



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO FORESTAL

CRECIMIENTO DE *Cedrela odorata* E INCIDENCIA DE *Hypsipyla grandella* Zeller EN RESPUESTA AL MANEJO NUTRIMENTAL

CELI GLORIA CALIXTO VALENCIA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis titulada: **Crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller en respuesta al manejo nutrimental**, realizada por la alumna: Celi Gloria Calixto Valencia, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ LÓPEZ

ASESOR


DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR


DR. VÍCTOR MANUEL CETINA ALCALÁ

ASESOR


M. EN C. DIEGO ERNESTO LIRA GONZÁLEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2013

RESUMEN GENERAL

Celi Gloria Calixto Valencia, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2013

Hypsipyla grandella es la principal limitante en el éxito de las plantaciones de *Cedrela odorata*, una de las especies de mayor importancia gracias a las características de su madera y demanda comercial. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento e incidencia de *H. grandella* en respuesta al manejo nutrimental de *C. odorata*. Se estableció dos experimentos en una plantación ubicada en la comunidad de Arroyo Colorado municipio de Papantla, Veracruz. El experimento 1 consistió en la aplicación de N, P y K en forma individual y combinada, a los árboles. El experimento 2, consistió en la aplicación de tabletas que contienen fertilizante de liberación lenta e imidacloprid (insecticida). En ambos experimentos, se evaluó el crecimiento en términos de incremento de diámetro y de altura; variables relacionadas con la incidencia de la plaga (número total de brotes por árbol, número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol y número de ataques por brote) y variables fisiológicas, específicamente, concentración foliar de N, P y K. De acuerdo con los análisis de covarianza en el experimento 1, el diámetro de los árboles fue estadísticamente afectado por los nutrimentos. El K y la interacción P*K mostraron efectos significativos sobre el crecimiento de diámetro. La prueba de Kruskal-Wallis indica que existen diferencias significativas en el número total de brotes por árbol. En cuanto a las variables fisiológicas el análisis de covarianza muestra efectos significativos de la aplicación de K sobre la concentración del mismo nutrimento en el follaje. En el experimento 2, los análisis de covarianza indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos para las variables de crecimiento; sin embargo, se identifica un comportamiento consistente en los incrementos de diámetro y altura en relación a los tratamientos. La prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre tratamientos para las variables de incidencia; sin embargo, las tendencias indican que la tableta permitió disminuir el ataque de *H. grandella*. El análisis de covarianza para las variables fisiológicas muestra que la aplicación de la tableta incrementó la concentración foliar de P.

GENERAL SUMMARY

Celi Gloria Calixto Valencia, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2013

Hypsipyla grandella is the main limiting factor for the success of plantations of *Cedrela odorata*, one of the most important tropical tree species because of its wood characteristics and market demand. The objective of this study was to evaluate growth and incidence of *H. grandella* in response to nutrient management of *C. odorata*. Two experiments were established in a *C. odorata* plantation at Arroyo Colorado, Papantla, Ver. Experiment 1 consisted of the application of N, P, and K, as well as their combinations to trees. Experiment 2 consisted of the application of pills containing slow-release fertilizers and imidacloprid (pesticide). In both experiments, the following response variables were evaluated: tree growth expressed as stem diameter and height; pest incidence-related variables (total number of shoots per tree, number of damaged shoots per tree, total number of attack points per tree, and total number of attack points per shoot); and physiological variables, specifically foliar N, P, and K concentrations. According to covariance analyses for experiment 1, tree diameter was statistically affected by nutrients applied. K and the interaction P*K showed significant effects on diameter growth. The Kruskal-Wallis test indicates that there are significant differences for the total number of shoots per tree. Regarding the physiological variables, covariance analysis shows significant effects of the application of K on the concentration of the same nutrient in foliage. Analyses of covariance for experiment 2 show that there are not significant differences among treatments for growth variables; however, a consistent behavior of diameter and height increments in relation to treatments was identified. The Kruskal-Wallis test did not indicate significant differences among treatments for the incidence-related variables; however, trends indicate that application of pills allowed to decrease *H. grandella* attack. Covariance analysis for the physiological variables indicates that the application of pills increased leaf P concentration.

AGRADECIMIENTOS

Al **pueblo de México**, ya que gracias a sus impuestos y por medio del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT) fue posible realizar mis estudios de Maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** y en especial al **postgrado en Ciencias Forestales** por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios y hacerme crecer profesionalmente.

Al **Dr. Miguel Ángel López López**, por su excelencia como profesor y persona, por transmitirme su conocimiento y brindarme siempre su apoyo durante mi formación profesional, por sus consejos y paciencia, gracias. Con respecto y admiración.

Al **Dr. Armando Equihua Martínez**, por las valiosas aportaciones a este trabajo que ayudaron a enriquecerlo y mejorarlo.

Al **M. C. Diego Ernesto Lira González**, por su gran ayuda en campo y por sus acertadas sugerencias que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá, por sus sugerencias para mejorar la calidad del trabajo de investigación.

Ing. Juan Manuel Díaz Pérez, por permitir el desarrollo de la presente investigación en su plantación de *Cedrela odorta*.

Al **personal del Postgrado Forestal** del Colegio de Postgraduados, por haberme brindado su amistad y hacer agradable mi estancia en esa área.

DEDICATORIAS

A mis amados padres Cenobio y Rosa por su amor, confianza y apoyo incondicional.

A mis queridos hermanos por todo el amor y apoyo que me brindaron y me brindan.

A Erickson Basave, por formar parte de mi vida y llenarla de amor. Gracias por tu apoyo y enseñarme a no dejarme caer y darme siempre fuerzas para salir adelante.

A mis queridos sobrinos, por contagiarme de alegría.

CONTENIDO

Índice de cuadros	x
Índice de figuras	xii
RESUMEN GENERAL	iii
GENERAL SUMMARY	iv
CAPITULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1.-OBJETIVOS	3
1.1.1 General	3
1.1.2 Específicos	3
1.2.- HIPÓTESIS	3
1.3.- REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.3.1.- <i>Cedrela odorata</i> L.	4
1.3.2-Taxonomía.	4
1.3.3.-Distribución	4
1.3.4-Importancia	5
1.3.5-Problemática	5
1.3.6- <i>Hypsipyla grandella</i> Z.	6
1.3.7.-Manejo del barrenador <i>Hypsipyla grandella</i>	8
1.3.8-Fertilización	9
1.3.9.-Importancia de la nutrición forestal	10
1.3.10-Principales nutrimentos	10
1.4- Literatura citada	13
CAPITULO 2	16
Fertilización química de una plantación de <i>Cedrela odorata</i> con N, P y K, en relación al crecimiento e incidencia de <i>Hypsipyla grandella</i>	16
2.1 RESUMEN	16
SUMMARY	17
2.2-INTRODUCCIÓN	18

2.3.-MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.3.1-Diseño y establecimiento del experimento	20
2.3.2 Dosis de fertilización	20
2.3.3-VARIABLES evaluadas	23
2.3.4.-Variables de daño evaluadas	24
2.3. 5.-Variables fisiológicas evaluadas	26
2.3.6-Control de maleza	26
2.3.7.- Análisis estadísticos	27
2.4.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
2.4.2. Efectos de los nutrimentos individuales aplicados y sus interacciones sobre el crecimiento de <i>Cedrela odorata</i>	29
2.4.3. Efectos de Tratamientos de fertilización con nutrimentos combinados sobre el incremento de diámetro	34
2.4.4. Efectos de tratamientos de fertilización con nutrimentos combinados sobre el incremento de altura	35
2.4.5.- Variables de daño por <i>H. grandella</i>	37
2.4.6.- Variables fisiológicas	40
2.5 Conclusiones y recomendaciones	43
2.6.-Literatura citada	44
CAPITULO 3	46
Fertilizante de liberación lenta en interacción con insecticida: efecto sobre crecimiento de <i>Cedrela odorata</i> e incidencia de <i>Hypsipyla grandella</i>	46
3.1.-RESUMEN	46
SUMMARY	47
3.2.-INTRODUCCIÓN	48
3.3.-MATERIALES Y MÉTODOS	49
3.3.1- Aplicación de las tabletas a las unidades experimentales	49
3.3.2- Variables evaluadas	50
3.3.3.- Control de maleza	52
3.3.4.- Análisis estadísticos	52
3.4.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53

3.4.1.- Altura y diámetro	53
3.4.2.- Variables de daño por <i>H. grandella</i>	54
3.4.3.- Variables fisiológicas	56
3.5. - CONCLUSIONES	58
3.6.-literatura citada	58
CAPITULO 4	60
4.1.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	60

Índice de cuadros

Capítulo 2	Página
Cuadro 1. Tratamientos de fertilización química, aplicados a <i>Cedrela odorata</i> ._____	20
Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo de la plantación <i>Cedrela odorata</i> en Papantla, Veracruz._____	29
Cuadro 3. Significancia, según los análisis de covarianza, de los efectos de tratamientos de fertilización sobre el incremento de diámetro en las diferentes fechas de muestreo._____	30
Cuadro 4. Significancia, según los análisis de covarianza, de los efectos de tratamientos de fertilización sobre el incremento de altura en las diferentes fechas de muestreo._____	30
Cuadro 5. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para incremento de diámetro y altura de <i>C.odorata</i> en las diferentes fechas de evaluación realizadas en el sitio de estudio._____	31
Cuadro 6. Significancia para número total de brotes por árbol en <i>C.odorata</i> en las diferentes fechas de evaluación de acuerdo con la prueba Kruskal – Wallis._____	37
Cuadro 7. Sumas de rangos para número total de brotes por árbol, número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol y número de ataques por brote por factor experimental y fecha de evaluación de acuerdo con la prueba de Wilcoxon._____	40
Cuadro 8. Significancia según los análisis de varianza, de los efectos de las fuentes de variación sobre las concentraciones de N, P y K en follaje de <i>C. odorata</i> ._____	41

Capítulo 3	Página
Cuadro 9. Tratamientos aplicados a <i>Cedrela odorata</i> ._____	49
Cuadro 10. Sumas de rangos para número total de brotes por árbol, número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol, número de ataques por brote por tratamiento y fecha de evaluación de acuerdo con la prueba de Wilcoxon._____	55
Cuadro 11. Análisis de varianza y nivel de significancia de los tratamientos en relación a la concentración de los nutrimentos aplicados._____	56

Índice de figuras

Capítulo 1

	Página
Figura 1. Área de distribución de <i>Cedrela odorata</i> en México._____	5
Figura 2. Larvas de <i>Hypsipyla grandella</i> ._____	7
Figura 3. Crecimiento anormal de <i>C. odorata</i> debido al ataque de <i>H. grandella</i> .__	8
Figura 4. Localización geográfica del área de estudio._____	12
Figura 5. Plantación estudiada de <i>Cedrela odorata</i> en Arroyo Colorado, Papantla, Ver._____	12

Capítulo 2

	Página
Figura 6. Aplicación de los tratamientos de fertilización a <i>Cedrela odorata</i> en Arroyo Colorado, Papantla, Veracruz._____	21
Figura 7. Etiquetado del árbol._____	22
Figura 8. Distribución de tratamientos de fertilización química en el área experimental._____	22
Figura 9. Medición de las variables de crecimiento diámetro y altura respectivamente._____	23
Figura 10. Signos del Daño ocasionado por <i>Hypsipyla grandella</i> ._____	24
Figura 11. Perforación del brote de <i>Cedrela odorata</i> por larva de <i>H. grandella</i> ._____	25
Figura 12. Muerte del brote principal de <i>C. odorata</i> por ataque de <i>H. grandella</i> ._____	25
Figura 13. Aplicación del herbicida (2-4 D Amina + Glifosato + Indaziflam) en la plantación de <i>C. odorata</i> , Papantla, Veracruz._____	27
Figura 14. Comportamiento del crecimiento, concentraciones y contenidos de A) nitrógeno, B) fósforo y C) potasio en follaje de <i>Cedrela odorata</i> en respuesta a tratamientos de fertilización._____	34

Figura 15. Efecto de tratamientos sobre el incremento de diámetro y comparaciones de diámetro inicial (DI03-12) y diámetro final (DF), entre tratamientos._____	35
Figura 16. Efecto de tratamientos de fertilización sobre incremento de altura y comparaciones de altura inicial (AI03-12) y altura final (AF), entre tratamientos._____	36
Figura 17. Incremento de altura en respuesta a tratamientos de fertilización en <i>Cedrela odorata</i> , en las diferentes fechas de evaluación._____	37
Figura 18. Efecto de los tratamientos sobre las concentraciones foliares de A) nitrógeno, B) fósforo y C) potasio en <i>C. odorata</i> ._____	41

Capítulo 3

Página

Figura 19. Aplicación de las tabletas (Fertilizante de liberación lenta más insecticida) y etiquetado del árbol._____	50
Figura 20. Esquema del experimento en campo._____	50
Figura 21. Incremento de diámetro de <i>C. odorata</i> por tratamiento y fecha de evaluación._____	53
Figura 22. Incremento de altura de <i>C. odorata</i> por tratamiento y fecha de evaluación._____	54
Figura 23. Efecto de los tratamientos (Tabletas de fertilizante de liberación lenta más insecticida imidacloprid) sobre las concentraciones foliares de a) nitrógeno, b) fósforo y c) potasio._____	57

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las plantaciones forestales en México, han adquirido gran importancia ya que contribuyen a asegurar el abastecimiento de materias primas para la industria forestal (CONAFOR- CP, 2009). *Cedrela odorata*, es una de las especies de madera más valiosas en el mercado y de mayor consumo debido a sus excelentes características maderables. Su madera tiene un bello jaspeado que la hace atractiva para la fabricación de chapas y madera terciada. El cedro rojo se ha empleado desde hace muchos años para la producción de madera, gracias a su rápido crecimiento (Rodríguez, 2001). Además, se considera que es una especie con alto potencial para la reforestación en zonas degradadas de selva, en zonas secas, existen experiencias de reforestación, donde se considera que promueve un efecto restaurador de terrenos degradados o control de la erosión en México (Ramírez, 2008; Mery *et al.*, 2001). Sin embargo, las plantaciones forestales de meliáceas, desafortunadamente son atacados por *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), una de las plagas forestales más severas conocidas en el trópico, pues ha provocado la pérdida total o parcial de muchas plantaciones de meliáceas (CONAFOR-CP, 2009).

El principal daño, es causado por la larva que destruye la yema terminal principal, barrenando en las puntas y haciendo túneles en los tallos jóvenes. Las plantas afectadas por repetidos ataques de *H. grandella*, dan como resultado numerosas ramas laterales y consecuentemente, fustes torcidos, indeseables para la producción de madera (Cibrián *et al.*, 1995; Briceño, 1997; Lunz *et al.*, 2009). Investigaciones han reportado que el ataque de esta plaga ha provocado la pérdida total o parcial de las plantaciones de meliáceas (CONAFOR- CP, 2009). Desde hace varias décadas se han venido implementando diversos métodos para el control de esta plaga. Sin embargo, hasta la fecha no se ha podido solucionar dicho problema por completo (Newton *et al.*, 1993). En este trabajo se prueba la fertilización química como un posible método de control de *H. grandella*, con la finalidad de aumentar el crecimiento de *Cedrela odorata* y mejorar su resistencia al ataque de la plaga. El método consistió en aplicar N, P y, K al suelo (Capítulo 2) tabletas de fertilizante de liberación lenta con insecticida (Capítulo 2).

