

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Agroforestal

**Control de la plaga gusano barrenador (*Hypsiphyla grandella* Zeller)  
en una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King) utilizando  
extractos de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss)**

Trabajo de graduación presentado por Ana Aymé Sosa Villatoro para  
optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería Forestal

Guatemala

2009



**Control de la plaga gusano barrenador (*Hypsiphyla grandella* Zeller)  
en una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King) utilizando  
extractos de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss)**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería

**Control de la plaga gusano barrenador (*Hypsiphyla grandella* Zeller)  
en una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King) utilizando  
extractos de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss)**

Trabajo de graduación presentado por Ana Aymé Sosa Villatoro para  
optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería Forestal

Guatemala

2009

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios.

A mi familia por su apoyo, comprensión y amor.

A mi director de Departamento el Ingeniero Cesar Castañeda y a Araceli Contreras por su constante apoyo y motivación.

A mi asesor el Licenciado Rony Pérez Quan por su respaldo durante la elaboración de esta investigación.

Al Licenciado Salvador del Valle.

A el Ingeniero José Luis del Instituto Nacional de Bosques (INAB) por su ayuda durante la elaboración de la fase de campo de esta investigación.

Al Ingeniero y amigo Luis Andrés Arévalo.

A mis amigos y compañeros de estudio.

## PREFACIO

En Guatemala, actualmente existen empresas que recién inician la producción de insecticida de Neem. Hace tres años tuve la oportunidad de conversar con los dueños de una de estas empresas, Guatenim, quienes aún realizaban los estudios pertinentes acerca de la eficacia de este insecticida en plagas de cultivos agrícolas. Estos amigos me ofrecieron realizar mi trabajo de graduación utilizando el insecticida del Neem aplicado a una plaga en una especie forestal. No obstante, no realicé esta investigación hasta este año ya que uno de los requisitos para llevar a cabo mi trabajo de graduación, es cursar por lo menos el último año de la carrera de Ingeniería Forestal.

En el transcurso de mi desarrollo profesional tuve acceso a diversa información acerca del manejo de plagas, tema que me interesó de tal modo que esa es la rama de la Ingeniería Forestal a la cual quiero especializarme. En una de las clases del curso Protección Forestal, se nos informó acerca del uso y eficacia de varios métodos de control de plagas entre ellos, el uso de extractos del árbol del Neem en diversos cultivos agrícolas; de aquí inicia mi interés acerca de las propiedades insecticidas de éste árbol ya que en Guatemala no se tiene mucha información acerca de la eficacia de este insecticida para combatir plagas de especies forestales. Es por ello que para mis Prácticas Profesionales Supervisadas realizadas en Agrícola del Sol en Julio de 2008, utilicé extractos de hoja de Neem para comprobar su eficacia en una plaga de grillos (Romaleidae, *Taeniopoda unicornis*) en una plantación de Teca (*Tectona grandis*), para lo cual obtuve óptimos resultados. De esta manera aumenta mi interés sobre el manejo de plagas por lo que decidí incluirlo en mi trabajo de graduación.

Decidí trabajar con el árbol de caoba (*Swietenia macrophylla* King) ya que es una de las principales especies maderables comerciales de Guatemala. Sin embargo, debido a diversos factores, la caoba se encuentra en la lista roja de las especies de

flora y fauna en peligro de extinción. Se cree que el principal factor limitante para el establecimiento de plantaciones de caoba es la plaga del gusano barrenador de las meliáceas (*Hypsiphilla grandella* Zeller), debió a la severidad irreparable que causa en la madera de esta especie forestal.

Por lo general, los dueños de fincas con plantaciones de caoba plagadas con el gusano barrenador de las meliáceas, utilizan métodos de control químico cuando surge esta plaga, por lo que encontrar una plantación de caoba plaga fue la principal limitante para la elaboración de esta investigación. Otra limitante fue la ubicación de la finca en la cual realicé este experimento ya que se encuentra en Concepción las Minas, municipio de Chiquimula, a 215km de la ciudad capital.

# ÍNDICE

<b>PREFACIO</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	2
A. Marco conceptual.....	2
III. MARCO REFERENCIAL.....	33
IV. JUSTIFICACIÓN.....	35
V. OBJETIVOS .....	36
B. Generales.....	36
C. Específicos.....	36
VI. MARCO METODOLÓGICO .....	37
A. Fase de laboratorio .....	38
B. Fase de campo .....	39
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
A. Fase de laboratorio.....	46
B. Fase de campo .....	46
VIII. CONCLUSIONES .....	53
IX. RECOMENDACIONES.....	54
X. LITERATURA CITADA.....	56
XI. ANEXOS .....	60
A. Resultados generales del bioensayo.....	60
B. Escala diagramática de la severidad del ataque de la plaga <i>H. grandella</i> en caoba, <i>S. macrophylla</i> .....	61
C. Análisis estadístico.....	64
D. Resultados generales obtenidos en campo.....	68
E. Porcentajes de daño e incidencia ocasionados por la plaga después de haber aplicado el insecticida de Neem.....	86
F. Resumen del porcentaje de daño e incidencia para cada tratamiento después de haber aplicado el insecticida de Neem.....	89
G. Análisis temporal y espacial del progreso del daño e incidencia ocasionado por la plaga <i>H. grandella</i> en caoba ( <i>S. macrophylla</i> ) después de haber aplicado el insecticida de Neem ( <i>A. indica</i> ).....	90

## LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. Materiales y equipo utilizados en laboratorio y en campo.-----	37
CUADRO 2. Etiqueta de daño -----	39
CUADRO 3. Tratamientos usados en campo.-----	43
CUADRO 4. Repeticiones realizadas en campo. -----	43
CUADRO 5. Resultados del bioensayo -----	46
CUADRO 6. Resultados del bioensayo con larvas de <i>H. grandella</i> -----	60
CUADRO 7. ANOVA de severidad para las tres lecturas -----	64
CUADRO 8. Prueba de Tukey para la severidad de la lectura 1 -----	64
CUADRO 9. Prueba de Tukey de porcentaje de daño para la lectura 2-----	65
CUADRO 10. Prueba de Tukey del porcentaje de daño para la lectura 3 -----	65
CUADRO 11. ANOVA de la incidencia para las tres lecturas -----	66
CUADRO 12. Prueba de Tukey para la incidencia en la lectura 1 -----	66
CUADRO 14. Prueba de Tukey de la incidencia para la lectura 3-----	67
CUADRO 15. Repetición 1 (A) para los cuatro tratamientos -----	68
CUADRO 16. Repetición 2 (B) para los cuatro tratamientos-----	74
CUADRO 17. Repetición 4 (C) para los cuatro tratamientos-----	80
CUADRO 18. Porcentajes de daño e incidencia de la repetición 1 (A)-----	86
CUADRO 19. Porcentajes de daño e incidencia para la repetición 2 (B)-----	87
CUADRO 20. Porcentajes de daño e incidencia para la repetición 3 (C)-----	88
CUADRO 21. Porcentaje de daño e incidencia para cada tratamiento-----	89

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Árbol de caoba, <i>S. macrophylla</i> de 3 años de edad.....	2
FIGURA 2. Calendario de la caoba ( <i>S. macrophylla</i> ).....	4
FIGURA 3. Distribución natural de <i>S. macrophylla</i> .....	4
FIGURA 4. Distribución natural de <i>S. macrophylla</i> en Guatemala (Área verde claro).....	5
FIGURA 5. Áreas boscosas con poblaciones de caoba en Guatemala para 1999.....	6
FIGURA 6. <i>Hypsiphyla grandella</i> Zeller –adulto-.....	13
FIGURA 7. <i>Hypsiphyla grandella</i> Zeller –huevo-.....	13
FIGURA 8. <i>Hypsiphyla grandella</i> Zeller –larva-.....	14
FIGURA 9. Daño causado a brotes de caoba por <i>S. macrophylla</i> .....	15
FIGURA 10. Ataque de <i>H. grandella</i> a la semilla de de la caoba.....	16
FIGURA 11. Árbol de Neem, <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.....	19
FIGURA 12. Flor <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.....	20
FIGURA 13. Semillas de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.....	21
FIGURA 14. Distribución natural del Neem, indicada en el área sombreada.....	22
FIGURA 15. Distribución mundial aproximada de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.....	23
FIGURA 16. Estructura de la Azadirachtina.....	28
FIGURA 17. Estructura Meliantriol.....	29
FIGURA 18. Estructura de Salannina.....	30
FIGURA 19. Estructuras Nimbina y Nimbidin, respectivamente.....	30
FIGURA 20. Municipio de Concepción las Minas, Chiquimula.....	33
FIGURA 21. Uso del suelo en el Municipio de Concepción las Minas, Chiquimula.....	34
FIGURA 22. Bioensayo: Dosis X/2.....	39
FIGURA 23. Daño tipo 0: árbol sano.....	40
FIGURA 24. Daño tipo 1: muy poco daño; muy poca barrenación.....	40
FIGURA 25. Daño tipo 2: Poco daño; poca barrenación.....	40
FIGURA 26. Daño tipo 3: Daño regular.....	41
FIGURA 27. Daño tipo 4: Bastante daño ocasionado.....	41
FIGURA 28. Daño tipo 5: Severo daño ocasionado.....	41
FIGURA 29. Parcela rectangular de 5 x 5 árboles.....	42
FIGURA 30. Esquema de la elaboración de los tratamientos.....	42
FIGURA 31. Ejemplo de identificación del tratamiento y repetición en los árboles.....	44
FIGURA 32. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 1 – repetición 1.....	90
FIGURA 33. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 1 – repetición 2.....	91
FIGURA 34. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 1 – repetición 3.....	92
FIGURA 35. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 2 – repetición 1.....	93
FIGURA 36. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 2 – repetición 2.....	94
FIGURA 37. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 2 – repetición 3.....	95
FIGURA 38. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 3 – repetición 1.....	96
FIGURA 39. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 3 – repetición 2.....	97
FIGURA 40. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 3 – repetición 3.....	98
FIGURA 41. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 4 – repetición 1.....	99
FIGURA 42. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 4 – repetición 2.....	100
FIGURA 43. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 4 – repetición 3.....	101

## RESUMEN

En Guatemala las especies latifoliadas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) y cedro (*Cedrela odorata*) son una de las principales especies maderables explotadas y comercializadas en la actualidad. Sin embargo, desde 1995 se propuso la caoba como una especie en peligro de extinción ya que está incluida en el Apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres <sup>sic</sup> (CITES, por sus siglas en inglés), y en el Criterio 3 de la Lista Roja de Flora del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Se cree que el gusano barrenador de las Meliáceas, *Hypsiphyla grandella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae), es el principal factor limitante para el establecimiento de plantaciones de caoba y cedro en América debido al daño irreparable que causa en dichas especies. Algunas publicaciones documentan aspectos biológicos y ecológicos de *H. grandella*, incluyendo aspectos sobre su control mediante prácticas silviculturales y el uso de químicos; siendo este último método de control el principal causante de problemas como: riesgos para la salud humana, contaminación ambiental con daños a la vida silvestre, perturbación del equilibrio natural (provocando resurgencias de plagas), resurgimiento de plagas secundarias, desarrollo de poblaciones resistentes a plaguicidas, alto costo económico, entre otros. (Beingolea, 1977)

Esta investigación propone el uso de un insecticida orgánico que consiste en extractos de semillas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), como control de la plaga del gusano barrenador de las Meliáceas (*H. grandella*). Este insecticida provee características favorables en comparación al uso de químicos ya que aparte de ser un producto natural, no produce riesgos mortales en la salud humana, no es fitotóxico, sus principios activos no se acumulan en la cadena alimenticia, no causa residuos en el suelo ni en los productos vegetales debido a su fácil degradación, reduce costos, no perjudica a la fauna benéfica, entre otros beneficios. A su vez, la aplicación de este

método de control causará un impacto positivo evitando riesgos de resistencia de plagas y daños al hospedero, además que es un producto amigable al ambiente y no causa efectos dañinos al ser humano.

Con este estudio se persigue favorecer al cumplimiento de los estándares sanitarios a nivel internacional para la exportación guatemalteca de los productos y derivados inocuos de caoba, libres de residuos de productos químicos. También se pretende lograr la disminución de la presión sobre los bosques naturales y facilitar el manejo de plantaciones actuales y el establecimiento de futuras plantaciones.

Esta investigación se llevó a cabo en una plantación de caoba (*S. macrophylla*) ubicada en la Finca “San José”, Aldea San José del municipio Concepción las Minas, Chiquimula, Guatemala; a una altura media de 792 msnm, latitud 14.51 y longitud de -89.45. Para la elaboración de este experimento se realizaron dos fases: la fase de laboratorio y la fase de campo.

La fase de laboratorio consistió en la elaboración de un bioensayo para determinar la susceptibilidad de la esta plaga al insecticida del Neem. Éste se realizó en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala. Para ello se utilizaron cuatro dosificaciones del insecticida las cuales se colocaron en cajas petri conteniendo 5 larvas de *H. grandella*, esto con el fin de probar la susceptibilidad de la plaga al insecticida del Neem.

La fase de campo se llevó a cabo en la Finca “San José” en donde se hicieron cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno (tratamiento 1: dosis más baja; tratamiento 2: dosis media; y tratamiento 4: control). Para la primera aplicación se llevaron a cabo dos lecturas: una a los ocho días y la otra a los quince días de la aplicación. En cada lectura se hizo el diagnóstico tanto del hospedero como el de la plaga, esto con el objetivo de determinar la severidad e incidencia de la plaga. En la

segunda aplicación únicamente se llevó a cabo una lectura a los ocho días es decir, que se realizó a los 23 días de la primera aplicación.

Los resultados obtenidos indican que el insecticida del Neem es altamente efectivo en el control de la plaga *H. grandella* en la plantación de caoba (*S. macrophylla*) estudiada. Al utilizar la dosis más alta del insecticida (1:5 V:V), se observó más efectividad en menor tiempo que los otros tratamientos. No obstante, el control de la plaga utilizando la dosis media (1:10 V:V) es igual de efectivo que la dosis alta, pero el efecto es más lento. Al usar la dosis más baja (1:20 V:V), se disminuye el daño e incidencia, pero no se eliminan completamente y su efecto es más tardado. Finalmente, el tratamiento testigo, el cual no contenía insecticida de Neem, no presentó control alguno de la plaga por lo que tenía alta severidad e incidencia del gusano barrenador en las caobas.

# I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala la caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una de las principales especies maderables explotadas y comercializadas. A lo largo de la historia de la explotación maderera de la caoba, varios son los factores han contribuido a que esta especie se encuentre en peligro de extinción. Sin embargo, se cree que el gusano barrenador de las Meliáceas, *Hypsiphyla grandella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae), es el principal factor limitante para el establecimiento de plantaciones de caoba debido al daño irreparable que causa en dichas especies.

Esta investigación propone el uso de un insecticida orgánico que consiste en extractos de semillas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), como control de la plaga del gusano barrenador de las Meliáceas, ya que este insecticida por ser un producto natural, no produce riesgos mortales en la salud humana ni contamina al ambiente.

Para la elaboración de este experimento se realizaron dos fases: la fase de laboratorio la cual consistió en la elaboración de un bioensayo para determinar la susceptibilidad de esta plaga al insecticida del Neem. La segunda fase se llevó a cabo en campo en donde se probaron cuatro tratamientos del insecticida para determinar qué dosis es la más efectiva contra la plaga. Para ello se realizaron dos aplicaciones del insecticida: para la primera aplicación se hicieron dos lecturas, y para la segunda únicamente se hizo una lectura. En cada monitoreo se determinó la severidad e incidencia de la plaga para cada árbol de caoba en el área estudiada.

Los resultados obtenidos indican que el insecticida del Neem es altamente efectivo en el control de la severidad e incidencia de plaga *H. grandella* en la plantación de caoba (*S. macrophylla*) estudiada. La dosis más alta (1:5 v:v) del insecticida resultó ser la más efectiva en menor tiempo que los otros tratamientos. No obstante, el control de la plaga utilizando la dosis media (1:10 v:v) es igual de efectivo que el usar la dosis alta, sin embargo, el efecto es más tardado. Al usar la dosis más baja (1:20 v:v) se disminuye el daño e incidencia, pero no se eliminan completamente y su efecto es más tardado. Por último, el no usar ningún tratamiento con el insecticida de Neem conlleva a una alta severidad e incidencia del gusano barrenador en las caobas.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Marco conceptual

1. **Caoba (*Swietenia macrophylla* King).** Existen tres especies de caoba: *Swietenia humilis*, *Swietenia mahagoni* y *Swietenia macrophylla*. Sin embargo, *S. macrophylla* es la única especie no extinta comercialmente para la producción de madera.

En la actualidad la caoba sigue siendo el pilar principal de la actividad forestal en los bosques de Guatemala, la proporción del volumen de caoba aprovechado con relación a todas las especies latifoliadas del país (50%), es alrededor del 30%.

a. **Descripción del árbol.** La caoba, (*Swietenia macrophylla* King), es un árbol de hojas caducas de tamaño mediano a grande, alcanza hasta 40 m de altura y de 80 cm a 1 m de diámetro. Es un árbol libre de ramas, con un tronco recto y con raíces tubulares en la base. La corteza tiene un alto contenido de taninos, es áspera, con escamas planas separadas por grietas profundas de color castaño.

**FIGURA 1. Árbol de caoba, *S. macrophylla* de 3 años de edad.**



(Fuente: Aymé Sosa, 2009)

**1) Hojas.** Sus hojas son alternas, elípticas a oblongas de color verde oscuro, tienen un raquis de color verde amarillento, delgado y redondo que termina en un punto muerto estrecho. Tiene racimos florales en panículas de 4-6 pulgadas o más de largo salen de la base de las hojas nuevas y tienen muchas flores pequeñas, fragantes, de tallo corto y de color amarillo verdoso. Las hojas son grandes con 6 a 12 hojuelas paripinadas, sin glándulas, raquis sin crecimiento terminal, con tres o más pares de hojuelas.

**2) Flores y fruto.** Las flores son de color pardo amarillento, pequeñas con olor agradable, similares a algunas orquídeas; están expuestas en panículas, unisexuales pero con vestigios bien desarrollados del sexo opuesto. Sus frutos son cápsulas de ovoides a piriformes de 12 a 20 cm de largo, se abren en cinco válvulas de color café con semillas café, color caoba, o pardas, y aladas.

La floración y fructificación varían con la localidad y están relacionadas principalmente, con la estación seca. La floración coincide con la formación de hojas nuevas, al final de la época seca y comienzos de la época lluviosa. En América Central, específicamente en Guatemala, la caoba florece entre febrero y marzo; y la fructificación puede demorar seis meses.

El árbol puede florecer y comenzar a producir semilla a los 12 años de edad. Los vientos secos favorecen la apertura del fruto maduro y la dispersión de la semilla alada. Las semillas son numerosas, de 25 a 42 por fruto, son planas, de alas largas, de color castaño.

En la Figura 2 se muestra un esquema del calendario de desarrollo de la caoba. Esta especie produce hojas durante todo el año; generalmente la floración se da de marzo a junio, y la fructificación comienza aproximadamente seis meses después de la floración, entre diciembre y marzo; por último se cree que la siembra de esta especie se debe realizar de mayo a junio.

**FIGURA 2. Calendario de la caoba (*S. macrophylla*).**

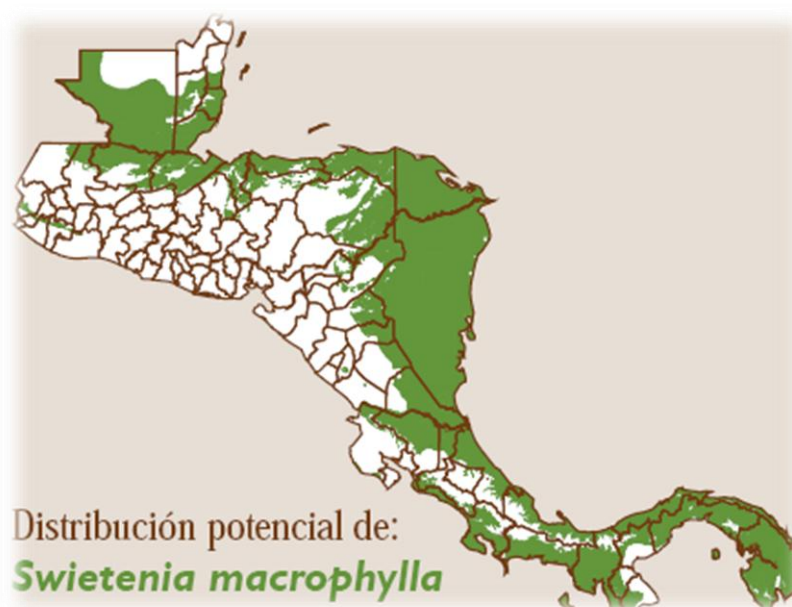


(Fuente: CATIE, 2005)

**3) Madera.** La caoba es una de las maderas más finas del mundo, debido a su trabajabilidad, fortaleza y belleza. Esta madera tiene la albura de color castaño dorado y el duramen castaño rojizo; no presenta olor característico, el sabor es ligeramente amargo y su madera es de excelente calidad, utilizada en ebanistería y mueblería fina, decoración de interiores, puentes de barco e instrumentos de música. (Paquet, 1981).

**b. Distribución.** Su distribución natural es amplia, desde la región Atlántica del sureste de México a través de América Central, el norte de América del Sur (Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú) y en el sur de la cuenca del Amazonas en Bolivia y Brasil.

**FIGURA 3. Distribución natural de *S. macrophylla*.**

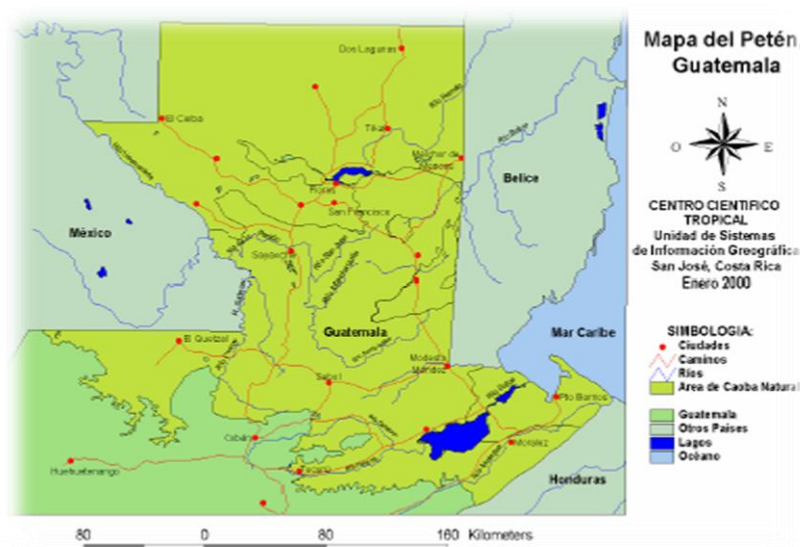


(Fuente: CATIE, 2001)

En Guatemala las especies de caoba: *S. humilis*, *S. mahagoni* y *S. macrophylla*, se distribuían en un corredor tropical (desde el nivel del mar hasta 700m) con un área de 60,200km<sup>2</sup> o el 55% del territorio nacional. Desde 1950, las primeras dos especies, *S. humilis* y *S. mahagoni*, se consideran comercialmente extintas. Ambas se distribuían naturalmente en la planicie costera del Pacífico.

