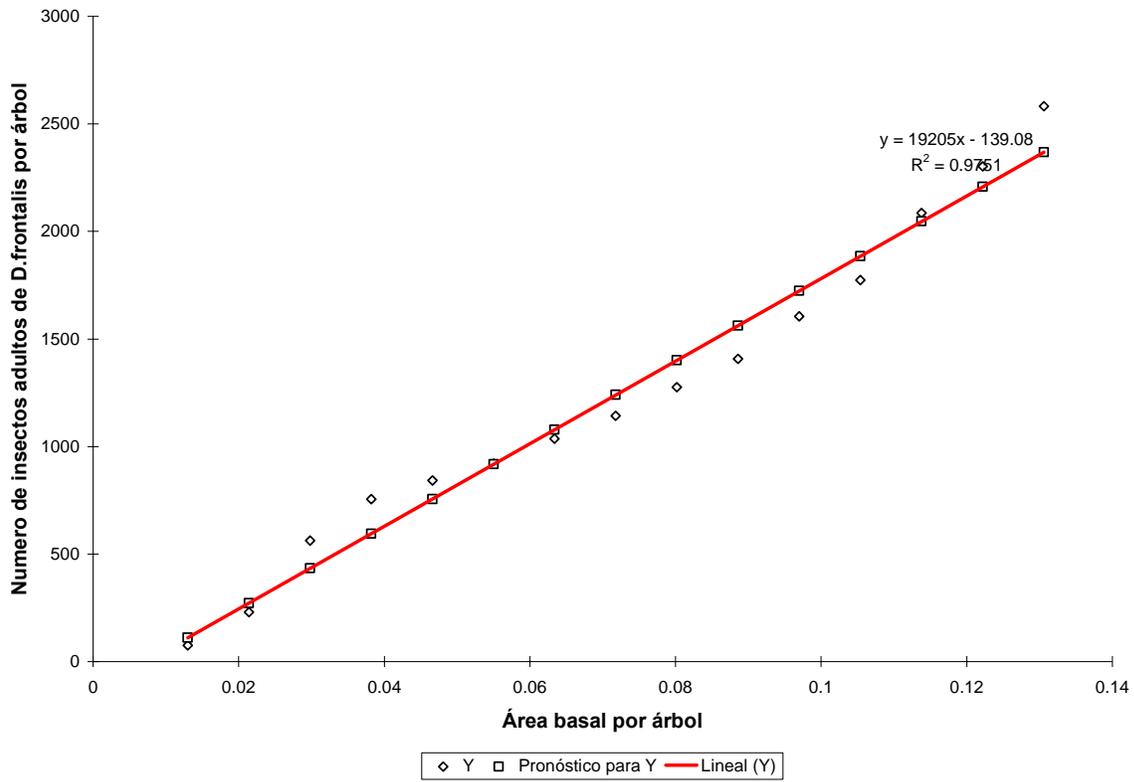


Figura 27A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de insectos adultos de *D. frontalis* por árbol

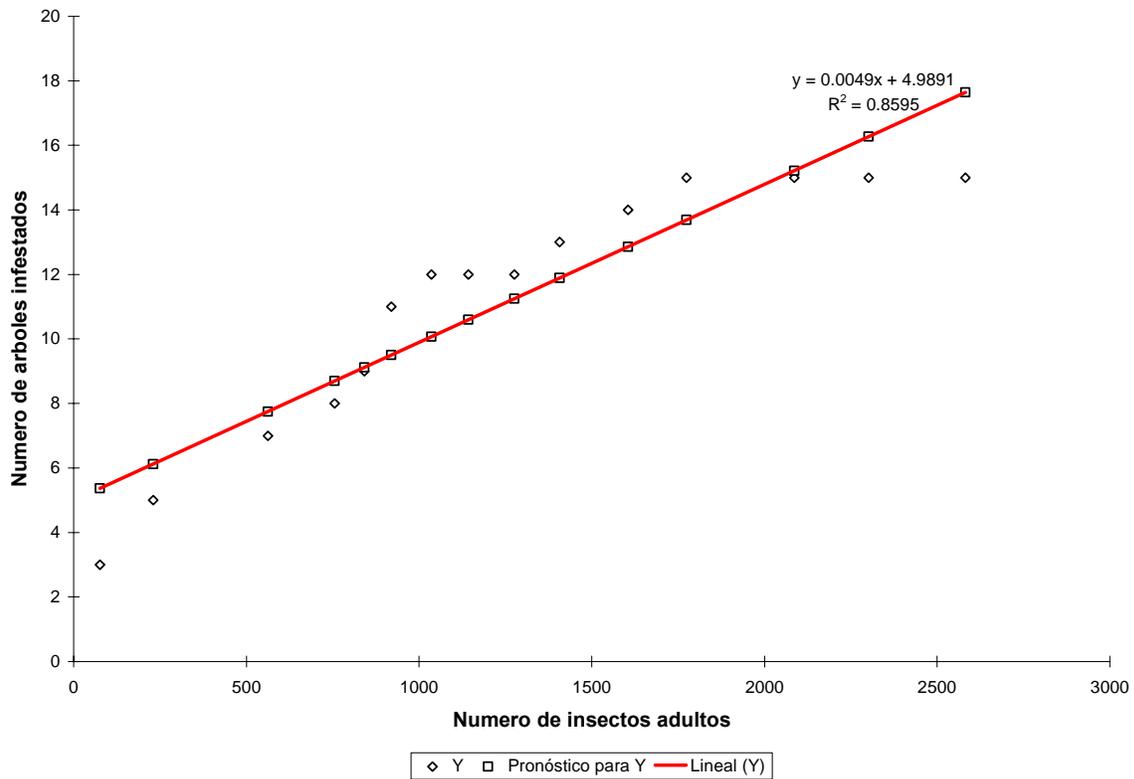


Figura 28A. Curva de regresión del número insectos adultos de *D. frontalis* por árbol y el número de árboles infestados.

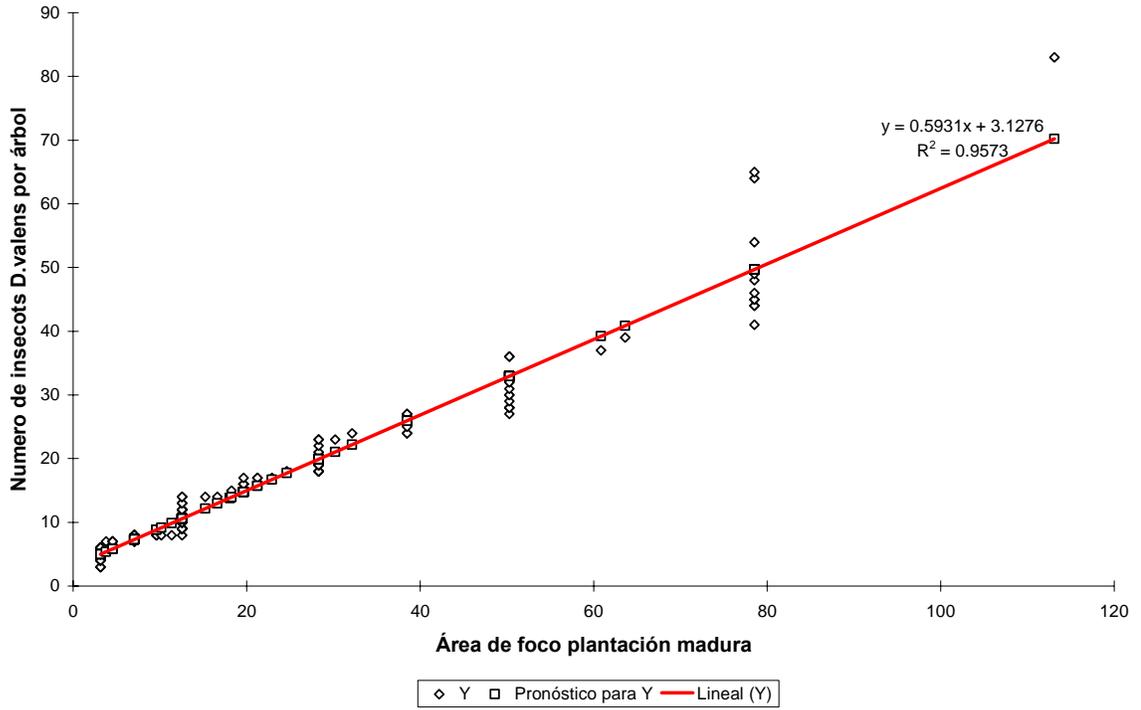


Figura 29A. Curva de regresión del área de foco y el número de insectos adultos de *D. valens* por árbol

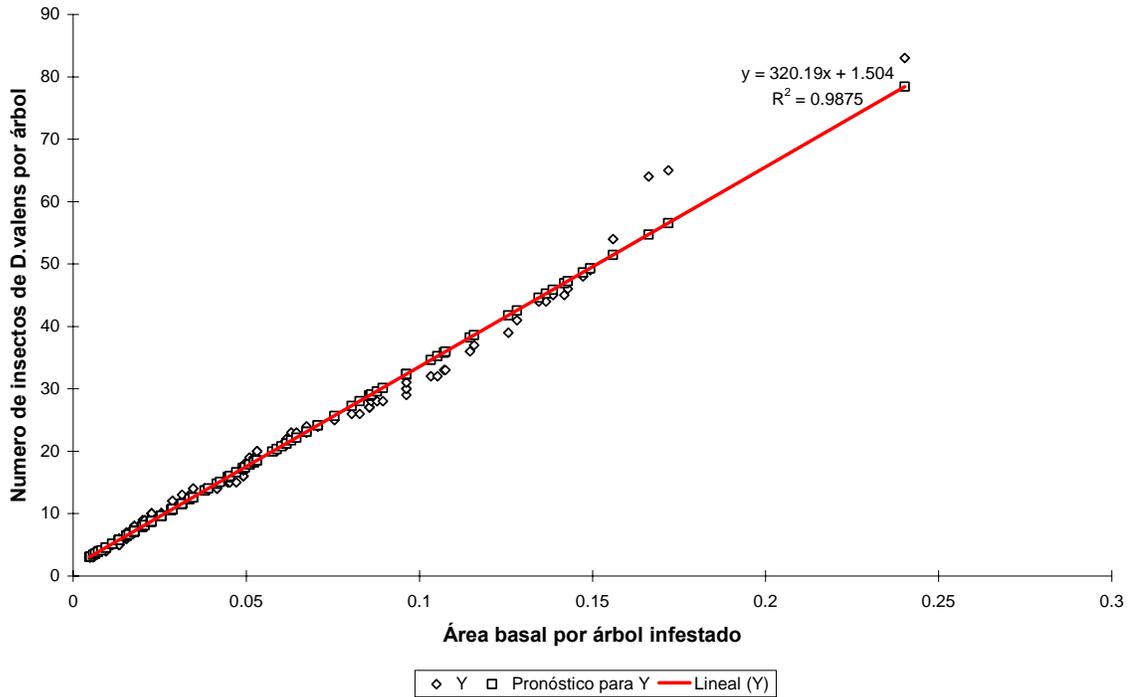


Figura 30A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de insectos adultos de *D. valens* por árbol.