1.1.-OBJETIVOS

1.1.1 General

Evaluar el crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella* en relación al manejo nutrimental

1.1.2 Específicos

Definir el tratamiento de fertilización que disminuye la incidencia de *H. grandella* en una plantación de *Cedrela odorata*.

Determinar el tratamiento de fertilización que permite mejorar el crecimiento de *Cedrela odorata*.

Estudiar la relación entre el estado nutrimental de *Cedrela odorata* y la incidencia de *H. grandella*.

1.2.- HIPÓTESIS

Existen tratamientos de fertilización química que permiten disminuir la incidencia de *H. grandella* en plantaciones de *Cedrela odorata*.

Algunos tratamientos de fertilización química permiten mejorar el crecimiento de *Cedrela odorata* en el sitio de estudio.

La concentración nutrimental en los árboles de *C. odorata*, tiene efecto sobre el ataque de *H. grandella*.

1.3.- REVISIÓN DE LITERATURA

1.3.1.- *Cedrela odorata* L.

Es un árbol monoico que puede medir hasta 35 m de altura y de 1.5 a 2.0 m de diámetro normal, con un tronco recto o poco ramificado y con pequeños contrafuertes en la base. Su copa es redondeada y densa, de ramas ascendentes y gruesas. Las hojas se encuentran dispuestas en espiral, paripinadas o imparipinadas. Las flores son masculinas y femeninas en la misma inflorescencia que es una panícula terminal de 15 a 30 centímetros de longitud, son finamente pubescentes, actinomorfas, ligeramente perfumadas y florecen de marzo a agosto dependiendo de la región. Los árboles eliminan las hojas cuando éstas han madurado totalmente. Los frutos de la temporada anterior son cápsulas de 2.5 a 5 cm de longitud, cuatro a cinco valvas, elipsoides u oblongas, de color verde a café oscuro, glabras y con aroma similar al ajo (Marroquín y Barrosa, 1994; Pennington y Sarukhan, 2005).

1.3.2-Taxonomía.

Cedrela odorata L, es una especie tropical perteneciente a la familia de las Meliáceas, incluye cerca de 50 géneros y 800 especies que se encuentran distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de América, Asia, África, Australia y Nueva Zelandia. *Cedrela odorata* fue clasificada por Linnaeus en 1759, se le conoce comúnmente como cedro rojo, nombre que es aplicado en toda su área de distribución, también es llamado chujté (tzeltal) en la zona lacandona, Chiapas, así como icte (huasteco) y tiocuáhuítl (náhuatl) (Cordero *et al.*, 2003; Pennington y Sarukhan, 1968).

1.3.3.-Distribución

Se encuentra distribuido en las zonas tropicales desde México hasta Bolivia y norte de Argentina, así como en el Caribe. Debido a su amplia distribución en América tropical forma parte de la flora nativa de la mayoría de los países latinoamericanos excepto Chile (Cordero *et al.*, 2003). En México se encuentra desde la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí, hasta la península de Yucatán y en la del Pacífico, desde Sinaloa hasta Guerrero, y en la depresión central y costa de Chiapas (Pennington y Sarukhan, 1968).



Figura 1. Área de distribución de *Cedrela odorata* en México.

1.3.4-Importancia.

Cedrela odorata es después de la caoba la especie maderable más importante en México. Su madera es de características excelentes; se usa para obtener madera aserrada, para la fabricación de chapas y esculturas por su bello jaspeado. Tiene buena aceptación en el mercado y es un árbol de rápido crecimiento. La aromática madera, posee una alta demanda en los trópicos de América debido a que es resistente a las termitas y a la pudrición (Cordero *et al.*, 2003; Pennington y Sarukhan, 1968). En México la superficie cubierta por plantaciones forestales comerciales (PFC) de diversas especies a nivel nacional alcanza aproximadamente 117,479 ha, de las cuales las especies maderables representan un 85.2%, distribuidas básicamente en los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, siendo el cedro rojo y el eucalipto, las especies que mayormente se han plantado. La superficie plantada con la especie de *Cedrela odorata* es de 20,705 ha que cubren 20.7 % del total de la superficie cubierta por plantaciones forestales comerciales en México (CONAFOR- CP, 2009.)

1.3.5-Problemática.

Desde hace varias décadas y en varias partes del mundo, incluyendo Latinoamérica, las plantaciones de meliáceas se han abandonado o bien se han interrumpido en su totalidad, debido al ataque de las dos especies, *Hypsipyla grandella* e *Hypsipyla robusta*. En México, como en el resto del trópico americano, *H. grandella* ha sido descrita como una plaga crónica que limita el

establecimiento exitoso de plantaciones de cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba, (*Swietenia macrophylla* King), en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Cibrián *et al.*, 1995; Newton *et al.*, 1993). Uno de los casos más conocidos es PROPLANSE (Promotora de Plantaciones del Sureste) que en sus inicios estableció plantaciones de cedro rojo. Sin embargo, debido a los problemas para controlar *Hypsipylla grandella*, en etapas de desarrollo de *C. odorata*, se inició el cambio para plantar melina, eucalipto y ceiba principalmente, manteniendo la idea de establecer PFC (CONAFOR- CP, 2009).

1.3.6-Hypsipylla grandella Z.

Es un lepidóptero que pertenece a la familia Pyralidae. El tamaño de los adultos varía desde 20 hasta 40 mm de expansión alar, las medidas respectivas son 13 a 17 mm en hembras y 12 a 16 mm en machos. El abdomen es gris oscuro en su parte dorsal y blanquecino por su vista ventral. Larva de tipo eruciforme, con cabeza bien desarrollada de color café, cuerpo subcilíndrico, alargado, con setas poco obvias, pero con manchas de color negro bien definidas. El huevo es de forma esférica, aplanada en su base, recién puesto es de color blanco cremoso, para después cambiar a tonos grisáceos o rojizos. La hembra oviposita en las cicatrices foliares, en la superficie de los brotes nuevos, en las nervaduras de las hojas o sobre la superficie de los frutos (Cibrian *et al.*, 1995). La larva ataca el brote principal y taladra el tallo joven formando túneles, barrenando las puntas. El daño es principalmente causado por la larva (Briceño, 1997). El mayor ataque sucede en tiempos de lluvias que es cuando hay mayor cantidad de brotes. *H. grandella* es atraída por hojas nuevas de *C. odorata* además que necesitan que el árbol este expuesto sin que algún otro árbol le proporcione sombra ya que este medio es favorable para el ataque del barrenador (Sánchez *et al.*, 2009). El pico máximo de ataque de *H. grandella* a *C. odorata*, ocurre aproximadamente a las ocho semanas de que se ha iniciado la formación de nuevos brotes (Newton *et al.*, 1993). Las plantas afectadas por repetidos ataques del insecto, dan como resultado numerosas ramas laterales y consecuentemente, árboles mal formados, indeseables para la producción pues genera madera de mala calidad (Briceño, 1997).

El período crítico en cuanto a mayor incidencia de *H. grandella*, incluye los primeros tres a seis años de edad. La infestación se va reduciendo cuando el árbol alcanza mayor edad, aunque se han registrado ataques desde arboles pequeños hasta arboles de 30 m de altura. La incidencia fluctúa de 50 a 100% (CONAFOR-CP, 2009; Lunz *et al.*, 2009).



Figura 2. Larvas de *Hypsipyla grandella*.



Figura 3. Crecimiento anormal de *C. odorata* debido al ataque de *H. grandella*.

1.3.7.-Manejo del barrenador *Hypsipyla grandella*.

En una revisión desarrollada por Newton *et al.*, (1993), se describe algunos aspectos relevantes de investigación para el desarrollo de métodos de control del barrenador de las meliáceas. Se consideran 3 principales métodos de control hasta el momento por los grados de control que han alcanzado en esta problemática.

Control biológico y químico. Sánchez, (1976) investigó el control de *Hypsipyla grandella* en pequeñas plantaciones de *Cedrella odorata* mediante la aplicación de químicos utilizando DDT, metasystox, endrin, aldrin, parathion y la combinación de estos insecticidas. Encontró que el DDT es el producto más efectivo; sin embargo, para su mayor eficacia, se requiere de repetidas aplicaciones en el periodo de ovoposición. La efectividad de insecticidas de liberación controlada

según estos autores fue investigada por Wilkins *et al* (1976). En este trabajo fueron evaluados 28 insecticidas y sólo 5 de ellos mostraron ser particularmente efectivos. Sin embargo la aplicación de insecticidas en términos generales ha resultado ser impráctica económica y ecológicamente, por lo que el biocontrol ha sido un método que involucra la liberación de enemigos naturales sin futuras interacciones humanas. Sánchez y Velázquez (1998) evaluaron el efecto del hongo *Bauveria bassiana* y la bacteria *Bacillus thuringiensis* sobre *Hypsipyla grandella* los cuales disminuyeron el daño causado por la plaga en un 75%. En otro punto Varón *et al.*, (2005) realizaron un estudio con hormiga para el control de los huevecillos de las larvas del barrenador. Estos autores estudiaron una especie de hormiga que ocasionó una depredación de larvas de *H. grandella* hasta de 100%. Estas prácticas han controlado satisfactoriamente muchas plagas; sin embargo, en muchos casos de igual manera no ha sido rentable.

Uso de especies resistentes se han realizado muchos trabajos con el fin de encontrar especies de meliáceas resistentes al ataque de *H. grandella*. Existen 3 mecanismos de resistencia en las meliáceas: antixenosis, antibiosis y tolerancia. Estos mecanismos difieren substancialmente entre las diversas especies del género. La selección de especies que presentan tales características deben ser realizadas a través de la selección de procedencias, familias e individuos (Gripma y Roberts, 1975).

Control silvícola: en este aspecto entra todos los cuidados que debe tener la planta en vivero y ya establecida en la plantación, tales como: poda del arbolado y deshierbes para evitar la competencia por nutrientes y agua entre el árbol y maleza. Según Ramírez *et al.*, (2008), al aplicar poda, insecticida y deshierbes en una plantación de *C. odorata* para el control de *H. grandella*, obtuvieron un 90.3 % de árboles sanos; sin embargo, tales técnicas se consideran costosas.

1.3.8-Fertilización.

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo. Consiste en la capacidad del suelo para poder proporcionar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La fertilización se usa para generar un equilibrio nutricional de acuerdo a las necesidades nutricionales de la planta. (Alcántar y Trejo, 2007; Guerrero, 1996).

1.3.9.-Importancia de la nutrición forestal.

El empleo de fertilizantes ha aumentado considerablemente en México como en los restantes países del mundo, ya que proporciona un incremento significativo en la producción vegetal. Cuando hay escasez o exceso de nutrimento se reduce la producción. El crecimiento de las plantas, está regulado por el factor que se encuentra en menor cantidad y aumenta o disminuye de acuerdo a su incremento o reducción según la ley del mínimo de Liebig (Gregory, 1992). La deficiencia de cualquier macro o micro elemento puede producir una dramática diferencia en el crecimiento vegetal, desarrollo de raíces, producción de semillas o frutos, resultando en bajos rendimientos y menor calidad de la plantación o cultivo (Alcántar y Trejo, 2007). La fertilización es una herramienta que puede lograr equilibrio nutrimental de las plantas y contribuir a obtener plantas vigorosas (Thompson y Troeh, 2002) y resistentes al ataque de plagas (López y Estañol, 2007 ; Velasco, 2000).

1.3.10-Principales nutrimentos.

Para el crecimiento vegetal hay 17 elementos esenciales los cuales pueden ser divididos en macronutrimentos y micronutrimentos. Los elementos C, H, O, N, P, K, S, Ca y Mg se encuentran entre los macronutrimentos, ya que su concentración en el tejido vegetal seco es mayor a 1000 mg kg⁻¹ (ppm). Los elementos que se encuentran contenidos en concentraciones menores a 500 mg kg⁻¹ (ppm) son considerados como micronutrimentos, e incluyen Cl, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo y Ni (Alcántar y Trejo, 2007). Los efectos de N, P, K en las enfermedades de las plantas son los más reportados. Debido a su limitada disponibilidad en suelo y a la gran cantidad requerida por las plantas, estos elementos constituyen la base del abonado (Velasco, 2000). De aquí depende la clasificación de los tres grandes grupos: nitrogenados, fosfóricos y potásicos. (Guerrero, 1996).

Nitrógeno: Es uno de los elementos más abundantes en la planta. La mayor parte de las plantas dependen del nitrógeno para su crecimiento (Wild y Jones, 1992). Su limitada disponibilidad en el suelo afecta el tamaño y grosor de la pared celular (Velasco, 2000)

Fósforo: Los fosfatos son esenciales para la división celular y para el desarrollo de los tejidos de meristemo (Wild y Jones, 1992). El fósforo y potasio incrementan la resistencia contra plagas y enfermedades; sin embargo el efecto es mayor con el potasio. El P reduce las enfermedades de las

semillas y enfermedades fungosas en la raíz; su exceso puede ocasionar a las plantas susceptibilidad a enfermedades por virus (Velasco, 2000).

Potasio: Es uno de los tres o cuatro elementos que se encuentran en el suelo con mayor frecuencia en cantidades insuficientes. El contenido en las plantas es aproximadamente el mismo que el de nitrógeno (Wild y Jones, 1992). El potasio permite la resistencia o susceptibilidad a las enfermedades de las plantas (Velasco, 2000).

Fertilizante de liberación lenta: fertilizante de acción prolongada, que permite ser absorbido por la planta cuando esta lo requiera, además no permite la pérdida de nutrientes en el suelo por evaporación o lixiviación y no requiere fertilizar nuevamente la planta por el periodo de tiempo en que la tableta este activa. La tableta iniciadora de Bayer contiene nitrógeno (12 %), fósforo (9 %), potasio (4 %) y magnesio (0.5%), Azufre (1.0%), Molibdeno (0.004%) además de (200g/kg) imidacloprid (Bayer).

1.3.11- Área de estudio.

El presente trabajo se realizó en una plantación de *Cedrela odorata*, establecida en Junio de 2011. La plantación llamada El Cedral está localizada en la comunidad de Arroyo Colorado municipio de Papantla, Veracruz. Se encuentra a 180 msnm, en las coordenadas geográficas 20° 28' 44'' latitud norte y 97° 18' 20''. Dicha plantación cuenta con una superficie de 26 ha. El sitio presenta un clima cálido subhúmedo con una temperatura promedio de 20.8 °C; su precipitación pluvial media anual es de 1,160 mm. El tipo de suelo es de franco a franco arcilloso.