La distribución natural de *S. macrophylla* eran las tierras bajas del Atlántico del país (aproximadamente 6 millones de hectáreas de bosque). Sin embargo, su distribución actual incluye el departamento de Petén, pequeñas áreas de los departamentos de El Quiché, Alta Verapaz, Izabal y en áreas comunitarias o privadas en otros departamentos como Zacapa y Chiquimula. (Ver Figura 4.)

**FIGURA 4. Distribución natural de *S. macrophylla* en Guatemala (Área verde claro)**

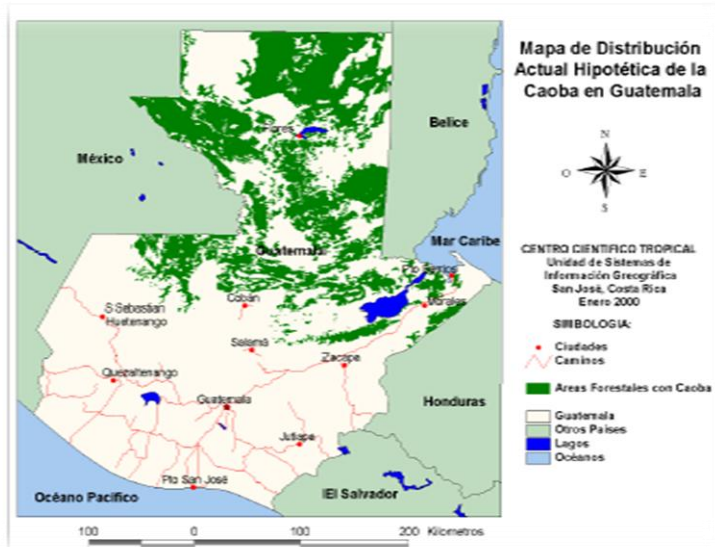


(Fuente: CONAP, 2003)

Los bosques de caoba distribuidos en Petén están incluidos dentro de áreas protegidas al norte, arriba del paralelo 17°10' se encuentra la Reserva de Biósfera Maya, y al sur en donde se encuentran otras áreas boscosas que han sido protegidas por contener sitios arqueológicos importantes.

A finales de la década pasada, se determinó que en Guatemala solo existen 2,774,212 ha de caoba lo que equivale a una pérdida del 47% del área boscosa debido a la desaparición acelerada de esta especie.

FIGURA 5. Áreas boscosas con poblaciones de caoba en Guatemala para 1999.



(Fuente: López, 1999)

c. **Condiciones naturales de clima y suelo de la caoba (*S. macrophylla*):** con respecto a la pluviometría, la caoba en condiciones naturales crece con una precipitación de 1500-4200 mm y requiere de una estación seca aproximada de 0-4 meses. Crece en zonas que van de 0-600 msnm, y ocasionalmente en zonas de hasta 1500 msnm. Esta especie tiene una temperatura máxima media de 24-32 °C en el mes más cálido del año, una temperatura mínima de 11-22 °C durante el mes más frío, y una temperatura media anual de 22-28 °C.

En condiciones naturales, la caoba crece en suelos variados que pueden ser arenosos, de origen volcánico, profundos, entre otros. La textura del suelo es media o pesada con un pH ácido, neutro o ligeramente alcalino. Los suelos deben tener un drenaje libre y encharcado estacionalmente, con pendientes desde superficies planas hasta fuertes e inestables. Sin embargo, en condiciones óptimas, la caoba obtiene mejores resultados en crecimiento cuando se siembra en zonas bajas con una precipitación media anual de 2000-4000 mm distribuidos uniformemente o con una estación seca no mayor de cuatro meses. La temperatura óptima media anual es de 24-28 °C. Su máximo crecimiento se obtiene en suelos profundos, fértiles, húmedos, bien drenados y con un pH neutro a ligeramente alcalino y puede desarrollarse en suelos ácidos, aluviales, calcáreos, arcillosos, granitos o de origen volcánico.

**d. Principales usos.** La caoba es una de las maderas más conocidas y apreciadas en el mundo, y ha sido comercializada y utilizada internacionalmente por más de 400 años. Es una especie de crecimiento moderadamente rápido con características favorables para plantaciones, y puede producir madera de aserrío en turnos de rotación de 30- 40 años.

**1) Maderero.** La madera por ser una especie latifoliada, es dura y muy conocida por su atractivo acabado y figura altamente decorativa, así como por sus buenas propiedades para usos comerciales. Aunque se usa principalmente para muebles y chapa decorativa, su facilidad para trabajarla y su alta resistencia en comparación a su peso la hace apta para un gran número de usos como construcción ligera de embarcaciones, instrumentos musicales, modelos y maquetas, así como muebles finos, puertas, escultura, manualidades, entre otros.

La madera tiene un alto valor comercial para la industria de tableros de calidad, aunque la variación en color, su grano ondulado, nudosidad y daños por el perforador, así como su escasez limitan un poco su aptitud para chapas de calidad.

**2) Otros usos.** También tiene un rango de usos menos frecuentes como medicinas, tintes y taninos en la corteza. La infusión de la corteza y semillas se usan contra la diarrea y fiebre. La semilla es muy amarga y se ha usado para calmar el dolor de muelas. Contiene también aceites usados en la preparación de cosméticos.

**e. Historia de la explotación de la caoba en Guatemala.** Desde 1860 la caoba se convirtió en una especie de actividad económicamente importante para el país. En Petén la explotación de la caoba inició desde 1820 pero tomó importancia económica significativa a partir de 1860 y 1870. Después de que la caoba fue explotada y difícil de extraer de Belice, los ingleses continuaron exportándola concentrando sus operaciones en el sur-este de El Petén. Firmas de Tabasco, México y más tarde de USA se enfocaron en las riberas de los ríos Pasión y Usumacinta, al Oeste de El Petén (CONAP, 1998).

Al inicio, 1860-1940, los ríos fueron el único medio de transporte de la caoba siendo los más usados: La Pasión, Salinas, San Juan, Petexbatún, Pucté (Bucida buseras L), Machaquilá, Santa Amelia y Mopán. La primera prueba de transporte de madera por el Usumacinta se realizó exitosamente en el año 1,860 (FLACSO-WWF, 1997), con 72 trozas de caoba cortadas a ambos lados del río la Pasión en pleno territorio guatemalteco. A partir de esa época, las grandes compañías madereras extranjeras establecidas con anterioridad en Tabasco, México, aprovecharon el gran potencial de los bosques y ríos de Petén y la selva Lacandona y se lanzaron en una vertiginosa lucha por conseguir concesiones forestales tanto en México como en Guatemala.

La historia oficial de la explotación de la caoba en Guatemala inicia en 1874 (Sosa, 1957), cuando el Gobierno de la nación estableció una "montería" en las márgenes del río Usumacinta. En el año 1880 se arrendaron los bosques a la casa comercial "Jamet y Sastré", la que los explotó por algún tiempo hasta que el negocio pasa al poder de la compañía norteamericana "The Guatemalan and Mexican of Mahogany and Export Company", y cuyas concesiones las extendió hasta las márgenes del río La Pasión. Poco después apareció un nuevo arrendatario que fue la casa comercial "Sisniega Otero e hijos"; esta trabajó también en las márgenes del río la Pasión y sus afluentes; cuyo negocio pasó después a poder del Banco Colombiano de Guatemala. (De Vos, 1987). Asimismo, la casa comercial "Doumgh y Co" también estableció cortes de caoba y cedro en las márgenes del río Mopán.

Para la década de los 40's, solo del 15% al 20% del bosque maderero de Petén había sido perturbado por la acción de las actividades madereras. (De Vos, 1987) El resto del bosque aún se conservaba sin intervención humana para extracción de maderas. De 1900 a 1956, fecha en que se promulgó el decreto No. 543 "Ley para la Explotación de los bosques nacionales", se extrajo de los bosques de El Petén, 75 millones de pies cúbicos de caoba (un promedio de 37,500 m<sup>3</sup> anuales). (Villacorta, 1981)

Con la nueva tecnología se rompen las fronteras forestales de Petén provocando un cambio significativo el cual ocurrió en los años 40's cuando comenzaron a utilizarse motosierras, camiones y tractores para penetrar en el bosque por las orillas de los ríos

hacia adentro con lo que creció el interés sobre la explotación de la especie. Una de las primeras grandes intervenciones usando la tecnología mencionada fue la utilizada para la extracción de 7 millones de pies cúbicos (200,000 m<sup>3</sup>) de caoba en dos años, durante la administración de Jorge Ubico (1930-1944) en las riberas del río Mopán. Esta madera era parte de un compromiso de Guatemala ante los Estados Unidos como contribución a la Segunda Guerra Mundial. (De Vos, 1987)

De 1958 a 1982 se da el período de colonización oficial de Petén, dirigida y apoyada por el gobierno a través del Fomento y Desarrollo Económico del Petén (FYDEP), ente creado específicamente para alcanzar objetivos dirigidos al "desarrollo" de Petén. La apertura de carreteras y el traslado de campesinos de otras regiones hacia Petén para colonizarlo fue una prioridad para el Gobierno por lo que aumentó el crecimiento poblacional anual que alcanzó hasta un 11% debido principalmente a la migración. El crecimiento demográfico de Guatemala era para la misma época de alrededor del 3% anual. Este proceso fue el más devastador para los bosques de Petén ya que la colonización fue considerada como el instrumento para levantar la agricultura y convertir a Guatemala en el granero de Centroamérica. Más del 50% de los bosques se perdieron para siempre por el cambio de uso del suelo. (Schwartz, 1992)

De 1974 a 1986 el presupuesto anual del FYDEP fue entre 3 a 10 millones de Quetzales (igual suma en US\$). De esto, el 26 al 53% provenía del estado y el resto de los negocios provenientes de las actividades comerciales de madera, venta de tierras, impuestos derivados de la venta de chicle, impuestos sobre productos forestales como el Xate y varias licencias. A partir de 1960, los ingresos provenientes de la caoba fueron usualmente el mayor participante en los ingresos de FYDEP; otro ingreso importante fue el proveniente por la venta de tierras. Desde 1970, el comercio de cedro y caoba contribuyó con al menos 16% de los ingresos del FYDEP llegando en algunos años a contribuir con el 54% de su presupuesto anual. Del 100% del presupuesto del FYDEP, más de la mitad se dedicó a actividades administrativas por lo que menos del 50% fue dedicado para propósitos de desarrollo. (De Vos, 1987)

A partir de 1982 la colonización dirigida por el gobierno fue modificada disminuyendo su promoción, pero hasta 1995 los permisos de aprovechamiento forestal fueron orientados a la extracción de Caoba y Cedro, otorgados por FYDEP, y quedaron sin efecto debido a los cambios en las políticas del Gobierno de Guatemala, los cuales se plasmaron finalmente en los decretos. (De Vos, 1987)

Con la creación de Ley de Áreas Protegidas y de la Ley de la Reserva de la Biosfera Maya, la extracción de madera quedó bajo la responsabilidad del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), en la Reserva de la Biosfera Maya y de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), en el área sur. De acuerdo a varios autores, el período Transicional entre la desaparición del FYDEP y la creación y consolidación de la Reserva Biosfera Maya (RBM) (1987-1992) fue la última gran embestida para extraer la caoba de los bosques de Petén hasta la fecha. La forma virulenta con que se procedió a extraer la caoba en ese período tuvo el apoyo de las fuerzas de seguridad, especialmente de elementos del ejército quien también jugó un papel muy activo en el mercado de la caoba en ese período. (De Vos, 1987)

Datos de algunos años de ese período, obtenidos de los archivos de CONAP, establecen que se extrajeron ilegalmente hasta 10,000 metros cúbicos de caoba de la RBM en los años críticos de extracción maderera. En el área sur Petén el proceso de extracción continuó y continúa hasta el presente al punto de agotar comercialmente las especies (Manzanero, 1993).

La extracción ilegal de caoba no ha cesado, pero a partir de 1995 la situación de la biosfera se estabilizó con relación al corte desmedido e ilegal de caoba ya que las instituciones responsables del control (Guardia de Hacienda y el Ejército) fueron mejor supervisadas para evitar abusos de poder (corrupción) y desarrollaron un mejor trabajo de control, asimismo, las instituciones del gobierno, especialmente el CONAP, y las ONG's pasaron de la etapa de aprendizaje a la de control de la situación, y el proceso de concesiones como mecanismo para utilizar de manera responsable el recurso forestal y para frenar el avance de la frontera agrícola. (López, 1999)

## **f. Situación legal de la caoba (*S. macrophylla*) en Guatemala**

**1) CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).** La CITES por sus siglas en inglés, es un acuerdo internacional concertado entre gobiernos, y tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituye una amenaza para su supervivencia. Éste se redactó como resultado de una resolución aprobada en una reunión de los miembros de la UICN (Unión Mundial para la Naturaleza), celebrada en 1963. (CITES, 2009)

Esta convención es un acuerdo internacional al que los Estados (países) se adhieren voluntariamente y se conocen como partes. Aunque la CITES es jurídicamente vinculante para las partes, esta ofrece un marco que ha de ser respetado por cada una de las partes, las cuales han de promulgar su propia legislación nacional para garantizar que la CITES se aplica a escala nacional. (CITES, 2009)

Durante años la CITES ha sido uno de los acuerdos ambientales que ha contado con el mayor número de miembros, que se eleva ahora a 175 Partes. El listado fue elaborado por la CITES como parte de los compromisos adquiridos con la firma del Convenio de Diversidad Biológica y en cumplimiento de lo establecido en el Artículo 24 del Decreto Legislativo 4-89 Ley de Áreas Protegidas. Este artículo tiene el mandato de elaborar un listado con las especies en peligro, amenazadas, endémicas y las que necesiten aprobación especial para su manejo. (CITES, 2009)

Desde 1995 la caoba (*S. macrophylla*) fue incluida en el apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). En el 2002 ésta fue incluida en el apéndice II de la CITES en la XII Conferencia de las Partes realizada en Chile, implicando que la utilización de dicha especie debe estar sujeta a regulaciones especiales con el fin de que su comercio sea compatible con su supervivencia. (CONAP-CITES, 2003)

Actualmente se encuentra en el criterio 3 de la Lista Roja de Flora el cual establece que la especie puede ser aprovechada únicamente a través de planes de manejo que garanticen su sostenibilidad. A su vez, la Ley Forestal, en el Decreto Legislativo 101-

96, también contempla algunos artículos que establecen procedimientos especiales para las especies maderables incluidas en los listados de protección. (CONAP-CITES, 2003)

Por tanto, a lo largo de la historia de la explotación y manejo de la caoba en Guatemala, podemos identificar varios factores que han contribuido a que esta especie se encuentre en peligro de extinción entre ellos: la tala inmoderada e ilegal, la deforestación causada por el avance de la frontera agrícola, el riesgo y alto costo de oportunidad de establecer plantaciones de caoba, y por ende un escaso recurso de dicha especie el cual no satisface la demanda, entre otros.

Sin embargo, en la actualidad, muchos autores coinciden en que el principal factor limitante para el establecimiento de las plantaciones de caoba en Guatemala y demás países, es su alta susceptibilidad al gusano barrenador de las Meliáceas, *Hypsiphyla grandella* (Lepidoptera, Pyralidae). (Mayhew, y Newton., 1998) En Guatemala y varias partes del mundo, desde hace varias décadas, las plantaciones de Meliáceas han sido abandonadas o bien se han interrumpido en su totalidad debido al serio ataque de *H. grandella* la cual ha sido informada como una plaga crónica que limita el establecimiento exitoso de plantaciones de caoba. (Macías, 2001).

Es por ello que el control efectivo de esta plaga no sólo facilitará el desarrollo futuro de plantaciones de caoba y el manejo de plantaciones actuales, sino que también se podrá abastecer la alta demanda del producto, a nivel local e internacional, reduciendo así la presión ejercida sobre los bosques naturales de esta especie forestal.

2. Gusano barrenador de las Meliáceas: *Hypsiphyla grandella* Zeller (Lepidóptera, Pyralidae)

a. **Descripción.** El adulto de esta plaga es una mariposa pequeña de color marrón a marrón grisáceo. Vuelan fuertemente y son capaces de localizar plantas hospederas a considerables distancias (Vargas y col., 2004).

FIGURA 6. *Hypsiphyla grandella* Zeller –adulto-



(Fuente: CATIE, 2005)

Las hembras de esta especie ponen sus huevos solamente una vez, entre 200 a 450 huevos; estos son de color crema, cuando están recién depositados, tornándose rojos a las pocas horas; miden aproximadamente entre 0.6 y 0.7 mm de largo, su ancho varía entre 0.5 y 0.6 mm. Su forma es ovalada aunque se observan formas aplanadas rectangulares cuando son adheridos a las cicatrices de las hojas; en otras ocasiones se depositan sobre el aserrín de las galerías abandonadas en racimos de uno a tres por árbol, por tanto, bastan pocas hembras para infestar toda una plantación. Los huevos incuban después de tres días. (Martínez, N y col., 2005)

FIGURA 7. *Hypsiphyla grandella* Zeller –huevo-



(Fuente: University of Florida, 2004)

Las larvas a las pocas horas de nacer comienzan a perforar el raquis de las hojas tiernas o el tallo. Cuando estas se desarrollan son de color azul pálido o a veces azul fuerte, alcanzando un tamaño entre 21 y 27 mm de largo, con la cabeza pardo - oscura a ocre; y sus segmentos tienen 4 puntos negros en la parte dorsal.

El tiempo de desarrollo de la larva dura entre 11 y 16 días, mudan su dermis al cambiar de instar, los cuales normalmente corresponden a seis; en cada instar cambia el tamaño de la cápsula cefálica, el volumen, longitud corporal, y el color. El ciclo de vida puede extenderse hasta 5 meses. Forman la pupa al inicio de la galería, que aparece protegida en su entrada por montículos de aserrín y excretas unidos con hilos de seda. La pupa es de forma ahusada, de color pardo oscuro terminado en 4 pares de espinas con ganchillos al final, y mide alrededor de 13 mm de longitud. Éstas se envuelven en un capullo de seda blanca que oculta totalmente la pupa a la entrada de la galería. El período de pupa oscila entre 9 y 14 días (Griffiths, 1996; Vargas y col., 2004).

**FIGURA 8.** *Hypsiphyla grandella* Zeller –larva-



(Fuente: Aymé Sosa, 2009)

**b. Distribución.** La distribución de esta plaga coincide con la de sus plantas hospederas principales, las caobas y los cedros, en el sur de la Florida, la mayoría de las islas de las Indias Occidentales, México, Centroamérica, y América del Sur con la excepción de Chile; también presentes en Cuba, las islas del Caribe y en la parte sur de La Florida, en los Estados Unidos. (Entwistle, 1967).

c. **Daños que ocasiona a la caoba (*S. macrophylla*).** *H. grandella* es actualmente la peor plaga de la caoba, los daños provocados a esta especie son sumamente importantes y las pérdidas ocasionadas limitan el establecimiento de plantaciones de meliáceas en los países tropicales. (Newton et al., 1993; Whitmore, 1996)

A partir de la década de los 30's, *H. grandella* se convirtió en una plaga destructiva ya que se alimenta de los brotes terminales de árboles jóvenes destruyéndolos y reduciendo el crecimiento de los mismos ya que los árboles se bifurcan por lo que reducen el valor económico de la madera aunque raramente provoca la muerte de los árboles.

Las larvas perforan los brotes, haciendo galerías longitudinales en las que se observan las excretas de las larvas y residuos de madera. En general, los brotes se doblan por esta parte; las hojas se marchitan y finalmente se secan, luego resurgen nuevos brotes, lo que origina una gran ramificación y deformaciones de las plantas. (Martínez, N y col., 2005)

**FIGURA 9. Daño causado a brotes de caoba por *S. macrophylla*.**



(Fuente: Aymé Sosa, 2009)

En ataques reiterados a plantaciones jóvenes, además de la deformación de los árboles, pueden producirse casos de mortalidad, sobre todo por la aparición de plagas secundarias. Cuando escasean los brotes tiernos, las larvas pueden alimentarse del cambium bajo la corteza de brotes maduros. Este tipo de ataque también se observa en los tallos tiernos de pequeñas plantas aisladas, las que a veces presentan montículos

de aserrín y excretas en varios puntos del tallo y, ocasionalmente en lugares próximos al cuello de la raíz por lo que, generalmente, las plantas se mueren. (Martínez, N y col., 2005)

Otra forma de deterioro lo sufren las semillas de la caoba ya que también son destruidas pues las larvas penetran en el fruto, devoran la mayor parte de su contenido y dejan el interior lleno de sus excrementos y aserrín, unidos con hilos de seda. En algunos casos, cuando estos frutos son dañados muy tiernos, se produce su caída. (Martínez, N y col., 2005)

**FIGURA 10. Ataque de *H. grandella* a la semilla de de la caoba.**



(Fuente: CATIE, 2005)

Se ha documentado que los árboles entre 3 a 6 años, y alturas entre 2 a 8 metros, son los más susceptibles al ataque de esta plaga ya que la infestación ocurre alrededor del 90 % en los árboles de 3 años y 2.5 metros de altura. (Morgan y Suratmo, 1976). Asimismo, hay reportes que plantean que cuando los árboles superan unos seis metros de altura el riesgo de daño es menor. Cabe mencionar que se han reportado daños en árboles hospederos desde edades de 3 meses y 50 cm de altura, hasta 14 años y 15 m de altura.

**d. Métodos de control para *Hypsiphyla grandella* Zeller.** Debido a que esta plaga forestal ha sido una de las más importantes en plantaciones y viveros de Meliáceas, se han desarrollado varias investigaciones para el establecimiento de métodos de control según el comportamiento biológico de esta plaga. (Martínez, N y col., 2005)

Con el uso de insecticidas químicos comienzan los estudios para el control de *H. grandella* llevados a cabo por Hochmut y Milán en 1982; en dichos estudios recomiendan el uso de Dipterex 80% pH en una concentración de 0.5% de DDT o con 0.5% de Carbaryl con repeticiones de aplicación cada 20 días. (Martínez, N y col., 2005) Asimismo, en 1987 se realizaron investigaciones en viveros de cedro (*C. odorata*) para determinar la dosis más efectiva de Actellic CE 50%, Folimat CS 50% y Sumithion CE 50%, estableciendo una comparación con Dipterex 80%, el cual es usado extensivamente contra *H. grandella*. Además comprobaron que existían diferencias significativas entre los productos, y demostraron que el Actellic CE 50% fue el más efectivo reduciendo los daños hasta un 50%, comportamiento similar a los resultados obtenidos previamente con el Dipterex 80%.