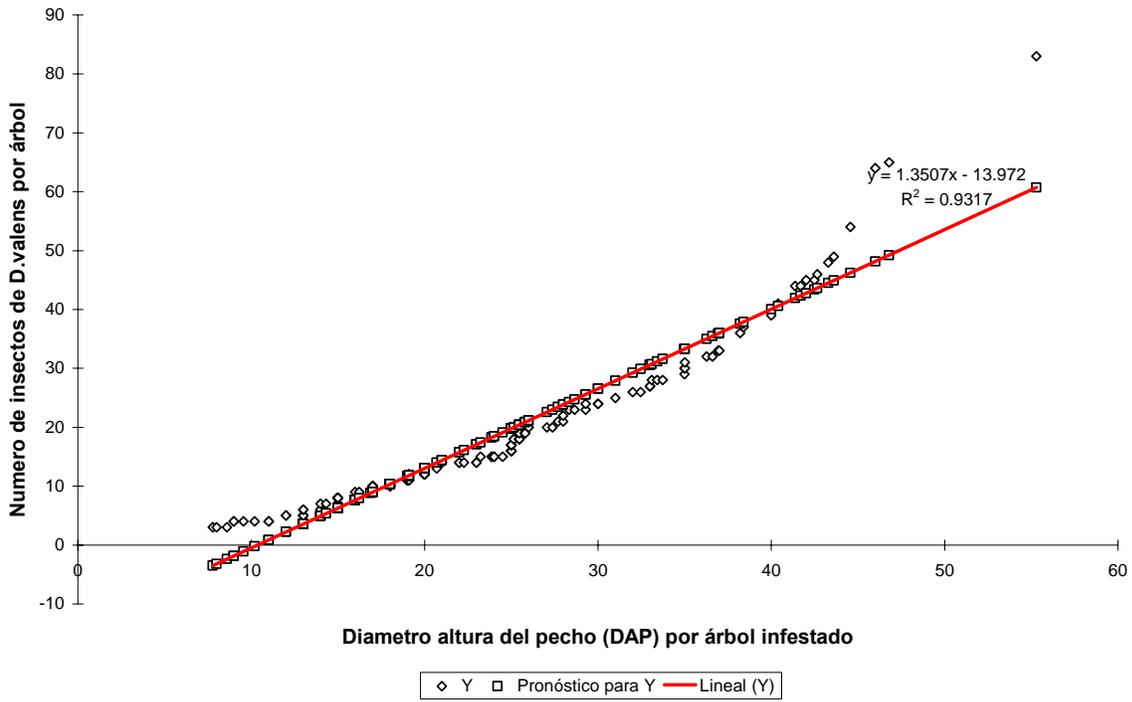


Figura 31A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de insectos adultos de *D. valens* por árbol

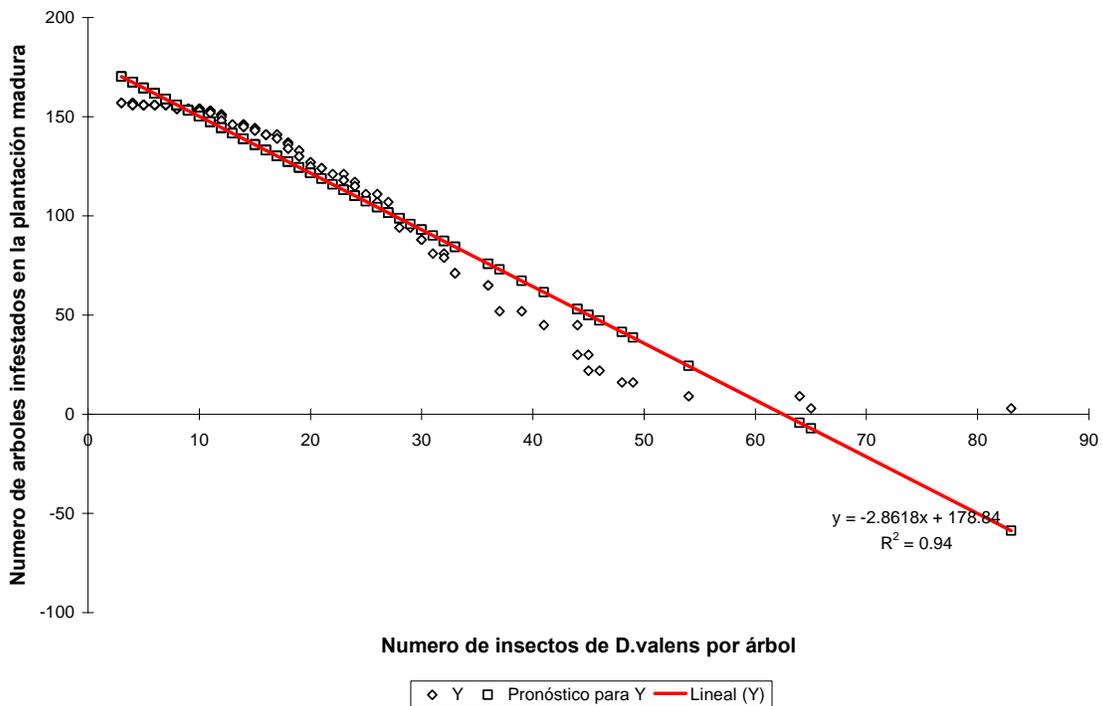


Figura 32A. Curva de regresión del número de insectos adultos de *D. valens* y el número de árboles infestados

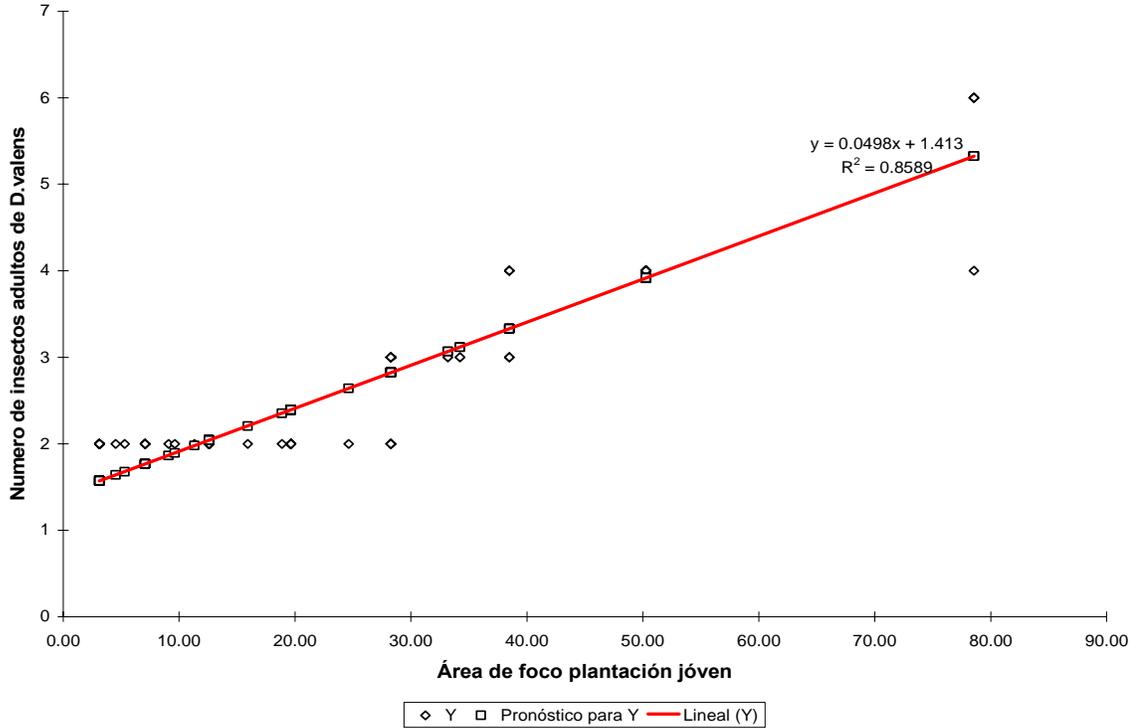


Figura 33A. Curva de regresión del área de foco y el número de insectos adultos de *D. valens* en las plantacion joven

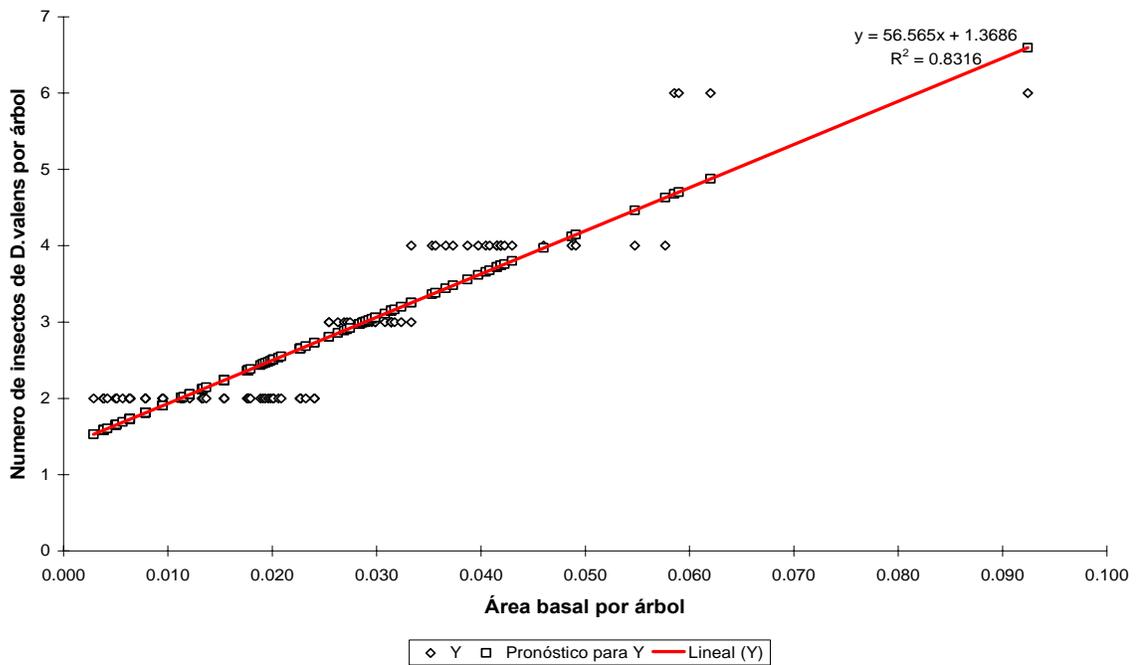


Figura 34A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de insectos adultos de *D. valens* en la plantación joven