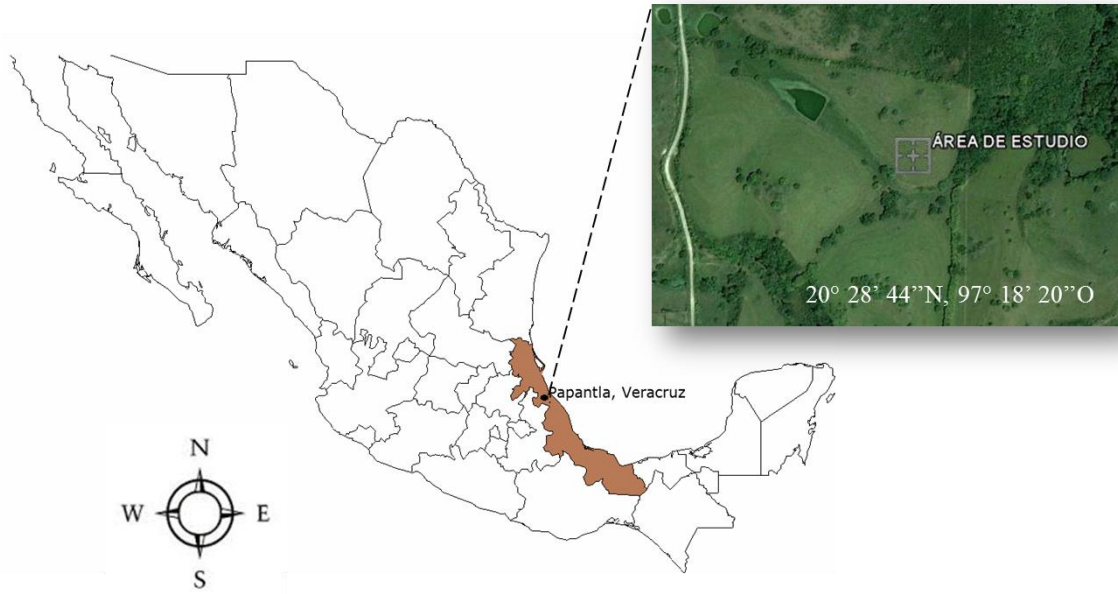


Figura 4. Localización geográfica del área de estudio.



Figura 5. Plantación estudiada de *Cedrela odorata* en Arroyo Colorado, Papantla, Ver.

La plantación, donde se llevaron a cabo los experimentos, presentó heterogeneidad de edades. La problemática en esta plantación inicia desde la recolección de germoplasma, ya que la semilla utilizada proviene de árboles seleccionados en función de criterios relacionados con su

accesibilidad para cortar la semilla. Por otro lado, los cuidados de manejo en el vivero distan de ser los adecuados. Los árboles, tanto en el vivero como en campo frecuentemente presentan deficiencias de nutrimentos y ataques por plagas y enfermedades. Las características de manejo descritas dieron como resultado una plantación muy heterogénea en cuanto a dimensiones de los árboles; sin embargo, por su extensión, características topográficas y cooperación del propietario Ing. Juan Manuel Díaz, fue la más adecuada para el establecimiento de los experimentos.

1.4- LITERATURA CITADA

- Alcántar G, G., y T. Libia. I. 2007. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi Prensa. México .D.F. pp. 37-94.
- Briceño A. J.1997. Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller. Forestal Venezolana. 4(1):27-23.
- Cibrián T. D., J. T. Méndez M. R. Campos B. H. O. Yates y J. Flores L. 1995, Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. pp. 112-115.
- CONAFOR- CP. 2009. Situación Actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal. 472 p.
- Cordero J., F. Mesén., M. Montero., J. Stewart., D. Boshier., J. Chamberlain., T. Pennington., M. Hands., C. Hughes., Y G. Detlesen. 2003. Árboles de Centroamérica. J. Cordero y H. Boshier (eds). Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. pp 1079.
- Gregory, P. J. 1992. Crecimiento y desarrollo vegetal. *In* : Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Urbano T. P y C. Rojo H. (ed). Mundi Prensa. Madrid, España. pp. 31-73.
- Grijpma, P., y S. C. Roberts.1975. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep., Pyralidae). Biological and chemical screening for the basis of resistance of *Toona ciliata* M. J. Roem. *var australis* (F. v. M.) C. DC. Turrialba, 25 (2): 152- 159.
- Guerrero A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa. Madrid. España. 206p

- López L., M. A., y E. Estañol, B. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra Latinoamericana*. 25: 9-15.
- Lunz, A. M., M. J. Thomazini M., C. Blassioli M., E. J. Maciel N., T. F. Coelho B., J. Degenhardt. L. Alies y S. O. Chingeo O. 2009. *Hypsipyla grandella* en megnó (*Swietenia macrophylla*) situacae actual e perspectivas.54. 45-55.
- Marroquín M. J. I. y J. T. Barrosa C. 1994. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de cedro rojo en el Estado de Veracruz. SARH. INIFAP. 27 p.
- Mery G., S. Kegen. Y C. Lujan. 2001. Forest – based development in Brazil, Chile and México. pp 243-263. In: *World Forest, Markets and policies*. Palo M., J. Uusivouri. Y G. Mery. (ed). Kluwer Academic Publishers. Finland. pp. 487.
- Newton, A., C., P. Baquer. S. Ramnarine. J. F. Mesén. y R. B. Leakey.1993. The mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management*. 57: 301-328.
- Pennington T. D. y Sarukhán J. 1968. Árboles Tropicales de México. INIF y FAO. México. 417 p.
- Pennington T. D. y Sarukhán J. 2005. Árboles Tropicales de México. Tercera edición. Científicas Universitarias. México. 511 p.
- Ramírez G., C., F. Vera, C. F. Carrillo, A. y O. S. Magaña, T. 2008. El cedro rojo (*Cedrela odorata*) como alternativa de reconversión en terrenos abandonados por la agricultura en el sur de Tamaulipas. *Agricultura Técnica en Mexico*.34 (2):243-250.
- Rodríguez G., J. Márquez, R. y V. Rebolledo, C. 2001. Determinación de potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedrela odorata* L. y su relación con caracteres morfométricos del fruto. *Forestal Veracruzana*. 3(2): 23-26.
- Sánchez, J. C., Holsten , E. H and Whitmore, J. L. 1976. Compartamiento de 5 especies de Meliaceae en Florencia Sur, Turrialba. In: J. L. Whitmore (Editor), *Studies on the Shoot Borer Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol. III. IICA Miscellaneous Publications número 110, CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 97-103.
- Sánchez S., S., M. Dominguez, D. y H. Cortés, M. 2009. Efecto de la sombra en plantaciones de caoba sobre la incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller y otros insectos en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 25 (3): 225-231.
- Sánchez M., V., y C. Velazquez, E. 1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller). Barrenador de brotes de las meliáceas. *Ciencia Forestal en México*. 23(83) 33-39.

- Thompson, L. M., y F. R. Troeh. 2002. Los suelos y su fertilidad. 4th ed. Editorial Reverte, Barcelona, Spain. pp. 649.
- Varón H., E., N. Barbera, P. Hanson, M. Carballo, y L. Hilje. 2005. Potencial de depredación de *Hypsipyla grandella* por hormigas en cafetales de Costa Rica. Manejo integrado de Plagas y Agroecología, 74 (1): 17 - 23.
- Velasco V. A. 2000. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana.17 (3). 192-200.
- Wild, A., y L. H. Jones. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. In : Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Urbano T., P y Rojo H., C. (ed). Mundi prensa Madrid. España. pp.73-121.
- Wilkins R., M., G. G. Allan. and R. I. Gara. 1976. Protection of Spanish cedar with controlled release insecticide. In: J. L. Whitmore (Editor), Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol. III. IICA. Miscellaneous Publication No 101, CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 63-70.

CAPITULO 2

Fertilización química de una plantación de *Cedrela odorata* con N, P y K, en relación al crecimiento e incidencia de *Hypsipyla grandella*

2.1 RESUMEN

Cedrela odorata es una de las especies nativas de mayor importancia forestal en México; sin embargo, el desarrollo de plantaciones se ha visto limitado por la presencia del barrenador de las meliáceas. El mejoramiento del balance nutrimental de especies vegetales ha mostrado, en algunos casos, efectividad para incrementar la resistencia al ataque de plagas. Partiendo de este hecho, el objetivo de este trabajo fue evaluar crecimiento de *C. odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella* en relación a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, en una plantación de cedro rojo ubicada en Papantla, Veracruz, México. Usando un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, se evaluó la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio. Los materiales fertilizantes utilizados fueron: urea para nitrógeno, superfosfato simple de calcio para fósforo y sulfato de potasio para potasio. Periódicamente se evaluó el crecimiento en términos de incremento de diámetro, altura y variables relacionadas con la incidencia de la plaga. Los resultados obtenidos indican que el diámetro de los árboles fue estadísticamente afectado por los nutrimentos. El análisis de varianza de las variables fisiológicas, indica efectos significativos con la aplicación de potasio. La interacción fósforo*potasio presentó efectos significativos en crecimiento de diámetro. De acuerdo con la prueba Kruskal Wallis, la aplicación de nitrógeno mostró efectos significativos sobre el número total de brotes en el mes de octubre de 2012. Así mismo, se observó una disminución de la incidencia del barrenador con la aplicación de potasio; sin embargo, este efecto no fue significativo.

Palabras clave: cedro rojo, plaga forestal, fertilización forestal, nutrición forestal, barrenador de las meliáceas.

SUMMARY

Cedrela odorata is one of the most important native forest species in México; however, plantation projects have been limited because of the irruption of the meliaceae shoot borer. The improvement of the internal nutrient balance of plant species has proved, in some cases, its effectiveness on increasing plant resistance to pest attacks. Accordingly, the objective of this research was to assess *C. odorata* growth as well as the incidence of *Hypsipyla grandella* as a function of the application of nitrogen, phosphorus, and potassium, in a Spanish-cedar plantation located at Papantla, Veracruz, Mexico. By using a factorial experiment with arrangement of experimental units according to a complete randomized design, application of nitrogen, phosphorus and potassium was evaluated. The fertilizer materials used were, for nitrogen, urea; for phosphorus, calcium simple superphosphate; and, for potassium, potassium sulfate. Diameter and height increments as well as pest incidence-related variables were evaluated periodically. Results indicate that tree diameter was statistically affected by the applied nutrients. The analysis of variance on the physiological variables denotes significant effects of the application of potassium. The phosphorus*potassium interaction exerted significant effects on diameter. According to the Kruskal-Wallis test, fertilization with nitrogen showed significant effects on the quantity of new shoots in October 2012. Similarly, a decrease in the shoot borer incidence with the application of potassium was observed, although this effect was not statistically significant.

Key words: Spanish-cedar, forest pest, forest fertilization, forest nutrition, meliaceae shoot borer.

2.2-INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las estadísticas nacionales, en México se necesitan 20.5 millones de m³ de madera en rollo, para satisfacer la demanda nacional de productos forestales. Las proyecciones realizadas estiman que sólo el 42% de la demanda nacional es cubierta por la producción local. Tal panorama postuló a México, como uno de los más grandes importadores de productos forestales en América Latina (Mery *et al.*, 2001). Una alternativa para impulsar el desarrollo de la industria forestal del país y cubrir el déficit nacional; ha sido el establecimiento de plantaciones forestales, principalmente en los trópicos, debido a la alta productividad de estas regiones en comparación con las regiones templadas (Montagnini y Jordan, 2005). El alto valor de la madera y la escasez en los mercados ha impulsado el uso de especies nativas en los proyectos de reforestación y plantaciones comerciales. Sin embargo, la falta de información silvícola y la alta incidencia de plagas y enfermedades han restringido el éxito de las reforestaciones con estas especies. Tal es el caso de *Cedrela odorata*, la cual es considerada como una especie de madera preciosa de alto valor comercial cuya demanda en el mercado se incrementa constantemente. Desafortunadamente esta especie presenta graves problemas ocasionados por el ataque de *H. grandella*, comunmente conocida como el “barrenador de las meliáceas” (Cibrián *et al.*, 1995; Pennington y Sarukhan, 2005). *H. grandella*, ataca generalmente cuando hay mayor cantidad de brotes. Los años críticos de *C. odorata* son los primeros tres a seis. La larva barrena los brotes, preferentemente el principal, formando túneles de hasta 20 cm de longitud y el daño provoca la pérdida de los brotes ocasionando numerosas ramas laterales y deformación del fuste, afectando la calidad de la madera (Briceño, 1997). Investigaciones en torno a esta problemática, han reportado que el daño ocasionado por *H. grandella*, oscila entre 50 % y 100%, provocando severas pérdidas en la industria forestal (CONAFOR-CP, 2009).

Varios estudios se han enfocado al control de esta plaga mediante diferentes métodos. El efecto de la aplicación de insecticidas y agentes biológicos ha sido explorado; sin embargo, en muchos casos, no ha sido económica y ecológicamente rentable. Otras alternativas han sido enfocadas mediante métodos silvícolas en las que destacan las plantaciones mixtas, densidades de plantación y selección de genotipos resistentes. Aunque tales métodos han logrado reducir la incidencia, dicho

problema aún no se ha solucionado (Cibrián *et al.*, 1995; Newton *et al.*, 1993) por lo que actualmente la búsqueda de nuevos métodos de control de *H. grandella* sigue siendo una tarea de primer orden.

Las meliáceas requieren de suelos fértiles y bien drenados para su rápido crecimiento. Es por ello que una alternativa favorable es la fertilización, pues a través de ella es posible suministrar nutrimentos minerales que mejoren el balance nutricional de las plantas contribuyendo a obtener plantas vigorosas, mejor rendimiento en cuanto a crecimiento (Thompson y Troeh, 2002) y resistencia al ataque de plagas (López y Estañol, 2007). Bajo estas premisas se evaluó el crecimiento de cedro y la incidencia de *H. grandella* mediante la aplicación de fertilizante químico, utilizando N, P y K de manera individual y combinada.

2.3.-MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1-Diseño y establecimiento del experimento.

El experimento fue un factorial 2^3 en el que los factores fueron nitrógeno, fósforo y potasio, cada uno de ellos aplicado en dos niveles: sin y con nutrimento. La combinación de los niveles de los factores produjo 8 tratamientos, cada uno de los cuales se replicó 20 veces. La unidad experimental fue un árbol y la distribución de los tratamientos en el área experimental se realizó en forma completamente al azar. Las dosis aplicadas de cada nutrimento se muestran en el cuadro 1. Los materiales fertilizantes utilizados fueron, para N; Urea, para P; Superfosfato simple de calcio y para K; Sulfato de potasio.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización química, aplicados a *Cedrela odorata*

Tratamiento	Urea	Superfosfato simple de calcio	Sulfato de potasio
1	0	0	0
2	0	0	10
3	0	7.5	0
4	0	7.5	10
5	5	0	0
6	5	0	10
7	5	7.5	0
8	5	7.5	10

2.3.2 Dosis de fertilización.

Las dosis de fertilización, se calcularon tomando en cuenta la edad del árbol de *Cedrela odorata*, un nivel estimado de eficiencia de la fertilización y la composición foliar determinada a partir de un análisis foliar inicial. Para el análisis foliar se tomaron 4 muestras compuestas de hojas. Para el cálculo de las dosis de fertilizante a aplicar, se utilizó el programa Nutridris elaborado en Excel por el Dr. Miguel Ángel López, del postgrado forestal del colegio de postgraduados. El Nutridris calcula la dosis de fertilizante de acuerdo con la fórmula propuesta por el nutriólogo vegetal

Florencio Rodríguez Suppo, adaptada para estimar la dosis de fertilizante, en función de análisis foliares y de una estimación de la eficiencia de la fertilización.

$$Dosis = \frac{Demanda - Suministro}{Eficiencia}$$

Con el propósito de aumentar la eficiencia de los nutrimentos disponibles para la planta, se realizaron dos aplicaciones de fertilizante: la primera aplicación se realizó en marzo de 2012 y la segunda, en diciembre de 2012. Los materiales fertilizantes fueron aplicados en la zona de goteo de cada árbol. Inicialmente se midieron las variables altura y diámetro de los árboles y el etiquetado se realizó a la par con la aplicación de cada uno de los tratamientos.