Por otra parte, se han realizado métodos de control biológico para controlar dicha plaga para los cuales realizaron investigaciones en la década de los 80's por representar un componente valioso del manejo integrado de plagas. Las restricciones legales, problemas de contaminación ambiental y el alto costo de los insecticidas químicos han motivado la introducción de hongos entomopatógenos en el control de plagas. Para el uso de estos hongos se realizaron estudios utilizando cepas de *Metarrhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, estos estudios fueron realizados por el científico Duarte en 1988 a escala de laboratorio. Para esto, usó ocho cepas diferentes de *M. anisopliae*, demostrándose que hubo tratamientos donde murieron el 100% de las larvas, inclusive a los cuatro días ya comenzaron a existir altos porcentajes de mortalidad. Años después en 1995, Menéndez y colaboradores realizaron un experimento en plantaciones de *C. odorata* para el control de *H. grandella* con *B. bassiana* y *M. anisopliae*, corroborando la efectividad de estos hongos, donde se pudo controlar el 40.7% de infección con *B. bassiana* y para el caso de *M. anisopliae* el 39.6%. (Martínez, N y col., 2005)

Estas investigaciones también se extendieron al estudio de métodos de control cultural por medio de prácticas silviculturales donde se obtuvieron resultados comprometedores ya que la ventaja significativa de este tratamiento es que se logra eliminar o reducir los daños ocasionados por la plaga sin embargo vuelve a emerger. (Martínez, N y col., 2005)

Muchas publicaciones mencionan el uso de métodos de control químico y biológico para el manejo y control de esta plaga, sin embargo, hasta ahora el único método práctico y eficaz sigue siendo el uso de insecticidas sintéticos los cuales necesitan ser aplicados constantemente y que estén en contacto directo con el insecto. (Macías, 2001)

El problema radica en que el uso de insecticidas químicos repercute en la salud humana y del ambiente ya que contaminan las aguas superficiales y subterráneas (las cuales son de consumo humano), además, son venenosos para el hombre y otros mamíferos, no se degradan fácilmente, las plagas crean resistencia al insecticida, perjudican a la fauna benéfica, son de alto costo, entre otros.

Es por ello que en este trabajo se propone el uso de un insecticida de origen natural, el cual consiste en extractos de semilla del árbol de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) Dicho extracto contiene sustancias activas que presentan una acción reguladora del crecimiento de los insectos afectando el sistema hormonal, digestivo (antiapetitiva) y respiratorio, además, actúan como repelentes y desorientadores de ovoposición. (Guatenim, 2009)

Este insecticida orgánico actúa por contacto-ingestión y su efecto se produce debido a que la azadirachtina, un compuesto activo que inhibe la ecdisona (hormona de crecimiento del insecto) perjudicando los estados inmaduros (huevo, larva, pupa) y a los adultos. Asimismo, actúa como fagodisuasivo, es decir anti-alimentario por lo que se interrumpe el crecimiento y desarrollo de los insectos causándoles la muerte. (Guatenim, 2009)

Dichos extractos no provocan daños mortales a la salud en humanos, no causa fitotoxicidad a las plantas, no hay acumulación de los principios activos en la cadena alimenticia, y no deja residuos en los suelos ni en productos vegetales ya que éste es de fácil degradación. Además, se ha comprobado que no perjudica a la fauna benéfica. (Guatenim, 2009)

3. **Árbol de Neem, *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae).** La palabra Neem proviene del Sánscrito, el origen de todas las lenguas Indo-europeas, y quiere decir “El aliviador y sanador de enfermedades”. Este árbol fue mencionado, en este contexto, en varios escritos religiosos. (Norten, 2000)

a. **Descripción.** Es un árbol de tamaño de mediano a grande, caracterizado por su fuste corto y recto, una corteza arrugada de color marrón oscuro a gris y una copa densa y redondeada con hojas pinadas y perennes. Es de crecimiento rápido, alcanza alturas de hasta 20 m en condiciones óptimas, con un diámetro medio de la copa de 5 a 10 m, destacando su sistema radicular por tener una raíz pivotante muy desarrollada. (Norten, 2000)

**FIGURA 11. Árbol de Neem, *Azadirachta indica* A. Juss.**



(Fuente: Aymé Sosa, 2008)

**1) Flores y fruto.** Estas aparecen en panículas estrechas y ramificadas de 5 a 15 cm de largo. Las flores individuales están compuestas de 5 lóbulos del cáliz, redondeados y de un color verde pálido; 5 pétalos blancos, oblongos y redondeados de 0.5 cm de largo; 10 estambres unidos en un tubo y un pistilo con un ovario redondeado y un estilo delgado. En su área de distribución natural y en el Caribe, el Neem florece entre marzo y mayo.

**FIGURA 12.** Flor *Azadirachta indica* A. Juss.



(Fuente: Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

Las frutas son unas drupas de 1.0 a 2.0 cm de largo, son lisas y de un color de amarillo verdoso a amarillo cuando son maduras. Estas maduran de junio a agosto en la India y entre septiembre y diciembre en la zona Sudán-Sahélica de África.

Las frutas por lo usual contienen una sola semilla elíptica, ocasionalmente dos, rodeadas de una pulpa dulce, la cual tiene un fuerte olor que recuerda al del ajo. La producción de la fruta comienza por lo usual cuando los árboles tienen de 3 a 5 años de edad y es profusa cuando los árboles alcanzan su productividad máxima a los 10 años de edad aproximadamente. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**2) Semillas.** Por lo general se pueden encontrar entre 4,000 y 5,000 semillas/kg en los frutos del Neem, a pesar que la información inédita sobre el peso de las semillas varía entre 900 y 6,300 semillas por kilogramo (1, 16), las semillas son diseminadas por las aves. Las semillas no requieren de escarificación a pesar de que la remoción de la pulpa y el limpiado de las semillas antes de la siembra mejoran la germinación significativamente.

Generalmente, el porcentaje de germinación de la semilla de Neem es de 60 a 85%. Sin embargo, las semillas no retienen su viabilidad por más de dos meses debido a la posible fermentación de los cotiledones lo que provoca un cambio en su color de verde a marrón, es por ello que deben ser sembradas menos de dos semanas después de la recolección. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**FIGURA 13. Semillas de *Azadirachta indica* A. Juss.**



(Fuente: Aymé Sosa, 2008)

**3) Propagación vegetativa.** El Neem puede ser propagado vegetativamente mediante el uso de estacas de ramas, obteniéndose mejores resultados cuando las estacas se tratan con ácido indolbutírico. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**4) Madera.** La madera es de color rojo-rosáceo y con el tiempo se vuelve de un color pardo rojizo asemejándose a la caoba cuando está seca; es fragante, moderadamente dura y pesada con una textura de mediana a tosca y fibra estrechamente entrelazada. Los anillos de crecimiento anual se ven bien diferenciados, existiendo de 2.0 a 2.4 anillos por cm de radio. El peso específico de la madera de Neem es de aproximadamente 0.68 g/cm<sup>3</sup> ó de entre 0.74 y 0.81 g/cm<sup>3</sup> para la madera secada al aire. Tiene una resistencia a la compresión de 420 kg por cm<sup>2</sup> y un coeficiente de elasticidad de 70 t/cm<sup>2</sup>.

**b. Origen y distribución.** No se conoce con precisión la distribución natural del árbol del Neem, sin embargo se cree que es nativa al sur de Asia, en donde crece en los bosques naturales en las regiones más secas del sur de la India y Myanmar (anteriormente Burma), en donde lo consideran un proveedor de salud para humanos, plantas y animales. (Norten, 2000)

**FIGURA 14. Distribución natural del Neem, indicada en el área sombreada.**



(Fuente: Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

Por muchos siglos, tal vez miles de años, el Neem se ha cultivado en la India, Paquistán, Sri Lanka, Bangladesh, Myanmar, Tailandia, el sur de Malasia y en las islas más secas de Indonesia, hacia el este de Java. Este árbol se ha naturalizado en varias localidades a través de esa región. (Ramos, 2003) A principio del siglo XX, se introdujo al oeste de África, y más reciente, a regiones tropicales y subtropicales en el Medio Oriente, América Central y del Sur, la región del Caribe y el sur de la Florida. En la región del Caribe el Neem se naturalizó después de ser introducido como un árbol de sombra y ornamento en Haití, las Islas Vírgenes Británicas, Antigua, Trinidad y Surinam. También se establecieron plantaciones a pequeña escala en la República Dominicana, Cuba, el sur de la Florida, Arizona y en la península de Baja California, y durante los últimos diez años en el norte de Australia, en donde está siendo evaluada como una especie para la reforestación de los sitios denudados de minas de bauxita. (Ramos, 2003)

**FIGURA 15. Distribución mundial aproximada de *Azadirachta indica* A. Juss.**



(Fuente: Ramos, R., 2003)

**c. Requerimientos ambientales del Neem, *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae)**

**1) Clima.** Según su distribución natural e introducida, el Neem requiere de zonas con una temperatura anual promedio entre 21-32 °C. En la India crece en las regiones con temperaturas a la sombra mínimas y máximas absolutas de 0 y 49 °C, respectivamente. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**a) Precipitación.** Crece en forma natural en zonas con precipitaciones que varían entre 450 hasta 1150 mm por año, aunque a veces crece en sitios que reciben 250 mm de precipitación anual. Soporta sequías prolongadas y precipitaciones mayores de los 1700 mm por año. Asimismo, en la región de Sahel, África, se desarrolla en zonas que reciben menos de 600 mm de precipitación anual con una estación seca de 5 a 7 meses de duración. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**b) Altitud.** Crece desde el nivel del mar hasta 1850 msnm de altitud. En su distribución introducida se cultiva hasta una elevación de 1500 msnm. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**c) Suelos.** Crece bien en la mayoría de suelos, incluyendo suelos secos, pedregosos, arcillosos, vertisoles y arenas altamente lixiviadas. No crece en arenas secas profundas donde la capa freática, durante la estación seca, se encuentra a más de 18 m de profundidad. Las raíces extraen nutrientes y humedad aún en suelos muy lixiviados y arenosos. Está bien adaptada a los suelos con pH de entre 5.0 y 8.5,

pero crece mejor en suelos profundos, porosos y bien drenados, con un pH de 6.0 a 6.5. No crece bien en suelos salinos. Es moderadamente tolerante a los suelos altamente alcalinos con niveles altos de sodio, carbonatos y bicarbonatos. Además, se ha establecido con éxito en los sitios escarpados y severamente erosionados, a la vez que en los suelos degradados con capas duras calcáreas cerca de la superficie.

El crecimiento es mejor en los sitios con un drenaje libre en donde el nivel del agua subterránea fluctúa entre una profundidad aproximada de 3 a 5 m a través de todo el año. Sin embargo su crecimiento es pobre en los sitios anegados, las arcillas cenagosas, las llanuras aluviales cenagosas y las arcillas pobremente drenadas, a la vez que en las arenas secas en donde el nivel de agua subterránea durante la estación seca se encuentra debajo de los 18 m de profundidad. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**d. Usos.** En la actualidad este árbol sigue jugando un rol muy importante en la India para usos medicinales y cosméticos, entre otros. En algunos lugares de la región se refieren al Neem como “La farmacia del pueblo” ya que estaba incluido en muchas de las recetas médicas de sus ancestros, las cuales han sido verificadas bajo métodos científicos. El Neem es uno de los árboles mejores conocidos y más apreciados en el sur de Asia, en donde se le considera como sagrado por los hindúes debido a sus propiedades para prevenir enfermedades, y en muchas comunidades en la India, esta especie tradicionalmente ocupa un lugar importante en los eventos sociales, culturales y religiosos. (Norten, 2000)

**1) Medicinal.** El Neem es una fuente importante para las preparaciones medicinales tradicionales dentro de los sistemas medicinales tribales ayurvédico, unani, tibbi y numerosos otros. Se reporta que varias partes del árbol poseen efectos analgésicos, antihelmínticos, antiperiódicos, antipiréticos, antisépticos, antisifilíticos, astringentes, demulcentes, diuréticos, emenagógicos, emolientes, y purgantes. (Norten, 2000)

Esta especie se ha usado para tratar varias enfermedades o males como furúnculos, eczema, enfermedades oculares, dolores de cabeza, hepatitis, lepra, malaria, reumatismo, escrófula, úlceras entre otras. Sus extractos poseen propiedades

antibacterianas, antidiabéticas, antifungales y antivirales. El aceite acre y de color amarillo intenso extraído de las semillas (aproximadamente del 20 al 40 % en base al peso), conocido comercialmente como aceite de Neem y a veces usado como un aceite de baja calidad para lámparas, se usa en la medicina tradicional de la India por sus propiedades antisépticas y antihelmínticas y en una aplicación tópica en el tratamiento del reumatismo. Asimismo, actúa como un poderoso espermaticida, lo cual podría tener implicaciones importantes para el desarrollo de contraceptivos de bajo costo. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

**2) Maderero.** La madera es moderadamente pesada (0.68 g/cm<sup>3</sup>). Se utiliza para, postes, mueblería, barcos, ebanistería, tallados construcción e instrumentos para agricultura. Es fácil de trabajar a mano o con maquinaria eléctrica, pero no toma un buen pulido. Se usa para la construcción en general, entrepaños, muebles, carretas e implementos agrícolas, botes, tallado en madera y tambores. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

En la India, el Neem es una especie popular para sombra y ornamento, y por lo general se usa particularmente a lo largo de las carreteras en las ciudades y los pueblos. En Asia y África, se ha plantado extensamente para la reforestación de tierras degradadas. La madera tiene un valor calórico relativamente alto de 6.94 kcal/g por lo que se usa para producción de leña.

**3) Energía.** Las semillas contienen el 40% de aceite utilizado como combustible de lámparas y lubricantes para maquinaria. La pulpa que rodea la semilla es un substrato prometedor para la producción de gas metano.

**4) Mejoramiento del suelo.** Se utilizan sus hojas y ramitas para protección del suelo (mulch), el residuo que queda después que se extrae el aceite a la semilla es un excelente fertilizante, con un contenido alto de nutrientes mayor que el que se encuentra en el estiércol. Esta especie ha tenido éxito en la recuperación de terrenos baldíos y áridos. (Norten, 2000)

**5) Química industrial.** La corteza contiene de 12 al 14% de taninos, se utiliza en la fabricación de jabones, productos farmacéuticos y cosméticos. (Norten, 2000)

**6) Insecticida.** Durante los últimos años, el Neem ha sido objeto de intensos estudios como una fuente natural de pesticidas. Las hojas, las frutas, las semillas y la corteza contienen ingredientes activos como: azadirachtina, salanina, meliantriol y varios triterpenoides relacionados (o liminoides) de una acción pesticida comprobada contra una gran gama de plagas de insectos y nemátodos que afectan las cosechas de vegetales, granos y cítricos, etc. (Guatenim, 2009) Sus propiedades insecticidas varían de acuerdo a las procedencias, dependiendo de la edad del árbol y de las condiciones climáticas locales.

La azadirachtina es el principal ingrediente activo de este insecticida y se puede encontrar en concentraciones particularmente altas, en las semillas del Neem, del 0.15 al 0.27%. A pesar que estas sustancias se consideran, por lo general, inofensivas para los organismos que no se pretende eliminar tales como las lombrices de tierra, las arañas, las abejas, las mariquitas y los mamíferos, varios estudios han indicado que los extractos de las semillas pueden ser tóxicos para las ratas y otros roedores. Uno de sus efectos es la repelencia de insectos. Los escarabajos y otras plagas de insectos prefieren padecer de hambre que comer plantas previamente tratadas con extracto de Neem por lo tanto no se desarrollan y mueren. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994., Guatenim, 2009)

Otros efectos reportados son la reducción en la fecundidad, la actividad ovicida, la mortalidad larval y las anomalías en el desarrollo en una variedad de plagas de coleópteros, dípteros, hemípteros, heterópteros, homópteros, himenópteros, lepidópteros, ortópteros y tisanópteros expuestos a los extractos de Neem (la azadirachtina en particular.) Algunos organismos mueren rápidamente, otros como algunos insectos se vuelven lentos, cesan de comer y procrear, etc. (Parrotta, J., Chaturvedi, A., 1994)

a) **Compuestos activos del Neem.** La materia activa del aceite del Neem no mata insectos, al menos no inmediatamente, sino que en lugar de ello, repele y destruye su crecimiento y reproducción. Los últimos 20 años de investigación han mostrado que es uno de los más poderosos reguladores de crecimiento, y frenador de la alimentación que se ha probado. Repele y reduce la alimentación de muchas especies de plagas de insectos así como de algunos nemátodos. Algunos autores demostraron una reducción en la síntesis de ecdisona al aplicar el principio activo; otros autores sugieren que la azadirachtina interviene en el sistema neuroendocrino para controlar la síntesis de la hormona ecdisona y juvenil.

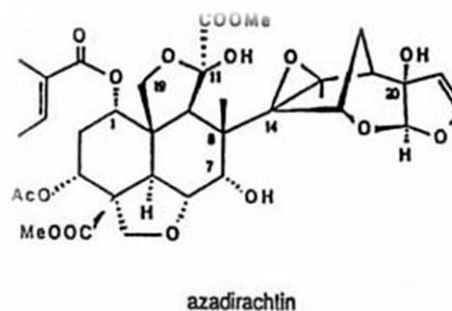
Hasta ahora, al menos nueve compuestos activos o limonoides del Neem han demostrado una habilidad para impedir el crecimiento en los insectos afectando a un número de especies que incluyen algunas de las plagas más mortíferas para la agricultura y la salud humana. Las hojas, las frutas, las semillas y la corteza contienen ingredientes activos como: azadirachtina, salanina, meliantriol, nimbina y nimbimida, los cuales son los más conocidos y más significativos en su efecto como plaguicidas.

i. **Azadirachtina.** Aparece como una materia activa de origen natural que resulta bastante eficaz; de hecho, es tan potente que una simple señal de su presencia previene a algunos insectos de incluso tocar las plantas. No obstante se han mostrado algunas limitaciones sobre todo debido al efecto de los rayos ultravioletas sobre esta sustancia ya que aceleran su degradación. El efecto residual dura unos cinco días, aunque los efectos juvenoides, es decir sobre el crecimiento, pierden su actividad normalmente después de uno o dos días bajo condiciones de campo. También se ha observado que las temperaturas juegan un papel muy importante de forma indirecta: ya que a temperaturas más altas incrementan el efecto porque los insectos son más activos bajo estas condiciones, y el efecto anti-comida es conseguido más rápidamente que a bajas temperaturas. (Ramos, R., 2003)

Asimismo, ha probado ser efectiva contra más de 175 especies. La azadirachtina fue probada por primera vez en la Universidad de Keele, por Morgan, el descubridor de tal sustancia. En Kenia ese mismo año, K. Leuschner trabajando en el Centro de Investigación de café en Upper Kiambu, observó que un trozo de Neem metanólico, controló el crecimiento de la chinche del café (*Antestiopsis orbitalis bechuana*). La

mayoría de las ninfas tratadas con el extracto, murieron durante sucesivos estados de crecimiento y las pocas que sobrevivieron hasta forma adulta, tenían alas y tórax malformados. También se demostró que la azadirachtina era eficaz contra el escarabajo de judía mejicano (*Epilachna varivestis*) y contra el escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*). Se observó que casi todas las hembras cesaron de poner huevos. Algunas hembras habían sido completamente esterilizadas y el efecto era irreversible. (Ramos, R., 2003)

**FIGURA 16. Estructura de la Azadirachtina.**



(Fuente: Ramos, R., 2003)

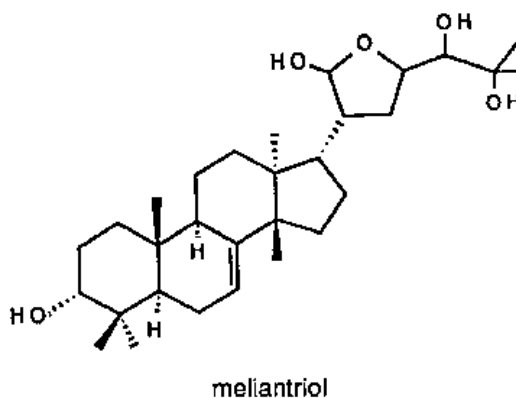
Como ya se mencionó, la azadirachtina actúa bloqueando la producción de ecdisona, de esta forma altera el delicado equilibrio hormonal de los insectos, afectando su metamorfosis. Las malformaciones producidas en cualquiera de los estadios o los daños morfo-genéticos en adultos, como alas, aparato bucal mal desarrollado, entre otros, provoca que los daños que puedan producir estos insectos se reduzcan ya que su actividad alimenticia se ve afectada, no pueden volar, son estériles y mueren rápidamente. Estos efectos se producen de forma combinada y con diferente grado de acción, dependiendo de la especie de insecto, de su estado de desarrollo, del proceso de extracción y de la concentración del preparado. (Guatenim, 2009)

Hay que tener en cuenta el efecto que la radiación solar produce sobre su eficacia, ya que causa una disminución sobre su efecto anti-comida, no obstante se puede evitar si se mezcla el aceite de Neem con un aditivo para contrarrestar este efecto. Por otra parte el efecto secundario anti-comida también ha sido explicado como un posible efecto de la azadirachtina sobre los ecdiesteroides.

La azadirachtina es capaz de garantizar el control de algunas plagas y de ser la alternativa a productos sintéticos, ya que el control añadido de los insectos útiles, que no son afectados, posibilita el reducir el número de aplicaciones tal como se ha comprobado en ensayos de diversos cultivos en diferentes países.

**ii. Meliantriol.** Fue aislado por primera vez por Lavie en 1967. Su estructura es también muy complicada al igual que la de la azadirachtina. Este compuesto actúa, en concentraciones extremadamente bajas, como inhibidor de la alimentación por lo que los insectos cesen de comer. Además también actúa sobre el crecimiento de los insectos y nemátodos.

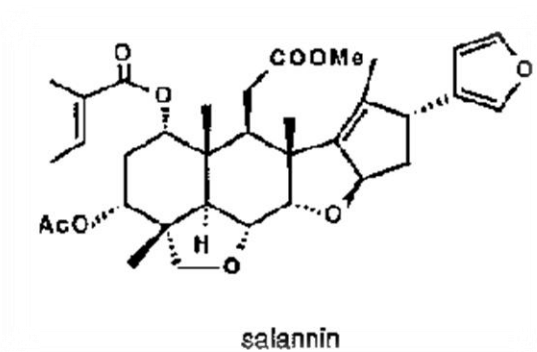
**FIGURA 17. Estructura Meliantriol.**



(Fuente: Ramos, R., 2003)

**iii. Salannina.** Fue la tercera materia activa aislada del Neem. Los estudios indican que este compuesto también inhibe poderosamente la alimentación, pero no influye en los distintos cambios hasta que los insectos no llegan a ser adultos. Se probó su poder en laboratorio contra varios tipos de plagas, (langosta migratoria, trepadora roja de California, el escarabajo rayado del pepino, el escarabajo japonés y la mosca doméstica), en todos los casos se demostró su alto poder inhibidor de la alimentación.

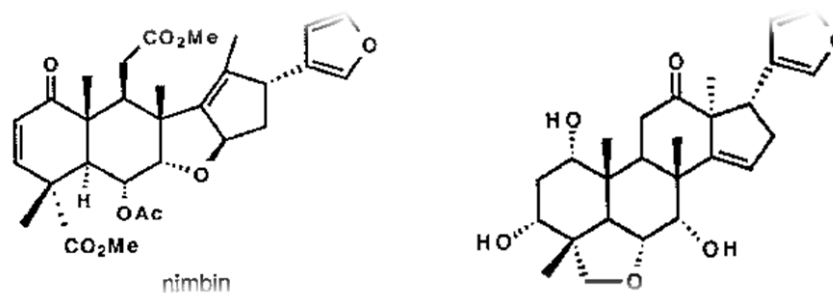
FIGURA 18. Estructura de Salannina.