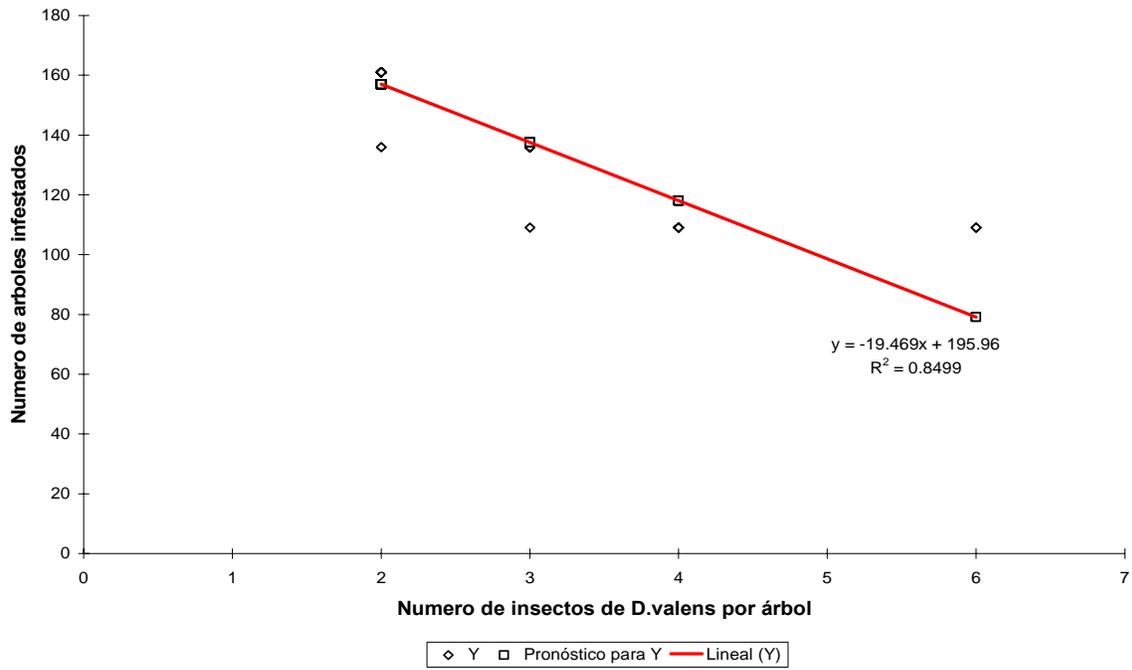


Figura 35A. Curva de regresión entre el número de insectos de *D. valens* por árbol y número de árboles infestados en las plantación joven.

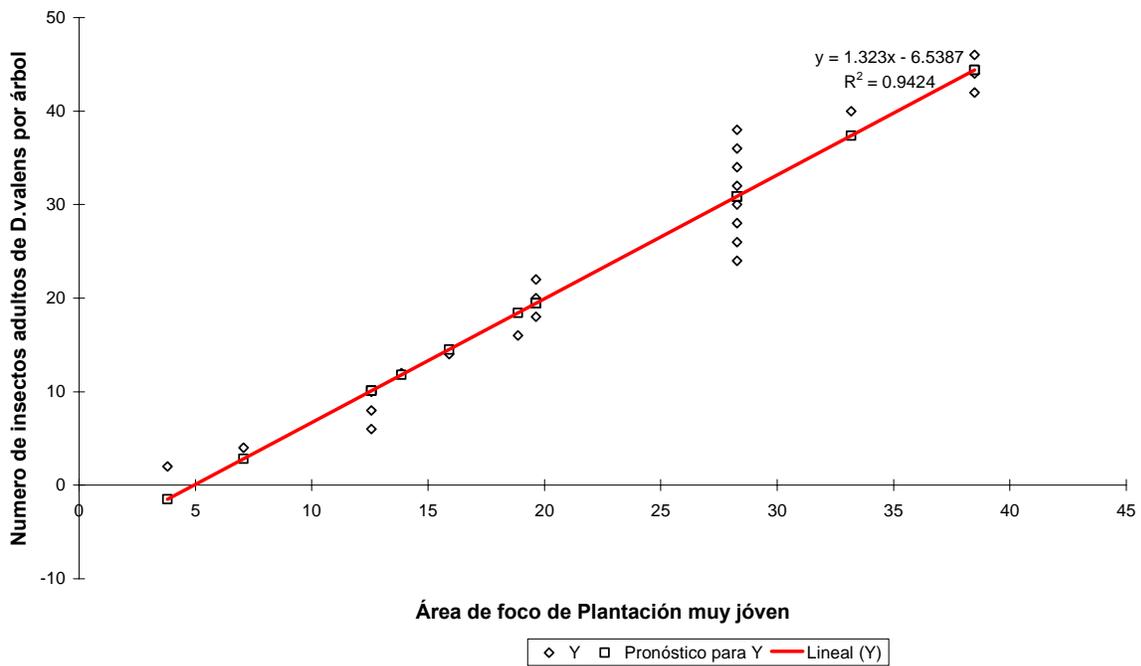


Figura 36A. Curva de regresión del área de foco y el número de insectos por árbol en la plantación muy joven.

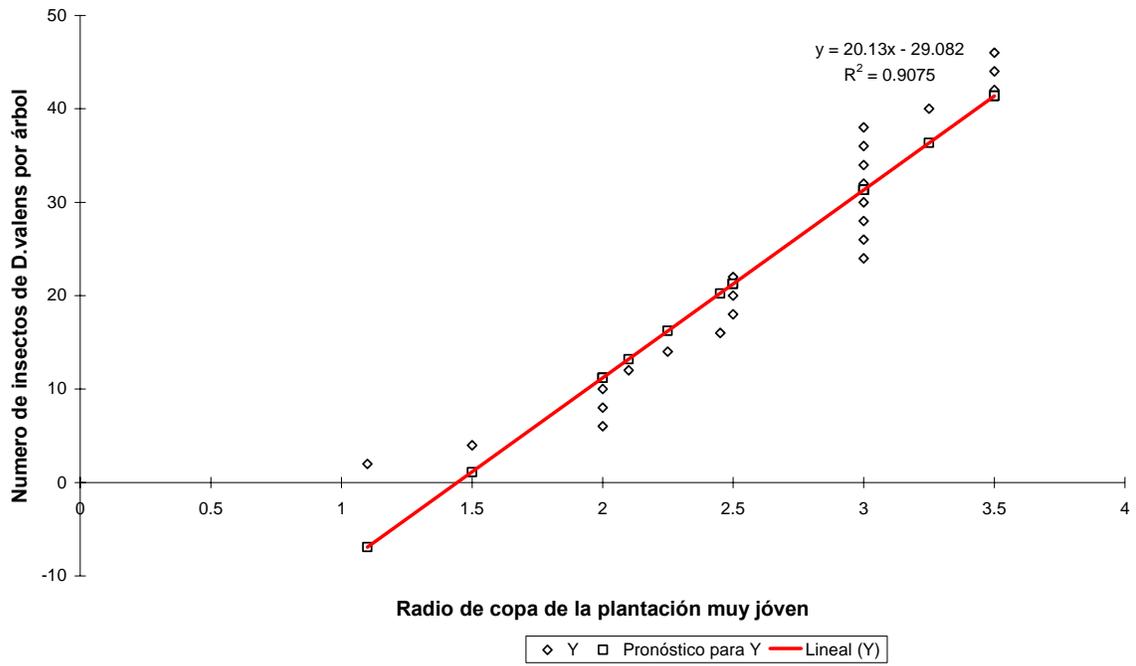


Figura 37A. Curva de regresión entre el radio de copa y el número de insectos por árbol.

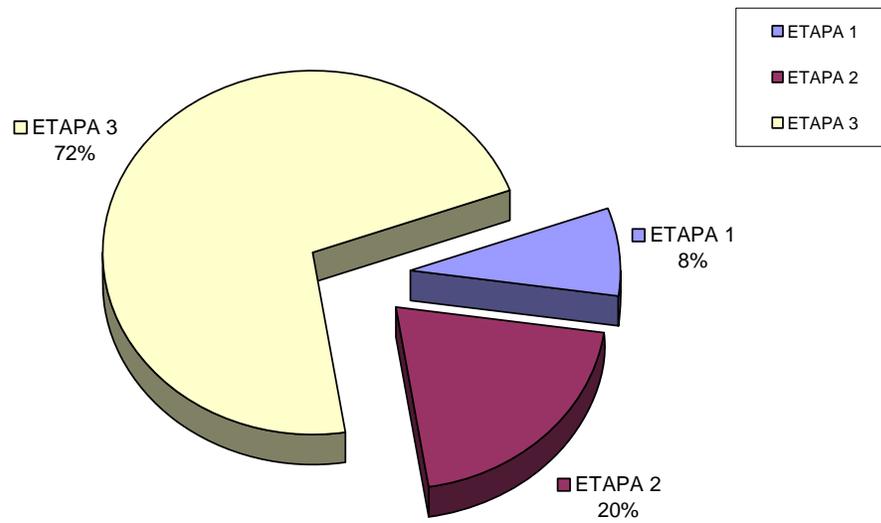


Figura 38A. Porcentaje de las etapas de infestación en las plantaciones maduras de la Finca Saquichaj

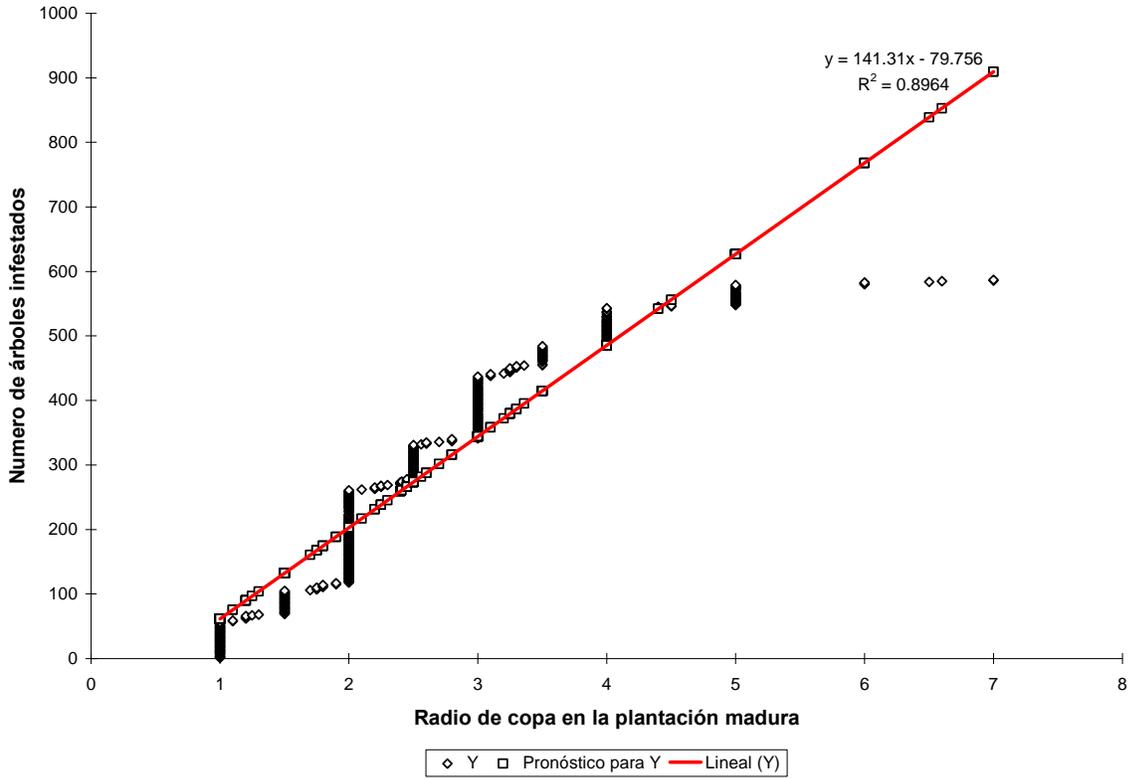


Figura 39A. Curva de regresión del radio de copa y el número de árboles infestados en las plantaciones maduras