Figura 6. Aplicación de los tratamientos de fertilización a *Cedrela odorata* en Arroyo Colorado, Papantla, Veracruz.

2.3.3-VARIABLES EVALUADAS.

Las variables evaluadas se dividieron: en variables de crecimiento (incrementos de diámetro y altura), variables de daño (número total de brotes de *C. odorata*, número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol y número de ataques por brote), y variables fisiológicas (concentración nutrimental).

Medición de altura y diámetro

La evaluación del crecimiento de los árboles de *Cedrela odorata* se realizó para cada uno de los árboles que se encuentran dentro del sitio de muestreo. La primera medición se llevó a cabo en marzo de 2012, a la par con la primera aplicación de los tratamientos de fertilización, las evaluaciones restantes se realizaron en: agosto de 2012, octubre 2012, diciembre de 2012, febrero de 2013 y abril de 2013. El diámetro se midió en la base del tallo del árbol con la ayuda de un vernier digital. Para la altura se tomó en cuenta la altura total del árbol, por lo que utilizó una regla telescópica para hacer la medición como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Medición de las variables de crecimiento diámetro y altura respectivamente.

2.3.4.-Variables de daño evaluadas.

Con relación al daño ocasionado por el ataque del barrenador en los brotes de *C. odorata*, se evaluaron las siguientes variables: Número total de brotes por árbol *C. odorata*. Esta variable se evaluó bimestralmente. A cada árbol se le contó el número de brotes totales generados en el año en curso, presentes en el período de evaluación. Número de brotes atacados por árbol. Se examinó cada uno de los brotes del año en curso a cada una de las unidades experimentales. Para cada brote se registró su condición de sano o atacado. Número de ataques por brote. Un brote se consideró atacado cuando se observó uno o más signos del ataque de *H. grandella*. Esta evaluación se llevó a cabo sobre cada uno de los brotes generados en el año en curso, contando el número de ataques o perforaciones por *H. grandella*. Número total de ataques por árbol. Esta variable resultó de integrar la variable anterior a nivel árbol.

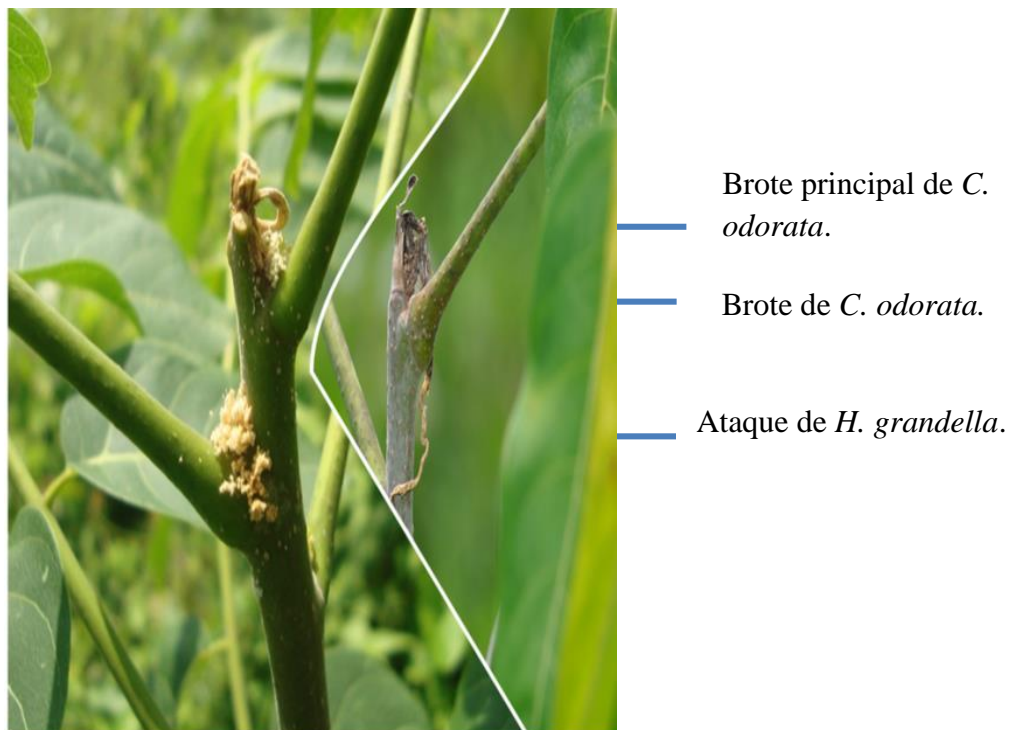


Figura 10. Signos del Daño ocasionado por *Hypsipyla grandella*.



Figura 11. Perforación del brote de *Cedrela odorata* por larva de *H. grandella*.



Figura 12. Muerte del brote principal de *C. odorata* por ataque de *H. grandella*.

2.3. 5.-Variables fisiológicas evaluadas.

Concentraciones foliares de N, P y K. Al final del experimento, en febrero del 2013, se recolectó muestras foliares de cada tratamiento para su análisis químico. Se tomaron 4 muestras compuestas por cada tratamiento y cada muestra compuesta estuvo conformada por un número variable de unidades experimentales debido a que algunos árboles estuvieron desprovistos de follaje cuando se hizo la colecta. Esto se utilizó para relacionar las concentraciones foliares de cada nutrimento con la presencia de la plaga. Los análisis químicos de P y K se realizaron mediante el procedimiento de digestión húmeda con una mezcla de ácido nítrico y perclórico. El P se cuantificó por colorimetría con Vanadato-Molibdato amarillo para desarrollar color, y el K mediante la lectura directa del digestado en un espectrómetro de absorción atómica. Esto se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados. Los análisis foliares de N se realizaron en el Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo, mediante el procedimiento de digestado con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor Micro-Kjeldahl.

2.3.6-Control de maleza.

Este control fue una de las primeras labores de mantenimiento con el objetivo de eliminar la maleza y así evitar la competencia por espacio, humedad y nutrimentos, con las plantas de *C. odorata*. La maleza se controló de forma mecánica cada dos meses después de establecidos los experimentos; sin embargo, debido al corte accidental de algunos árboles de cedro se optó por la aplicación de herbicidas (2-4 D Amina + Glifosato + Indaziflam), los cuales se aplicaron con una bomba de aspersión el día 6 de octubre de 2012. Los cuidados que se tuvieron al aplicar herbicida fueron: antes de la aplicación del herbicida se hizo la limpieza de manera mecánica para que la plantación quedara libre y a sí permitiera la penetración del herbicida en el suelo forestal. Se utilizó una barrera de plástico que rodeó la base del tallo del árbol de tal manera que al aplicar el insecticida este no tocara la corteza y dañara el árbol.



Figura 13.- Aplicación del herbicida (2-4 D Amina + Glifosato + Indaziflam) en la plantación de *C. odorata*, Papantla, Veracruz

2.3.7.- Análisis estadísticos.

Los análisis estadísticos consistieron en análisis de covarianza para los incrementos de diámetro y altura cada dos meses, utilizando como covariable el diámetro inicial de los árboles. Se utilizó el paquete estadístico SAS (versión 9.0) para el análisis de covarianza y pruebas de Tukey para la comparación de medias. Las variables relacionadas con incidencia de la plaga (variables con distribución no normal) se evaluaron cada dos meses. El análisis de estas variables se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis del paquete estadístico SAS. Las variables fisiológicas se procesaron mediante análisis de varianza utilizando el paquete estadístico Infostat (versión 2011) y los nomogramas de vectores, se elaboraron mediante un programa elaborado ex profeso en Excel, por el Dr. Miguel Ángel López López, del postgrado forestal del colegio de postgraduados .

2.4.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1. Características físico-químicas y fertilidad del suelo en el sitio experimental.

Las características del suelo en el área de estudio. De acuerdo con el cuadro 2 el suelo es muy deficiente en nitrógeno, si se considera los resultados de los análisis de suelos tropicales realizados por Drechsel y Zech (1994), en plantaciones de *Tectona grandis*, quienes encontraron que con una concentración aproximada de 0.135 % (1350 ppm) o más de nitrógeno total en el suelo, el crecimiento de la especie se estabilizó. De acuerdo con Hart *et al.*, (2004) el suelo es ligeramente deficiente en fósforo, suficiente en potasio, calcio y magnesio. De acuerdo con Pravin *et al.*, (2013), la concentración de hierro en el suelo es adecuada pero las concentraciones cobre, zinc, manganeso son bajas, aunque el suelo analizado por estos autores es de uso agrícola. Heckman (2004) indica que la concentración de manganeso en el suelo debe variar entre 9.2 y 10.2 ppm, por lo que el suelo en estudio presenta deficiencia de manganeso. Heckman (2009) señala que la deficiencia de boro se presenta cuando las concentraciones de este nutrimento en el suelo son inferiores a 1 ppm, por lo que el suelo en estudio es suficiente en boro. El suelo en el área de estudio es franco arcillo. Esto puede representar una limitante para el crecimiento del cedro rojo en la zona ya que esta especie requiere de suelos bien drenados (Cintrón, 1990), preferentemente con mayores proporciones de arena.

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo de la plantación *Cedrela odorata* en Papantla, Veracruz.

Características del suelo	Concentración	Diagnostico según autores
N (mg Kg ⁻¹)	30.53	Deficiente (Drechsel y Zech,1994)
P (mg Kg ⁻¹)	11.29	Deficiente (Hart <i>et al.</i> , 2004)
K (mg Kg ⁻¹)	238.66	Suficiente (Hart <i>et al.</i> , 2004)
Ca (mg Kg ⁻¹)	7989	Suficiente (Hart <i>et al.</i> , 2004)
Mg (mg Kg ⁻¹)	187.33	Suficiente (Hart <i>et al.</i> , 2004)
Fe (mg Kg ⁻¹)	7.34	Adecuado (Pravin <i>et al.</i> , 2013)
Cu (mg Kg ⁻¹)	0.25	Deficiente (Pravin <i>et al.</i> , 2013)
Zn (mg Kg ⁻¹)	0.57	Deficiente (Pravin <i>et al.</i> , 2013)
Mn (mg Kg ⁻¹)	2.24	Deficiente (Heckman, 2004)
B (mg Kg ⁻¹)	1.38	Suficiente (Heckman, 2009)
Arena (%)	34.16	-
Limo (%)	39.33	-
Arcilla (%)	26.5	-
Materia orgánica (%)	4.08	-
pH	8.07	Elevado (Cordero <i>et al.</i> , 2003)
Textura	Franco arcilloso	-

2.4.2. Efectos de los nutrimentos individuales aplicados y sus interacciones sobre el crecimiento de *Cedrela odorata*.

De acuerdo con los datos obtenidos en las evaluaciones bimestrales para las variables diámetro y altura de *C. odorata*, los análisis de covarianza indican que el diámetro fue afectado por los tratamientos de fertilización (Cuadros 3 y 4). El K presentó efectos significativos sobre el incremento de diámetro en las evaluaciones de agosto y octubre del 2012 (Pr = 0,0115 y Pr = 0,0317, respectivamente). La interacción P*N fue significativa, para el caso del incremento de diámetro, en las evaluaciones de agosto y diciembre del 2012 (Pr = 0,0112 y Pr = 0,055, respectivamente). La comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$, Cuadro 5), muestra que el N no presentó efectos significativos sobre el incremento de diámetro ni tampoco sobre el incremento de altura; no obstante, en la mayoría de casos, los valores de ambas variables de respuesta fueron superiores con la aplicación de N.

Lo contrario sucedió en los casos de P y K, nutrimentos cuyas tendencias muestran medias de incremento de diámetro y de altura mayores sin la aplicación de estos nutrimentos que cuando se aplicaron. En el caso del K, tales efectos negativos fueron significativos en la evaluación de agosto 2012, para el caso del incremento de diámetro (Cuadro 5).

Cuadro 3. Significancia, según los análisis de covarianza, de los efectos de tratamientos de fertilización sobre el incremento de diámetro en las diferentes fechas de muestreo.

FUENTE DE VARIACIÓN	ID08-12	ID10-12	ID12-12	ID02-13	ID04-13
	Valor -P				
Modelo	0,0004	0,0093	0,0045	0,0162	0,0453
N	0,6924	0,9461	0,8212	0,6365	0,7749
P	0,0659	0,5809	0,4424	0,4875	0,6668
K	0,0115	0,0317	0,0866	0,2996	0,4304
N*P	0,5465	0,8015	0,882	0,4929	0,9301
N*K	0,7835	0,5823	0,4675	0,7365	0,9842
P*K	0,0112	0,1032	0,0550	0,1325	0,1319
N*P*K	0,8846	0,9550	0,7319	0,5173	0,4087
DI	0,0003	0,0004	0,0001	0,0002	0,0006

Valor- P ($\alpha=0,05$). N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio. ID08-12: (Incremento en diámetro/ Agosto/ 2012). ID10-12: (Incremento en diámetro/ Octubre/ 2012). ID12-12: (Incremento en diámetro/ Diciembre/ 2012). ID02-13: (Incremento en diámetro/ Febrero/ 2013). ID04-13:(Incremento en diámetro/ Abril/ 2013).

Cuadro 4. Significancia, según los análisis de covarianza, de los efectos de tratamientos de fertilización sobre el incremento de altura en las diferentes fechas de muestreo.

FUENTE DE VARIACIÓN	IA08-12	IA10-12	IA12-12	IA02-13	IA04-13
	Valor -P				
Modelo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
N	0,0880	0,5768	0,5706	0,8785	0,9170
P	0,2655	0,9124	0,8689	0,9502	0,9935
K	0,2178	0,5648	0,4215	0,2937	0,3548
N*P	0,3010	0,5673	0,9823	0,9711	0,9752
N*K	0,0744	0,2514	0,4091	0,4638	0,7941
P*K	0,1692	0,156	0,1593	0,1535	0,1972
N*P*K	0,6902	0,5273	0,5541	0,3055	0,2606
DI	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Valor- P ($\alpha=0,05$). N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio. IA08-12: (Incremento en altura/ Agosto/ 2012). IA10-12: (Incremento en altura/ Octubre/ 2012). IA12-12: (Incremento en altura/ Diciembre/ 2012). IA02-13: (Incremento en altura / Febrero/ 2013). IA04-13: (Incremento en altura/ Abril/ 2013).

Cuadro 5. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para incremento de diámetro y altura de *C.odorata* en las diferentes fechas de evaluación realizadas en el sitio de estudio.

T	NIV	AGO 2012		OCT 2012		DIC 2012		FEB 2013		ABR 2013	
		DIAM (mm)	ALT (cm)	DIAM (mm)	ALT (cm)	DIAM (mm)	ALT (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	DIAM (mm)	ALT (cm)
N	5g	6.0759 A	30.773A	11.961A	75.79A	14.271A	80.794A	14.388A	77.254A	16.345A	80.618A
	0g	5.7838 A	25.13A	11.862A	71.307A	13.91A	75.851A	15.202A	75.875A	16.841A	79.662A
P	7.5g	5.254 A	29.727A	11.52A	73.093A	13.497A	77.568A	14.204A	76.849A	16.224A	80.183A
	0g	6.6197A	26.053A	12.328A	73.879A	14.721A	78.926A	15.417A	76.257A	16.989A	80.074A
K	10g	4.9679B	25.868A	10.331B	71.158A	12.701A	74.648A	13.916A	71.761A	15.913A	75.705A
	0g	6.8825A	29.961A	13.511A	75.819A	15.46A	81.789A	15.668A	81.292A	17.254A	84.31A

T: Tratamiento, NIV: nivel de nutrimento, N: nitrógeno, P: potasio, K: Potasio. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$)

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$, Cuadro 5) y Figura 14 A, el nitrógeno es deficiente en el sitio de estudio, ya que muestra efectos positivos en crecimiento aunque no significativos, lo cual coincide con el resultado del análisis de suelo (Cuadro 2). La falta de efectos significativos del nitrógeno puede deberse a que las dosis aplicadas de este nutriente resultaron bajas, además de que es probable que exista otro factor que esté limitando el crecimiento en este sitio. La presencia de malezas en el sitio de estudio es un factor limitante al competir por los nutrientes con *Cedrela odorata* y disminuir la eficiencia de los tratamientos aplicados.