(Fuente: Ramos, R., 2003)

**iv. Nimbina y Nimbidina.** Estos compuestos han demostrado su actividad sobre el Virus X de la Patata, (*Vaccinia virus*), y el virus de las enfermedades venéreas de las aves. La Nimbidina es el componente primario de principios amargos, que se produce cuando las semillas de Neem son sometidas a un proceso de extracción con alcohol. Esto ocurre en cantidades bastante grandes; sobre el 2 % del núcleo.

FIGURA 19. Estructuras Nimbina y Nimbidin, respectivamente.



(Fuente: Ramos, R., 2003)

Existen otras sustancias químicas en el extracto del Neem, por ejemplo el deacetylazadiractinol, el cual también trabaja como antihormona y en algunos casos incluso paraliza el mecanismo de deglución (el paso de alimento desde la boca al estomago) y evita que los insectos coman.

**e. Resistencia de plagas.** Un problema muy común en los insecticidas sintéticos es la facilidad con la que las plagas crean resistencia a estos ya que muchos insectos se vuelven tolerantes sin importar que sean altamente efectivos. Un ejemplo típico es el mosquito que transmite la malaria en humanos, (mosquito del

género anopheles), el cual sufrió modificaciones genéticas por la exposición a largo plazo del insecticida DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane), por lo que adquirió una completa inmunidad a esta sustancia.

Existen mutaciones en cada tipo de insectos, y algunas de estas mutaciones, debido a sus diferentes composiciones genéticas, son menos sensibles a un insecticida por lo que sobrevivirán al tratamiento y continuarán procreándose. Luego una nueva generación nacerá y será inmune al insecticida. Nuevas poblaciones se generarán a corto plazo, y estos individuos inmunes serán hasta más difíciles de combatir.

La resistencia a insecticidas se adquiere más rápidamente si solo una parte del metabolismo del organismo es afectada. Mientras menos puntos de acción tenga un insecticida, mayor será la probabilidad que el insecto no sea afectado.

Por otro parte, la compleja mezcla de los ingredientes activos del Neem previene la rápida inmunidad. En varios estudios, cuyos objetivos han sido el provocar resistencia de varios insectos contra el Neem, han probado su efectividad en la prevención de inmunidad en plagas. Un ejemplo de ello es el caso de las palomillas del repollo que después de 35 generaciones, las reacciones al insecticida del Neem eran las mismas que de las generaciones parentales.

Algunos de los ingredientes activos del Neem que quitan la vitalidad en insectos fértiles, tienen un rol importante en este proceso ya que aparentemente los extractos de Neem provoca que los insectos fértiles entren en confusión, es decir, su capacidad de vuelo disminuye y así no encuentran patrones, y las hembras ponen pocos huevos o ninguno. Según varios científicos, la aplicación cuidadosa de esta combinación natural de ingredientes, es efectiva a largo plazo.

**1. Bioensayos.** Esta es una prueba que se realiza a pequeña escala, en un laboratorio, bajo condiciones controladas de temperatura, luz, humedad, vientos, lluvia, entre otros. Con el uso de los bioensayos se puede medir la efectividad del ingrediente activo sobre la plaga, el modo de aplicación y el mecanismo por el cual el ingrediente activo actúa.

El uso de los bioensayos nos permite reducir costos ya que puede que el producto se aplicable en laboratorio pero no en campo.

**2. Prueba estadística de Tukey.** La prueba estadística no paramétrica de Siegel-Tukey consiste en determinar una mínima diferencia significativa tal que toda diferencia entre dos medias que sea superior a ese valor se declara significativa.

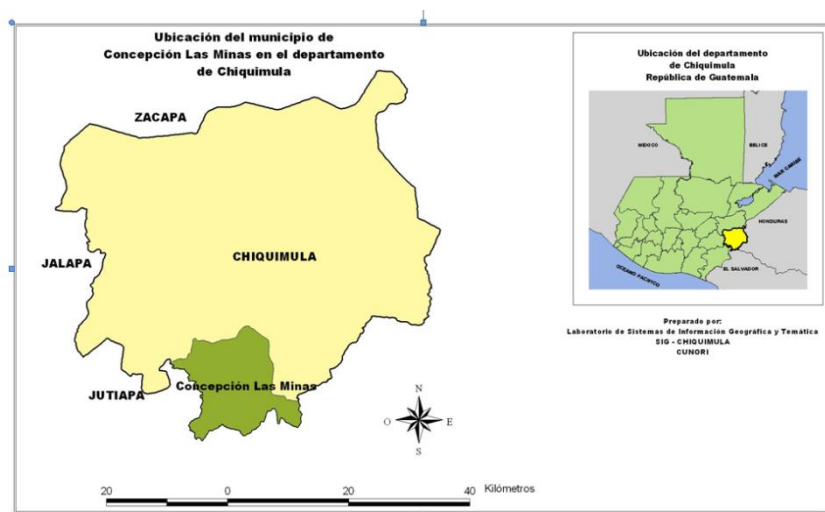
La prueba Tukey se usa en experimentos que implican un número elevado de comparaciones o se desea usar una prueba más rigurosa que la de Duncan. Es de fácil cálculo puesto que se define un solo comparador, resultante del producto del error estándar de la media por el valor tabular en la tabla de Tukey usando como numerador el número de tratamientos y como denominador los grados de libertad del error.

### III. Marco referencial

Esta investigación se llevó a cabo en la Finca “San José” ubicada en la Aldea San José en el municipio de Concepción las Minas, Chiquimula, Guatemala.

El municipio de Concepción Las Minas está ubicado al oriente de la cabecera del departamento de Chiquimula a una distancia de 48 Km. Las colindancias municipales son: **Al Norte** con el Municipio de Quezaltepeque, Chiquimula; **Al Sur** con El Salvador (Municipio de Metapán, Santa Ana); **Al Este** con el Municipio de Esquipulas, Chiquimula; **Al Oeste** con el municipio de Agua Blanca, Jutiapa. La altura de la cabecera es de 750 msnm. En algunos de sus lugares el clima es subtropical húmedo.

**FIGURA 20. Municipio de Concepción las Minas, Chiquimula.**



(Fuente: Servicio de Información Municipal, 2009)

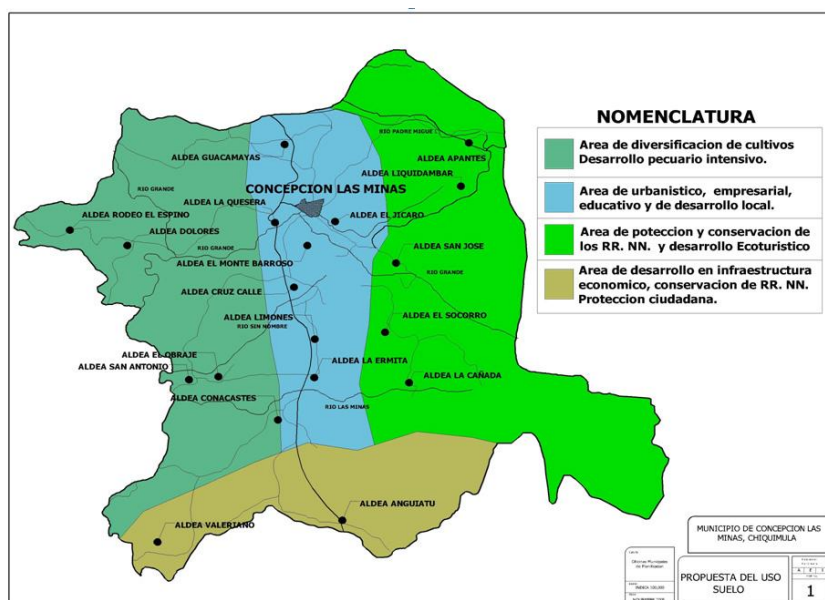
En su territorio se encuentran cinco montañas y diecinueve cerros; lo riegan nueve ríos y veinte quebradas. En su sistema orográfico se encuentra el cerro Monte Cristo, triffinio con Honduras y El Salvador, donde los tres gobiernos tienen un proyecto de mejoramiento integral. (Servicio de Información Municipal, 2009) Posee un clima templado.

Con respecto a la flora y fauna de este municipio podemos mencionar que cuenta con unos escasos bosques, especialmente en la parte alta en donde hay áreas pobladas

de pino y bosques mixtos de coníferas y latifoliadas; algunas especies en peligro de extinción como: el Chicote, el martillo y liquidámbar, y algunos animales debido la casería indiscriminada. El único bosque protegido institucionalmente es el Macizo Monte Cristo, bautizado con el nombre de Biosfera de la Fraternidad. (Servicio de Información Municipal, 2009)

Según la Propuesta de Uso del suelo de la Municipalidad de Concepción las Minas, la Aldea San José pertenece al área de protección y conservación de los Recursos Naturales y desarrollo ecoturístico. (Ver Figura 21)

**FIGURA 21. Uso del suelo en el Municipio de Concepción las Minas, Chiquimula.**



(Fuente: Servicio de Información Municipal, 2009)

## IV. JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta demanda, local e internacional, de productos y sub-productos provenientes de la caoba en Guatemala, esta es una de las principales especies forestales de importancia económica y comercial en la industria maderera. Sin embargo, esta especie se encuentra en peligro de extinción y su manejo ha sido afectado principalmente, por la severidad del daño ocasionado por la plaga del gusano barrenador, (*Hypsiphyla grandella* Zeller). De ahí la necesidad de implementar métodos de control efectivos, de rápida acción, que no creen resistencia, no sean nocivos al ser humano y no contribuyan con la contaminación ambiental.

El uso de un insecticida natural a base de extractos de semilla de Neem puede ser una opción acertada para el control del gusano barrenador de las meliáceas, ya que estos contienen ingredientes activos como: azadirachtina, salanina, meliantriol y varios triterpenoides de acción pesticida comprobada. Se ha demostrado que esta mezcla de naturaleza terpénica no conlleva riesgos a la salud humana y no contamina al ambiente. Su acción es por contacto e ingestión siendo un repelente natural que actúa en los insectos como disuasor de la alimentación, inhibidor del crecimiento, afecta el proceso de metamorfosis, disminuye las habilidades de fecundación y oviposición, interfiere en la síntesis de quitina y afecta el sistema nervioso central. Es por ello que las sustancias obtenidas del Neem no son tóxicas sino que intervienen en los procesos químicos y fisiológicos de los insectos.

La aplicación de este método de control causará un impacto positivo ya que entre sus bondades están el evitar riesgos de resistencia de plagas y daños al hospedero, además que es un producto amigable al ambiente y no causa efectos dañinos al ser humano. A su vez, se cumplirán con las exigencias de consumidores, locales e internacionales, de obtener productos guatemaltecos libres de residuos de productos químicos, se disminuirá la presión sobre los bosques naturales, se facilitará el manejo de plantaciones actuales y el establecimiento de futuras plantaciones.

## V. OBJETIVOS

### B. Generales

- Realizar bioensayos de laboratorio para determinar si la plaga del gusano barrenador (*Hypsiphyla grandella* Zeller) es susceptible a la mezcla de extractos de semilla de Neem (*Azadirachta indica* A.Juss).

### C. Específicos

- Determinar distintas concentraciones del insecticida del Neem a las cuales el patógeno es susceptible.
- Probar las dosis efectivas en campo y determinar su eficiencia.

## VI. MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación se fundamentó con documentación a través de una revisión bibliográfica acerca de las características generales tanto de la planta hospedera (la caoba), como de la plaga que la afecta y el árbol cuyas propiedades insecticidas se utilizaron para controlar dicha plaga. Esto se llevó a cabo consultando libros, revistas y artículos científicos; copias tomadas en clases relacionadas al tema, y páginas web de algunas instituciones relacionadas al sector ambiental y forestal.

Para la elaboración de este experimento se realizaron dos partes: una fase en laboratorio y otra en campo. La primera fase se llevó a cabo en los laboratorios del departamento de Ciencias Agrícolas y Forestales, y en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Valle de Guatemala. La segunda fase, se realizó en la Finca “San José” ubicada en la Aldea San José, Concepción las Minas, Chiquimula, Guatemala.

A continuación se muestra una lista de los materiales y equipo utilizados en la elaboración de ambas fases.

**CUADRO 1. Materiales y equipo utilizados en laboratorio y en campo.**

Fase de laboratorio	Fase de campo
Cuaderno de apuntes	
45 Larvas de <i>H. grandella</i> Zeller	Machetes, lima y navaja.
Insecticida de Neem	Cámara fotográfica
12 Cajas petri	GPS
12 Papeles filtro	Pintura
4 Balones	1 Probeta
4 Pipetas de plástico	1 Mochila de aspersion
2 Beakers	Insecticida de Neem
1 Reloj	24 L de agua limpia
Equipo de seguridad	

(Fuente: Sosa, 2009)

## A. Fase de laboratorio

Esta fase se realizó en agosto del 2009. Para ello se llevó a cabo una gira de campo a la Finca “San José” en donde se recolectaron 20 larvas de *H. grandella* las cuales se encontraban principalmente, en los brotes de los árboles de caoba. Se tomó la parte afectada de cada árbol y luego estos brotes conteniendo las larvas, se llevaron al laboratorio de Entomología en donde fueron identificadas taxonómicamente para confirmar la especie. Seguido se trasladaron a los laboratorios del departamento de Ciencias Agrícola y Forestales en donde se realizó el bioensayo siguiendo, paso por paso, los siguientes lineamientos:

1. Preparar la solución madre (X) de 5 cc de insecticida/50 ml de agua.
2. En base a la solución madre, preparar las disoluciones a probar: X/2, X/4 y X/8, y colocarlas en balones previamente identificados.
3. Colocar papel filtro dentro de las cajas petri y rotularlas con el número de tratamiento (1, 2, 3 y 4) y repetición (1, 2 y 3).
4. Aplicar 5ml de las disoluciones de la más diluida a la más concentrada, en los papeles filtro. Usar agua para el testigo.
5. Colocar 5 larvas de *H. grandella* dentro de cada caja petri.
6. Realizar lecturas a intervalos de 15 minutos y observar.

Primero se procedió a preparar la solución madre (1:10 v:v), la cual consta de una mezcla de 5 cc de insecticida de Neem en 50 ml de agua limpia. Seguido de esto se prepararon las demás disoluciones (X/2, X/4 y X/8). Para preparar la disolución de X/2 (1:20 v:v) se mezcló 25ml de la solución madre en 25ml de agua destilada; para la disolución X/4 (1:40 v:v) se mezcló 25 ml de la disolución X/2 en 25 ml de agua, y para la disolución X/8 (1:80 v:v) se mezcló 25 ml de la solución X/4 en 25 ml de agua. Dichas disoluciones se colocaron en balones previamente identificados.

Asimismo, se rotularon 4 cajas petris y en cada una se colocó un papel filtro en donde se agregó 5 ml de cada una de las disoluciones a las cajas correspondientes. Luego se colocaron 5 larvas de *H. grandella* en cada caja petri y se realizaron las

lecturas correspondientes a intervalos de 15 minutos. Por último se limpio el área de trabajo y se tabularon los datos obtenidos.

**FIGURA 22. Bioensayo: Dosis X/2.**



(Fuente: Sosa, 2009)

## B. Fase de campo

Se realizó una gira de campo en la que se recorrió la plantación pura de caoba afectada por el gusano barrenador. Aquí se observó y comprobó la severidad del daño causado por la plaga *H. grandella*. Asimismo, se analizó una parcela rectangular de 5 x 5 árboles a una distancia de 3 x 3 m cada uno, y se escogieron 10 árboles al azar para realizar el diagnóstico de la plaga, su incidencia y daño ocasionado

**CUADRO 2. Etiqueta de daño**

Tipo de Daño	% Daño	Descripción
0	0	Ninguno
1	10	Muy poco
2	30	Poco
3	50	Regular
4	70	Alto
5	90	Muy alto

(Fuente: Sosa, 2009)

En las Figuras 23-28 se ilustran cada uno de los tipos de daños ocasionados en las caobas del área estudiada. Asimismo, en la sección A de los anexos se muestra la escala diagramática de la severidad del ataque de la plaga utilizado en la fase de campo.

**FIGURA 23. Daño tipo 0: árbol sano.**



(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 24. Daño tipo 1: muy poco daño; muy poca barrenación.**



(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 25. Daño tipo 2: Poco daño; poca barrenación.**



(Fuente:Sosa, 2009)

**FIGURA 26. Daño tipo 3: Daño regular.**



(Fuente:Sosa, 2009)

**FIGURA 27. Daño tipo 4: Bastante daño ocasionado.**



(Fuente: Sosa, 2009)

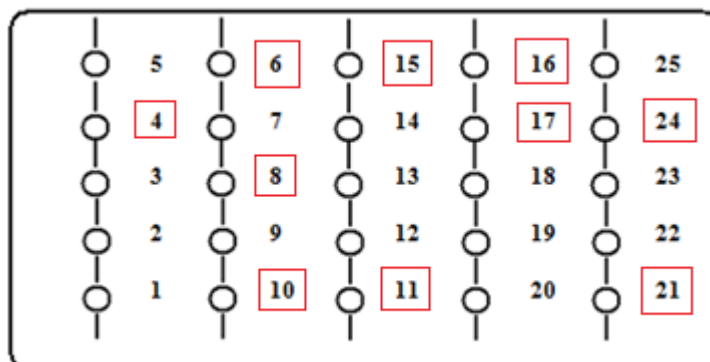
**FIGURA 28. Daño tipo 5: Severo daño ocasionado.**



(Fuente: Sosa, 2009)

Para la evaluación del daño e incidencia se escogieron diez árboles al azar, para ello se utilizó el programa Excel para obtener diez números aleatorios y se prosiguió a realizar la evaluación. En la Figura 29 se ilustra el tipo de parcelas que se elaboraron y en rojo se muestran los árboles escogidos al azar usados en la primera parcela llevada a cabo para realizar el diagnóstico de daño e incidencia.

**FIGURA 29. Parcela rectangular de 5 x 5 árboles.**

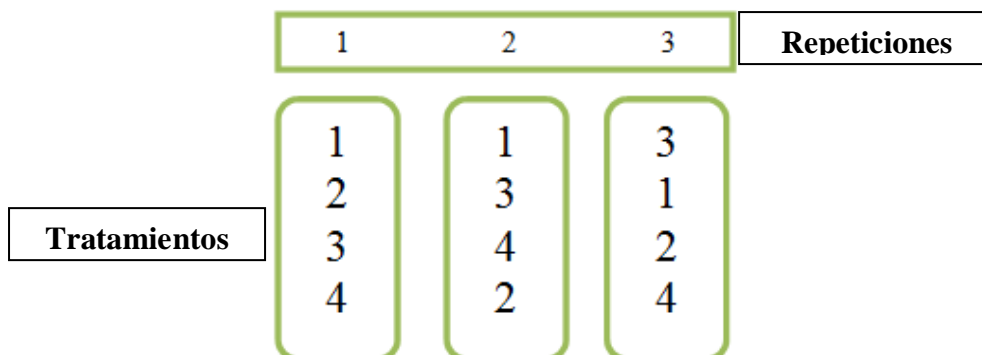


(Fuente: Sosa, 2009)

Se evaluó cada uno de los árboles del área afectada observando el tipo de daño y la incidencia ocasionada por las larvas de *H. grandella*. Se podó la parte afectada de cada árbol de caoba dañado por la plaga, esto con el fin de determinar tanto el tipo de severidad como la incidencia de la plaga, es decir, el daño ocasionado y el número de larvas por árbol.

Seguido, se hicieron doce parcelas de muestreo en las cuales se realizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno.

**FIGURA 30. Esquema de la elaboración de los tratamientos.**



(Fuente: Sosa, 2009)

Cada parcela se identificó con pintura color naranja identificando únicamente el árbol 1 de cada parcela. Los Tratamientos se identificaron pintando puntos: para el primer tratamiento se utilizó un punto, para el segundo dos puntos, para el tercero tres puntos y para el cuarto cuatro puntos. (Ver Cuadro 3 y Figura 31).

**CUADRO 3. Tratamientos usados en campo.**

No. de tratamiento	Dosis usada	Código	Concentración v:v
<b>1</b>	100 ml de insecticida/ 2L de agua	·	<b>1:20</b>
<b>2</b>	200 ml de insecticida/ 2L de agua	··	<b>1:10</b>
<b>3</b>	400 ml de insecticida/ 2L de agua	···	<b>1:5</b>
<b>C</b>	Control o testigo	....	—

(Fuente: Sosa, 2009)

Los códigos utilizados para identificar las repeticiones consistían en círculos: para la primera repetición se utilizó un círculo, para la segunda dos círculos, y la tercera tres círculos. (Ver Cuadro y Figura 31).

**CUADRO 4. Repeticiones realizadas en campo.**

REPETICIONES	Código
<b>1</b>	<b>○</b>
<b>2</b>	<b>○○</b>
<b>3</b>	<b>○○○</b>

(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 31. Ejemplo de identificación del tratamiento y repetición en los árboles.**



**(Fuente: Sosa, 2009)**

Para la aplicación del insecticida se utilizaron 2.6 L por cada parcela, por lo tanto, se usaron 8 L de agua para las tres repeticiones en cada tratamiento. Para ello se usó una mochila de aspersion con 8 L de agua mezclados con las dosis correspondientes del insecticida para los tres tratamientos. Al tratamiento testigo o control no se le aplicó el insecticida.

Se realizaron dos aplicaciones en campo, la primera el jueves 10 de Septiembre y la segunda el jueves 24 del mismo mes. Para la primera aplicación se realizaron dos lecturas: la primera a los ocho días de la aplicación y la segunda a los quince días. Para la segunda aplicación únicamente se realizó una lectura ya que semanas antes se sembró frijol en el área por lo que a los 15 días de la segunda aplicación ya no se podía entrar al área de estudio y realizar el monitoreo.

En cada monitoreo se observó el tipo de daño causado por la plaga, la incidencia y algunas observaciones sobre el estado de la planta. Luego de cada lectura se podó el área afectada de cada uno de los árboles de caoba plagados, esto con el fin de determinar el tipo de daño y en especial, la incidencia de la plaga.

Luego de concluir con la fase de campo se tabularon los datos obtenidos para los cuatro tratamientos de las tres repeticiones. Asimismo, se realizaron dos pruebas estadísticas no paramétricas las cuales consisten en un análisis de varianzas (ANOVA por sus siglas en inglés) y la prueba de Tukey con el programa estadístico SPSS 17.0 versión 2008 (Statistical Package for the Social Sciences por sus siglas en inglés). El análisis de varianzas se utilizó para determinar si existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos utilizados con un  $\alpha = 0.05$ , y cuando existió diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey que permitió determinar cuáles eran estas diferencias.

Además de realizar el procedimiento estadístico, se realizó un análisis temporal y espacial acerca del daño e incidencia ocasionados por la plaga *H. grandella* en la plantación de caoba después de haber aplicado el insecticida de Neem. Para ello se utilizó el programa SURFER 8.0 versión 2002 en el cual se trazaron los mapas y líneas de contorno en 3D.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Fase de laboratorio

Los resultados del bioensayo presentados en el cuadro 5 indican que en condiciones controladas la acción del insecticida de Neem es de aproximadamente una hora con treinta minutos. Tal como se esperaba, el tratamiento con la solución madre (X) mató a las larvas en menor tiempo seguido de los tratamientos X/2, X/4 Y X/8 respectivamente.

El hecho de que todas las larvas se hayan muerto en cada uno de los tratamientos en un lapso de 105 minutos, nos indica la efectividad de este insecticida por lo que es posible obtener resultados favorables a la hora de realizar las aplicaciones en campo.