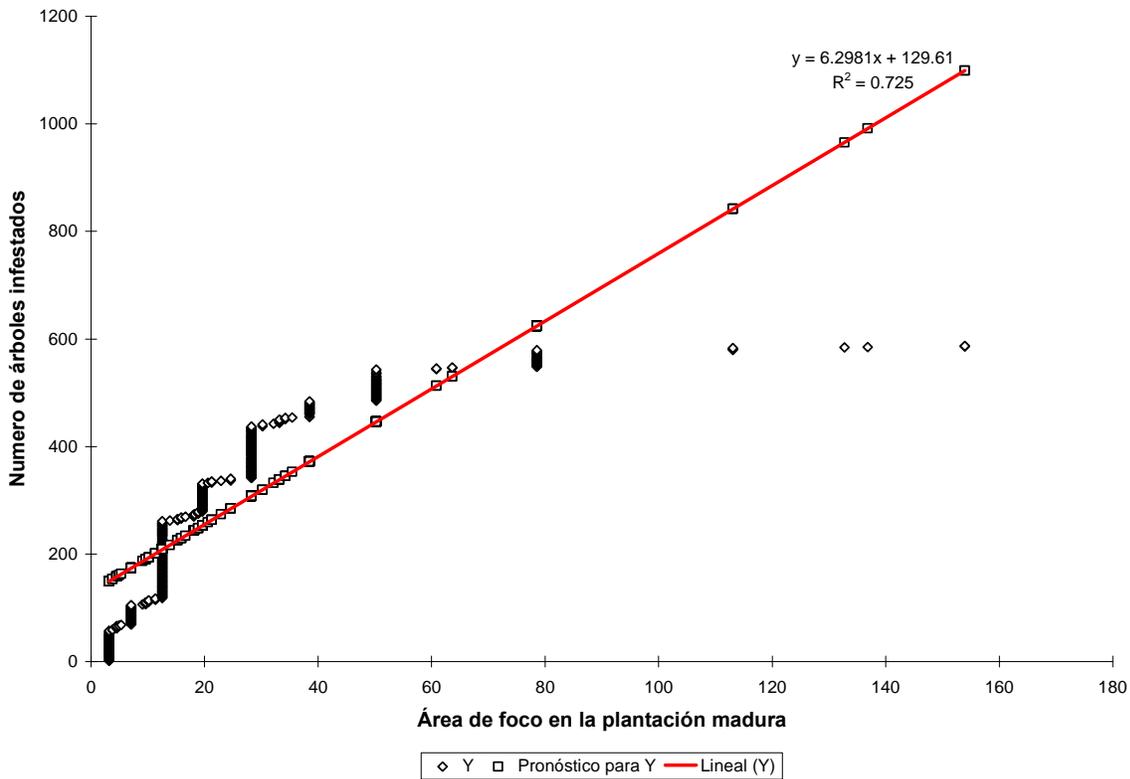


Figura 40A. Curva de regresión del área de foco y el número de árboles infestados en las plantaciones maduras

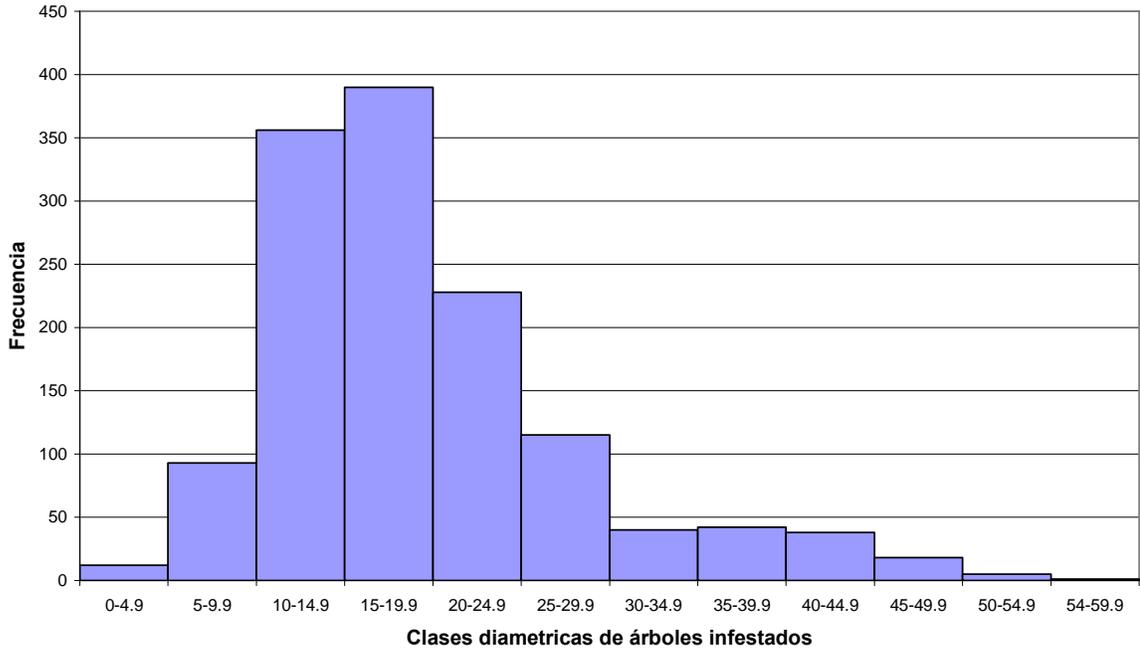


Figura 41A. Frecuencias diamétricas de los árboles infestados en las plantaciones maduras en la Finca Saquichaj

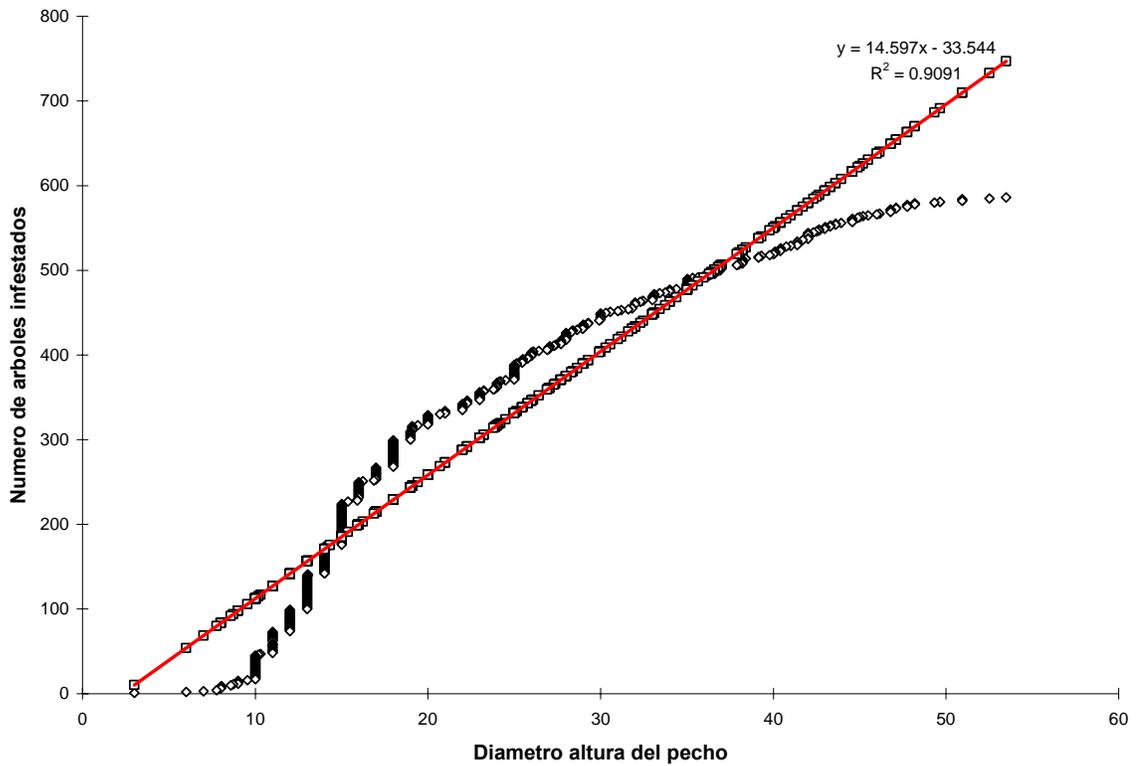


Figura 42A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de árboles infestados.

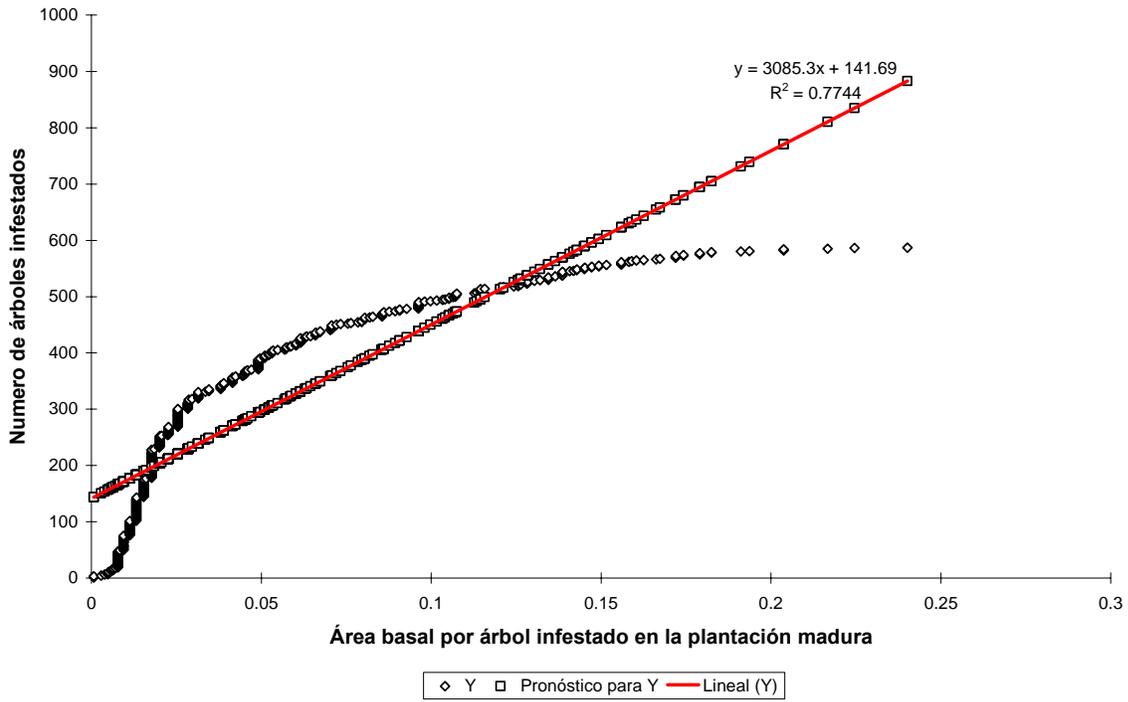


Figura 43A. Curva de regresión del área basal por árbol y el número de árboles infestados en la plantación madura