De acuerdo con Cintrón (1990) el cedro rojo requiere suelos bien drenados para su adecuado funcionamiento fisiológico. El drenaje en el sitio de estudio pudiera ser un factor que esté limitando la respuesta en crecimiento de la plantación a la aplicación de nitrógeno, ya que en condiciones de anoxia se presenta una alta mortalidad de raíces, con la consecuente reducción del sistema radicular y baja capacidad de absorción de nutrientes. La dosis baja de nitrógeno aplicada, la competencia de *C. odorata* con malezas por nutrientes y el mal drenaje en el área de estudio son los tres factores identificados que afectan la absorción de nitrógeno y limitan la respuesta a la aplicación del nutriente en mencionada área de estudio.

En el caso del fósforo el análisis de suelo indica deficiencia de este elemento. De acuerdo con esto, al agregar fósforo se esperaría mayor crecimiento de los árboles; no obstante esto no sucedió, sino por el contrario al agregar fósforo disminuyó el crecimiento (Cuadro 5 y Figura 14 B), aunque no de manera significativa, como también disminuyó la absorción de fósforo (Figura 14 B). Es difícil explicar el mecanismo a través del cual disminuye la absorción de fósforo cuando este nutriente es aplicado. Una posibilidad es que al aplicar fósforo haya disminuido la disponibilidad y absorción de zinc, cuya interacción negativa con el fósforo es ampliamente conocida (Fernández, 2007; Mengel y Kirkby, 1982). Si este mecanismo tuvo lugar, es probable que se haya generado una deficiencia de zinc en la planta, con la consecuente disminución del crecimiento. Esto es especialmente probable dado que el zinc es deficiente en el sitio de estudio (Cuadro 2).

Es probable que la interacción de fósforo y zinc haya afectado en forma negativa la disponibilidad de nitrógeno y el crecimiento de la planta tanto en su parte aérea como en la radical, disminuyendo

la capacidad del sistema radical para absorber nutrientes que en el suelo son poco móviles, entre ellos el fósforo (Figura 14 B).

La Figura 14 B muestra que la interacción entre P y N afecta de manera importante en el crecimiento del cedro rojo. En efecto, la mencionada figura muestra que cuando el fósforo se aplica solo, tiene efecto negativo en el crecimiento, comparado con el testigo; sin embargo, cuando se aplica combinado con nitrógeno el crecimiento es superior que el testigo. De acuerdo con Fernández (2007) y Mengel y Kirkby (1982), cuando el P es aplicado en interacción con el N, el segundo nutriente mejora la solubilidad y por lo tanto la absorción del fósforo.

El análisis de suelo indica exceso de potasio en el sitio de estudio (Cuadro 2), lo que explica la respuesta negativa en el crecimiento de cedro rojo ante la aplicación del tratamiento con K (Cuadro 5). La aplicación de potasio contribuyó a incrementar la concentración del nutriente en la planta debido a la reducción del crecimiento, inducida por el tratamiento (Figura 14 C). La interacción del potasio con nitrógeno y fósforo indujo mayor crecimiento en comparación con el tratamiento que sólo contuvo potasio. Esto pudo deberse al efecto positivo del nitrógeno (Figura 14 A) y a la solubilización del P en presencia de N (Fernández, 2007), así como al efecto positivo que el K tiene sobre el metabolismo de nitrógeno (Lázaro *et al.*, 2012).

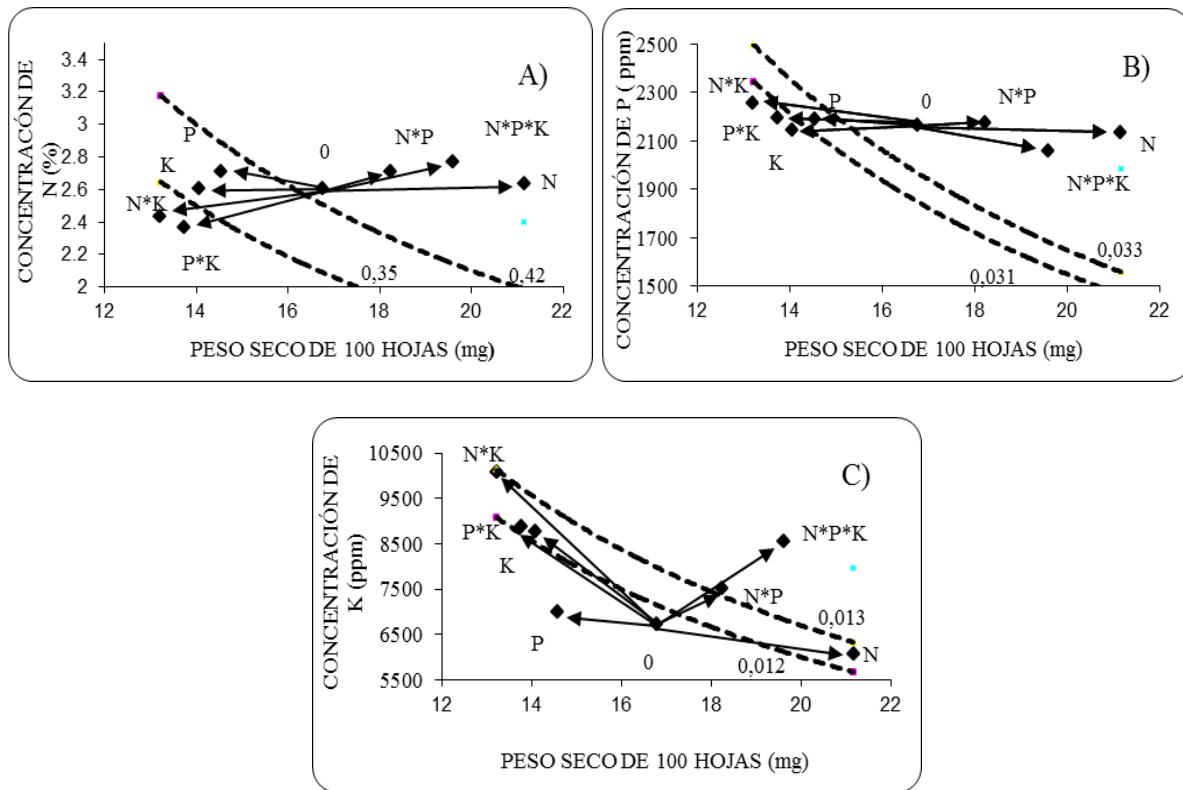


Figura 14. Comportamiento del crecimiento, concentraciones y contenidos de A) nitrógeno, B) fósforo y C) potasio en follaje de *Cedrela odorata* en respuesta a tratamientos de fertilización.

Integrando los resultados de los análisis de suelo, foliares y el crecimiento de los árboles, se puede afirmar que el sitio de estudio es muy deficiente en nitrógeno, ligeramente deficiente en fósforo y suficiente en potasio. No obstante las respuestas en crecimiento no fueron significativas, pero tendieron a ser positivas y negativas en los casos de nitrógeno y fósforo, respectivamente, lo cual se debió a aspectos de manejo (dosis bajas de nitrógeno e inadecuado control de malezas) y condiciones naturales del sitio (suelo arcilloso y mal drenaje).

2.4.3. Efectos de Tratamientos de fertilización con nutrientes combinados sobre el incremento de diámetro.

La Figura 15 muestra el comportamiento de los diámetros inicial y final (DI03-12 y DF) y del incremento de diámetro hasta el mes de abril del 2013 (ID04-13), en los diferentes tratamientos de fertilización. En la gráfica se puede observar que los diámetros iniciales en los tratamientos T1 Y

T7 fueron mayores que en el resto de los tratamientos. La misma figura demuestra que los mayores incrementos (ID04-13) y diámetros finales (DF) se obtuvieron en el T1, T5 Y T8. Sin embargo T1 no puede considerarse como uno de los mejores tratamientos debido a que inicialmente fue uno de los tratamientos con mayor diámetro, de tal manera que los mejores tratamientos fueron T5 y T8, mismos que aportaron nitrógeno. Lo anterior coincide con el hecho de que el nutrimento más deficiente en el sitio es el nitrógeno (Cuadros 2 y 5; Figura14 A).

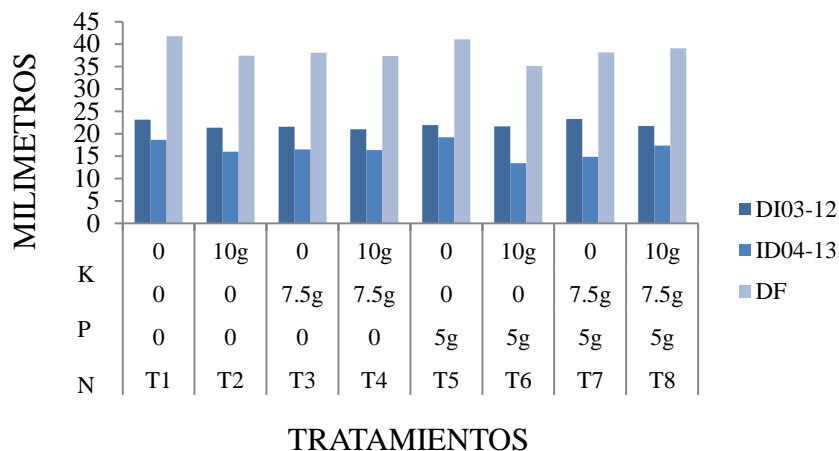


Figura 15. Efecto de tratamientos sobre el incremento de diámetro y comparaciones de diámetro inicial (DI03-12) y diámetro final (DF), entre tratamientos.

2.4.4. Efectos de tratamientos de fertilización con nutrimentos combinados sobre el incremento de altura.

Como se puede observar en la figura 16, el comportamiento de las alturas inicial y final (AI03-12 y AF) y del incremento de altura hasta el mes de abril del 2013 (IA04-13), en los diferentes tratamientos de fertilización. Los mayores incrementos de altura (IA04-13) se obtuvieron con los tratamientos T5 y T8, en coincidencia con el incremento de diámetro. Lo anterior se explica porque estos tratamientos implicaron la aplicación de nitrógeno y el nutrimento más deficiente en el sitio es precisamente el nitrógeno (Cuadros 2 y 5; Figura 14 A).

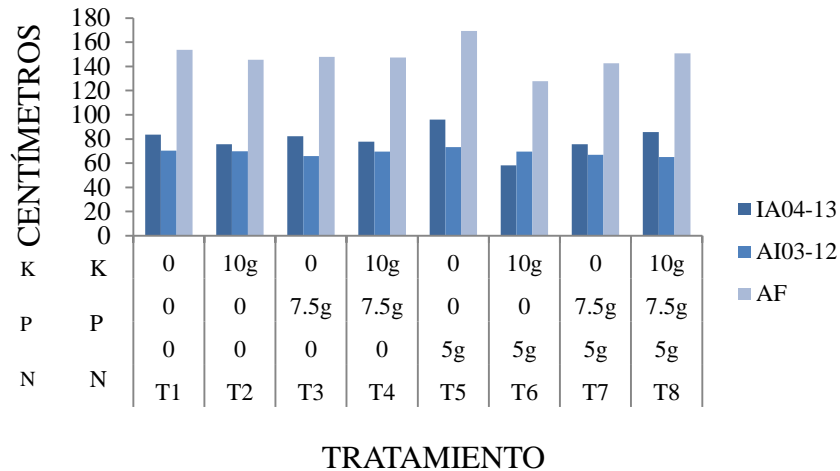


Figura 16. Efecto de tratamientos de fertilización sobre incremento de altura y comparaciones de altura inicial (AI03-12) y altura final (AF), entre tratamientos.

En la Figura 17 se observa el incremento de altura de *C. odorata* en relación a los tratamientos aplicados en el sitio de estudio, a lo largo del período de evaluación. La grafica pone de manifiesto que el nitrógeno promovió el incremento de altura. Esto es atribuido a su alta deficiencia en el sitio de estudio, según se discutió anteriormente.

La misma Figura 17 muestra una disminución de los incrementos de altura, debida al efecto de daño en *C. odorata* por *H. grandella* en el tratamiento T6, evidenciando la pérdida de altura en las evaluaciones de febrero y abril de 2013, debido al ataque del barrenador. Esto indica que la variable incremento de altura debe considerarse con mucho cuidado en evaluaciones experimentales de cedro rojo. Ya que *H. grandella* es un factor de disturbio que disminuye la altura de los árboles al atacar el brote principal del árbol (Briceño *et al*, 1997; Cibrián *et al*, 1995; Cordero *et al*, 2003).

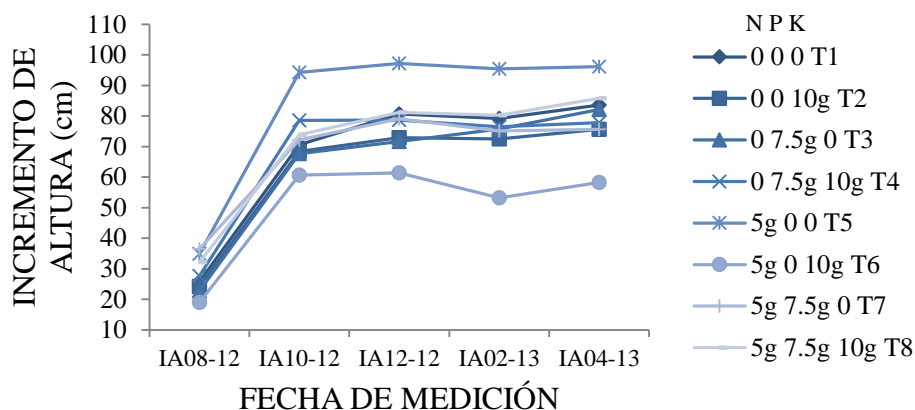


Figura 17. Incremento de altura en respuesta a tratamientos de fertilización en *Cedrela odorata*, en las diferentes fechas de evaluación.

2.4.5.- Variables de daño por *H. grandella*.

La prueba de Kruskal-Wallis, muestra diferencias significativas para el número total de brotes por árbol, en el mes de octubre de 2012 con la aplicación de nitrógeno ($Pr = 0,0564$). En cuanto al número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol y número de ataques por brote, la prueba estadística no muestra diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Significancia para número total de brotes por árbol en *C.odorata* en las diferentes fechas de evaluación de acuerdo con la prueba Kruskal – Wallis.