**CUADRO 5. Resultados del bioensayo**

Concentraciones del insecticida				
Tiempo en morir (min)	X	X/2	X/4	X/8
15	0	0	0	0
30	0	0	0	0
45	2	0	0	0
60	4	1	0	0
75	5	3	1	0
90	-----	-----	3	0
105	-----	-----	5	5

(Fuente:Sosa, 2009)

### B. Fase de campo

Como se mencionó anteriormente, la toma de datos en campo consistió en realizar un diagnóstico acerca del porcentaje (%) de daño e incidencia para cada tratamiento con su respectiva repetición. En inciso D de anexos, se muestran los cuadros 15, 16 y 17 los cuales describen el tipo de daño y el número de larvas encontradas por cada árbol en los cuatro tratamientos con sus repeticiones realizadas durante las tres lecturas hechas después de la primera y segunda aplicación del insecticida.

Asimismo, se describen las observaciones realizadas por cada árbol describiendo tanto el estado del hospedero como el del patógeno (en este caso las larvas de *H. grandella*).

En el inciso E de anexos, los Cuadros 18, 19 y 20 presentan los porcentajes obtenidos para cada tipo de daño e incidencia en los cuatro tratamientos de las tres repeticiones. Sin embargo, para facilitar la interpretación cuantitativa de los datos obtenidos en campo, se realizó un resumen con los porcentajes de daño e incidencia para cada tratamiento con su respectiva repetición. (Ver Cuadro 21, inciso F de Anexos) Este resumen indica que el tratamiento 4 (testigo), obtuvo el mayor porcentaje de daño seguido del tratamiento con la dosis más baja de insecticida (1:20 V:V) y el tratamiento con la dosis media (1:10 V:V). El menor porcentaje de daño se observó en el tratamiento 3 el cual contenía la dosis más alta de Neem (1:5 V:V).

En el tratamiento 1 - repetición 1 se observa que a los ocho días de haber realizado la primera aplicación se obtuvo un 41.2% de daño el cual, a los 15 después de dicha aplicación, disminuyó a un 5.6%. Luego en la tercera lectura este porcentaje de daño disminuye hasta llegar a 1.6% de daño. Cabe mencionar que la tercera lectura se realizó a los ocho días de haber realizado la segunda aplicación del insecticida de Neem es decir, a los 23 días de la primera aplicación. Esto se observa con mayor claridad en la figura 31 del inciso G de la sección de anexos. La segunda repetición de este mismo tratamiento muestra el mismo patrón de porcentaje de daño, esto se puede observar en la Figura 32 del inciso G de anexos en donde se ilustra que en la primera y segunda lectura el daño disminuyó de un 12 a 1.2% hasta llegar a un 0% en la tercera lectura. Sin embargo, este patrón no continúa en la tercera repetición ya que en la primera y segunda lectura, el daño disminuye de un 0.8 a 0%, pero en la tercera lectura el daño resurge a un 5.6%; esto se debe a un efecto de borde dado que el daño presentado en la lectura 3 se obtuvo de los árboles ubicados a las orillas de las parcelas los cuales colindaban con otros árboles plagados que no estaban incluidos en el área de estudio. (Ver Figura 33 del inciso G de anexos)

Para este mismo tratamiento, los niveles de incidencia tienen un patrón muy similar al del porcentaje de daño ya que para la primera repetición en las lecturas 1 y 2 este disminuye de 4 a 1 larva y permanece así en la última lectura. Para la repetición dos únicamente se encontraron 5 larvas en la primera lectura; y en las lecturas 2 y 3 la

incidencia fue 0. En la tercera repetición no se encontraron larvas en la primera y segunda lectura, no obstante, en la tercera lectura se obtuvo un 3% de incidencia. Esto coincide con el daño observado en la tercera lectura de este tratamiento por lo que se piensa fue debido a un efecto de borde. Esto se ilustra en las Figuras 31, 32 y 33 del inciso G de anexos.

Con respecto al tratamiento 2 se observa que para la primera repetición, en las lecturas 1 y 2 el daño disminuye significativamente de un 13.2 a 0.4%, el cual permanece igual en la lectura tres (0.4%). (Ver Figura 34 del inciso G de anexos) Para la segunda repetición, el porcentaje de daño disminuyó de un 2 a 0.8%, y para la lectura 3 el daño fue del 0% indicando que este se eliminó. (Figura 35 inciso G de anexos) En la tercera repetición, se observa que en las lecturas 1 y 2, el daño disminuyó de un 6 a 0%; sin embargo, este resurge en un 1.6% considerándose poco significativo. Al observar la Figura 36 de esta misma sección, se determina que el daño indicado en la tercera lectura (1.6%) se debe a un efecto de borde.

Para este tratamiento los niveles de incidencia se observaron únicamente en la lectura 1 de las tres repeticiones realizadas. Para la primera repetición la incidencia encontrada fue de 7 larvas, para la segunda repetición fue de 2 larvas y en la tercera se encontraron 7 larvas. Esto se observa con mayor claridad en las Figuras 34, 35 y 36 del inciso G de anexos.

Por otra parte, en el tratamiento 3 se encontró daño únicamente en la primera lectura de las tres repeticiones, este daño desaparece en las lecturas 2 y 3. En la repetición 1 se obtuvo un 8.4% de daño, en la segunda repetición hubo un 2% y la tercera un 4% de daño. Para las tres repeticiones se encontró incidencia únicamente en la primera lectura (3 larvas por repetición), luego esta desaparece en las lecturas 2 y 3. (Ver Figuras 37, 38 y 39 del inciso G de anexos)

Finalmente, en el tratamiento 4 o control se observan los mayores porcentajes y valores de daño e incidencia respectivamente. Para la repetición 1, en las lecturas 1 y 2, el daño disminuye de 47.6 a 25.6% hasta llegar a 22.4% en la tercera lectura. En la figura 40 del inciso G de anexos, se observa que algunos focos de daño fueron eliminados mientras que otros permanecieron. Este patrón persiste en la repetición 3

ya que en las lecturas 1 y 2 el daño decrece de un 36.4 a 28% hasta llegar a un 23.6% en la tercera lectura. Sin embargo, este patrón no persiste en la repetición 2 esto debido a que el porcentaje de daño para la primera y segunda lectura, disminuye de 42.4 a 38%, y luego para la lectura 3 aumenta a 43.2%. Esto se observa con mayor claridad en las Figuras 40, 41 y 42 del inciso G de anexos.

La incidencia encontrada en este último tratamiento para la repetición 1 fue: en la primera lectura se encontraron 21 larvas, en la segunda 15 larvas y en la tercera 12 larvas; para la repetición 2, en la primera lectura se observó una incidencia de 22 larvas, en la segunda lectura 23 larvas y en la tercera lectura una incidencia de 23 larvas; y en la repetición 3 se encontró tanto para la lectura 1 y 2, una incidencia de 16 larvas la cual disminuyó en la tercera lectura con 10 larvas encontradas.

Para determinar si existen o no diferencias significativas entre los cuatro tratamientos utilizados se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) con un  $\alpha = 0.05$ . Cuando existió diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey que permitió determinar cuáles eran estas diferencias.

**1. SEVERIDAD (PORCENTAJE DE DAÑO):** en el Cuadro 7 del inciso C de anexos presenta el resumen del ANOVA realizado para la severidad (porcentaje de daño) de los cuatro tratamientos y sus respectivas repeticiones. Este contiene información acerca de las fuentes de variación, las sumas de cuadrados, los grados de libertad, las medias cuadráticas, los estadísticos F, y los niveles críticos (significancia) asociados a cada estadístico F.

Se observa que en la primera lectura se obtuvo un valor F mayor a los niveles F críticos ( $p=0.013 > 0.005$ ) lo cual indica que no existe diferencia significativa entre sus cuatro tratamientos. No obstante, los valores de estadísticos F de la segunda y tercera lectura, son menores que los niveles críticos F ( $p_1=0.000 < 0.005$ , y  $p_2=0.058 < 0.005$ , respectivamente), esto indica que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos de esas lecturas.

Esto se debe a que a los 8 días de haber realizado la primera aplicación del insecticida de Neem, en las lecturas 2 y 3 la severidad del ataque en los cuatro

tratamientos disminuyó considerablemente a diferencia de los tratamientos en la lectura 1. Del mismo modo, a los 15 días de haber realizado la primera aplicación se observó un efecto similar en el tratamiento control en el cual el daño disminuyó en los tres tratamientos. Lo mismo ocurrió a los 8 días de la segunda aplicación es decir, a los 23 días de la primera aplicación.

De acuerdo con el procedimiento de Tukey descrito en el cuadro 8 del inciso C de anexos, a los 8 días de la primera aplicación usando el tratamiento 1 se logró un control sobre la plaga, sin embargo, éste no fue tan efectivo como el logrado con los tratamientos 2 y 3. En el tratamiento control no hubo una disminución significativa de la severidad del ataque ocasionado por la plaga, por lo tanto hay diferencias significativas al usar los tratamientos 2 y 3 a diferencia de no aplicar ningún tratamiento.

En el Cuadro 9 del inciso C de anexos, se describe el procedimiento de Tukey para la lectura 2, el cual indica que a los 15 días de haber realizado la primera aplicación en campo hubo un control de la severidad ocasionada por la plaga *H. grandella* usando cualquiera de los tratamientos 1, 2 y 3, por lo tanto para este caso, se aconsejaría utilizar la dosis más baja (tratamiento 1) ya que presenta similar eficacia que el usar dosis más altas (tratamientos 2 y 3). No obstante, usando el tratamiento control no se logró controlar la severidad de la plaga. A su vez, se observa que usando el tratamiento 3 se controla al 100% el daño ocasionado por el gusano barrenador de la caoba.

De la misma forma, el procedimiento de Tukey para la lectura 3 indica que, a los 23 días de haber realizado la primera aplicación, es decir, a los 8 días de haber realizado la segunda aplicación, se obtuvo un control de la severidad utilizando cualquiera de los tres tratamientos. Al igual que en la lectura 2, el no aplicar insecticida de Neem no disminuye la severidad del ataque, por lo tanto si existe diferencias significativas entre usar el insecticida a no usarlo. También se observa que al usar el tratamiento 3 se obtiene un controla el 100% del daño ocasionado por la plaga. (Ver Cuadro 10 del inciso C de anexos)

**2. INCIDENCIA:** con respecto al porcentaje de incidencia el cuadro 11 del inciso C de anexos muestra el resumen del ANOVA el cual indica que existe diferencias significativas entre las lecturas 1, 2 y 3, esto se confirma al comparar los valores estadísticos F con el valor F crítico ( $\alpha = 0.005$ ), en donde los valores F de las lecturas 1, 2 y 3 son menores al F crítico:  $p_1 = 0.000 < 0.005$ ;  $p_2 = 0.000 < 0.005$ ; y  $p_3 = 0.002 < 0.005$ ; respectivamente.

De igual modo, el procedimiento de Tukey nos indica que al usar cualquiera de los tres tratamientos se consigue un control significativo sobre la incidencia de la plaga, es decir, que no hay diferencias significativas entre estos tres tratamientos. En este caso se utilizaría la dosis más baja ya que según la estadística se obtendría resultados muy similares que si se usan dosis más concentradas. En este mismo resumen se puede observar que al no aplicar ninguna dosis del insecticida (tratamiento testigo), no se logra control alguno sobre la incidencia de la plaga. (Ver Cuadro 12 inciso C de anexos)

Con respecto a la lectura 2, el procedimiento de Tukey indica a los 15 días de la primera aplicación no existen diferencias significativas entre los tratamientos 1, 2 y 3 por lo tanto se puede utilizar cualquier dosis para lograr un control de la incidencia de la plaga. Para los tratamientos 2 y 3 se controló la incidencia en 100% y en el tratamiento 1 se observó una incidencia muy baja por lo que no se considera significativa. Esto nos indica que para controlar en un 100% la incidencia de la plaga, se puede utilizar cualquiera de los tratamientos 2 y 3 ya que se obtendrían los mismos resultados. (Ver Cuadro 13 inciso C de anexos)

Por último, la prueba de Tukey para la lectura 3 nos indica que a los 8 días después de haber realizado la segunda aplicación (23 días desde la primera aplicación), utilizando cualquiera de los tratamientos 1, 2 y 3, se obtuvieron altos niveles de control sobre la incidencia de la plaga. Asimismo, se observa alta incidencia de la plaga en el tratamiento control. Al utilizar los tratamientos 2 y 3 se logra el 100% del control de la incidencia de la plaga, por lo tanto para lograr un control total los 8 días de la segunda aplicación, es recomendable utilizar la dosis más baja, en este caso el tratamiento 2 ya que se obtendrían los mismos resultados que si se usaran dosis más concentrada. (Ver Cuadro 13 inciso C de anexos)

En resumen el análisis estadístico nos confirma la efectividad del insecticida de Neem para controlar la severidad e incidencia de la plaga *H.grandella*. Asimismo, nos indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 3 por lo tanto se debería de usar la dosis media ya que se obtendría el mismo control si se usara la dosis más alta.

Esto se puede comprobar al observar el análisis temporal y espacial del % de severidad e incidencia de la plaga, esto en las figuras del inciso G de anexos en donde se puede observar gráficamente la efectividad del extracto de semilla de Neem para controlar la severidad e incidencia ya que los % de ambas variables fueron disminuyendo hasta llegar a 0%.

## VIII. CONCLUSIONES

1. La plaga del gusano barrenador de las Meliáceas (*H. grandella*) presenta una alta susceptibilidad a los extractos de semillas del árbol de Neem.
2. En base al análisis estadístico y el análisis temporal realizados, se concluye que el insecticida de Neem es altamente efectivo para el control de la severidad e incidencia de plaga del gusano barrenador de las Meliáceas en los árboles de caoba (*S. macrophylla*).
3. El tratamiento con la dosis más alta (1:5 V:V), tiene un mayor efecto a corto plazo para lograr un control de 100% en la severidad e incidencia ocasionadas por la plaga del gusano barrenador de las Meliáceas.
4. La dosis media (1:10 V:V), presenta una efectividad a mediano plazo para lograr un control sobre la severidad e incidencia de la plaga.
5. El control de la severidad e incidencia de la plaga disminuye al usar la dosis más baja (1:20 V:V), pero no se elimina en su totalidad.
6. Existe mayor porcentaje de daño y mayor incidencia en aquellos árboles de caoba que no son tratados con ningún tratamiento con insecticida de Neem.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Debido a los resultados positivos al utilizar los tres tratamientos, se recomienda probar el efecto de dosis más diluidas del insecticida, esto con el fin de reducir costos a la hora de trabajar en campo y en áreas extensas.
2. Es necesario realizar por lo menos cuatro o cinco repeticiones de cada tratamiento para así aumentar la confiabilidad de los resultados.
3. Es indispensable realizar las aplicaciones del insecticida durante el día o la tarde evitando realizarlo durante las horas más calientes del día ya que el efecto del insecticida puede reducir debido a que se degrada con mayor facilidad cuando se tiene una mayor intensidad de rayos ultra violeta.
4. Utilizar el equipo indicado para la aplicación del insecticida de Neem tanto en laboratorio como en campo.
5. Realizar varias pruebas en laboratorio para verificar la susceptibilidad de la plaga al insecticida.
6. Aplicar el insecticida en la parte más alta de los árboles de caoba, principalmente en los meristemos o brotes.
7. Es recomendable llevar a cabo este experimento durante la época seca del año, esto debido a que durante este tiempo la incidencia de la plaga es mayor. Además que se evitan efectos secundarios causados por las lluvias.
8. Esta investigación se llevo a cabo en una plantación pura de caoba de tres años de edad, por lo tanto se recomienda realizar experimentos en plantaciones de

9. caobas adultas para determinar si el control de la plaga utilizando el extracto de semilla de Neem es efectivo.
10. Debido a que esta investigación se realizó en una plantación de árboles de caoba a la edad crítica que ataca la plaga, es decir, de 3 años de edad, recomiendo realizar más experimentos para determinar si es posible el control de dicha plaga en árboles de caoba adultos ya que aunque han pasado la edad crítica aun tienen cierta probabilidad de ser atacados.
11. Es importante continuar con estudios que determinen si es posible el control de otras plagas de interés utilizando los extractos de semilla de Neem.

## X. LITERATURA CITADA

- Beingolea, O. 1977. *Consideraciones sobre control biológico y predación*. Revista Peruana de Entomología 20(1). Perú. 48pp.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2003. *Centro de Acción Legal-Ambiental y Social de Guatemala*. Secretaría Ejecutiva. Guatemala. Resolución No. ALC54-2003.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala. 2003. *Segunda reunión del Grupo de trabajo sobre la Caoba*. Autoridad Científica CITES. Belem, Brasil.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala. 1,998. *Informe sobre los aprovechamientos familiares autorizados en el año de 1,998*. Guatemala.
- De Vos, J. 1987. *La contienda por la selva Lacandona. Un episodio dramático en la conformación de la frontera sur, 1859-1895*. Historias No. 16. México. 98pp.
- Del Valle, S. 2009. *El Nim, una alternativa agroecológica sostenible*. Guatemala. [guatenim@gmail.com](mailto:guatenim@gmail.com)
- Entwistle, P. 1967. *The current situation on shoot, fruit and collar borers of the Meliaceae*. Ninth British Commonwealth Forestry Conference. 75 pp.
- Fasenant, J. O. 1985. *Influence of the flight on the mating behavior of the mahagoni shootborer Hypsipyla grandella*. Turrialba. Vol 35 No. 3: (p 300- 302).

- FLACSO-WWF. 1,997. *Evaluación de la sostenibilidad en Guatemala*. Estudio de Caso: El Petén. Guatemala.
- Griffiths, M.W. 1996. *Hypsipyla Shoot Borers in Meliaceae*. International Workshops on Hypsipyla. Kandy. Sri Lanka. 189 pp.
- Grijpma, P. 1973. *Studies on the shootborer H. grandella*. IICA. Micellaneous publication. Vol 1 No. 101: (p 49-91).
- Hochmut, R., y Milán, D. (1982). *Protección contra las plagas forestales en Cuba*. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de la Habana. 290pp.
- Hochmut, R., Valdés, E., Mellado, B., Hernández, M., y Labrada, A. 1989. *Guía para la determinación de plagas y enfermedades forestales*. Instituto de Investigaciones Forestales. 52pp.
- Holdridge, L. R. 1967. *Life Zone Ecology: Zonas de vida en Guatemala*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- Howard, F., Mérida, M. 2004. *El talador de las Meliaceas*. University of Florida.
- López, E.1999. *Diagnóstico de la Caoba (Swietenia macrophylla King) en Mesoamérica*. Guatemala. 95pp.
- Macías, J. 2001. *Interacciones químicas entre Hypsipyla grandella y sus plantas hospedantes*. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. No. 60. p 15-21
- Manzanero, M. 1,993. *Análisis de la situación actual del uso de la madera en la Reserva de la Biosfera Maya (RBM)*. Propeten, CI. Guatemala. 21 p.

- Martínez, N., Estrada, J., Góngora, F., Martínez, L., y Curbelo, S. 2005. *Hypsipyla grandella* Zeller, su incidencia en plantaciones en fomento de *Cedrela odorata* L. en el municipio de Vinales, Pinar del Río, Cuba. Cuba.
- Mayhew JE y Newton AC. 1998. *Hoja técnica: Swietenia macrophylla* King. CATIE: Herbaria plants. Costa Rica.
- Morgan, F.D. and Suratmo, F.G. 1976. *Host preferences of Hypsipyla robusta* (Moore) in West Java. *Australian Forestry* 39(2): 103-112 p.
- Parrotta, J., Chaturvedi, A. 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. *Neem*. New Orleans, L.A, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8pp.
- Paquet, J. 1981. *Manual de dendrología de algunas especies de Honduras*. Programa Forestal Honduras-Canadá. ACIDI-COHDEFOR. Quebec, Canadá.
- Ramos, R. 2003. *Aceite de Neem: Un Insecticida Ecológico para la Agricultura*. Zoe Tecno-Campo. Argentina.
- Schwartz, N. 1992. *A social history of Petén*. University of Pennsylvania. Philadelphia, USA. Forest Society. Second Edition. 367 p.
- Sosa, J. 1,957. *Pequeña monografía del departamento de El Petén*. Ed. Del Ministerio de Educación pública, Guatemala. Pp 67-73.
- Vargas, C., Shannon, P.J., Taveras, R., Soto, y F, Hilje, L. 2004. *Un método para la cría masiva de Hypsipyla grandella*. Manejo Integrado de Plagas: Hoja Técnica. No. 62.

Villacorta, E. 1981. *Recursos económicos de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 25- 57pp.*

Whitmore, J. L. 1996. *Studies on the Shootborer H. grandella*. IICA. Miscellaneous publication Vol II No. 101, Wylie, F. *Control of Hypsipyla spp. shootborer with chemical pesticides: a review*. En: International Workshop on Hypsipyla Shootborer in Meliaceae, Sri Lanka. 189 pp.

## XI. ANEXOS

### A. Resultados generales del bioensayo

**CUADRO 6. Resultados del bioensayo con larvas de *H. grandella***

Concentraciones del insecticida				
Tiempo en morir (min)	X	X/2	X4	X/8
15	Todas las larvas son ágiles en sus movimientos y reaccionan rápido. Una larva no responde tan rápido como el resto.	Larvas un poco lentas para moverse, aun reaccionan rápidamente.	Todas las larvas están vivas, muy activas.	Larvas vivas y activas.
30	Movimientos un poco más lentos; reaccionan pero son menos ágiles.	Siguen siendo ágiles en sus movimientos.	No hubo ningún cambio.	No hubo ningún cambio.
45	A dos larvas les cuesta reaccionar y son más lentas en sus movimientos. Dos larvas muertas; una larva moribunda.	Larvas vivas; dos de ellas son muy lentas en sus movimientos y no son muy ágiles.	Larvas vivas y más ágiles que las larvas de la disolución X/2.	Larvas vivas y más ágiles que las de la disolución X/4.
60	Cuatro larvas muertas y una moribunda.	Una larva muerta, dos larvas moribundas y dos larvas presentan movimientos muy lentos.	Larvas con movimientos muy lentos. Tres larvas moribundas.	Larvas vivas, muy lentas.
75	Todas las larvas murieron.	Tres larvas muertas, y las otras dos son muy lentas pero aun reaccionan. Para el minuto 83 todas han muerto.	Una larva muerta, tres moribundas y la otra con movimientos muy lentos.	Larvas presentan movimientos muy lentos.
90	-----	-----	Tres larvas muertas, otra larva moribunda, y la otra larva tiene movimientos muy lentos.	Tres larvas moribundas y las otras dos están super lentas en sus movimientos.
105	-----	-----	Todas las larvas murieron.	Todas las larvas murieron.