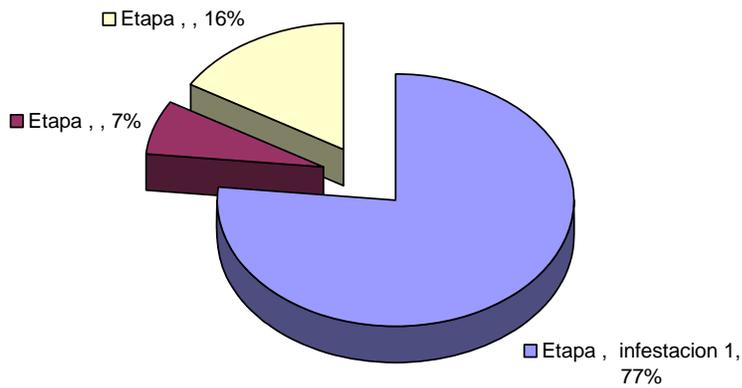


Figura 44A. Etapas de infestación presentadas en las plantaciones jóvenes de la Finca Saquichaj

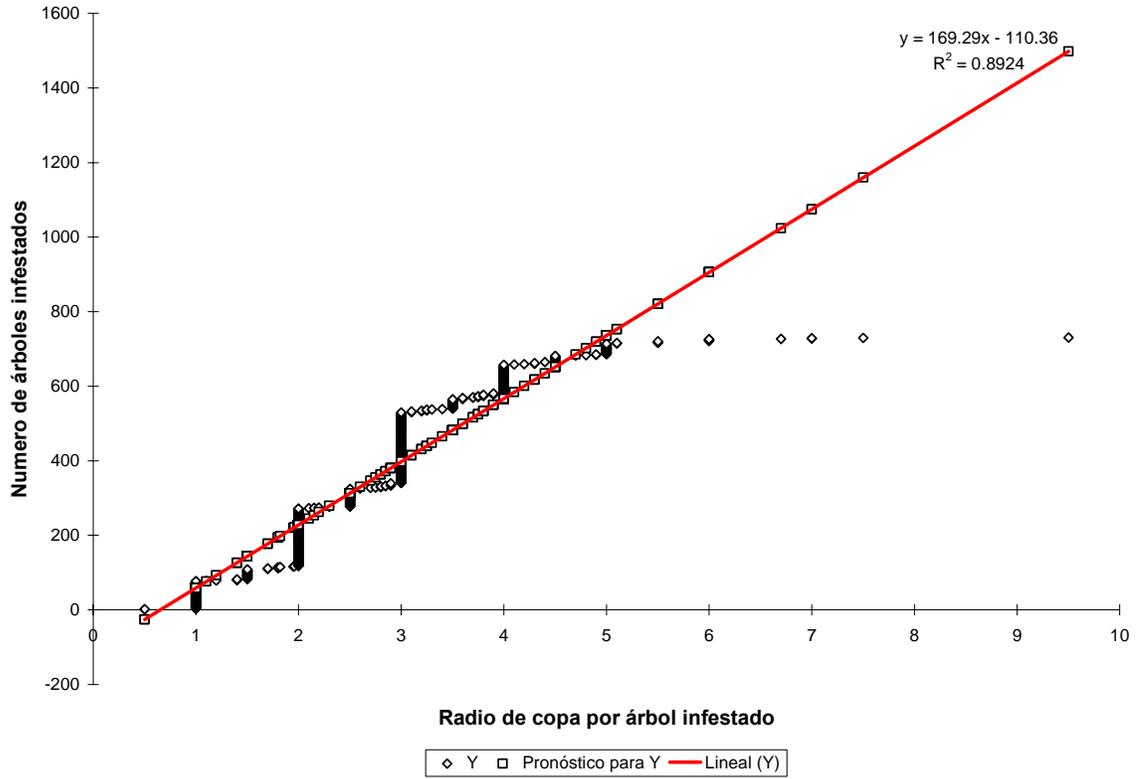


Figura 45A. Curva de regresión del radio de copa y el número de árboles infestados en la plantación joven

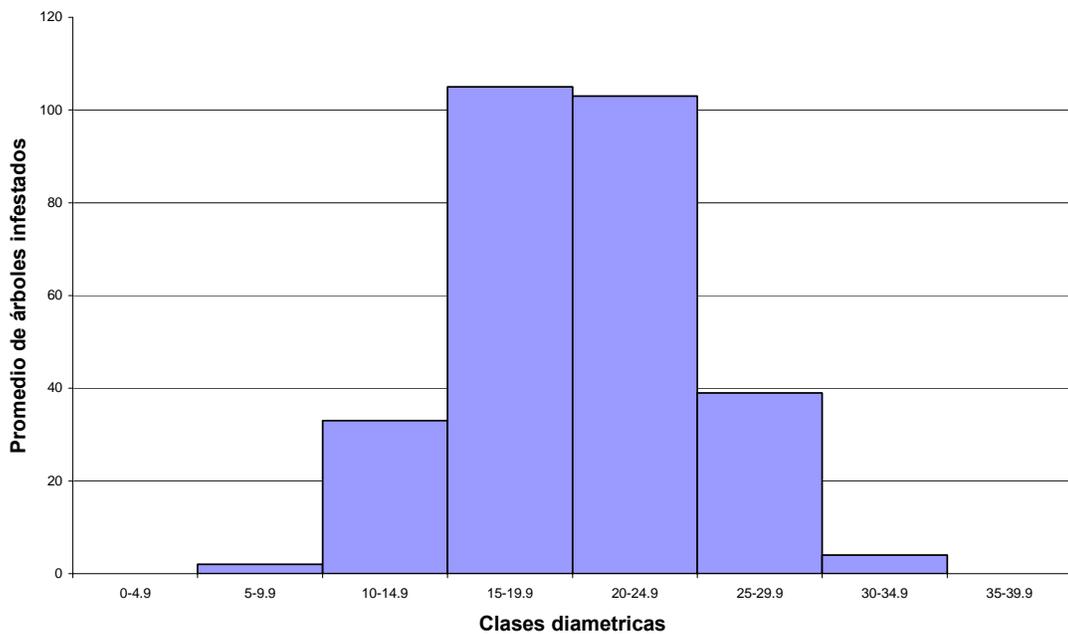


Figura 46A. Clases diametricas más afectadas por el ataque del gorgojo del pino en las plantaciones jóvenes.

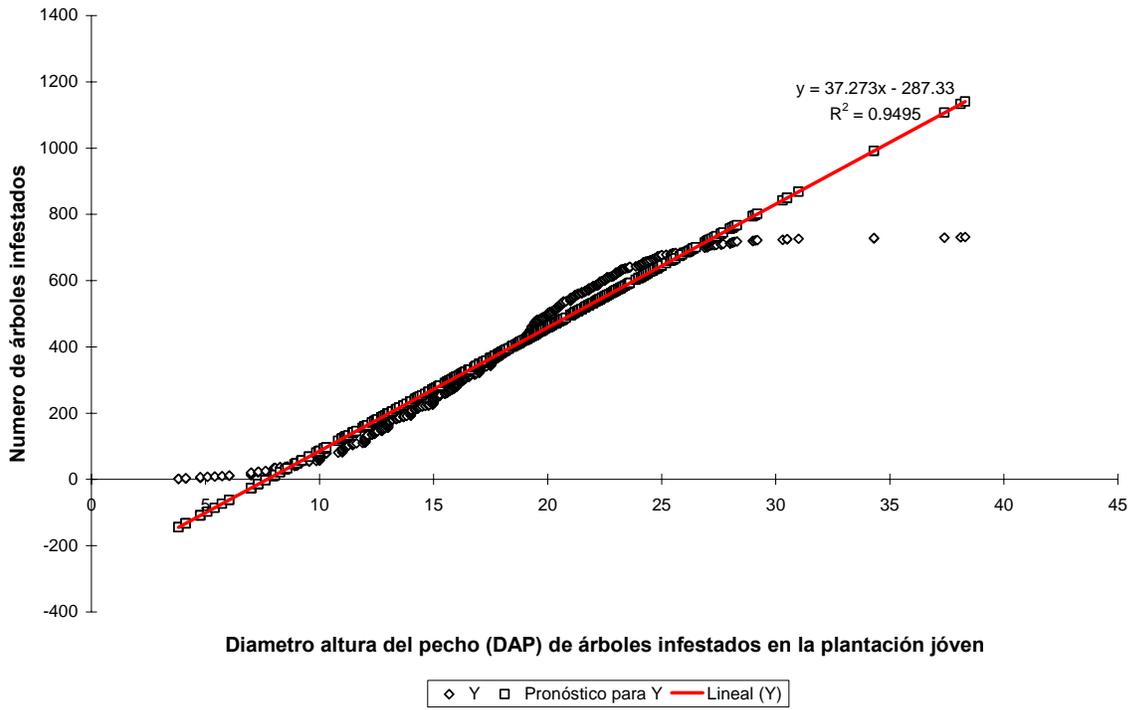


Figura 47A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de árboles infestados en la plantación joven

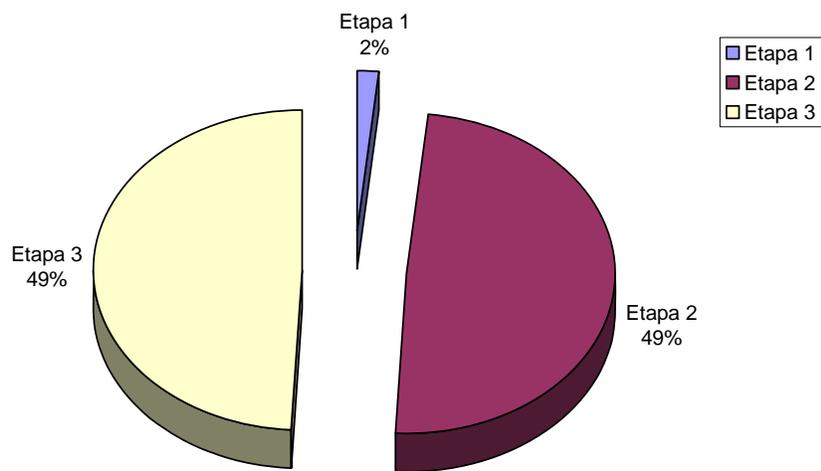


Figura 48A. Etapas de infestación presentes en la plantación muy joven.