Factor	NTB08-12	NTB10-12	NTB12-12	NTB02-13	NTB04-13
N	0,4916	0,775	0,58	0,5903	0,2083
P	0,902	0,9426	0,2648	0,4649	0,3007
K	0,9171	0,0564	0,04505	0,8946	0,3988

N: nitrógeno, P: fósforo, K, potasio. NTB08-12: (Número total de brotes por árbol/ Agosto/ 2012). NTB10-12: (Número total de brotes por árbol / Octubre/ 2012). NTB12-12:(Número total de brotes / Diciembre/ 2012). NTB02-13:(Número total de brotes por árbol / Febrero/ 2013). NTB04-13:(Número total de brotes por árbol / Abril/ 2013).

Número total de brotes por árbol.

En el cuadro 7 se muestra el efecto de fertilización por factor experimental sobre el incremento en el número total de brotes por árbol. El mencionado cuadro indica, aunque de manera no significativa, un efecto del fósforo y potasio para disminuir el número total de brotes en *Cedrela*

odorata. Los nutrientes disminuyen el número total de brotes en todas las evaluaciones realizadas en el sitio de estudio excepto en la evaluación de abril de 2013. El motivo de que durante el mes de abril 2013 no se haya encontrado el efecto negativo de P y K, puede atribuirse a la escasez de agua en el suelo, ya que abril es uno de los meses más secos en la región de estudio. La sequía pudo limitar la absorción de nutrientes y su efecto negativo sobre la producción de brotes.

Independientemente del efecto negativo de P y K sobre la producción de brotes, una reducida cantidad de brotes en *C. odorata* puede ser conveniente ya que en la producción forestal se requieren de ejemplares poco ramificados para tener buena aceptación en el mercado. En el caso de *C. odorata*, La emisión de brotes se considera que es signo de ataque de *H. grandella* (Cibrián, 1995).

Número de brotes atacados por árbol.

El potasio muestra una tendencia (no significativa) hacia la disminución del ataque de *H. grandella*, en cada una de las evaluaciones realizadas excepto en el mes de abril 2013 (Cuadro 7). En esta última fecha de muestreo se observa mayor ataque con la presencia de K que sin la aplicación del nutriente, lo cual puede ser atribuido a la falta de agua y no a la falta de nutrientes como se mencionó anteriormente. El potasio es difícil de ser absorbido por las plantas en condiciones de baja humedad del suelo (Barrera *et al*, 2008), lo que en el sitio de estudio sucede entre los meses de marzo y junio de cada año. Cuando falta agua en el suelo, el potasio retiene la humedad al disminuir el potencial osmótico del mismo y la planta es sometida a estrés hídrico. (Guerrero, 1996).

El mismo cuadro muestra el efecto del nitrógeno para promover el ataque del barrenador en *C. odorata*. En los meses de agosto y octubre de 2012, es cuando hay mayor disponibilidad de agua, debido al tiempo de lluvias, lo que implica mayor disponibilidad de nitrógeno y por consiguiente mayor número de ataques. El nitrógeno incrementa el contenido de follaje y por consiguiente una expansión celular y de un contenido de agua en la planta, promoviendo la succulencia del árbol (Lazaro *et al.*, 2012; Huber y Watson, 1974).

Número total de ataques por árbol.

El potasio muestra una tendencia similar en la disminución de número total de ataques por árbol, que en el caso del número de brotes atacados (Cuadro 7). Los tratamientos con potasio indujeron una disminución no significativa del ataque del barrenador. La mayor concentración de potasio en la planta (Figura 14 C), puede estar implicada en la disminución de ataque de *H. grandella*, ya que según Guerrero (1996), El fósforo y el potasio incrementan la resistencia a enfermedades aunque en el presente estudio, el efecto parece ser mejor con potasio.

Número de ataques por brotes.

El número de ataques por brote tiene una tendencia similar al caso de la variable número total de ataques por árbol (Cuadro 7). Aunque de manera no significativa, el potasio disminuyó el número de ataques por brote en comparación con P y N, considerando que el primer nutriente necesita de un alto contenido de humedad para tener efecto positivo en la disminución de la plaga.

En este sitio de estudio la aplicación de nutrientes si es necesario tanto para incrementar el crecimiento como para disminuir el ataque del barrenador. La aplicación de tratamientos con potasio tiene efecto en la disminución de la incidencia de *H. grandella* como se mencionó anteriormente. De acuerdo con Pérez et al. (2013) y López y Estañol (2007), los nutrientes son esenciales para el buen funcionamiento de la planta y resistencia a plagas y enfermedades, pero se requiere que la especie vegetal en particular, los contenga en las proporciones adecuadas. En este caso la aplicación de potasio disminuyó el ataque de *Hypsipyla grandella* en *Cedrela odorata*. Sin embargo, este nutriente no es deficiente en el sitio de estudio. Considerando lo antes mencionado, *C. odorata* generó un consumo de lujo de este nutriente. Según Berendese et al. (2007) las plantas forman reservas de nutrientes para poder ser utilizados en otras funciones metabólicas, pueden ser utilizados en autodefensa, crecimiento, fructificación o desarrollo de otros órganos de la misma planta.

Cuadro 7. Sumas de rangos para número total de brotes por árbol, número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol y número de ataques por brote por factor experimental y fecha de evaluación de acuerdo con la prueba de Wilcoxon.

Variables	Factor de variación					
	Con N	Sin N	Con P	Sin P	Con K	Sin K
NTB08-12 ¹	77.32A	76.68A	76.62A	77.38A	74.89A	79.13A
NTB10-12 ²	66.37A	79.37A	72.76A	73.76A	72.04A	73.96A
NTB12-12 ³	69.20A	73.60A	68.38A	74.88A	69.88A	73.11A
NTB02-13 ⁴	71.94A	71.06A	69.15A	73.97A	73.30A	69.75A
NTB04-13 ⁵	67.11A	72.76A	73.39A	66.44A	74.30A	65.87A
NBA08-12 ¹	79.93A	74.10A	76.11A	77.86A	71.31A	82.76A
NBA10-12 ²	72.14A	73.80A	74.81A	71.05A	73.00A	73.00A
NBA12-12 ³	72.72A	70.37A	70.31A	72.79A	70.47A	72.52A
NBA02-13 ⁴	71.01A	71.97A	72.91A	70.00A	70.00A	72.05A
NBA04-13 ⁵	69.91A	70.08A	70.00A	69.04A	72.07A	68.01A
NTA08-12 ¹	79.26A	74.75A	75.62A	78.42A	72.18A	81.87A
NTA10-12 ²	72.07A	73.86A	73.86A	72.07A	71.99A	74.02A
NTA12-12 ³	72.18A	70.87A	72.25A	70.81A	70.61A	72.42A
NTA02-13 ⁴	71.51A	71.48A	72.44A	70.50A	70.50A	72.47A
NTA04-13 ⁵	70.09A	69.90A	70.90A	69.05A	72.07A	68.01A
NAPB08-12 ¹	79.89A	71.33A	74.79A	76.20A	71.97A	78.92A
NAPB10-12 ²	72.50A	72.50A	72.50A	72.50A	72.50A	72.50A
NAPB12-12 ³	72.19A	70.85A	70.79A	72.26A	71.08A	71.91A
NAPB02-13 ⁴	71.51A	71.48A	72.44A	70.50A	70.00A	72.47A
NAPB04-13 ⁵	70.51A	70.48A	71.35A	69.59A	72.61A	68.50A

1: evaluación agosto 2012; 2: evaluación octubre 2012; 3: evaluación diciembre 2012; 4: evaluación febrero 2013; 5: evaluación abril 2013. N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio. NTB (número total de brotes por árbol), NBA (número de brotes atacados por árbol), NTA (número total de ataques por árbol), NAPB (número de ataques por brote). Para un factor experimental y una variable de respuesta, letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos.

2.4.6.- Variables fisiológicas.

De acuerdo con los análisis de varianza, los tratamientos afectaron la concentración foliar de potasio ($Pr = 0,0191$). En el caso de nitrógeno y fósforo, su concentración foliar no fue afectada significativamente por los tratamientos aplicados en el sitio de estudio (Cuadro 8).

Los tratamientos T6, T8, T2 Y T4, mismos que incluyeron la aplicación de potasio, incrementaron la concentración foliar del mismo nutrimento (Figura 18 C), lo que implica que la planta no respondió suficientemente en crecimiento ante la aplicación de los tratamientos con potasio y que el nutrimento no es deficiente en el sitio. Esto coincide con el análisis de suelo y concuerda con la falta de respuesta en crecimiento de las plantas ante la aplicación de K.

Cuadro 8. Significancia según los análisis de varianza, de los efectos de las fuentes de variación sobre las concentraciones de N, P y K en follaje de *C. odorata*.

Factor de variación	Nutrimento		
	N	P	K
		Valor- P	
N	0,6089	0,8837	0,8045
P	0,6000	0,8531	0,9250
K	0,3746	0,9734	0,0191
N*P	0,3063	0,6073	0,8962
N*K	0,7006	0,9597	0,7521
P*K	0,8877	0,6482	0,3779
N*P*K	0,2524	0,5562	0,4309

N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio

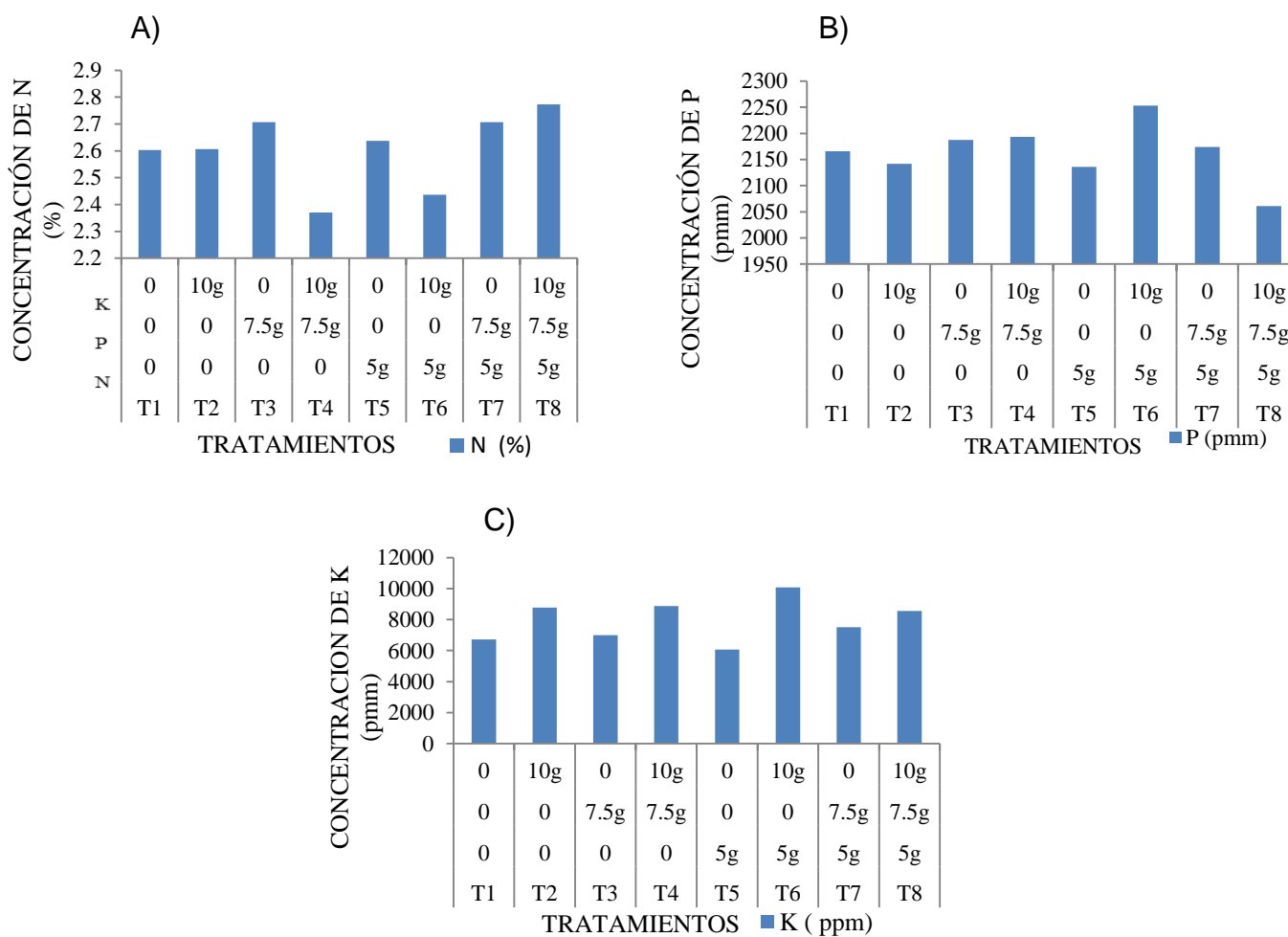


Figura 18. Efecto de los tratamientos sobre las concentraciones foliares de A) nitrógeno, B) fósforo y C) potasio en *C. odorata*.

La Figura 18 A indica una variabilidad en la concentración de nitrógeno en los tratamientos. Dentro de los tratamientos con N (T5 a T8), el T5 y T6 sufrieron un efecto de dilución (no significativo) de este nutriente, mientras que en los tratamientos T7 y T8 el N se concentró en el tejido. Esto significa que en T5 y T6, las plantas respondieron en crecimiento, implicando que el nutriente es deficiente en el sitio de estudio. Esto coincide con lo determinado según los análisis de suelo y lo discutido al analizar los efectos en el crecimiento de los árboles. En los tratamientos T7 y T8, es probable que algún factor ajeno al N haya limitado la respuesta de las plantas en crecimiento con la consecuente concentración del nutriente en el tejido foliar.

Los resultados relativos a las concentraciones foliares de los nutrientes indican que, además del N en el suelo, existe al menos algún factor diferente al N, P y K que está limitando el crecimiento de *Cedrela odorata* en el sitio experimental. Tal factor pudiera ser algún nutriente no estudiado en el presente trabajo o bien algún factor no nutricional, como el mal drenaje o la presencia de malezas que compiten con los árboles por luz en la parte aérea y por nutrientes, agua y espacio en la parte subterránea. El análisis físico del suelo indica que el mal drenaje del sitio puede estar implicado en la falta de respuesta de los árboles a los fertilizantes, especialmente al nitrógeno, que es deficiente en el área. De acuerdo a observaciones visuales, el control de malezas no es apropiado en la plantación y este factor puede estar limitando el crecimiento de *C. odorata*.

2.5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sitio de estudio presenta deficiencias de nitrógeno y deficiencias ligeras de fósforo.

La aplicación de fertilizante nitrogenado (urea) en el área de estudio incrementó el crecimiento tanto de diámetro como en altura de *Cedrela odorata*,

El tratamiento con nitrógeno no satisfizo el requerimiento de *C. odorata* por este nutrimento.

La interacción N*P*K tuvo efectos en el incremento de altura y diámetro. Esto implica que este tratamiento generó un balance nutrimental mediante la interacción de los nutrimentos.

En este estudio, la aplicación del nutrimento más deficiente (nitrógeno), no contribuyó a mejorar la resistencia de *C. odorata* al ataque de *H. grandella*.

EL potasio en altas concentraciones redujo, de manera no significativa pero consistente, el ataque de *H. grandella*, aun cuando este elemento no fue deficiente en el sitio de estudio.

Se recomienda hacer aplicaciones periódicas de materiales fertilizantes nitrogenados y fosfatados para mejorar la productividad del sitio estudiado.