(Fuente: Sosa, 2009)

**B. Escala diagramática de la severidad del ataque de la plaga *H. grandella* en caoba, *S. macrophylla*.**



**Nivel 0 (0% de Daño)**

(Fuente: Sosa, 2009)



**Nivel (10% de Daño)**

(Fuente: Sosa, 2009)



**Nivel 2 (30% de Daño)**

**(Fuente: Sosa, 2009)**



**Nivel 3 (55% de Daño)**

**(Fuente: Sosa, 2009)**



**Nivel 4 (70% de Daño)**

(Fuente: Sosa, 2009)



**Nivel 5 (90% de Daño)**

(Fuente: Sosa, 2009)

## C. Análisis estadístico

### a. Severidad

**CUADRO 7. ANOVA de severidad para las tres lecturas**

#### ANOVA

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
<b>LECTURA 1</b>	Between Groups	2628.587	3	876.196	6.880	.013
	Within Groups	1018.773	8	127.347		
	Total	3647.360	11			
<b>LECTURA 2</b>	Between Groups	1986.067	3	662.022	50.821	.000
	Within Groups	104.213	8	13.027		
	Total	2090.280	11			
<b>LECTURA 3</b>	Between Groups	1863.947	3	621.316	17.094	.001
	Within Groups	290.773	8	36.347		
	Total	2154.720	11			

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 8. Prueba de Tukey para la severidad de la lectura 1**

#### LECTURA 1

Tratamientos	N Repeticiones	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	4.8000	
2	3	7.0667	
1	3	18.0000	18.0000
Control	3		42.1333
Sig.		.515	.114

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 9. Prueba de Tukey de porcentaje de daño para la lectura 2****LECTURA 2**

Tratamientos	N Repeticiones	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	.0000	
2	3	.4000	
1	3	2.2667	
Control	3		30.5333
Sig.		.866	1.000

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 10. Prueba de Tukey del porcentaje de daño para la lectura 3****LECTURA 3**

Tratamientos	N Repeticiones	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	.0000	
2	3	.667	
1	3	2.4000	
Control	3		29.7333
Sig.		.960	1.000

(Fuente: Sosa, 2009)

**b. Incidencia**

**CUADRO 11. ANOVA de la incidencia para las tres lecturas**

**ANOVA**

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
<b>LECTURA 1</b>	Between Groups	578.917	3	192.972	30.074	.000
	Within Groups	51.333	8	6.417		
	Total	630.250	11			
<b>LECTURA 2</b>	Between Groups	720.250	3	240.083	49.672	.000
	Within Groups	38.667	8	4.833		
	Total	758.917	11			
<b>LECTURA 3</b>	Between Groups	480.250	3	160.083	12.474	.002
	Within Groups	102.667	8	12.833		
	Total	582.917	11			

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 12. Prueba de Tukey para la incidencia en la lectura 1**

**LECTURA 1**

Tratamientos	N Repeticiones	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	3.0000	19.6667
3	3	3.0000	
2	3	5.3333	
Control	3		
Sig.		.684	1.000

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 13. Prueba de Tukey del % de daño para la lectura 2****LECTURA 2**

Tratamientos	N Repeticiones	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	3	.0000	
3	3	.0000	
1	3	.3333	
Control	3		18.0000
Sig.		.998	1.000

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 14. Prueba de Tukey de la incidencia para la lectura 3****LECTURA 3**

Tratamientos	N Repeticiones	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	3	.0000	
3	3	.0000	
1	3	1.3333	
Control	3		15.0000
Sig.		.967	1.000

(Fuente: Sosa, 2009)

## D. Resultados generales obtenidos en campo

CUADRO 15. Repetición 1 (A) para los cuatro tratamientos

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
A1	1	5	1	Larva sana pero lenta. Ataque no reciente.	0	0	No hubo ataque. No brotes nuevos. Serio ataque; madera hueca y podrida. Larva viva	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	2	4	1	Larva activa. Se encontró una pupa. Ataque reciente.	5	1	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	3	3	0	Ataque viejo.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; no brotes nuevos
A1	4	5	0	Brote seriamente afectado; hueco y podrido.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	5	5	0	Serio ataque y el otro brote con menos daño.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	6	5	0	Brote hueco por dentro.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	1	0	Muy poco daño en un brote nuevo.
A1	7	1	0	Muy poco daño, reciente.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	8	4	0	Daño regular en los brotes.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	9	4	0	Brotos con residuos de resina y huecos por dentro.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	10	3	0	Muy poco daño; reciente.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	11	0	0	No hubo ataque.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	12	1	0	Muy poco ataque. Reciente.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	13	4	0	Ataque	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	14	1	0	Muy poco ataque. Reciente.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	15	0	0	No hubo ataque.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	16	4	0	Ataque a los únicos tres brotes.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	2	1	Poco daño; una larva muerta.
A1	17	4	0	Daño no reciente.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos

Continuación Cuadro 15...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
A1	18	0	0	Brotos sanos	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	19	0	0	Brotos sanos	0	0	Muchos brotes sanos y grandes.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A1	20	0	0	Brotos sanos	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A1	21	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
A1	22	5	2	Una larva viva y activa, y la otra muerta.	3	1	Larva viva; bastante daño.	0	0	No hubo daño; no brotes nuevos
A1	23	2	0	Daño no reciente. Sin brotes nuevos.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A1	24	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A1	25	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A2	26	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A2	27	0	0	Brotos sanos.	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	28	0	0	Brotos sanos.	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	29	5	1	Larva pequeña, muy lenta; ataque viejo y reciente.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos.
A2	30	0	0	No hubo ataque.	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	31	0	0	No hubo ataque.	1	0	Muy poco daño. Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	32	1	0	Muy poco ataque; viejo.	0	0	No hubo ataque; no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos.

Continuación Cuadro15...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
A2	33	5	4	Severo ataque; 3 larvas muertas y una moribunda.	0	0	No hubo ataque. No brotes nuevos, árbol sano.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos.
A2	34	4	0	Ataque viejo.	0	0	Árbol sano, no brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos.
A2	35	X	0		X	0		X	0	
A2	36	0	0	Brotos nuevos y sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	37	1	0	Ataque viejo.	0	0	Brotos sanos.	1	0	Muy poco daño ocasionado.
A2	38	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	39	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	40	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	41	0	0	Brotos sanos	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	Brotos sanos; no hubo daño.
A2	42	3	1	Brotos sanos; ataque en brotes viejos, larva activa.	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A2	43	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A2	44	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	45	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	46	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	47	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A2	48	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	49	1	1	Ataque reciente; larva moribunda.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A2	50	0	0	No hubo ataque.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.

Continuación Cuadro 15...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
A3	51	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	52	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	53	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	54	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	55	1	1	Muy poco ataque, larva muerta.	0	0	Árbol sano, no hay brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos
A3	56	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	57	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	58	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	59	2	0	Ataque viejo.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	60	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	61	1	1	Ataque viejo, larva lenta. Poco ataque.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	62	1	0	Muy poco ataque; viejo.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	63	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	64	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	65	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	66	1	0	Muy poco ataque; viejo.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	67	3	0	Ataque viejo.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	68	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	69	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	70	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.

Continuación Cuadro 15...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
A3	71	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	72	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	73	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	74	5	1	Serio ataque; una larva muerta; ataque viejo.	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A3	75	0	0	Brotos sanos	0	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano; no daño ocasionado.
A4	76	3	2	Bastante ataque; dos larvas vivas.	4	1	Una larva viva. Brotos altamente dañados.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.
A4	77	2	0	Poco daño.	1	0	Muy poco ataque	1	2	Muy poco ataque; dos larvas vivas.
A4	78	1	0	Muy poco daño; ninguna larva. Poco daño. Una larva viva y activa en sus movimientos.	3	0	Daño regular	2	1	Poco ataque; una larva viva.
A4	79	2	1		0	0	No hubo daño. Árbol sano.	4	1	Bastante daño ocasionado; una larva viva.
A4	80	3	0	Bastante ataque.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	1	0	Muy poco daño; larva viva
A4	81	0	0	Brotos sanos.	1	0	Muy poco ataque	0	0	No hubo daño. Árbol sano.
A4	82	4	3	Mucho daño; tres larvas vivas.	3	3	Daño regular; tres larvas vivas.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.
A4	83	X	0		X	0		X	0	
A4	84	4	1	Bastante ataque; una larva viva.	1	0	Muy poco ataque	2	0	Poco ataque.
A4	85	3	2	Dos larvas vivas y activas en sus movimientos.	5	2	Daño severo. Dos larvas vivas.	1	1	Muy poco ataque; una larva viva.
A4	86	2	0	Poco daño.	2	0	Muy poco ataque	4	2	Bastante daño ocasionado; dos larva viva.
A4	87	4	1	Alto daño; tronco hueco y negro. Una larva viva.	3	1	Daño regular; una larva viva.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.
A4	88	4	1	Alto daño; tronco hueco y negro. Una larva viva.	1	1	Muy poco ataque; una larva viva.	1	0	Muy poco ataque; árbol sano.
A4	89	0	0	No hubo daño; árbol sano.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	1	0	Muy poco ataque; árbol sano.

Continuación Cuadro 15...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
A4	90	5	2	Parte afecta muerta, hueca y negra por dentro. Dos larvas vivas.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	2	0	Poco ataque; árbol sano.
A4	91	4	0	Bastante daño ocasionado.	1	0	Muy poco ataque.	1	0	Muy poco ataque.
A4	92	4	0	Bastante daño ocasionado.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	3	0	Daño regular.
A4	93	5	1	Una larva viva; brotes enfermos.	1	1	Muy poco ataque. Una larva viva.	2	0	Poco ataque.
A4	94	3	1	Daño regular; una larva viva.	4	1	Bastante daño ocasionado. Una larva viva.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.
A4	95	2	0	Poco daño; brotes enfermos.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	1	0	Muy poco ataque.
A4	96	1	1	Muy poco daño; una larva viva.	2	1	Muy poco daño; larva viva	3	1	Muy poco daño; larva viva
A4	97	5	4	Severo daño ocasionado; cuadro larvas vivas.	5	3	Severo altamente dañado; tres larvas vivas	2	3	Muy poco daño; tres larvas vivas.
A4	98	0	0	No hubo daño; árbol sano.	1	0	Muy poco ataque.	1	0	Muy poco ataque.
A4	99	4	0	Bastante daño ocasionado.	1	0	Muy poco ataque.	5	1	Severo altamente dañado; una larvas vivas
A4	100	5	1	Severo daño ocasionado; una larva viva.	2	1	Poco ataque; una larva viva.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.

(Fuente: Sosa, 2009)

**CUADRO 16. Repetición 2 (B) para los cuatro tratamientos**

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Primera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
B1	1	0	0	No hubo ataque; árbol sin brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	2	0	0	Brotes sanos.	1	0	Muchos brotes sanos. Muy poco ataque.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	3	X	0		X	0		X		
B1	4	5	0	Brote seriamente afectado; hueco y podrido por dentro	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	5	0	0	Brotes sanos.	0	0	Árbol sano.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	6	1	0	Muy poco ataque. No reciente; brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	7	2	0	Muy poco ataque; viejo. Brotes nuevos sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	8	3	0	Daño regular; ataque viejo; no brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	9	0	0	Brotes sanos.	0	0	Muchos brotes sanos.	1	0	Muy poco daño; no hubo barrenación.
B1	10	0	0	Brotes sanos.	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	11	0	0	Brotes sanos.	0	0	Muchos brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	12	2	1	Muy poco ataque. Larva moribunda.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	13	2	1	Muy poco ataque. Larva moribunda.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	14	0	0	No hubo ataque.	1	0	Árbol sano. No brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	15	1	1	Muy poco ataque; larva muerta.	1	0	Muy poco daño. No brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	16	0	0	No hubo ataque.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	17	1	2	Muy poco ataque; dos larvas moribundas.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	18	1	0	Muy poco ataque, viejo. Brotes sanos.	0	0	Árbol sano.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	19	0	0	Brotes sanos	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos

Continuación Cuadro 16...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Primera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
B1	20	2	0	Ataque viejo; muy poco daño. No brotes nuevos.	0	0	Árbol sano con brotes nuevos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	21	0	0	Brotes sanos. Larvas de otra especie??	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	22	0	0	Brotes sanos.	0	0	Muchos brotes sanos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	23	0	0	Brotes sanos.	0	0	Muchos brotes sanos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	24	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B1	25	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	76	1	0	Ataque viejo; no brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	77	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	1	0	Muy poco daño; no hubo barrenación
B2	78	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	79	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	80	1	1	Larva muerta; no brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	81	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	82	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	83	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	84	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	1	0	Muy poco daño. No brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	85	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	86	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	87	0	0	Brotes sanos.	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos

Continuación Cuadro 16...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Primera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
B2	88	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	1	0	Muy poco daño; no hubo barrenación
B2	89	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	90	0	0	Brotos sanos.	1	0	Muy poco daño. No brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	91	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	92	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	93	1	1	Larva moribunda. Muy poco ataque.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	94	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	95	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	96	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	97	0	0	Brotos sanos.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	98	X	0		X	0		X	0	
B2	99	1	0	Brotos sanos.	0	0	Árbol sano con brotes nuevos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B2	100	1	0	No brotes nuevos.	0	0	Árbol sano, no brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	26	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	27	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	28	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	29	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	30	2	1	Ataque viejo; larva viva y activa.	0	0	Árbol sano con brotes nuevos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos

Continuación Cuadro 16...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Primera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
B3	31	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	Árbol sano con bastantes brotes nuevos	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	32	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	Árbol sano con bastantes brotes nuevos	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	33	X	0		X	0		X	0	
B3	34	X	0		X	0		X	0	
B3	35	0	0	Brotes sanos.	0	0	Árbol sano con bastantes brotes nuevos	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	36	0	0	Brotes sanos.	0	0	Árbol sano con bastantes brotes nuevos	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	37	X	0		X	0		X	0	
B3	38	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	39	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	40	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	41	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	42	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	43	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos y sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	44	1	1	Muy poco ataque; viejo. Una larva activa. Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes nuevos y sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	45	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; varios brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	46	0	0	Brotes sanos.	0	0	No hubo daño; varios brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	47	1	1	Muy poco ataque. Una larva muerta. No brotes nuevos.	0	0	No hubo daño; varios brotes sanos.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	48	0	0	Brotes sanos.	0	0	Árbol sano; brotes nuevos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	49	0	0	Brote sanos.	0	0	Árbol sano; brotes nuevos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos
B3	50	0	0	Brote sanos.	0	0	Árbol sano; brotes nuevos y limpios.	0	0	No hubo daño; brotes sanos

Continuación Cuadro 16...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Primera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
B4	51	4	3	Bastante daño ocasionado. Tres larvas vivas.	1	0	Muy poco ataque	3	2	Daño regular; dos larvas vivas.
B4	52	X	0		X	0		X	0	
B4	53	2	1	Muy poco daño; una larva. Poco daño. Una larva viva y activa en sus movimientos.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	4	1	Bastante daño; una larva.
B4	54	0	0		3	1	Daño regular. Una larva viva	5	2	Daño severo; dos larvas vivas.
B4	55	3	0	Daño regular.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	1	0	Muy poco ataque.
B4	56	5	1	Brotos sanos.	1	0	Muy poco ataque Bastante daño ocasionado. Tres larvas vivas.	1	1	Muy poco ataque. Una larva viva.
B4	57	0	0	No hubo daño; árbol sano.	4	3		0	0	No hubo daño.
B4	58	1	0	Muy poco ataque	5	2	Severo altamente dañado; dos larvas vivas	3	1	Daño regular. Una larva viva
B4	59	1	1	Muy poco ataque; una larva viva.	3	1	Daño regular. Una larva viva	2	1	Muy poco ataque; una larva viva.
B4	60	4	2	Bastante daño ocasionado. Dos larvas vivas.	3	1	Daño regular. Una larva viva	3	0	Daño regular. Severo altamente dañado; tres larvas vivas
B4	61	3	1	Daño regular. Una larva viva	2	0	Muy poco ataque	5	3	
B4	62	3	2	Daño regular; dos larvas vivas.	4	2	Bastante daño; dos larvas vivas.	1	0	Muy poco daño.
B4	63	5	0	Alto daño; tronco hueco y negro.	5	1	Severo ataque; una larva viva.	1	0	Muy poco daño.
B4	64	4	1	Bastante daño; una larva.	3	0	Daño regular.	2	1	Muy poco daño; una larva viva.
B4	65	2	0	Muy poco ataque.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	3	1	Daño regular. Una larva viva

Continuación Cuadro 16...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Primera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
B4	66	4	2	Bastante daño ocasionado. Dos larvas vivas.	1	0	Muy poco ataque.	5	2	Severo altamente dañado; dos larvas vivas
B4	67	4	3	Bastante daño ocasionado. Tres larvas vivas.	1	0	No hubo daño. Árbol sano.	4	2	Bastante daño; dos larvas vivas.
B4	68	5	2	Severo daño; dos larvas vivas.	1	1	Muy poco ataque. Una larva viva.	5	3	Severo daño ocasionado; tres larvas vivas.
B4	69	X	0		X	0		X	0	
B4	70	0	0	No hubo daño; árbol sano.	5	1	Severo daño ocasionado; una larva viva.	1	0	Muy poco daño.
B4	71	1	0	No hubo daño. Árbol sano.	4	2	Bastante daño; dos larvas vivas.	4	2	Bastante daño; dos larvas vivas.
B4	72	2	0	Muy poco daño.	5	3	Severo altamente dañado; tres larvas vivas	3	0	Daño regular.
B4	73	5	2	Severo daño ocasionado; dos larvas vivas.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	5	1	Severo daño; una larva viva.
B4	74	2	0	Muy poco daño.	4	3	No hubo daño. Árbol sano.	1	0	Muy poco ataque.
B4	75	3	1	Daño regular; una larva viva.	2	2	Poco ataque; dos larva viva.	3	0	Daño regular.

(Fuente: Sosa, 2009)

CUADRO 17. Repetición 4 (C) para los cuatro tratamientos

Rept.	Árbol	Primera aplicación							Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura				Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	
C1	51	0	0	Árbol sano.	0	0	Árbol sano.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	52	0	0	Árbol sano.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	53	0	0	Árbol sano.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	54	0	0	Árbol sano.	0	0	Bastantes brotes sanos.	2	1	Poco ataque; una larva viva moribunda.	
C1	55	1	0	Muy poco ataque; viejo.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	56	1	0	Muy poco ataque; viejo.	0	0	Bastantes brotes sanos.	2	0	Poco ataque.	
C1	57	0	0	Árbol sano.	0	0	Brotos sanos.	1	0	Muy poco ataque; no hubo barrenación.	
C1	58	X	0		X	0		X	0		
C1	59	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	60	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	61	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	62	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	63	X	0		X	0		X	0		
C1	64	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	65	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	2	1	Poco ataque; una larva viva moribunda.	
C1	66	X	0		X	0		X	0		
C1	67	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	68	X	0		X	0		X	0		
C1	69	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano; brotes limpios.	
C1	70	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	1	1	Muy poco ataque; una larva viva.	

Continuación Cuadro 17...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación			
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura			
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	
C1	71	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	72	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	73	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	2	0	Poco ataque.	
C1	74	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C1	75	X	0		X	0		X	0		
C2	26	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	27	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	28	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	29	1	1	Larva moribunda. Poco daño.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	30	1	1	Larva muerta. Muy poco daño.	0	0	Árbol sano, retoños limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	31	0	0	Árbol sano.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	32	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	1	0	Muy poco ataque; no hubo barrenación.	
C2	33	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	34	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	35	0	0	Árbol sano.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	36	1	1	Una pupa. Poco ataque; viejo.	0	0	Árbol sano, sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	37	X	0		X	0		X	0		
C2	38	2	2	1 larva muerta, la otra moribunda.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	
C2	39	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	

Continuación Cuadro 17...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
C2	40	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	41	X	0		X	0		X	0	
C2	42	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	43	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	44	2	0	Brotos con poco ataque viejo.	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	45	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	46	2	2	Dos larvas moribundas.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	47	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C2	48	2	0	Ataque viejo; muy poco.	0	0	Bastantes brotes sanos.	2	0	Poco ataque.
C2	49	X	0		X	0		X	0	
C2	50	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	1	X	0		X	0		X	0	
C3	2	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	3	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	4	0	0	Brotos sanos.	0	0	Bastantes brotes sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	5	2	1	Ataque viejo; larva viva y activa.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	6	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	7	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	8	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.

Continuación Cuadro 17...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
C3	9	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	10	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	11	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	12	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	13	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	14	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	15	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	16	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	17	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	18	0	0	Árbol sano sin brotes nuevos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	19	1	1	Muy poco ataque; 1 larva activa.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	20	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	21	0	0	Brotos sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	22	1	1	Muy poco ataque; larva muerta.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	23	3	0	Bastante daño presentado.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	24	0	0	Brote sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.
C3	25	0	0	Brote sanos.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.	0	0	No daño. Árbol sano con brotes limpios.

Continuación Cuadro 17...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
C4	76	X	0		X	0		X	0	
C4	77	5	3	Severo daño ocasionado; tres larvas vivas.	3	1	Daño regular. Larva viva.	0	0	No hubo daño.
C4	78	3	1	Daño regular. Larva viva.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	3	1	Daño regular; una larva viva.
C4	79	4	2	Bastante daño; dos larvas vivas.	3	1	Daño regular. Larva viva.	2	0	Muy poco daño.
C4	80	1	0	Muy poco daño.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	5	2	Daño severo; dos larvas vivas
C4	81	2	1	Poco daño; una larva viva.	1	0	Muy poco ataque	0	0	No hubo daño.
C4	82	4	1	Bastante daño; una larva viva.	4	3	Bastante daño. Tres larvas vivas.	1	0	Muy poco daño.
C4	83	3	2	Daño regular; dos larvas vivas.	5	2	Severo daño; dos larvas vivas	1	1	Muy poco ataque; una larva viva.
C4	84	3	0	Daño regular.	3	1	Daño regular. Una larva viva	2	1	Poco daño; una larva viva.
C4	85	4	2	Bastante daño. Dos larvas vivas.	3	1	Daño regular. Una larva viva	4	3	Bastante daño. Tres larvas vivas.
C4	86	X	0		X	0		X	0	
C4	87	X	0		X	0		X	0	
C4	88	X	0		X	0		X	0	
C4	89	5	2	Daño severo; dos larvas vivas.	3	0	Daño regular.	0	0	No hubo daño.
C4	90	3	0	Daño regular.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	4	1	Bastante daño. Una larva viva.
C4	91	4	1	Bastante daño; una larva viva.	1	0	Muy poco ataque.	2	0	Muy poco daño.
C4	92	2	0	Muy poco daño.	1	0	Muy poco ataque.	1	0	Muy poco daño.
C4	93	5	0	Severo daño.	1	1	Muy poco ataque. Una larva viva.	1	0	Muy poco daño.
C4	94	X	0		X	0		X	0	
C4	95	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	5	1	Severo daño ocasionado; una larva viva.	1	0	Muy poco daño.

Continuación Cuadro 17...