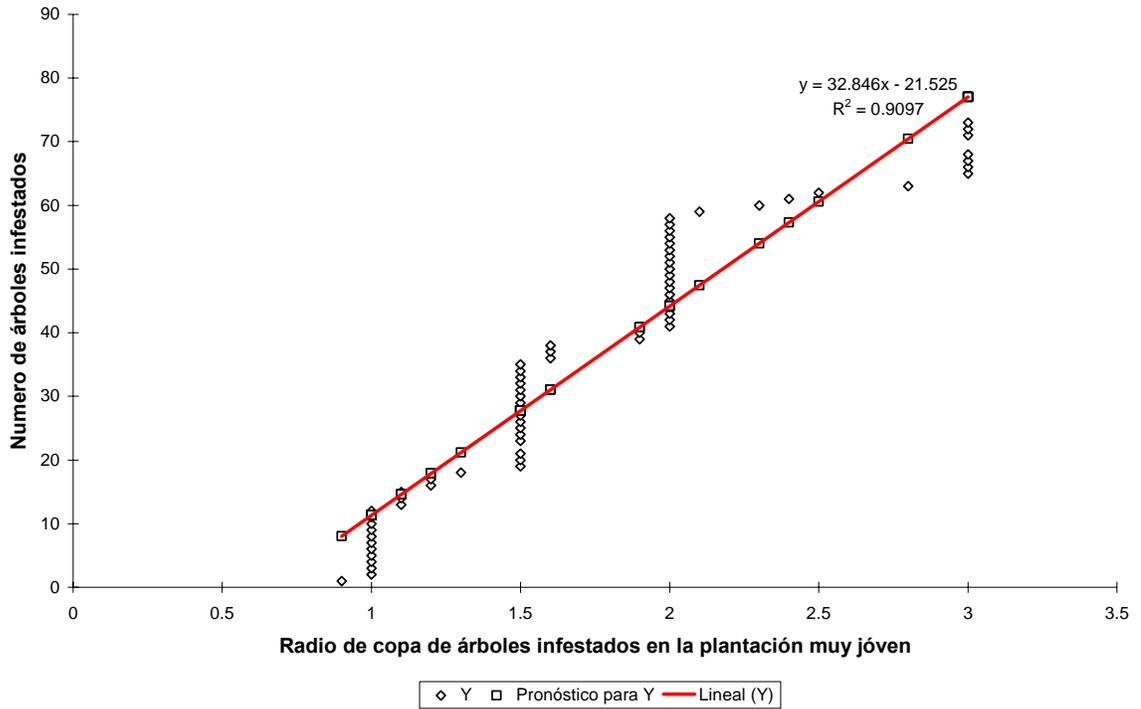


Figura 49A. Curva de regresión lineal del radio de copa y el número de árboles infestados en las plantaciones muy jóvenes

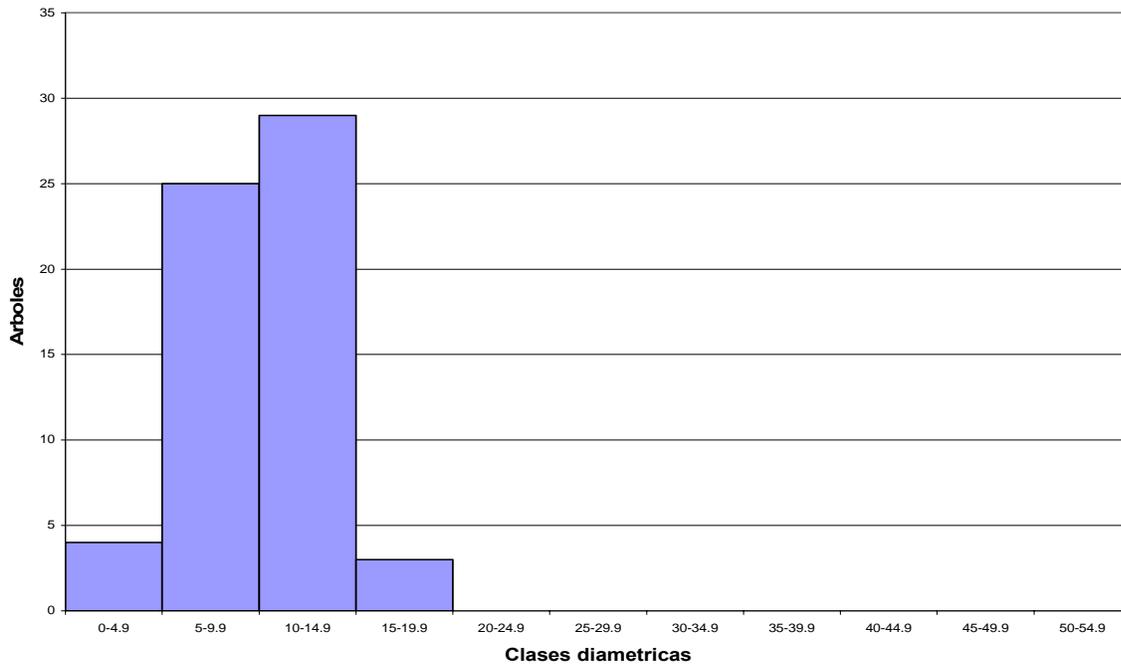
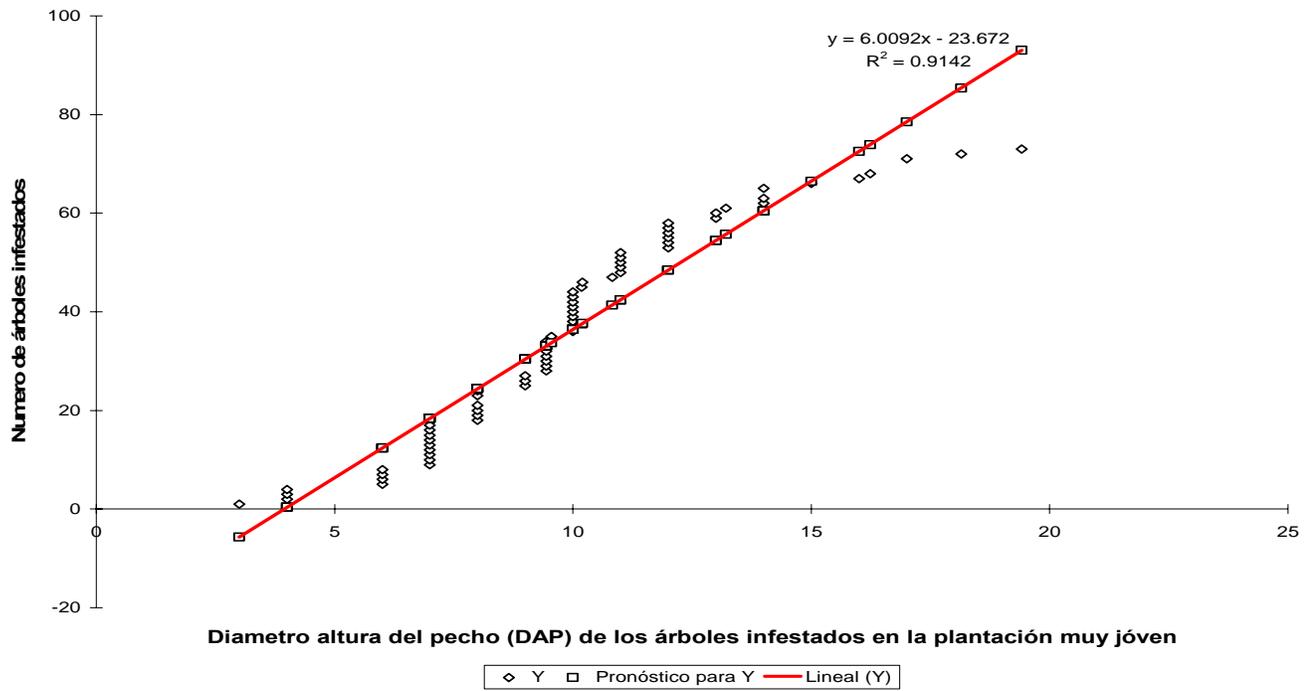


Figura 50A. Clases diametricas más afectadas por el ataque del gorgojo del pino en las plantaciones muy jóvenes



Fig

ura 51A. Curva de regresión del diámetro a la altura del pecho y el número de árboles infestados en la plantación muy joven

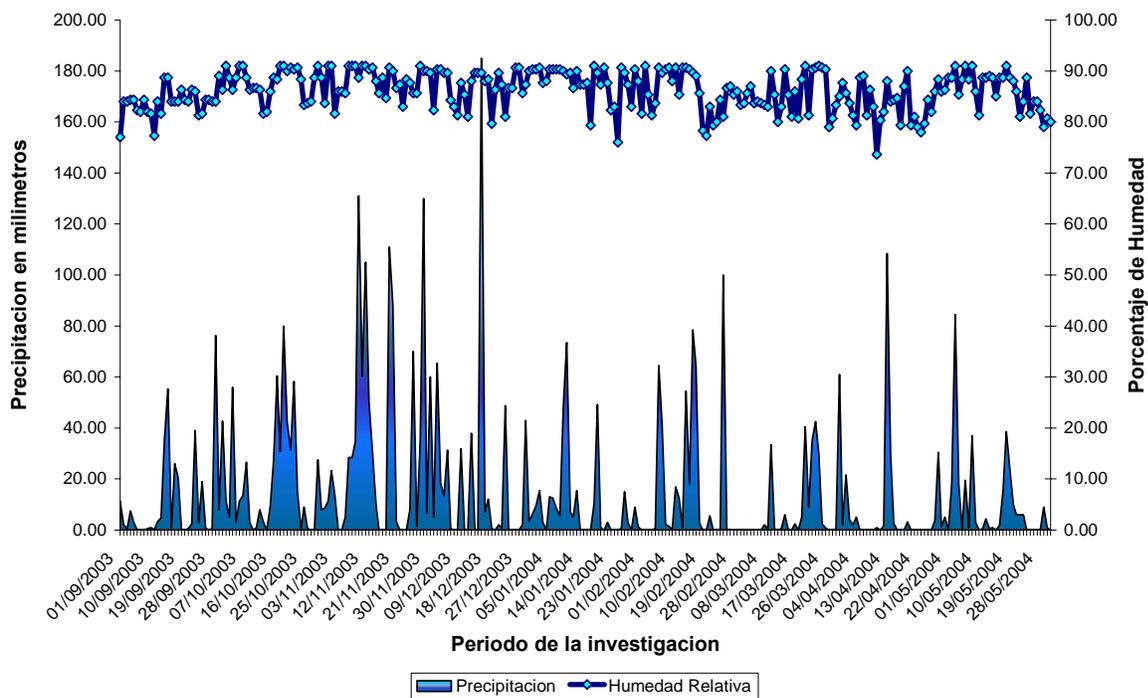


Figura 52A. Gráfica de la Precipitación pluvial y la humedad relativa durante el periodo de investigación en la Finca Saquichaj