Se recomienda implementar un control eficiente de malezas para evitar la competencia por nutrimentos entre los árboles y las malezas y mejorar la eficiencia de los fertilizantes aplicados.

Se recomienda aplicar en el sitio, dosis de N superiores a las aplicadas en el presente estudio, preferentemente combinadas con control eficiente de malezas, para mejorar el crecimiento de *C. odorata*.

Es recomendable revisar el estado de todos los macro y micronutrientes en follaje de *C. odorata* en el sitio estudiado, para detectar posibles deficiencias adicionales a la de N.

2.6.-LITERATURA CITADA

- Barrera V., J. L., P. Díaz B., J. Durango P., y A. Ramos H. 2008. Efecto de las épocas de lluvia y sequía sobre la absorción de potasio y fósforo en plantaciones de plátano. *Acta Agronómica*, 57 (1): 55-59
- Berendse, F., H. de Kroon, and W. G. Braakhekke. 2007. Acquisition, use and loss of nutrients. pp. 259-283. *In: Pugnaire, F.I., and F. Valladares (eds.) Functional Plant Ecology*. 2 ed. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Briceño A. J.1997. Aproximacion hacia un manejo integrado del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller. *Forestal Venezolana*. 4(1):27-23.
- Cibrián, T. D., J. T. Méndez M. R. Campos B. H. O. Yates y J. Flores L. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. pp. 112-115.
- Cintrón, B. B. 1990. *Cedrela odorata* L. cedro hembra , Spanish. *In: Burns, Russell M., B Honkala. (eds). Silvics of North America : 2 Harwoods . Agric . Handb. 654p. Washington. DC. U.S.D.A. Forest Service.*250- 257.
- CONAFOR- CP. 2009. Situación Actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal. 472 p.
- Cordero J., F. Mesén., M. Montero., J. Stewart., D. Boshier., J. Chamberlain., T. Pennington., M. Hands., C. Hughes., Y G. Detlesen. 2003. Árboles de Centroamerica. J. Cordero y H. Boshier (eds). Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. pp 1079.
- Drechsel, P. y W. Zech. 1994. DRIS evaluation of teak (*Tectona grandis* L. f) mineral nutrition and effects of nutrition and site quality on teak growth in West Africa. *For. Ecol. Manag.* 70:121-133.
- Fernandez M. T. 2007. Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA*. 41(2): 51-57.
- Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa. Madrid. España. 206p
- Hart, J., R. Fletchert, C. Landgred, D. Horneck, S. Webnter, and M. Bondi. 2004. Christmas tree nutrient management guide. Oregon State University. 60p
- Heackman, J. R. 2004. Manganse Need of Soils and Crops in New Jersey. University of New Jersey new Brunswick. 4p
- Heackman, J. R. 2009. Boro Needs of and Crops in New Jersey. University of New Jersey new Brunswick.4p
- Huber, D. M y R. D Watson. 1974. Nitrogen farm and plant disease. *Ann. Phytopathol.* 12: 139- 165.

- Lázaro D., M. O., J. Velázquez M. J. J. Vargas H. A. Gómez G. M. E. Álvarez S. y M. A. López L. 2012. Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un latizal de *Pinus patula* Schl. et Cham. Ciencias Forestales y del Ambiente. 18(42) 33- 42.
- López L., M. A., y E. Estañol B. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. Terra Latinoamericana. 25: 9-15.
- Mery G., S. Kegen. and C. Lujan. 2001. Forest – based development in Brazil, Chile and México. pp 243-263. In: World Forest, Markets and policies. Palo M., J. Uusivouri. y G. Mery. (ed). Kluwer Academic Publishers. Finland. pp. 487.
- Mengel, K., y A. E. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Berna. 593p.
- Montagnini F., y F. Jordan. 2005. Tropical Forest Ecology. Springer. Berlin Heidelberg, New York. 297p.
- Newton, A., C., P. Baquer. S. Ramnarine. J. F. Mesén. y R. B. Leakey. 1993. The mahogany shoot borer: prospects for control. Forest Ecology and Management. 57: 301-328.
- Perez C. M., M. A. López L. A. Equihua M. V. M. Cetina A. y J. T. Méndez. 2013. Relationships Between Site Factor and Bark Beetle Attack on Pine Trees. Journal of Biological Sciences. 13(7):621-627.
- Pennington T. D. y Sarukhán J. 2005. Árboles Tropicales de México. Tercera edición. Cientificas Universitarias. México. 511 p.
- Pravin, R. C., D. V. Ahire, V. D. Ahire, M. Chkravarty and S. Maity. 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. International Journal of Scientific and Research Publications. 3 (2) 1: 8
- Thompson, L. M., y F. R. Troeh. 2002. Los suelos y su fertilidad. 4a ed. Editorial Reverte, Barcelona, España. pp. 649.

CAPITULO 3

Fertilizante de liberación lenta en interacción con insecticida: efecto sobre crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella*

3.1.-RESUMEN

Con el objetivo de investigar el efecto del manejo nutrimental sobre el grado de ataque de *Hypsipyla grandella* en *Cedrela odorata*, se evaluó el efecto de la aplicación de tabletas de fertilizante de liberación lenta en interacción con insecticida, sobre el crecimiento de *C. odorata* e incidencia de *H. grandella*. El experimento se estableció en una plantación de cedro rojo ubicada en Papantla, Veracruz, utilizando un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos consistieron en aplicación de 0, 1, 2 y 3 tabletas por árbol. La tableta, contiene nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, además del insecticida imidacloprid. Periódicamente se evaluó el crecimiento en términos de incremento de diámetro y altura, y variables relacionadas con la incidencia de la plaga. Los tratamientos no mostraron diferencias significativas para las variables evaluadas. Sin embargo, si se observó tendencia de los incrementos de diámetro y altura en relación con los tratamientos. El T2 (dos tabletas por árbol) indujo mayores incrementos en diámetro y altura que los otros tratamientos. El análisis de daño, indica que T1 y T2 (una y dos tabletas por árbol) disminuyen la incidencia del barrenador. En las variables fisiológicas, los análisis indican que la tableta incrementó la concentración de fósforo en el follaje. A pesar que los tratamientos no mostraron diferencias significativas en las variables de crecimiento ni en las variables de daño, con la aplicación de las tabletas, los árboles de cedro mostraron mayor crecimiento y disminución del ataque del barrenador.

Palabras clave. Meliácea, cedro rojo, fertilización de liberación lenta.

SUMMARY

In order to investigate the effect of nutrient management on the degree of attack of *Hypsipylla grandella* to *Cedrela odorata*, the effect of the application of pills containing slow-release fertilizer and pesticide on plant growth and incidence of *H. grandella* was assessed. The experiment was established in a Spanish cedar plantation located at Papantla, Veracruz, using a complete randomized experimental design. The treatments consisted in the application of 0, 1, 2, and 3 pills per tree. The pill used contains nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium, as well as the pesticide imidacloprid. Plant growth as indicated by tree base diameter and height as well as pest incidence-related variables were measured periodically. Treatments did not show significant differences for the variables evaluated. However, consistent trends of diameter and height increments in relation with the treatments were observed. T2 (two pills per tree) induced higher diameter and height increments than the other treatments. Analysis of damage indicates that T1 and T2 (one and two pills per tree) help decrease the incidence of the mahogany shoot borer. Regarding the physiological variables, statistical analyses indicate that the pill brought about a higher P concentration in plant leaves. Even though the treatments with pills did not show significant differences for neither growth nor damage variables Spanish cedar trees showed higher growth and lower incidence of the mahogany shoot borer when pills were applied.

Key words: Meliaceae, Spanish cedar, slow-release fertilizer.

3.2.-INTRODUCCIÓN

El barrenador *Hypsipyla grandella* (Zeller) es el principal limitante en el establecimiento de plantaciones forestales de las meliáceas en toda su área de distribución (Cibrián *et al.*, 1995). Por su alto valor económico y rápido crecimiento, el cedro rojo es una de las especies más usadas para el establecimiento de plantaciones forestales de maderas preciosas en México (Mery *et al.*, 2001), las cuales generalmente fracasan debido al severo ataque de esta plaga durante los primeros años. Se han desarrollado diversos métodos para controlar al barrenador, entre los cuales, el control químico ha demostrado ser eficiente, sobre todo cuando se combina con otros métodos, principalmente silvícolas (Newton *et al.*, 1993).

Se ha reportado en otros trabajos que la nutrición mineral al ser parte fundamental en las plantas para su crecimiento, desarrollo, resistencia a enfermedades y plagas forestales, representa una herramienta eficaz contra las plagas (Pérez *et al.*, 2013; López y Estañol, 2007). Por lo tanto, se ha considerado que el suministro de nutrimentos, a través de fertilizantes, en interacción con insecticidas sistémicos que actúa por ingestión, por ejemplo el Imidacloprid, podría ser una alternativa eficaz para disminuir la incidencia del barrenador de las meliáceas, al mismo tiempo que se favorece el crecimiento de esta especie.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la aplicación de tabletas de fertilizante de liberación lenta adicionadas con Imidacloprid sobre el crecimiento y la incidencia de *H. grandella*, y determinar cuál es la dosis que favorece mejores respuestas.

3.3.-MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño completamente al azar con 20 repeticiones por tratamiento, siendo la unidad experimental un árbol. El espaciamiento de los árboles es de 2 x 2 m. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cero, una, dos y tres tabletas por árbol. La tableta iniciadora de Bayer contiene nitrógeno (12 %), fósforo (9 %), potasio (4 %) y magnesio (0.5%), Azufre (1.0%), Molibdeno (0.004%) además de (200g/kg) imidacloprid (Bayer).

Cuadro 9. Tratamientos aplicados a *Cedrela odorata*.

Tratamiento	No de tabletas
0	0
1	1
2	2
3	3

Tabletas (fertilizante de liberación lenta más insecticida)

3.3.1- Aplicación de las tabletas a las unidades experimentales.

Para la aplicación de las tabletas, se abrieron cavidades en la zona de goteo del árbol y en cada abertura, se colocó una tableta. El etiquetado de los árboles se hizo a la par con la fertilización. Los tratamientos de fertilización se aplicaron el 30 de Marzo de 2012.

Medición de altura y diámetro.

La evaluación se realizó para cada uno de los árboles que se encuentran dentro del sitio de muestreo. La primera medición se realizó en marzo de 2012, a la par con la aplicación de los tratamientos de fertilización. Las evaluaciones restantes se realizaron en: agosto de 2012, octubre 2012, diciembre de 2012, febrero de 2013 y abril de 2013. El diámetro se midió en la base del tallo del árbol con la ayuda de un vernier digital. Para la altura se tomó en cuenta la altura total del árbol, por lo que utilizó una regla telescópica.

Variables de daño.

Se evaluaron las siguientes variables: número total de brotes por árbol. Esta variable se evaluó cada dos meses. A cada árbol se le contó el número de brotes totales generados en el año en curso, presentes en el período de evaluación. Número de brotes atacados por árbol: -se examinó cada uno de los brotes del año en curso a cada una de las unidades experimentales. Para cada brote se registró su condición de sano o atacado. Número de ataques por brote: un brote se consideró atacado cuando se observó uno o más signos del ataque de *H. grandella*. Esta evaluación se llevó a cabo a cada uno de los brotes generados en el año en curso, contando el número de ataques o perforaciones por *H. grandella*. Número total de ataques por árbol: Esta variable resultó de integrar la variable anterior a nivel árbol.

Variables fisiológicas.

Al final del experimento, en febrero del 2013, se recolectó muestras foliares de cada tratamiento para su análisis químico. Se tomaron 4 muestras compuestas por cada tratamiento y cada muestra compuesta estuvo conformada por un número variable de unidades experimentales debido a que algunos árboles estuvieron desprovistos de follaje cuando se hizo la colecta. Esto se usó para relacionar las concentraciones foliares de cada nutrimento con la presencia de la plaga. Los análisis químicos de fósforo y potasio se realizaron mediante el procedimiento de digestión húmeda con una mezcla de ácido nítrico y perclórico. El fósforo se cuantificó por colorimetría con Vanadato-Molibdato amarillo para desarrollar color, y el potasio mediante la lectura directa del digestado en un espectrómetro de absorción atómica. Los análisis foliares de nitrógeno se analizaron mediante

el procedimiento de digestado con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor Micro-Kjeldahl.

3.3.3.-Control de maleza.

El control de maleza fue una de las primeras labores se realizó de forma mecánica, cada dos meses después de establecidos los experimentos. Inicialmente se hizo en forma mecánica, y posteriormente se decidió aplicar herbicida el 6 de agosto de 2012

3.3.4.- Análisis estadísticos.

Los análisis estadísticos consistieron en análisis de covarianza para los incrementos de diámetro y altura cada dos meses, utilizando como covariable el diámetro inicial. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (versión 9.0). Para las variables relacionadas con incidencia de la plaga, el análisis se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis del paquete estadístico SAS (versión 9.0). Las variables fisiológicas (concentraciones foliares de nutrimentos) se evaluaron mediante análisis de varianza utilizando el paquete estadístico de Infostat (versión 2011).

3.4.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1.- Altura y diámetro.

De acuerdo con los análisis de covarianza, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a incrementos de diámetro y altura. Aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos al final del período de evaluación, en las figuras 21 y 22 se observa que el tratamiento donde se presentaron los mayores incrementos tanto de diámetro como de altura fue T2 (dos tabletas por árbol). El efecto positivo de la aplicación de dos tabletas indica que éstas contribuyeron a mejorar el balance nutrimental del cedro rojo en el sitio estudiado. Esto implica que el sitio puede ser deficiente en N, P o K, principales constituyentes de la tableta probada. Lo que coincide con los resultados de los análisis de suelo (Cuadro 2), mismos que indican que el sitio es deficiente en N y P.

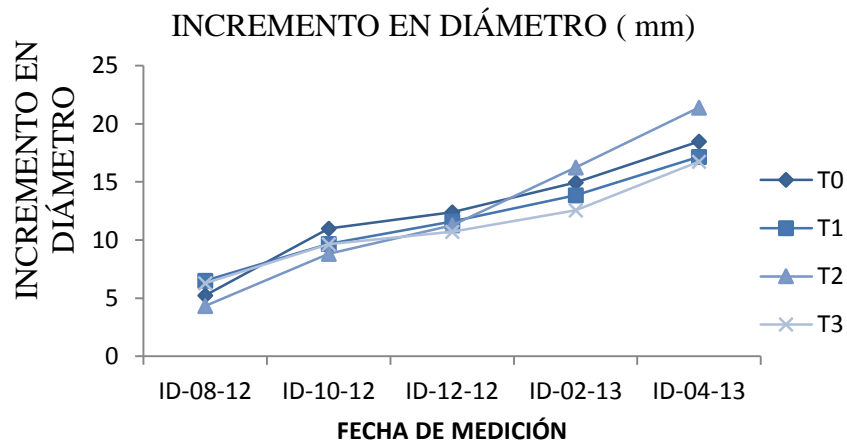


Figura 21. Incremento de diámetro de *C. odorata* por tratamiento y fecha de evaluación.