Rept.	Árbol	Primera aplicación						Segunda aplicación		
		Primera lectura			Segunda lectura			Tercera lectura		
		Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones	Daño	Inciden	Observaciones
C4	96	1	0	Muy poco daño.	4	2	Bastante daño; dos larvas vivas.	2	0	Muy poco daño.
C4	97	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	5	3	Severo altamente dañado; tres larvas vivas	3	0	Daño regular.
C4	98	2	0	Muy poco daño.	0	0	No hubo daño. Árbol sano.	5	1	Severo daño; una larva viva.
C4	99	X	0		X	0		X	0	
C4	100	X	0		X	0		X	0	

(Fuente: Sosa, 2009)

**E. Porcentajes de daño e incidencia ocasionados por la plaga después de haber aplicado el insecticida de Neem.**

**CUADRO 18. Porcentajes de daño e incidencia de la repetición 1 (A)**

Trat.	Repet.	% Daño	Incidencia	Primera aplicación				Segunda aplicación	
				Primera lectura		Segunda lectura		Tercera lectura	
				% Daño	% Incidencia	% Daño	% Incidencia	% Daño	% Incidencia
1	A	0	0	32	88	92	92	92	96
		10	1	12	8	0	8	4	4
		30	2	4	4	0	0	4	0
		50	3	8	0	4	0	0	0
		70	4	24	0	0	0	0	0
		90	5	20	0	4	0	0	0
2	A	0	0	72	84	96	100	96	100
		10	1	12	12	4	0	4	0
		30	2	0	0	0	0	0	0
		50	3	4	0	0	0	0	0
		70	4	4	4	0	0	0	0
		90	5	8	0	0	0	0	0
3	A	0	0	72	88	100	100	100	100
		10	1	16	12	0	0	0	0
		30	2	4	0	0	0	0	0
		50	3	4	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	4	0	0	0	0	0
4	A	0	0	60	84	88	100	28	68
		10	1	16	12	12	0	32	20
		30	2	16	4	0	0	20	8
		50	3	4	0	0	0	8	4
		70	4	0	0	0	0	8	0
		90	5	4	0	0	0	4	0

(Fuente: Sosa, 2009)

CUADRO 19. Porcentajes de daño e incidencia para la repetición 2 (B)

Trat.	Repet.	% Daño	Incidencia	Primera aplicación				Segunda aplicación	
				Primera lectura		Segunda lectura		Tercera lectura	
				% Daño	% Incidencia	% Daño	% Incidencia	% Daño	% Incidencia
1	B	0	0	80	92	92	100	96	100
		10	1	20	8	8	0	4	0
		30	2	0	0	0	0	0	0
		50	3	0	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	0	0	0	0	0	0
2	B	0	0	88	88	100	100	92	100
		10	1	8	12	0	0	8	0
		30	2	4	0	0	0	0	0
		50	3	0	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	0	0	0	0	0	0
3	B	0	0	88	88	100	100	100	100
		10	1	8	12	0	0	0	0
		30	2	4	0	0	0	0	0
		50	3	0	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	0	0	0	0	0	0
4	B	0	0	20	48	24	48	12	44
		10	1	12	24	20	24	24	28
		30	2	16	20	8	16	8	20
		50	3	16	8	16	12	24	8
		70	4	20	0	16	0	12	0
		90	5	16	0	16	0	20	0

(Fuente: Sosa, 2009)

CUADRO 20. Porcentajes de daño e incidencia para la repetición 3 (C)

Trat.	Repet.	% Daño	Incidencia	Primera aplicación				Segunda aplicación	
				Primera lectura		Segunda lectura		Tercera lectura	
				% Daño	% Incidencia	% Daño	% Incidencia	% Daño	% Incidencia
1	C	0	0	92	100	100	100	76	88
		10	1	8	0	0	0	8	12
		30	2	0	0	0	0	16	0
		50	3	0	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	0	0	0	0	0	0
2	C	0	0	72	80	100	100	92	100
		10	1	12	12	0	0	4	0
		30	2	16	8	0	0	4	0
		50	3	0	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	0	0	0	0	0	0
3	C	0	0	84	88	100	100	100	100
		10	1	8	12	0	0	0	0
		30	2	4	0	0	0	0	0
		50	3	4	0	0	0	0	0
		70	4	0	0	0	0	0	0
		90	5	0	0	0	0	0	0
4	C	0	0	32	60	44	60	40	72
		10	1	8	20	16	24	20	20
		30	2	12	16	0	8	16	4
		50	3	20	4	20	8	8	4
		70	4	16	0	8	0	8	0
		90	5	12	0	12	0	8	0

(Fuente: Sosa, 2009)

**F. Resumen del porcentaje de daño e incidencia para cada tratamiento después de haber aplicado el insecticida de Neem.**

**CUADRO 21. Porcentaje de daño e incidencia para cada tratamiento**

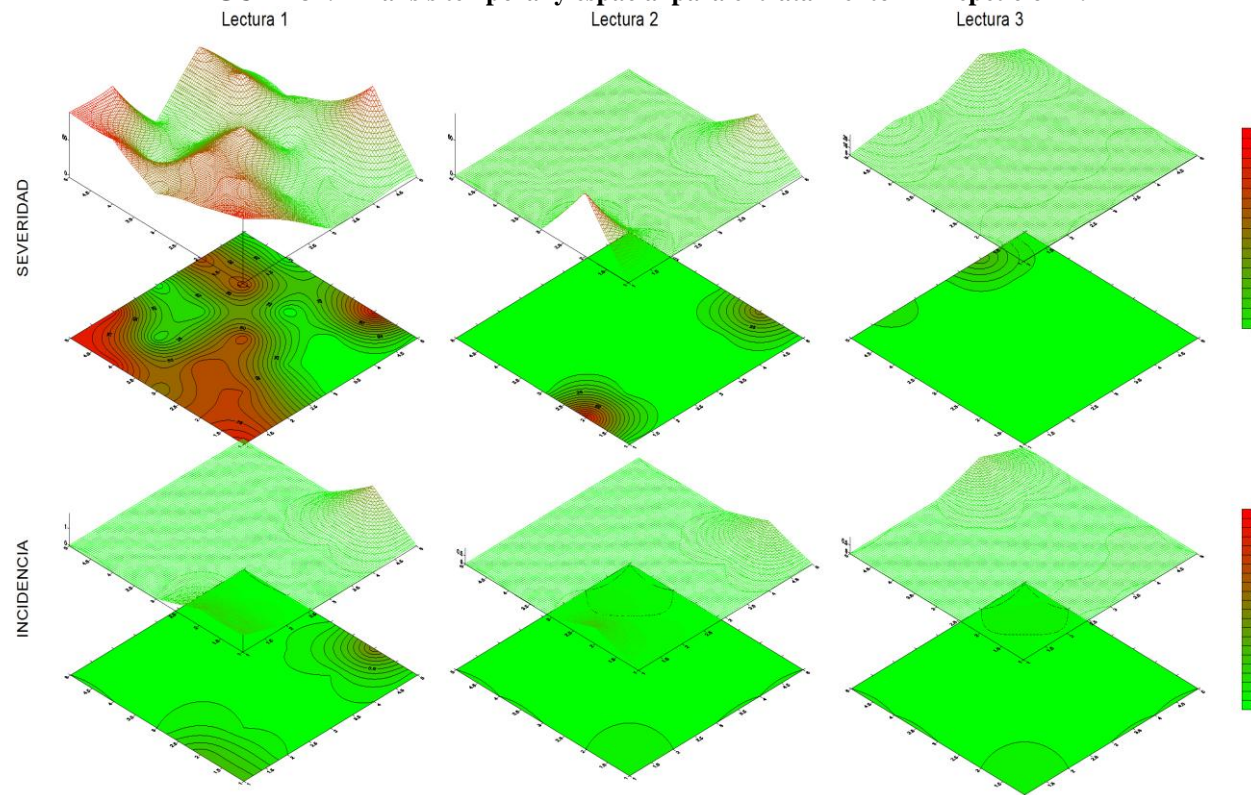
PORCENTAJE DE DAÑO				
Tratamiento	Repetición	Primera lectura	Segunda lectura	Tercera lectura
1	1	41.2	5.6	1.6
1	2	12	1.2	0
1	3	0.8	0	5.6
2	1	13.2	0.4	0.4
2	2	2	0.8	0
2	3	6	0	1.6
3	1	8.4	0	0
3	2	2	0	0
3	3	4	0	0
4	1	47.6	25.6	22.4
4	2	42.4	38	43.2
4	3	36.4	28	23.6

PORCENTAJE DE INCIDENCIA				
Tratamiento	Repetición	Primera lectura	Segunda lectura	Tercera lectura
1	1	4	1	1
1	2	5	0	0
1	3	0	0	3
2	1	7	0	0
2	2	2	0	0
2	3	7	0	0
3	1	3	0	0
3	2	3	0	0
3	3	3	0	0
4	1	21	15	12
4	2	22	23	23
4	3	16	16	10

(Fuente: Sosa, 2009)

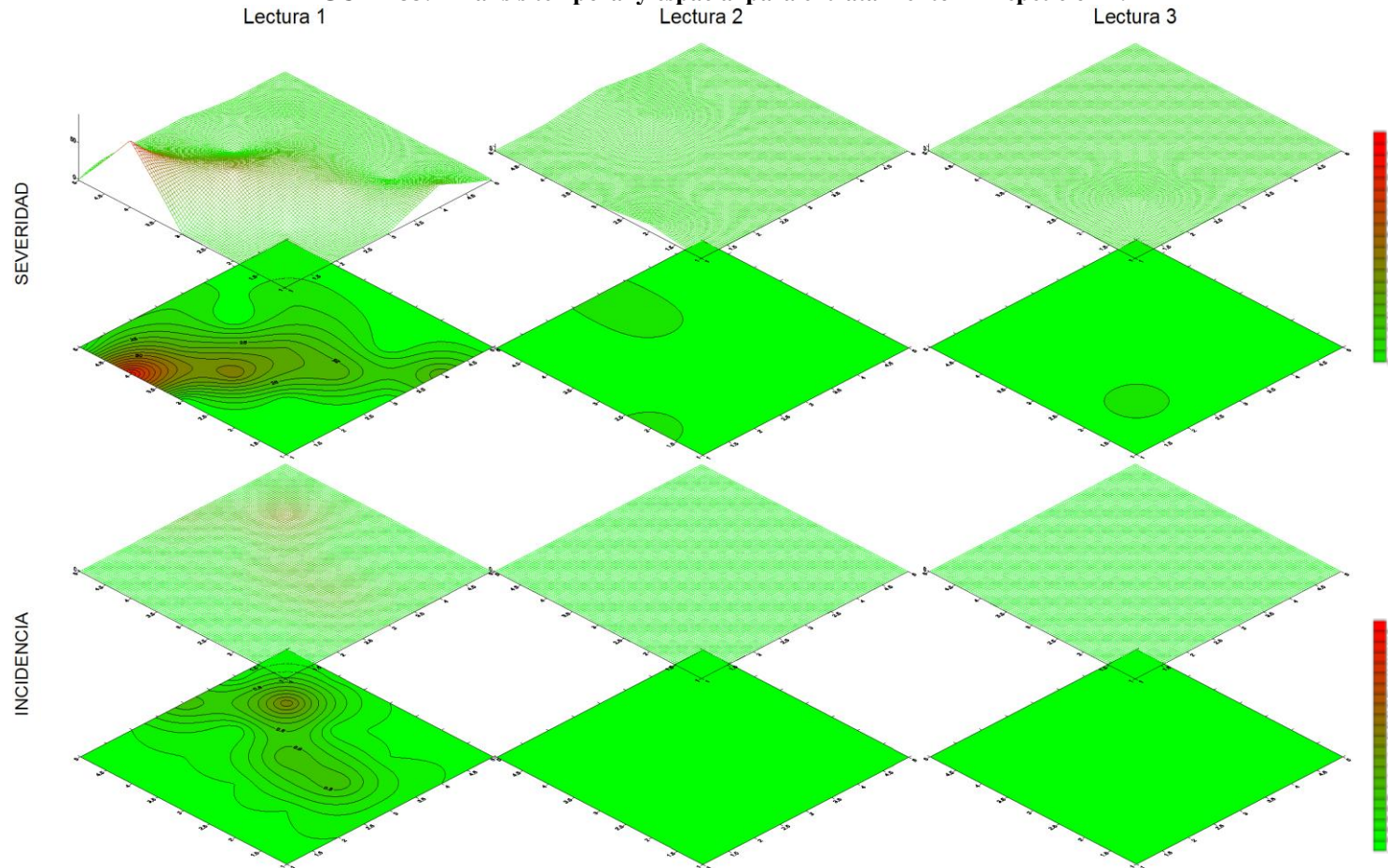
**G. Análisis temporal y espacial del progreso del daño e incidencia ocasionado por la plaga *H. grandella* en caoba (*S. macrophylla*) después de haber aplicado el insecticida de Neem (*A. indica*).**

**FIGURA 32. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 1 – repetición 1.**



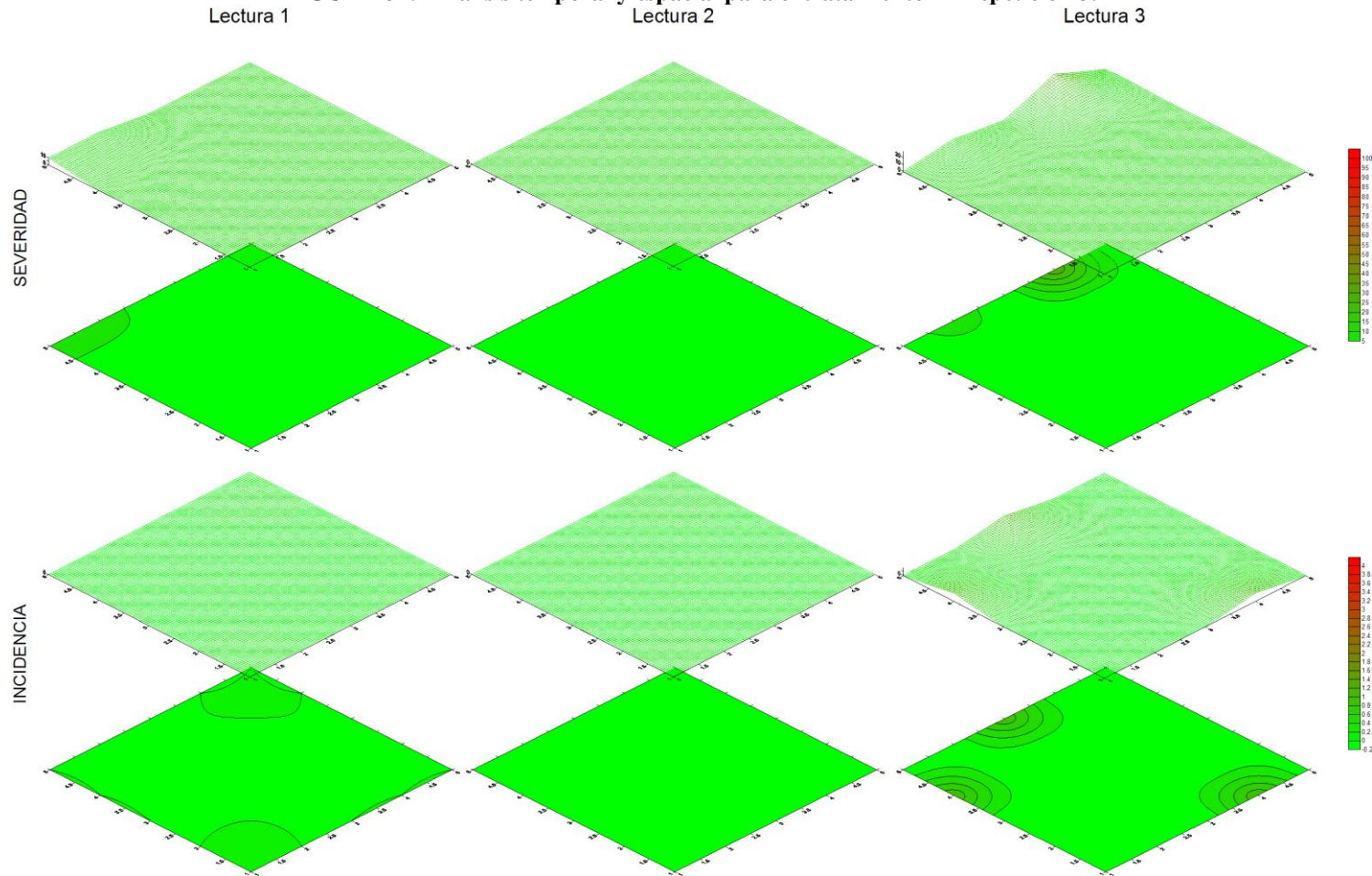
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 33. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 1 – repetición 2.**



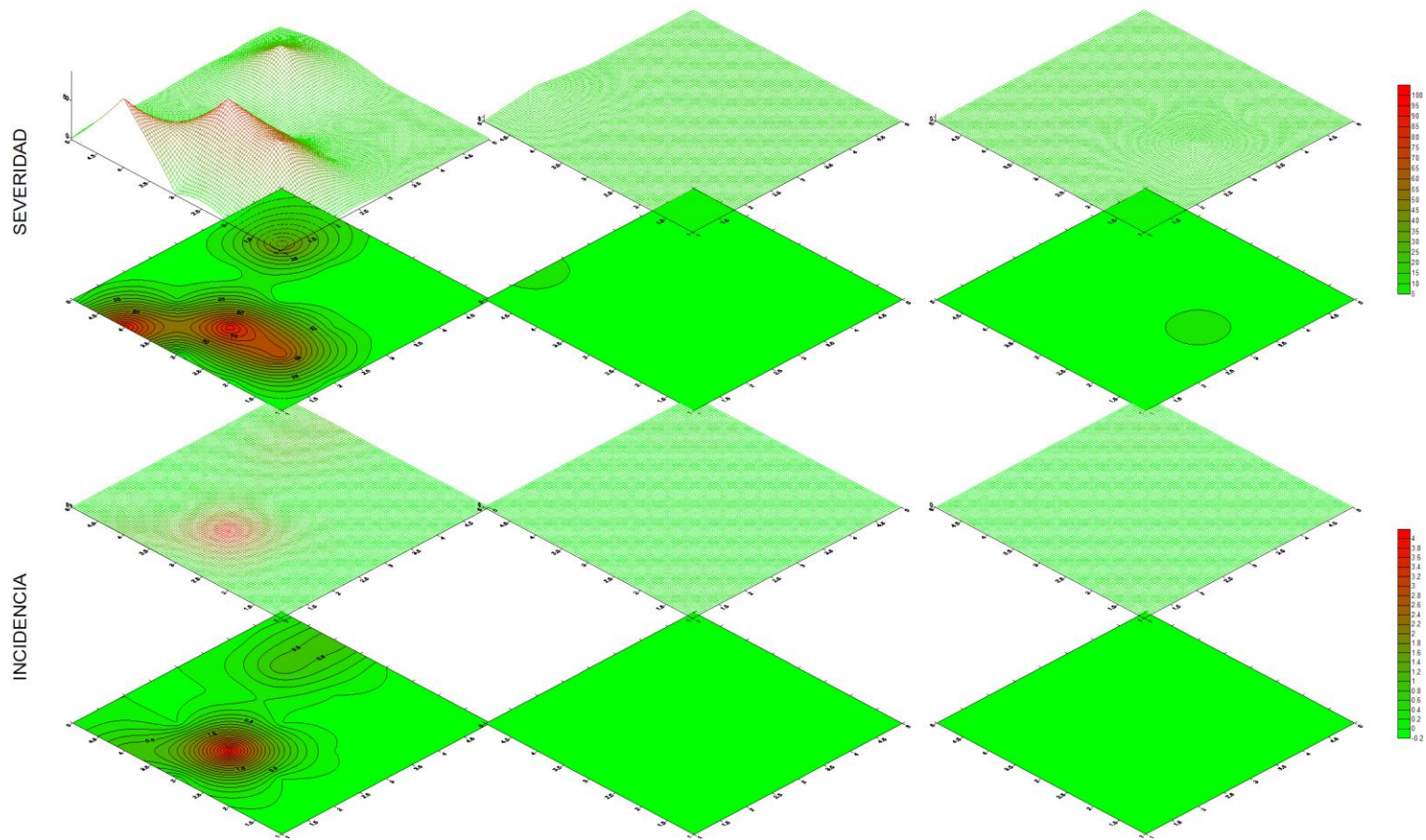
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 34. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 1 – repetición 3.**



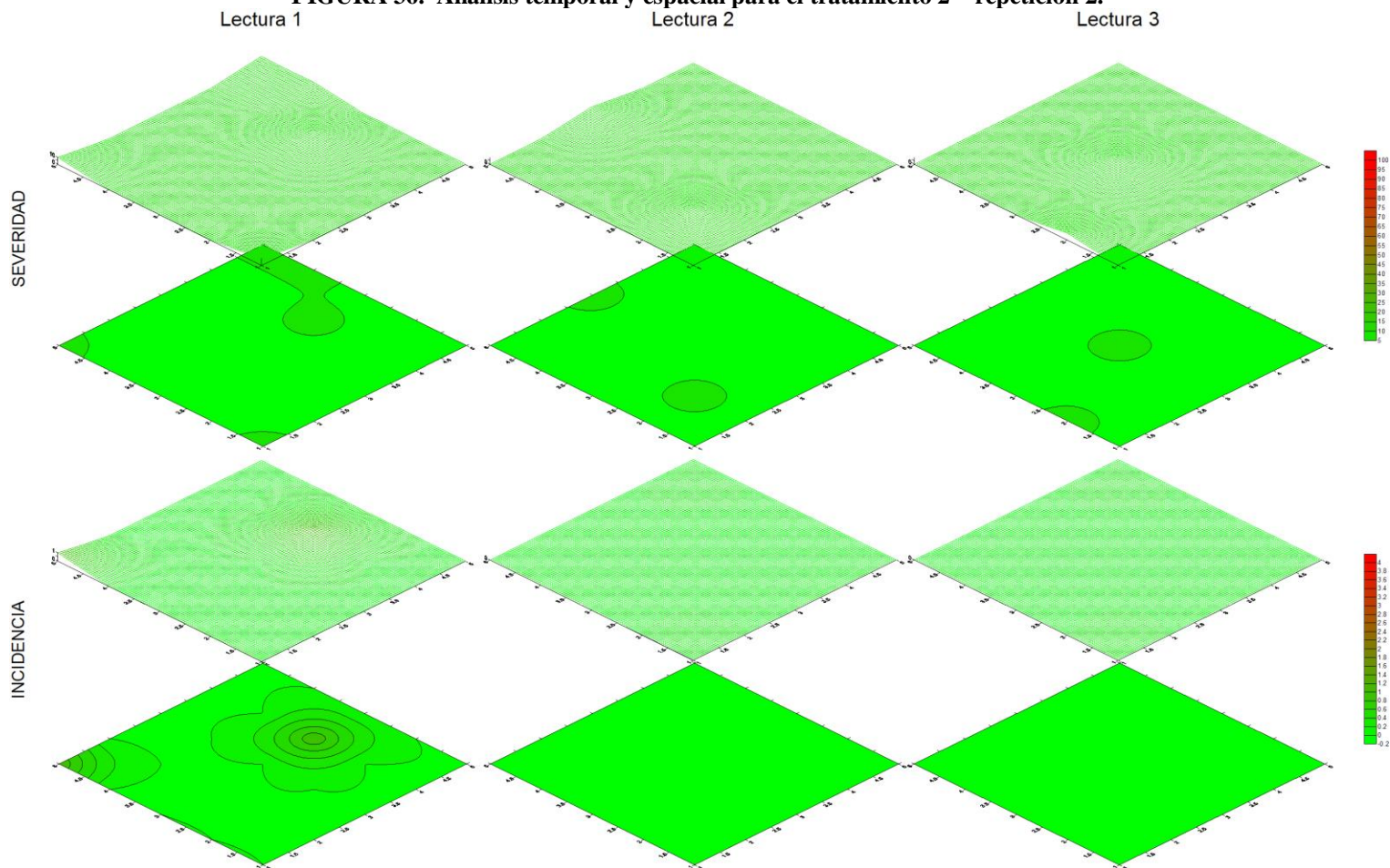
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 35. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 2 – repetición 1.**  
Lectura 1                                      Lectura 2                                      Lectura 3