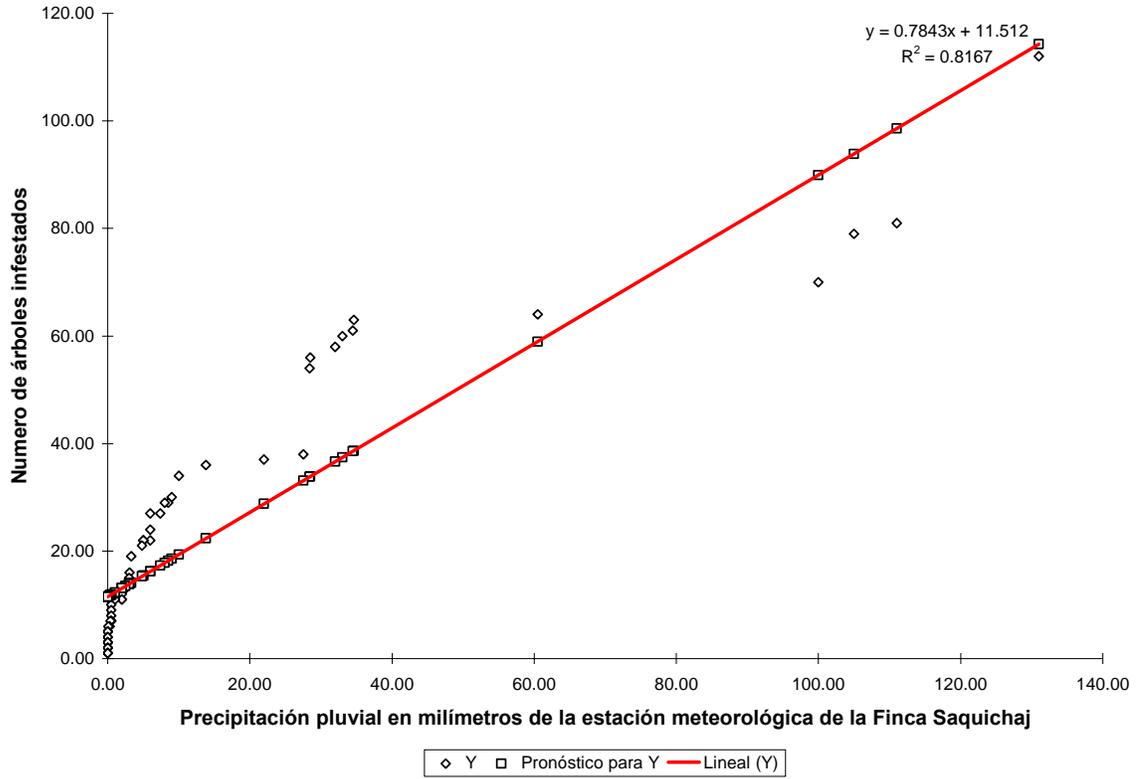


Figura 53A. Curva de regresión de la precipitación pluvial y el número de árboles infestados.

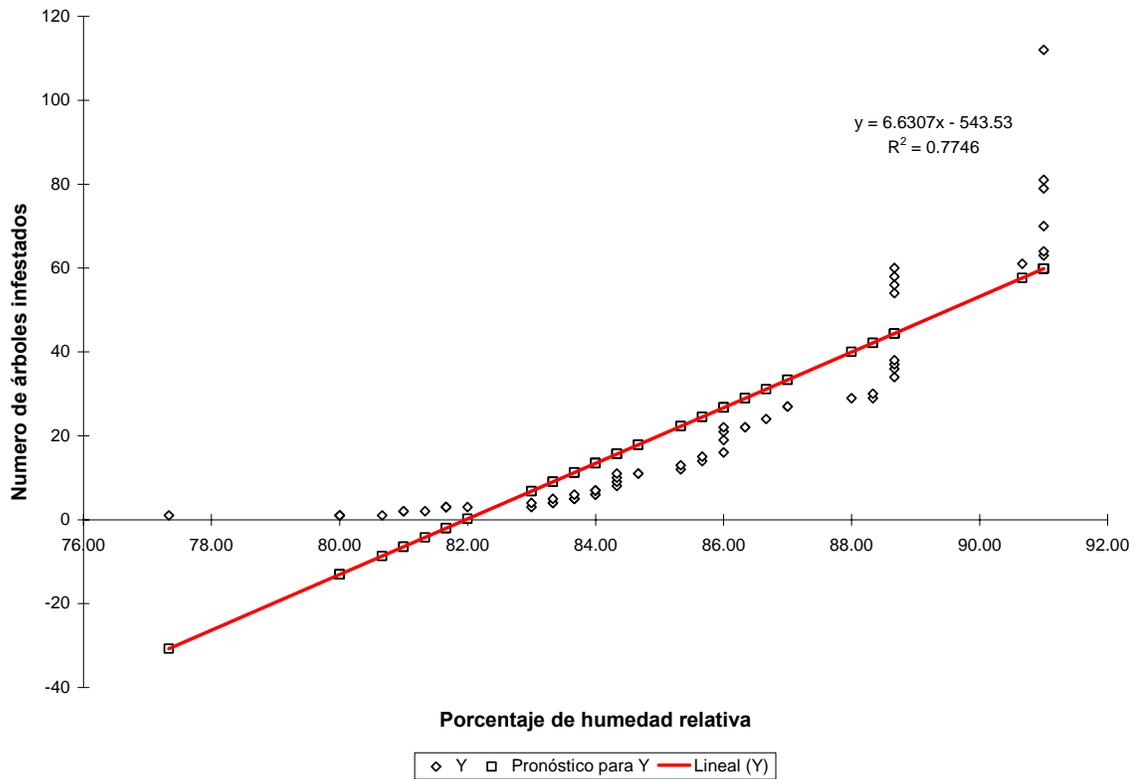


Figura 54A. Curva de regresión de la humedad relativa y el número de árboles infestados en la Finca Saquichaj

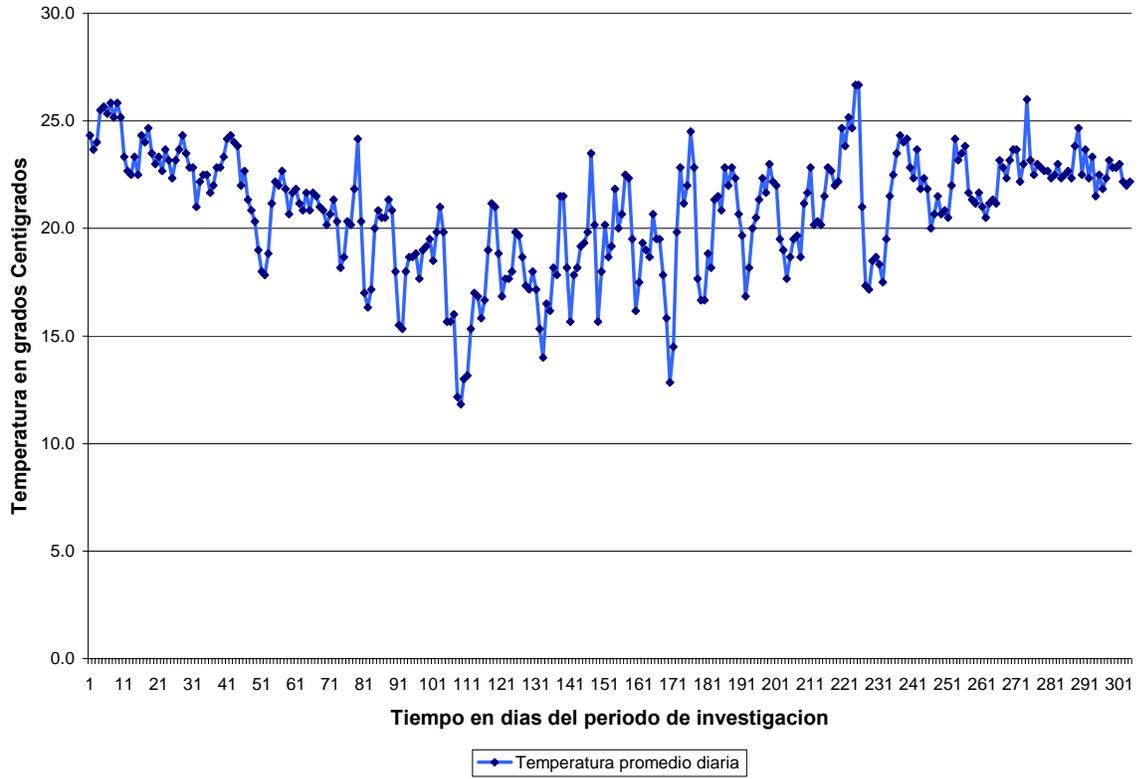


Figura 55A. Temperatura promedio diaria en la Finca Saquichaj

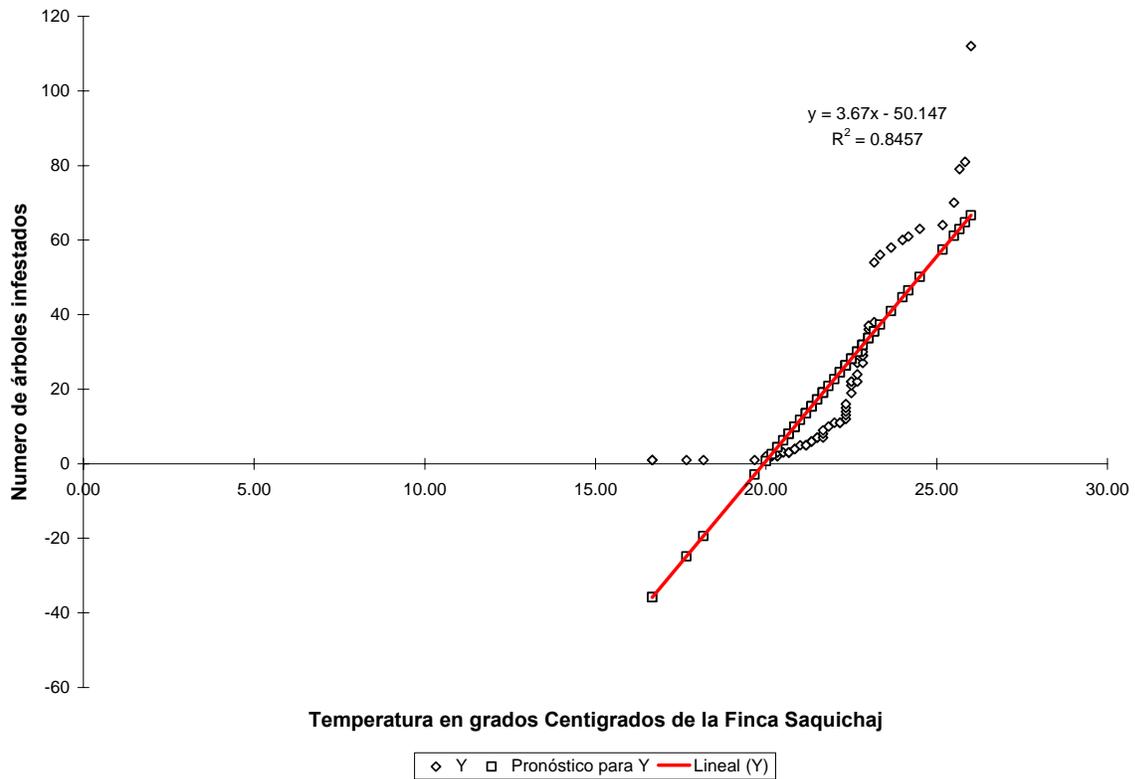


Figura 56A. Curva de regresión de la temperatura promedio y el número de árboles infestados en la Finca Saquichaj.