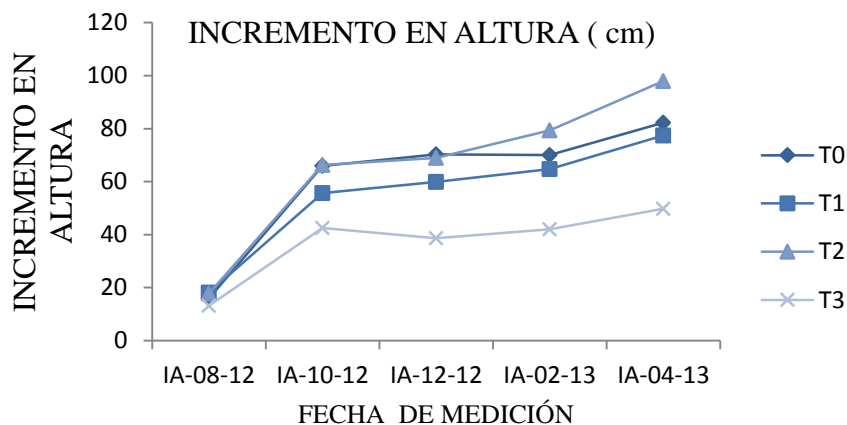


Figura 22. Incremento de altura de *C. odorata* por tratamiento y fecha de evaluación.

Las Figuras 21 y 22, muestran también que el tratamiento con tres tabletas generó una reducción del crecimiento tanto de altura como de diámetro. Esto puede indicar que la dosis de tres tabletas produjo toxicidad en la planta.

3.4.2.- Variables de daño por *H. grandella*.

Número total de brotes por árbol. Esta variable de daño no mostró diferencias significativas. Sin embargo, si mostro efecto de tratamientos para disminuir la incidencia de *H. grandella*. De acuerdo con el (Cuadro 10), el número total de brotes por árbol mostró efecto reductor (no significativo) del T2; este tratamiento disminuyó el número de brotes por árbol. Este efecto puede ser positivo si se considera que en especies forestales maderables como cedro rojo, se prefiere fenotipos poco ramificados. La emisión de brotes en los árboles frecuentemente es promovida por la presencia de daños mecánicos o de origen biótico que afectan la dominancia apical (Cordero *et al.*, 2003). La reducción del número de brotes (Cuadro 10), puede ser reflejo de algún grado de protección de la tableta contra el ataque de *H. grandella*.

Número de brotes atacados por árbol. En el Cuadro 10 se observa la tendencia que tienen los tratamientos con tableta para reducir el número de brotes atacados por árbol, en comparación con el T0. De hecho, el T2 (dos tabletas) tuvo inicialmente el mayor número de brotes atacados (32.36); sin embargo, al final del período de evaluación, el número de brotes atacados alcanzó igual valor que los demás tratamientos con tableta (28). Esto indica que el tratamiento con dos tabletas redujo en mayor grado el número de brotes atacados. El T0 produjo el mayor número de brotes atacados

al final del período de evaluación (cuadro 10), lo que manifiesta la falta de la aplicación de la tableta.

Número de ataques por brote. Los tratamientos T1, T2 y T3 disminuyen el número de ataques por brote por parte de *H. grandella*. De estos tres tratamientos se considera mejor T2 ya que incrementa el crecimiento de cedro rojo como se indica en el Cuadro 10, además T2 reduce el ataque del barrenador.

Número total de ataques por árbol. En número total de ataques por árbol hay una tendencia similar a la observada en cuanto al número de brotes atacados por árbol (Cuadro 10). T2 y T1 son los tratamientos que disminuyen el ataque de *H. grandella*, aunque se recomienda la aplicación de dos tabletas por árbol para incrementar el crecimiento.

Cuadro 10. Sumas de rangos para número total de brotes por árbol, número de brotes atacados por árbol, número total de ataques por árbol, número de ataques por brote por tratamiento y fecha de evaluación de acuerdo con la prueba de Wilcoxon.

Variable	Tratamientos			
	0 Tableta	1 Tableta	2 Tableta	3 Tableta
NTB08-12 ¹	31.11 A	32.66 A	27.09 A	33.80 A
NTB10-12 ²	31.28 A	31.27 A	22.68 A	30.70 A
NTB12-12 ³	30.42 A	30.50 A	29.27 A	27.60 A
NTB02-13 ⁴	27.62 A	28.84 A	20.94 A	22.57 A
NTB04-13 ⁵	27.62 A	28.84 A	20.94 A	22.57 A
NBA08-12 ¹	31.38 A	31.72 A	32.36 A	30.73 A
NBA10-12 ²	27.50 A	30.72 A	30.13 A	29.43 A
NBA12-12 ³	30.64 A	28.11 A	31.77 A	28.43 A
NBA02-13 ⁴	28.00 A	28.00 A	28.00 A	28.00 A
NBA04-13 ⁵	27.08 A	25.00 A	25.00 A	25.00 A
NTA08-12 ¹	34.66 A	30.91 A	29.45 A	29.90 A
NTA10-12 ²	27.50 A	30.72 A	30.13 A	29.43 A
NTA12-12 ³	30.14 A	27.61 A	31.27 A	29.86 A
NTA02-13 ⁴	28.00 A	28.00 A	28.00 A	28.00 A
NTA04-13 ⁵	27.08 A	25.00 A	25.00 A	25.00 A
NAPB08-12 ¹	34.02 A	30.44 A	33.59 A	28.20 A
NAPB10-12 ²	30.00 A	33.26 A	32.13 A	32.13 A
NAPB12-12 ³	34.17 A	31.13 A	34.42 A	32.94 A
NAPB02-13 ⁴	28.00 A	28.00 A	28.00 A	28.00 A
NAPB04-13 ⁵	27.08 A	25.00 A	25.00 A	25.00 A

1: evaluación agosto 2012; 2: evaluación octubre 2012; 3: evaluación diciembre 2012; 4: evaluación febrero 2013; 5: evaluación abril 2013. NTB (número total de brotes por árbol), NBA (número de brotes atacados por árbol), NTA (número total de ataques por árbol), NAPB (número de ataques por brote). Para una variable de respuesta, letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos.

3.4.3.- Variables fisiológicas.

En relación a las variables fisiológicas, los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas, indicando que las tabletas incrementaron la concentración de fósforo en el follaje de los árboles. De acuerdo a los análisis de varianza, las tabletas afectaron la concentración foliar de nitrógeno ($Pr = 0.0785$) y de fósforo ($Pr = 0.0098$). En el caso del potasio, su concentración foliar no fue afectada significativamente por las tabletas aplicadas (Cuadro 11).

Los tratamientos con tableta incrementaron las concentraciones foliares de nitrógeno y fósforo (Figura 23 A y B), lo que implica que la planta no respondió suficientemente en crecimiento ante la aplicación de las tabletas, y que probablemente otro factor limitó el crecimiento; sin embargo, las tabletas mejoraron la disponibilidad de N y P, mismos que al ser absorbidos promovieron una mayor concentración en el tejido vegetal.

Cuadro 11. Análisis de varianza y nivel de significancia de los tratamientos en relación a la concentración de los nutrimentos aplicados.

F.V	Variable de respuesta		
	N foliar	P foliar	K foliar
	Significancia estadística		
TRATAMIENTO	0.0785	0.0098	0.9527

Tratamiento : T0 (0 tabletas / árbol), T1 (1 tableta / árbol), T2 (2 tabletas /árbol) T3 (3 tabletas/árbol)

La Figura 23 C indica una variabilidad en la concentración de potasio en los tratamientos con tableta. El T1 y T3 presentan menor concentración de K que el T0. Esto indica que al aplicar la tableta (T1 y T3) las plantas respondieron en crecimiento y el potasio se diluyó. La respuesta positiva en crecimiento probablemente se debió a la adición, dentro de las tabletas, de N y P, que como se mencionó anteriormente, son deficientes, aunque a juzgar por las respuestas en crecimiento las deficiencias pueden ser ligeras o bien, existe algún otro factor que limita el crecimiento del cedro en el sitio de estudio.

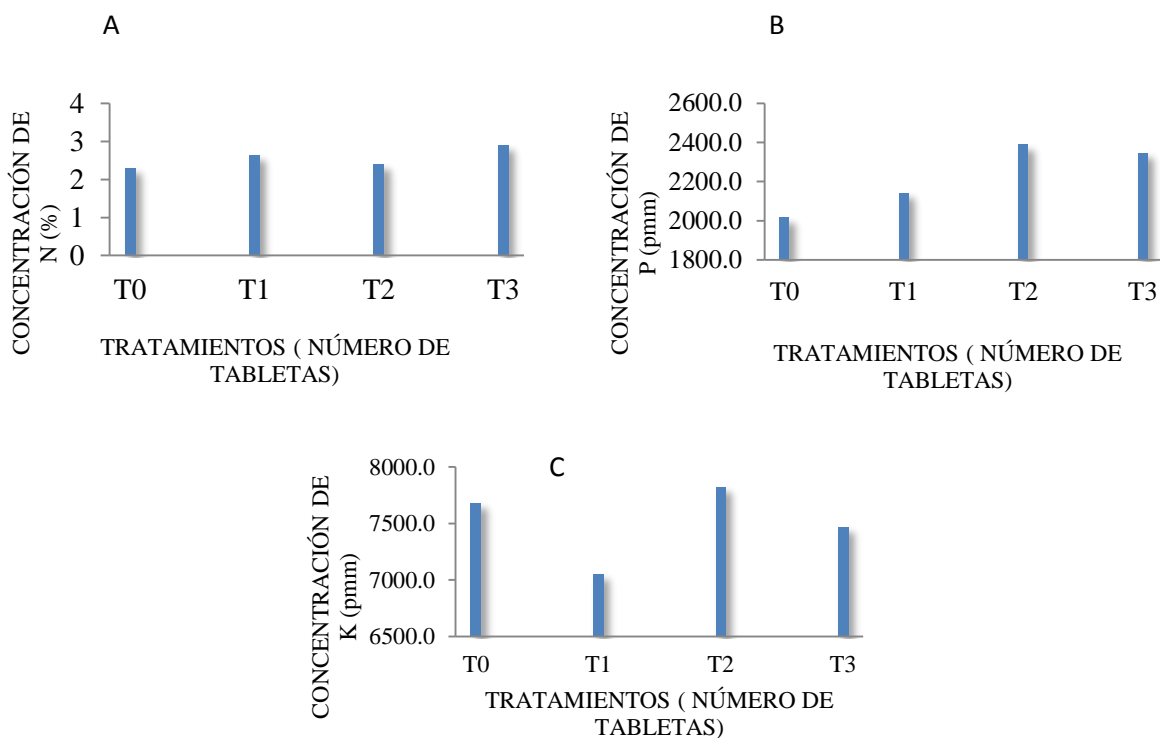


Figura 23. Efecto de los tratamientos (Tabletas de fertilizante de liberación lenta más insecticida imidacloprid) sobre las concentraciones foliares de a) nitrógeno, b) fósforo y c) potasio.

Según los valores críticos de N, P y K determinados por Hernández y Torres (2009) para *Cedrela odorata* a nivel de vivero (1.41, 0.10 y 1.31 % para N, P y K, respectivamente), las concentraciones foliares de N y P en el presente estudio fueron elevadas, confirmándose la existencia de un factor limitante diferente a la disponibilidad de estos nutrimentos.

La determinación del factor limitante no es considerado en el presente estudio, pero puede tratarse, en el caso de este experimento, de la falta de luz solar debido al efecto de “sombreo” producido por las malezas. En este sentido, se recomienda realizar un control puntual de las malezas para mejorar el crecimiento del cedro.

Las plantas que alcanzaron mayor crecimiento fueron las que recibieron dos tabletas por lo tanto contenían doble dosis de material fertilizante, la aplicación de nitrógeno y fósforo fue mayor, por ello que se considera que obtuvieron un mayor crecimiento. El nitrógeno y fósforo promueven el crecimiento de la planta (Guerrero, 1996). De acuerdo con Pritchett (1986), la disponibilidad y efecto del fósforo en el sitio de estudio pudo deberse a que el pH del suelo es ligeramente alcalino y este favorece su disponibilidad.

3.5. - CONCLUSIONES

En el sitio de estudio, la aplicación de la tableta mejoró ligeramente el crecimiento de *C. odorata* y disminuyó el ataque de *H. grandella*.

El tratamiento con dos tabletas mostró los mejores efectos en cuanto a crecimiento y disminución del ataque de *H. grandella*.

El tratamiento con tres tabletas, disminuyó el ataque de la plaga pero también disminuyó el crecimiento de *C. odorata*, probablemente por efecto de toxicidad.

Existe en el sitio deficiencias de nitrógeno y fósforo. La disponibilidad de potasio en el suelo es suficiente.

3.6.-LITERATURA CITADA

- Cibrián T. D., J. T. Méndez M. R. Campos B. H. O. Yates y J. Flores L. 1995, Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. pp. 112-115.
- Cordero J., F. Mesén., M. Montero., J. Stewart., D. Boshier., J. Chamberlain., T. Pennington., M. Hands., C. Hughes., Y G. Detlesen. 2003. Árboles de Centroamerica. J. Cordero y H. Boshier (eds). Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. pp 1079.
- Guerrero A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa. Madrid. España. 206p
- Hernández P. F. y S. Torres L. 2009. Niveles críticos nutrimentales preliminares para especies forestales de México a nivel de vivero. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 151 p.
- López L., M., E. Estañol, B. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. Terra Latinoamericana. 25: 9-15.

- Mery G., S. Kegen. and C. Lujan. 2001. Forest – based development in Brazil, Chile and México. pp 243-263. In: World Forest, Markets and policies. Palo M., J. Uusivouri. Y G. Mery. (ed). Kluwer Academic Publishers. Finland. pp. 487.
- Newton, A., C., P. Baquer. S. Ramnarine. J. F. Mesén. y R. B. Leakey. 1993. The mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management*. 57: 301-328.
- Pérez C., M., M. A. López, L. A. Equihua, M. V. M. Cetina, A. y J. T. Méndez. 2013. Relationships Between Site Factor and Bark Beetle Attack on Pine Trees. *Journal of Biological Sciences*. 13(7):621-627.
- Pritchett, W.C. 1986. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. Ed. Limusa, México. 565 p.
- Sanchez S., S., M. Dominguez, D. y H. Cortés, M. 2009. Efecto de la sombra en plantaciones de caoba sobre la incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller y otros insectos en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 25 (3): 225-231.
- Sanchez M., V., y C. Velazquez, E. 1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller). Barrenador de brotes de las meliáceas. *Ciencia Forestal en México*. 23(83) 33-39.
- Velasco V. A. 2000. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*. 17 (3). 192-200.

CAPITULO 4

4.1.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

El nitrógeno es el nutrimento que promovió mayor crecimiento en los árboles, debido a la deficiencia de este nutrimento en el sitio de estudio.

El potasio, es el nutrimento que presentó efecto positivo en la planta sobre la resistencia a plagas y enfermedades en los árboles de *C. odorata* en el sitio de estudio.

El potasio ayuda al control de *H. grandella* en *Cedrela odorata*, independientemente del nivel de disponibilidad del nutrimento en el suelo.

La aplicación de dos tabletas de fertilizante de liberación lenta más insecticida redujo ligeramente el ataque de *H. grandella*.

La heterogeneidad en cuanto a las dimensiones de las plantas en la plantación estudiada complicó la detección de manera clara de efectos de los tratamientos probados.

En futuros estudios sobre la relación nutrición-plagas, se recomienda determinar inicialmente los factores limitantes del crecimiento en el área de estudio para excluir del estudio de nutrición aquellos factores no nutrimentales.