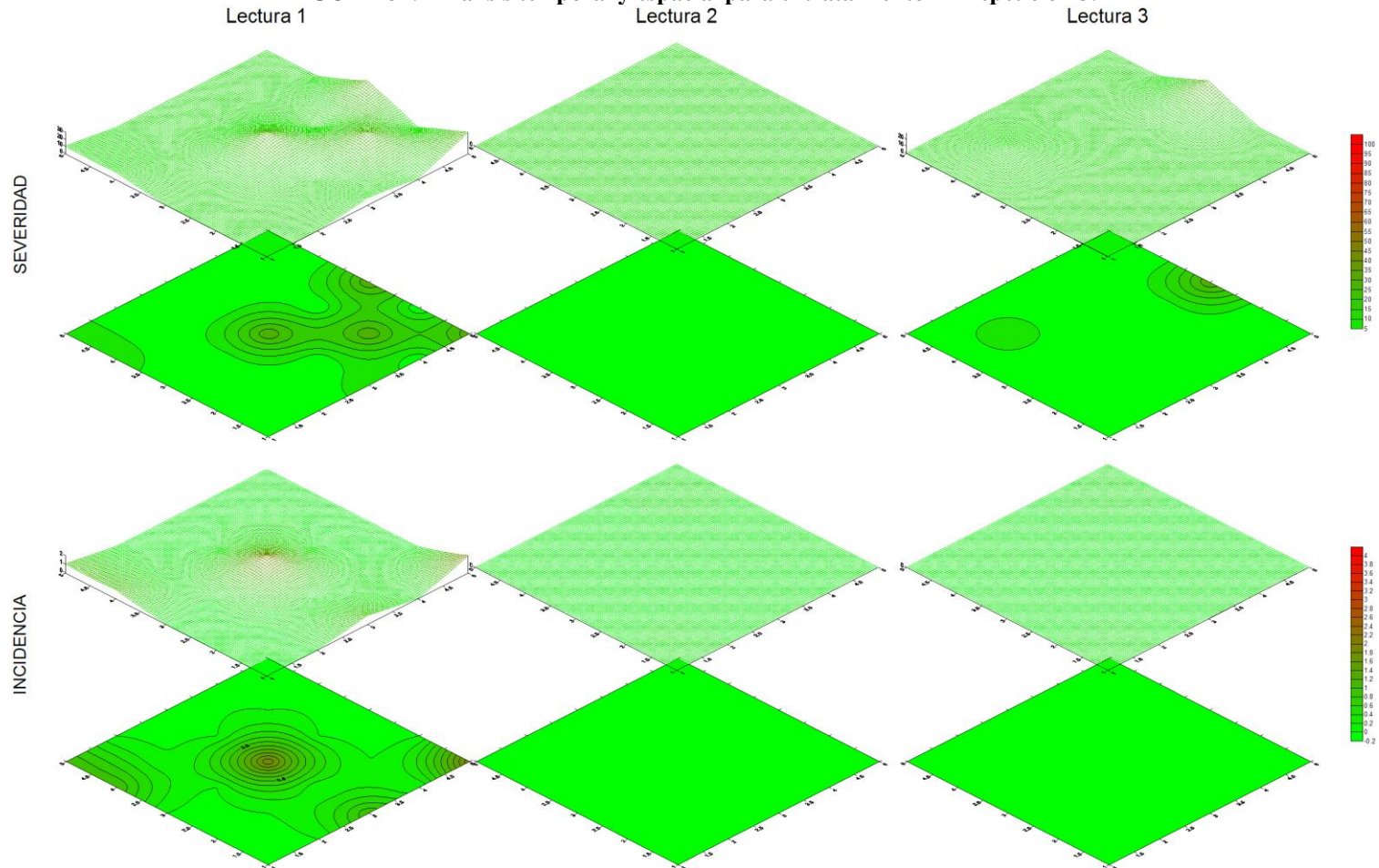
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 36. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 2 – repetición 2.**



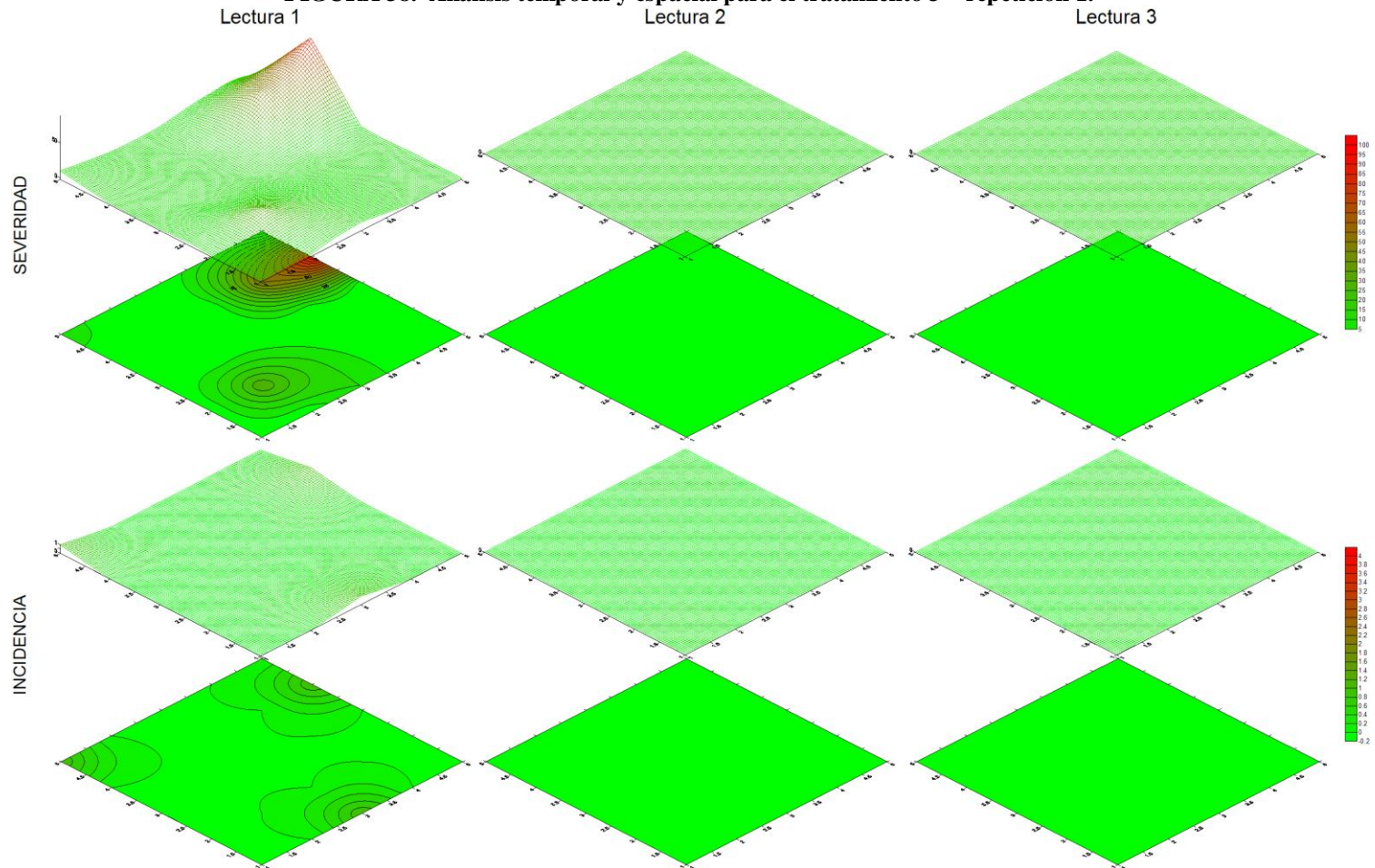
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 37. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 2 – repetición 3.**



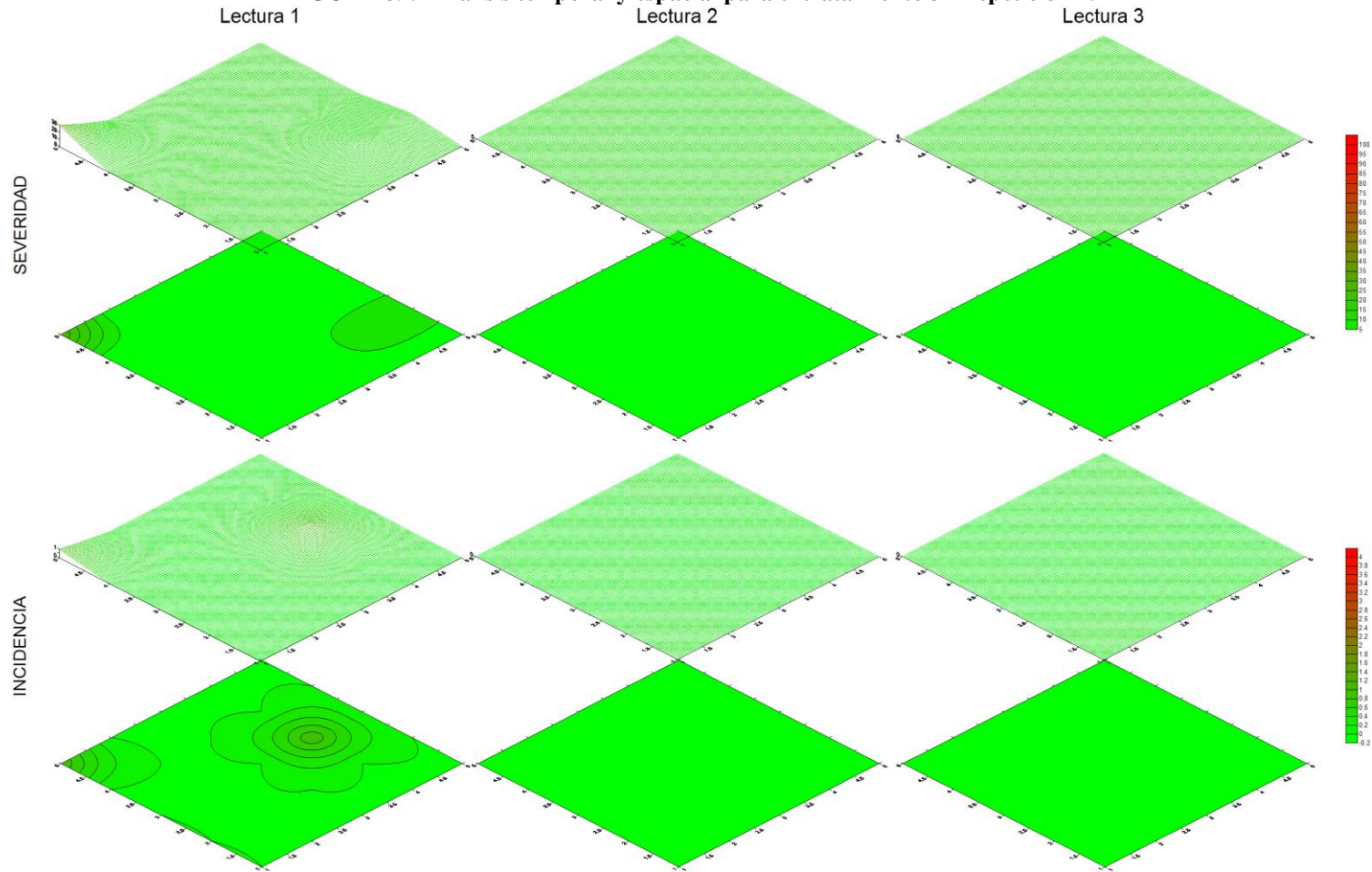
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 38. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 3 – repetición 1.**



(Fuente: Sosa, 2009)

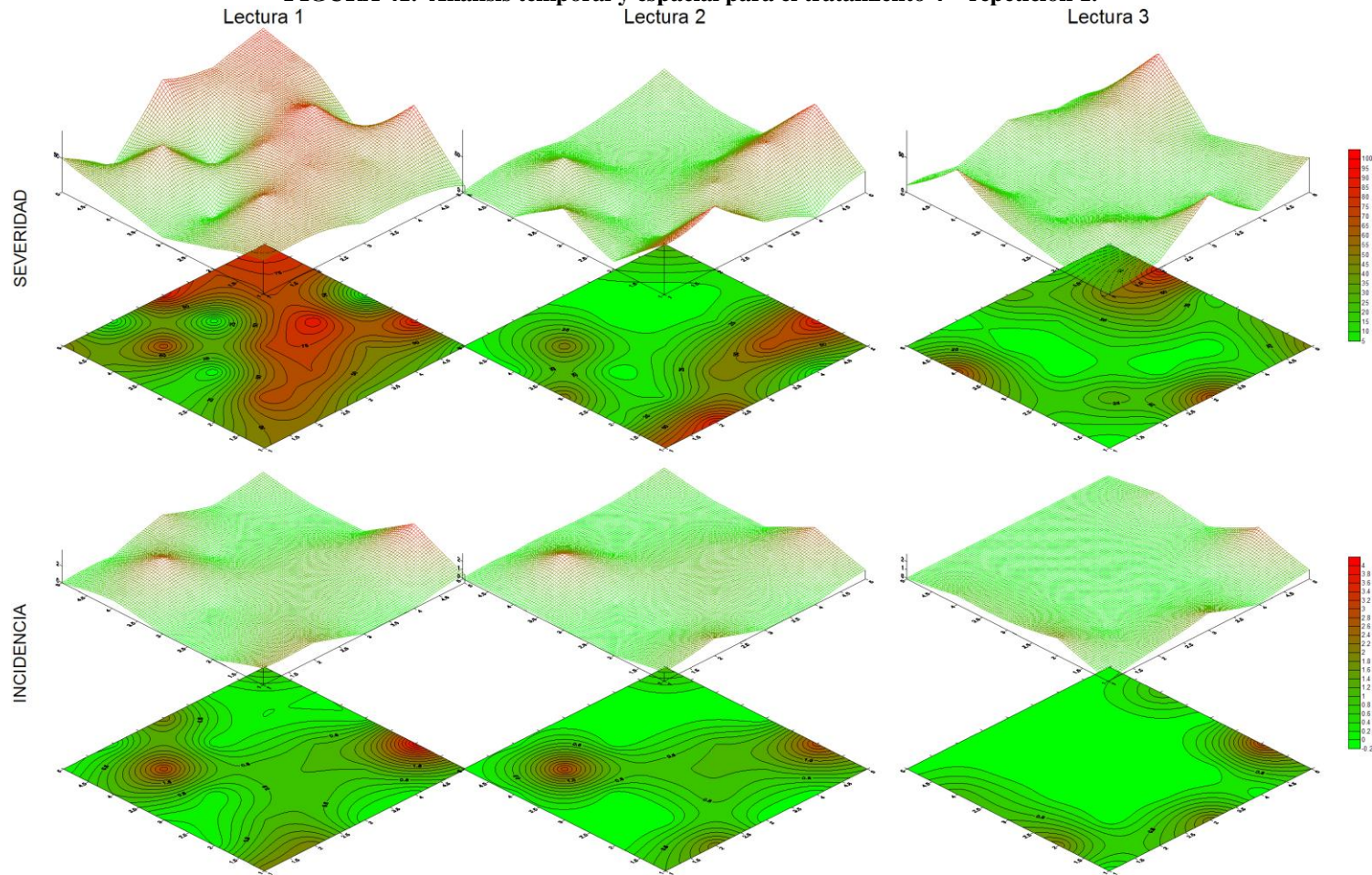
**FIGURA 39. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 3 – repetición 2.**



(Fuente: Sosa, 2009)

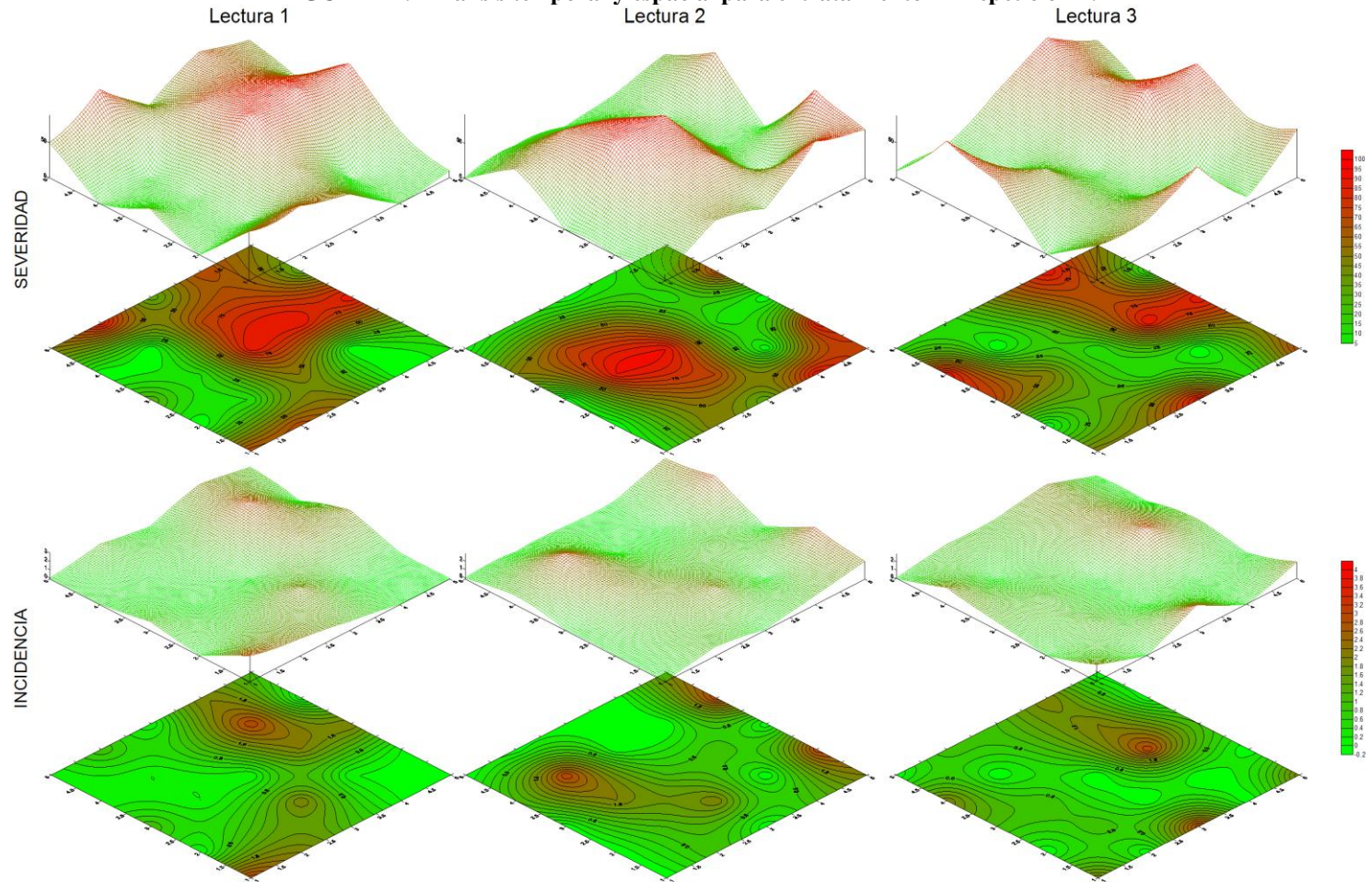


**FIGURA 41. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 4 – repetición 1.**



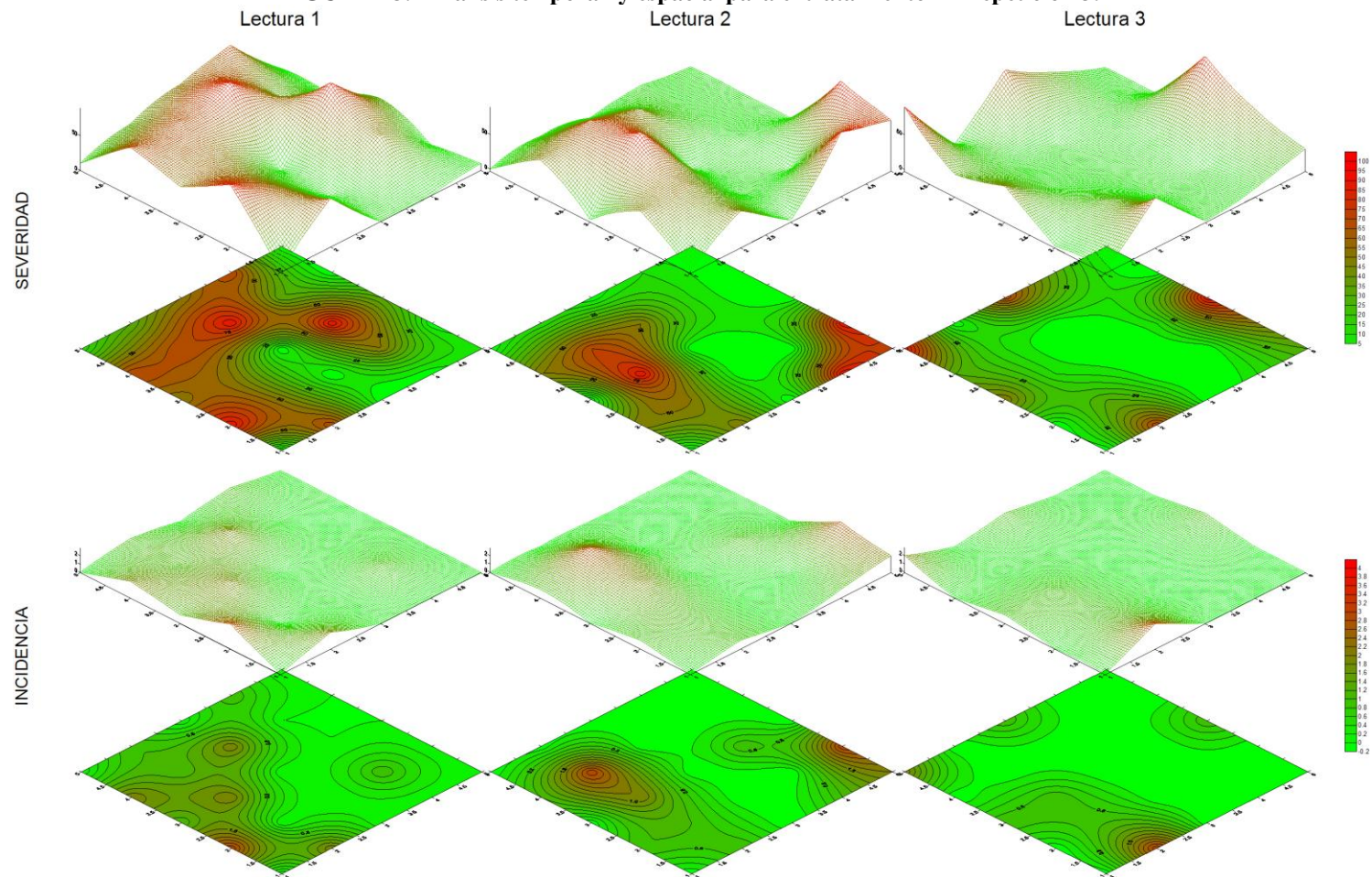
(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 42. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 4 – repetición 2.**



(Fuente: Sosa, 2009)

**FIGURA 43. Análisis temporal y espacial para el tratamiento 4 – repetición 3.**



(Fuente: Sosa, 2009)