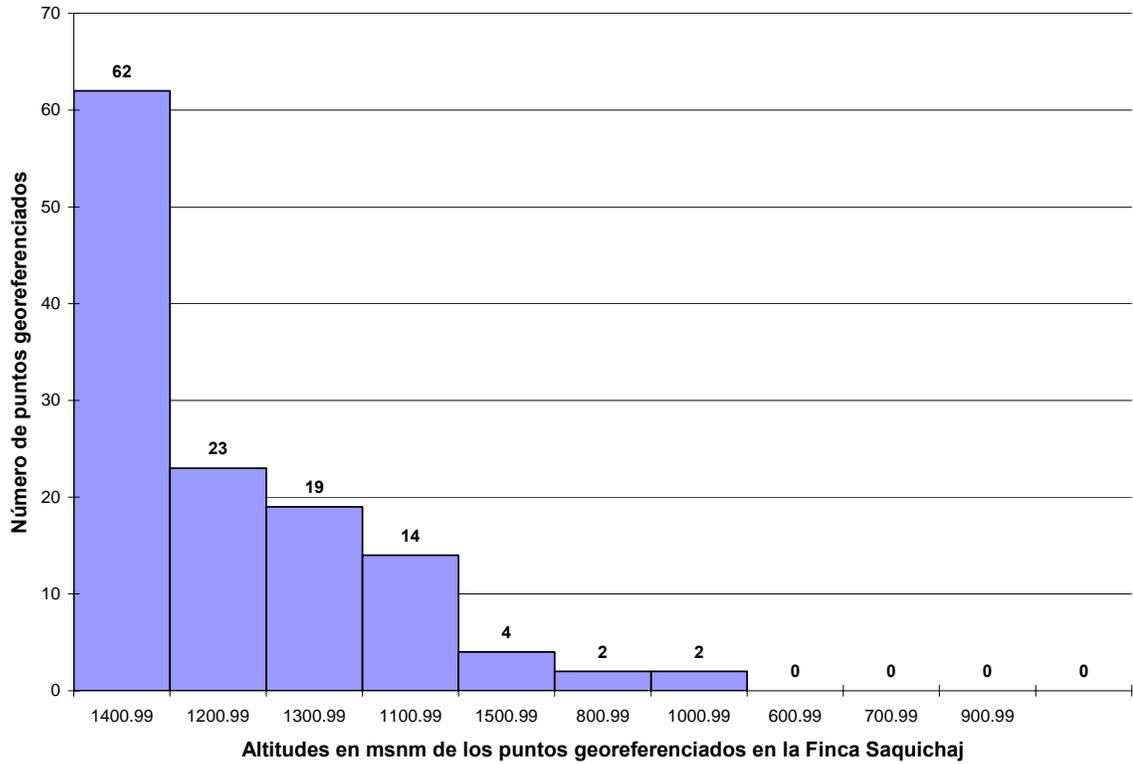


Figura 57A. Altitud en metros sobre el nivel del mar de los puntos de infestación georeferenciados.



Figura 58A. Vista lateral del insecto adulto del *Dendroctonus frontalis* Zimmermann. Fotografía tomada en un microscopio estereoscópico en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

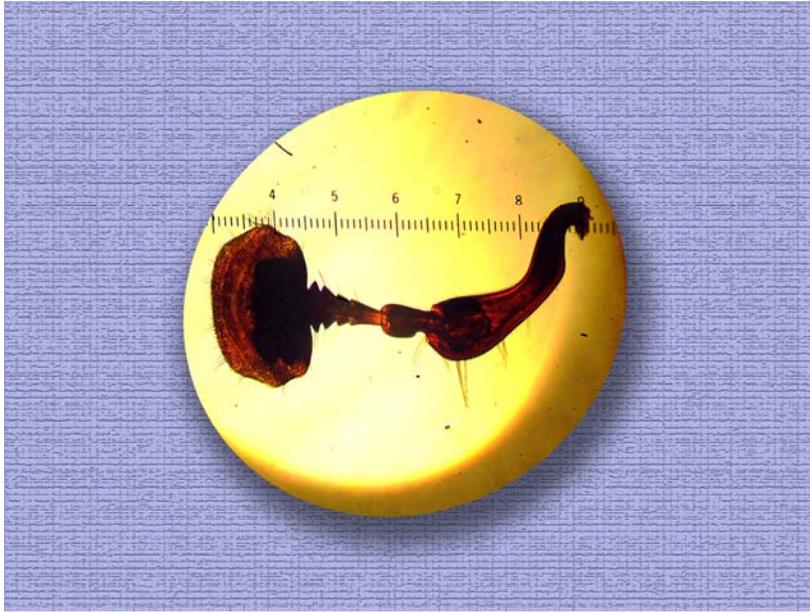


Figura 59A. Antena del *Dendroctonus frontalis* Zimmermann. Fotografía tomada a 40X en un microscopio compuesto en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Figura 60A. El margen posterior del pronoto Fotografía tomada en microscopio estereoscopio en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la universidad de San Carlos de Guatemala



Figura 61A. Declive elitral de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann. Fotografía tomada en microscopio estereoscopio en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la universidad de San Carlos de Guatemala.

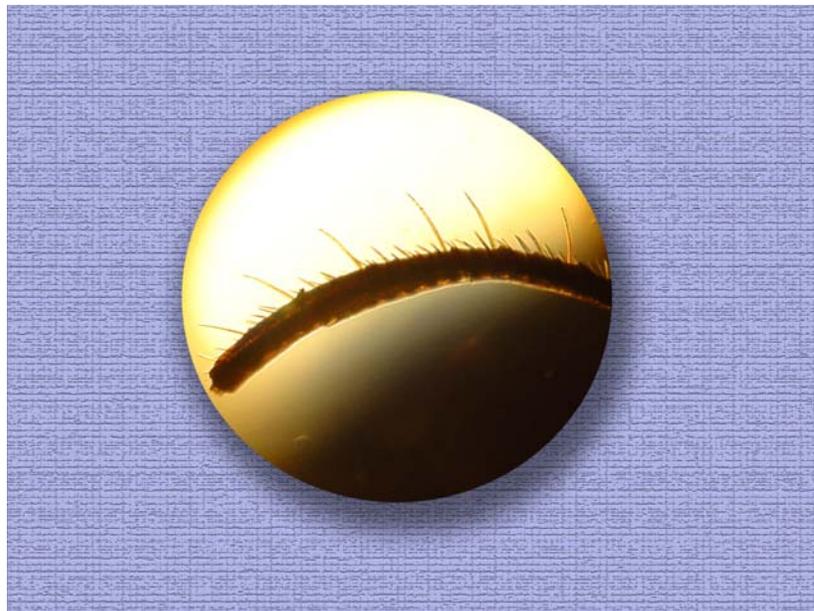


Figura 62A. Vista de los dos tamaños de setas del declive elitral de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann Fotografía tomada a 20X en un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Figura 63A. Setas declive elitral de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann. Fotografía tomada a 20X en un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura 64A. El tarso de todas las patas del insecto del genero *Dendroctonus spp.* tiene un arreglo de 5-5-5, por lo que se dice que es un insecto pentámero. Fotografía tomada a 40X en un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Figura 65A. Insectos adultos de *Dendroctonus valens* LeConte. Foto tomada en un microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura 66A. Diferente tamaños y colores de los insectos adultos del *Dendroctonus valens* LeConte. Fotografía tomada en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

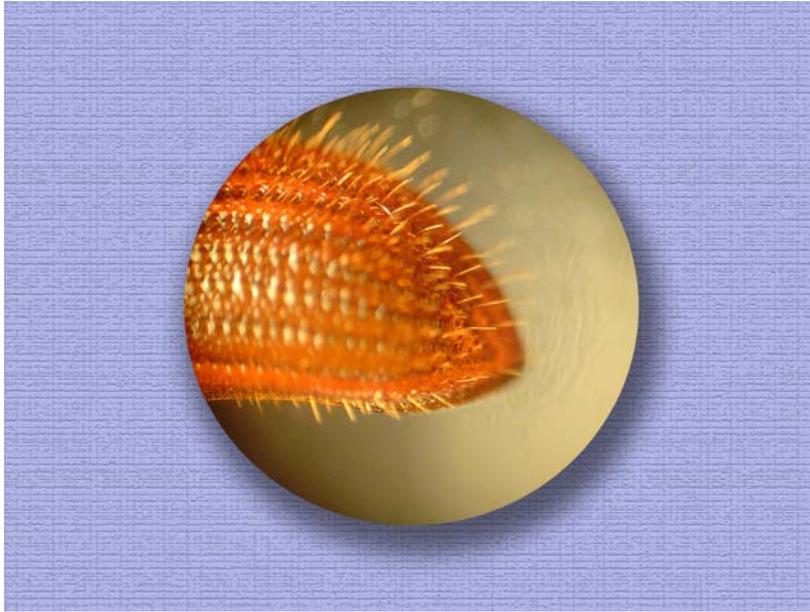


Figura 67A. Élitro de *Dendroctonus valens* LeConte con abundantes setas. Fotografía tomada con un microscopio estereoscópico en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Figura 68A. La antena capitada de *Dendroctonus valens* LeConte un color rojo intenso. Fotografía tomada a 40X con un microscopio compuesto en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura 69A. Pupa de *Dendroctonus valens* LeConte. Fotografía tomada en un microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Figura 70A. Cuerpo de insecto adulto del *Dendroctonus adjunctus* Blandford. Fotografía tomada en un Microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

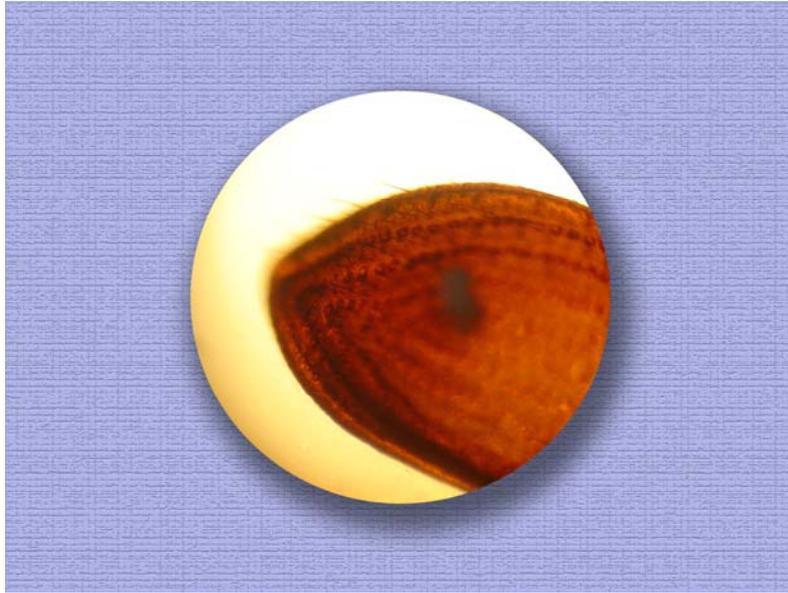


Figura 71A. Élitros de *Dendroctonus adjunctus* Blandford. Fotografía tomada en un Microscopio estereoscopio en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura 72A. Vista transversal de la antena de *Dendroctonus adjunctus* Blandford. Fotografía tomada en un Microscopio compuesto a 40X en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala