

**Determinación del nivel óptimo de  
fertilización nitrogenada para *Swietenia  
humilis* (Caoba del Pacífico) en etapa de  
vivero en Zamorano, Honduras**

**Silvia Carolina Becerra Cruz**

301059

**ZAMORANO**

Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

Diciembre, 2000

# 1167

**Determinación del nivel óptimo de  
fertilización nitrogenada para *Swietenia  
humilis* (Caoba del Pacífico) en etapa de  
vivero en Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Silvia Carolina Becerra Cruz**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2000

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



---

Silvia Carolina Becerra Cruz

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2000

## **DEDICATORIA**

A mis padres.

A Dios.

A mi familia.

A mi novio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por permitirme cumplir esta meta y por darme fuerza para seguir adelante.

A mis padres por brindarme todo su apoyo y amor en todo momento.

A mis asesores de tesis por haberme ayudado a la realización de este trabajo y por todo el apoyo brindado.

Al Ing. Rodolfo Pacheco por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

A Javier por haberme ayudado en la toma de datos de campo y por apoyarme en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Agradezco a la Compañía Avícola CADECA por el financiamiento brindado para continuar mis estudios en el programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco al Proyecto Zamorano-USAID por el financiamiento brindado para continuar mis estudios en el programa de Ingeniería Agronómica.

## RESUMEN

Becerra Cruz, Silvia Carolina. 2000. Determinación del nivel óptimo de fertilización nitrogenada para *Swietenia humilis* (Caoba del Pacífico) en etapa de vivero en Zamorano, Honduras. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras 36 p.

Para el éxito de una plantación forestal se requieren producir plantas de calidad en la etapa de vivero. Es necesario atender cuatro factores fundamentales: la fuente semillera, el sustrato, el riego y la fertilización. Con el objetivo de determinar el nivel de fertilización nitrogenada que proporcione las plantas más vigorosas, se estableció un experimento en Zamorano. Se utilizó un modelo de Bloques Completamente al Azar (BCA) con 16 bloques y cinco niveles de fertilización con urea (0,100,120,140 y 160 kg/ha de N). Las variables que se midieron fueron: altura a la yema apical, diámetro al cuello de la raíz, tamaño de la raíz y sobrevivencia en el campo. La fertilización se realizó un mes después de la germinación. Se realizó una medición de la altura a la yema apical y del diámetro al cuello de la raíz previo a la aplicación de los tratamientos y luego se midió a los 20 y 68 días después de la fertilización. El tamaño de raíz se midió a los 37 días después de la fertilización. Las plantas fueron transplantadas al campo a los 69 días después de la fertilización y la sobrevivencia se midió 30 días después de transplantadas al campo. El nivel de 140 kg/ha de N produjo plántulas más altas ( $P < 0.015$ ). El testigo produjo plántulas con mayores diámetros ( $P < 0.0008$ ), esto posiblemente se deba a que las plantas aprovechan el nitrógeno para crecer en altura, sacrificando su crecimiento en diámetro. Para la variable tamaño de la raíz el modelo no fue significativo, pero las medias para los tratamientos son muy similares, indicando que posiblemente el nitrógeno no favorezca el desarrollo de la raíz. La fertilización nitrogenada no influyó en el índice de sobrevivencia en el campo. Este resultado posiblemente se deba a que las plantas han sido favorecidas por la época de lluvias y no han tenido que demostrar su vigor.

**Palabras Claves:** Aprovechamiento de nitrógeno, plántulas, silvicultura, vigor.



Dr. Abelino Pitty

## **Nota de Prensa**

### **¿CUALES SON LOS EFECTOS DE LA FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE CAOBA DEL PACIFICO EN LA ETAPA DE VIVERO?**

Zamorano como una institución líder en el campo agrícola implementa un plan de establecimiento de plantaciones de Caoba del Pacífico, con fines de investigación y de enseñanza para los estudiantes.

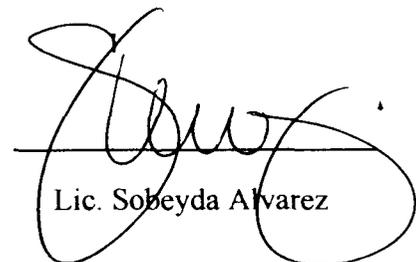
Se conoce muy poco o casi nada sobre los niveles óptimos de nitrógeno para la producción de plántulas de Caoba del Pacífico, por lo que, Zamorano se planteó las siguientes preguntas ¿Qué efectos tiene el nitrógeno en las plántulas en la etapa de vivero? ¿Cuál es el nivel óptimo de este nutriente en las condiciones de Zamorano?

A fin de dar respuesta a las preguntas planteadas se estableció un ensayo en Zamorano desde el mes de Abril a Agosto del año 2000, en el cual se probaron cuatro niveles de nitrógeno (100 kg/ha, 120 kg/ha, 140 kg/ha, 160 kg/ha) comparándose contra un testigo al cual no se le aplicó nitrógeno.

Las repuestas de las plantas fueron notorias a la aplicación, las plántulas mostraron una mejoría en su coloración tornándose estas más lustrosas y grandes, también se notó un incremento de casi cinco centímetros en altura al fertilizar las plántulas, no se observó mejoría en el crecimiento de la raíz (tamaños similares), ni del diámetro, teniendo el mayor diámetro el testigo. Esta respuesta indica que el nitrógeno favorece más el crecimiento en altura.

Los mejores resultados se obtuvieron con el nivel de 140 kg/ha de nitrógeno, notándose que con el nivel de 160 kg/ha, las plántulas muestran un crecimiento inferior al resto, lo que indica un efecto negativo a dosis mayores.

Este ensayo sólo es un paso inicial en el largo camino de la investigación sobre esta especie, por lo que será necesario se practiquen más pruebas que puedan corroborar los resultados obtenidos.



Lic. Sobeyda Alvarez

## INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
PORTADILLA.....	i
AUTORIA.....	ii
APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES.....	vi
RESUMEN.....	vii
NOTA DE PRENSA.....	viii
INDICE DE CONTENIDO.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE GRAFICOS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS .....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ECOLOGÍA DE <i>Swietenia humilis</i> (CAOBA DEL PACÍFICO).....	3
2.1.1. Rango natural.....	3
2.1.2. Nombres comunes de la <i>Swietenia humilis</i> .....	3
2.1.2.1 Nombres Comerciales.....	3
2.1.2.2 Nombres comunes.....	3
2.2. IMPORTANCIA DE LA CAOBA DEL PACIFICO.....	4
2.2.1. Usos de la Caoba del Pacifico.....	4
2.3. PLANTACIONES FORESTALES.....	4
2.3.1. Fases de establecimiento de una plantación forestal.....	5
2.4. CALIDAD DE LA PLANTA FORESTAL.....	5
2.4.1. Factores que influyen en la calidad de las plantas.....	5
2.4.1.1 Fuente semillera.....	6
2.4.1.2 Sustrato o medio de crecimiento.....	6
2.4.1.3 Riego.....	6
2.4.1.4 Fertilización.....	7
2.4.2 Elementos nutritivos indispensables.....	7
2.4.3 Efectos de los nutrientes sobre el crecimiento de las plantas.....	8
2.4.4 Nitrógeno.....	8

2.4.4.1	Formas disponibles del nitrógeno.....	9
2.4.4.2	Factores ambientales y del suelo o sustrato que afectan la disponibilidad del nitrógeno.....	9
2.4.4.3	Factores de manejo que afectan la disponibilidad del nitrógeno.....	10
2.4.4.4	Interacción del nitrógeno con otros nutrientes.....	10
3.	MATERIALES Y METODOS.....	11
3.1.	Ubicación.....	11
3.2.	Establecimiento del Vivero.....	11
3.3.	Diseño Experimental.....	11
3.4.	Tratamientos.....	12
3.5.	Manejo.....	12
3.6.	Variables a Medir y Recolección de Datos.....	13
3.7.	Análisis Estadístico.....	13
4.	RESULTADOS.....	14
4.1.	VARIABLES MEDIDAS EN VIVERO.....	14
4.1.1.	Sobrevivencia.....	14
4.1.2.	Altura al brote apical.....	14
4.1.3.	Diámetro al cuello de la raíz.....	16
4.1.4.	Raíz.....	19
4.2.	VARIABLES MEDIDAS EN CAMPO.....	20
4.2.1.	Sobrevivencia en Campo.....	20
4.3.	COSTOS DE PRODUCCIÓN EN VIVERO.....	20
4.3.1.	Costos de Producción sin fertilización.....	20
4.3.2.	Costos de Producción con fertilización.....	21
5.	DISCUSIÓN.....	22
6.	CONCLUSIONES.....	24
7.	RECOMENDACIONES.....	25
8.	LITERATURA CITADA.....	26
9.	ANEXOS.....	28

## INDICE DE CUADROS

### Cuadro

1.	Exportaciones de nutrientes en vivero de crianza.....	7
2.	Remoción de nutrientes para <i>Pinus radiata</i> .....	8
3.	Fuentes de variación y grados de libertad del diseño experimental.....	11
4.	Análisis estadístico para la variable altura en el tiempo.....	14
5.	Análisis estadístico para la variable altura tiempo 3 (68 días después de la fertilización).....	15
6.	Separación múltiple de medias de altura para todos los tratamientos.....	15
7.	Análisis estadístico de la variable diámetro en el tiempo.....	17
8.	Análisis estadístico de la variable diámetro tiempo 3 (68 días después de fertilizar).....	17
9.	Separación múltiple de medias de diámetros.....	18
10.	Análisis de varianza para la variable raíz. (37 días después de fertilizar).....	19
11.	Medias de los tratamientos para la variable tamaño de raíz.....	20
12.	Porcentaje de sobrevivencia en campo para cada tratamiento.....	20
13.	Costos de producción en vivero sin fertilización.....	20
14.	Costos de vivero fertilizando con 160 kg/ha de Urea.....	21

## INDICE DE GRAFICOS

### Gráfico

1.	Tendencia de la variable altura para los diferentes tratamientos.....	16
2.	Tendencia de la variable diámetro para los diferentes tratamientos.....	18

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo

1.	Análisis de varianza para la variable altura en el tiempo 1 (0 días a la fertilización).....	29
2.	Análisis de varianza para la variable altura en el tiempo 2 (20 días después de la fertilización).....	29
3.	Análisis estadístico para la variable diámetro tiempo1 (0 días de la fertilización).....	30
4.	Análisis estadístico para la variable diámetro tiempo2 (20 días después de la fertilización).....	30
5.	Costos de producción en vivero fertilizado con 100 kg/ha de Urea.....	31
6.	Costos de producción en vivero fertilizando con 120 kg/ha de Urea.....	31
7.	Costos de producción en vivero fertilizando con 140 kg/ha de Urea.....	31
8.	Detalle de costos de producción de vivero sin fertilización.....	32
9.	Detalle de costos de producción en vivero con 100 kg/ha de N.....	33
10.	Detalle de costos de producción en vivero con 120 kg/ha de N.....	34
11.	Detalle de costos de producción en vivero con 140 kg/ha de N.....	35
12.	Detalle de costos de producción en vivero con 160 kg/ha de N.....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

Honduras es un país con tierras de vocación forestal por naturaleza, debido a sus características topográfica y edáficas.

Existen aproximadamente 7.6 millones de hectáreas de suelo forestal de las cuales 2.4 millones se presume están cubiertas con bosque de pinos 2.9 millones con bosque de latifoleadas.

Los bosques latifoleados, principalmente diseminados en los departamentos de Atlántida, Colón, Olancho, Gracias a Dios y Yoro tienen en sus suelos la mayor diversidad de especies maderables del territorio hondureño y constituyen una de las mayores riquezas naturales.

De toda la riqueza forestal existente en el territorio nacional, solo tres especies son las mas aprovechadas, pino, cedro y caoba, siendo la caoba (*Swietenia humilis* y *S. macrophylla*) la favorita. Tal preferencia, en la cual los bellos colores y bondades del cedro y caoba han enriquecido el valor de los productos en la aceptación internacional, logró que la industria maderera exportara en el período de enero a octubre de 1998 un poco más de once millones de dólares con un volumen superior a los 15 millones de pies tablares. Pero los índices oficiales también delatan un sostenido descenso en el mercado maderero porque al comparar las estadísticas del período con los últimos tres años se refleja una caída de varios puntos, pues en 1998 se exportaron más de 12 millones y en 1997 unos 18 millones de dólares (La Prensa, 2000).

Debido al alto valor económico de la Caoba del Pacifico se ha iniciado importantes iniciativas de reforestación, conservación e investigación. Actualmente la conservación de la especie se hace a través de plantaciones de investigación, las cuales están enfocadas en el comportamiento de la *Swietenia humilis* con otras especies en diferentes sitios y el establecimiento de huertos semilleros.

Hasta la fecha no se cuenta con información sobre el manejo o silvicultura de *Swietenia humilis*, a diferencia de la *Swietenia macrophylla* que ha sido objeto de investigación de muchos países como: Indonesia, Filipinas, México, Honduras y Costa Rica entre otros.

La reciente política de establecimiento de plantaciones de *Swietenia humilis* en Zamorano, resalta la importancia de investigación sobre la especie, especialmente el conocer los niveles de fertilización nitrogenada adecuados para esta en la etapa de vivero, con la finalidad de obtener plantas de calidad que muestren un mejor desempeño en el establecimiento de la plantación, y cuyos costos de fertilización sean razonables.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de cinco niveles de fertilización en el comportamiento de *Swietenia humilis* en etapa de vivero.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Determinar el nivel de fertilización adecuado para *Swietenia humilis* en etapa de vivero para Zamorano.

Evaluar preliminarmente el comportamiento de las plantas en el campo.

Determinar los costos de producción de *Swietenia humilis* en etapa de vivero.

## **HIPOTESIS**

Ho: Los cinco niveles de fertilización probados en *Swietenia humilis* no muestran efectos significativos en su comportamiento.

Ha: Al menos uno de los cinco niveles de fertilización tuvo diferencias significativas.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 ECOLOGÍA DE *Swietenia humilis* (CAOBA DEL PACIFICO).

#### 2.1.1 Rango natural

Es un árbol originario de América tropical, que crece entre los 50 y los 1000 metros sobre el nivel del mar, generalmente se encuentra en la costa del pacífico desde México hasta Costa Rica.

Condiciones de crecimiento natural:

Lluvia: la Caoba del Pacífico necesita por lo menos de 800 hasta 1000 milímetros de lluvia por año en los sitios de plantación. En bosque seco puede aguantar hasta 6 meses sin lluvia.

Altitud: la Caoba del Pacífico puede crecer en sitios desde los 50 hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar, sin embargo, para obtener mejores resultados, se recomienda plantarla entre los 50 a 800 metros sobre el nivel del mar.

Suelos: crece en suelos profundos, ricos en materia orgánica y bien drenados, lo cual determina su lento o rápido crecimiento. Crece mejor en suelos profundos de más de 50 centímetros (CONSEFORH, 2000).

#### 2.1.2 Nombres comunes de la *Swietenia humilis* (CONSEFORH, 2000).

##### 2.1.2.1 Nombres comerciales:

Español: Caoba, Caoba de la costa del Pacífico

Inglés: Mahogany

Francés: Mahogany

##### 2.1.2.2 Nombres comunes:

-Zopilote, gateado (México)

-Caoba de Honduras

-Cóbano, Zapatón (Guatemala)

-Flor de venadillo

-Guayach

-Mabu

-Caobach

-Mova

## **2.2 IMPORTANCIA DE LA CAOBA DEL PACÍFICO**

La Caoba del Pacífico tiene un valor económico muy alto, llegando a cotizarse en el mercado internacional a US\$ 750/m<sup>3</sup> la madera en rollo y a US\$ 2.70 una pieza de veneta (plywood) de 0.7 mm en Brasil (<http://itto.or.jp>, 2000). La actividad forestal tiene mucha importancia para el país, ya que dicha actividad constituye el 5% del PIB, representa el 8% de las exportaciones y emplea a más de 62,000 personas directamente que a su vez generan más de 153,000 empleos indirectos (Industria Forestal, 2000).

### **2.2.1 Usos de la Caoba del Pacífico**

Madera: es una de las especies de “madera de color” con un alto valor comercial en el mercado de la ebanistería mundial.

La madera de Caoba del Pacífico tiene dos partes: una clara llamada albura y otra más oscura llamada duramen o corazón. La albura es castaño amarillento y el corazón es café rojizo. Es fuerte y resistente a la podredumbre y a los insectos, sin necesidad de tratarla con productos químicos.

Postes Vivos: se planta como cerca viva a orillas de terrenos usados como potreros o en límites de propiedades, en la zona sur de Honduras y en el valle de Comayagua.

Sombra: debido a que su copa es redonda, y el árbol casi todo el año está cubierto de hojas se le usa para dar sombra a ganado en potreros y en los solares de las casas para hacer el ambiente más agradable.

Miel: su floración es abundante y por eso es muy apetecida por las abejas para la producción de miel.

Medicina: la corteza sirve contra la diarrea, fortalece el organismo y quita la fiebre, para usarla contra la diarrea se prepara machacando la corteza y dejándola en agua por la noche para tomarla al día siguiente.

También se prepara un té con sus semillas, para dolor del pecho (CONSEFORH, 2000).

## **2.3 PLANTACIONES FORESTALES**

La Caoba del Pacífico está muy amenazada en Honduras por el corte de los árboles para madera y por la destrucción del bosque para agricultura. En muchas áreas solamente

quedan algunos árboles en potreros, zonas agrícolas y en cercas vivas. La conservación de la especie, se hace a través de plantaciones de investigación, y árboles aislados en fincas o en pequeños remanentes. Por su alto valor comercial en los últimos años se han iniciado importantes iniciativas de reforestación y conservación, en Honduras, lo cual coloca a esta especie en un estado de conservación con mejores perspectivas (La Prensa, 2000).

De lo anterior se puede notar que las plantaciones jugaran un papel importante en el futuro para poder abastecer la demanda de esta especie y reducir de esta forma la presión ejercida sobre los bosques para extraer la cada vez más escasa madera preciada.

### **2.3.1 Fases de establecimiento de una plantación forestal**

Para establecer una plantación forestal existen dos fases: la fase de vivero, que proveerá las plantas necesarias para la plantación y la fase de establecimiento propiamente dicho, donde se realizara el transplante al campo y se dará el mantenimiento pertinente a la plantación.

## **2.4 CALIDAD DE LA PLANTA FORESTAL**

La calidad de la planta forestal se demuestra en el campo por su capacidad de arraigar y vegetar larga y satisfactoriamente una vez plantada.

En buena parte estas capacidades dependen de la técnica de repoblación; pero están además condicionadas por su cultivo en vivero (Foucard, 1997).

Una planta de calidad tiene las siguientes características:

**Longitud y forma de la raíz.** La longitud más recomendable es de 15-20 cm la mayoría con especies de raíz pivotante. Algunos autores no recomiendan raíces de mas de 18 cm de longitud. La forma ideal es recta, colgante y sin enroscamiento.

**Dimensión y edad.** En general arraigan mejor plantas jóvenes, porque tienen potencial de crecimiento en sus raíces. Por eso las plantas usadas para la repoblación suelen ser pequeñas.

**Equilibrio y proporción.** El grosor del tallo debe de ser proporcional a su altura y nunca el peso de la parte aérea debe de ser el doble de la raíz.

**2.4.1 Factores que influyen en la calidad de las plantas.** Son cuatro los factores que más influyen para la obtención de plantas de calidad en un vivero y estos son: Sustrato o medio de cultivo, fuente de semilla, riego y fertilización.

**2.4.1.1 Fuente semillera.** La semilla por lo general es obtenida de un banco local de semilla o es importada del extranjero, recordando que la mejor semilla a utilizar es la de especies locales que muestran mejor adaptabilidad al sitio (Napier, 1985).

Según Montoya y Cámara (1996) la semilla para que de buenos resultados debe ser gruesa, homogénea, bien coloreada, brillante (según la especie), no desprender mal olor ni presentar ataques o daños y estar en su punto óptimo de maduración. Es importante recordar que las semillas más gruesas y de mayor capacidad germinativa den origen en vivero a plantas mayores y más homogéneas. Esta ventaja inicial, aunque no necesariamente implica una superioridad genética al largo plazo, es una gran ventaja en el cultivo del vivero y en el trasplante.

**2.4.1.2 Sustrato o medio de crecimiento.** Según Foucard (1997) de una manera general el sustrato es el elemento principal del comportamiento del cultivo.

El sustrato donde se cultivan las plántulas es comúnmente una mezcla de dos o más materiales (tierra y arena) o puede ser solamente uno (vermiculita).

Foucard (1997); Montoya y Cámara (1996) coinciden en que un sustrato ideal debe tener las siguientes características: liviano, homogéneo, alta capacidad de intercambio catiónico que regule la correcta nutrición y aprovechamiento de los nutrientes aplicados, pH 5.0-6.0 rango en el cual se pueden desarrollar latifoleadas y coníferas y que permite la disponibilidad de la mayoría de nutrientes, retener suficiente humedad para un buen desarrollo, buen drenaje y tener cohesión para formar un pilón.

Para Foucard (1997) el sustrato se caracteriza por tres fases:

La fase sólida, constituye el soporte físico para las plantas y protección para las raíces.

La fase líquida, permite su almacenamiento en agua y elementos nutritivos

La fase gaseosa, asegura la oxigenación de las raíces.

**2.4.1.3 Riego.** Las necesidades de agua de las plantas varían en función de su periodo vegetativo y de las características de la especie (Foucard, 1997).

Siempre riegos espaciados son preferibles a riegos cortos y poco espaciados, porque se obliga a la planta a un mejor y más profundo enraizamiento y se logran plantas más duras y resistentes. Cantidad de agua no debe ser mayor que la precisa para humedecer la profundidad de las raíces; riegos mayores significan pérdida de agua y de nutrientes, riegos menores pueden llevar a un mal crecimiento de las plantas (Montoya y Cámara, 1996).

El agua es importante para una mejor absorción de los nutrientes, de esta depende el éxito de la fertilización.

Hocker (1984; citado por Foucard, 1997) notó que la humedad del sustrato o medio de crecimiento juega un papel importante en el aumento de crecimiento de las plantas que son fertilizadas con nitrógeno.

**2.4.1.1 Fertilización.** Pocos estudios se han realizado sobre las necesidades específicas de las plantas de vivero. Sin embargo un estudio llevado a cabo de 1974-1976 por F. Lemaire (INRA, Estación de Agronomía de Agres) permite delimitar estas necesidades a partir de una investigación sobre las exportaciones minerales de las plantas jóvenes de vivero.

Las frondosas exportan más que las coníferas, pero el rendimiento en materia seca está prácticamente en el mismo nivel (Foucard, 1997).

Cuadro 1. Exportaciones de nutrientes en viveros de crianza.

<b>Exportaciones Anuales de Nutrientes en kg/ha en Vivero de Crianza</b>					
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>
Frondosas	240	90	140	150	40
Coníferas	130	45	75	55	10

&Tomado de Foucard (1997).

Para asegurar su desarrollo la planta debe extraer del sustrato los elementos necesarios para la constitución de sus tejidos. Para que las plantas puedan hacer un mejor uso o aprovechamiento de los fertilizantes hay que conocer la época más apropiada para aplicarlos. Para Foucard (1997), se deben aplicar cuando las plantas tienen de cuatro a seis semanas de edad aquí las plantas se encuentran en un crecimiento más acelerado y ya poseen un sistema radicular bien desarrollado que les permite absorber los nutrientes, antes de las cuatro semanas las plantas no tienen un sistema radicular desarrollado que les permita absorber los nutrientes y estos a su vez pueden causar detención del crecimiento y atrofia en la raíz por una intoxicación.

**2.4.2 Elementos nutritivos indispensables.** Los nutrientes esenciales para las plantas se pueden clasificar en macronutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Mn, Fe, Cl, Cinc, B), siendo los más importantes los macronutrientes pues son requeridos en cantidades relativamente grandes en comparación a los micronutrientes en los cuales el rango entre deficiencia y toxicidad es pequeño (Napier, 1985).

**2.4.3 Efectos de los nutrientes sobre el crecimiento de las plantas.** Todos los nutrientes tienen una función específica en la planta: el nitrógeno, fósforo y azufre son constituyentes celulares de base, el calcio, potasio y magnesio tienen papeles múltiples

(fotosíntesis y maduración de semillas), el boro manganeso cinc hierro entran en la composición de las enzimas catalizadoras de todas las reacciones bioquímicas de la planta (Foucard, 1997).

El nitrógeno, fósforo, potasio y calcio son los elementos del suelo más importantes que quedan retenidos en mayor cantidad por el cultivo forestal en pie (Hocker, 1984; citado por Foucard, 1997).

Hocker (1984; citado por Foucard, 1997); Montoya y Cámara (1996) afirman que la adición de fertilizantes minerales que contienen N, P y K a los cultivos forestales ha dado como resultado un incremento de estos.

El fósforo es importante para el buen establecimiento inicial del sistema radical, el nitrógeno en la fase de crecimiento ayudara a alcanzar el tamaño deseado y una combinación de fósforo y potasio favorecerá la protección del sistema radical.

Algunos estudios realizados en fertilización en diferentes especies muestran que las plantas reaccionan favorablemente a esta.

Por ejemplo Burschell y Martinez (1968; citado por Napier, 1985) encontraron que las plantas de *Pinus radiata* removían del suelo sin fertilizar una cantidad inferior a la que removían cuando se aplico fertilización al mismo, como se muestra en siguiente cuadro

Cuadro 2. Remoción de nutrientes para *Pinus radiata*.

	Nutrientes removidos kg/ha&				
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
No fertilizado	95	50	52.3	24.9	11.4
Fertilizado NPK*	126	60	70.2	27.3	13.6

&Se aplico 80 kg/ha de N, 100 kg/ha de P2O5 y 52 kg/ha de K2O.

Las plantas solo absorbieron parte del fertilizante aplicado, indicando que esta es la cantidad requerida por ellas.

#### 2.4.4 Nitrógeno

El nitrógeno es absorbido por las plantas en cantidades más grandes que los otros elementos y por lo general el suelo no suministra una cantidad suficiente para la producción en viveros forestales. Por lo que la fertilización con nitrógeno es una practica común (Napier, 1985).

Según Bertsch (1998) los efectos que causa el nitrógeno en las plantas son los siguientes:

- Acentúa el color verde del follaje
- Confiere succulencia a los tejidos

- Favorece el desarrollo exuberante del follaje
- Puede aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades
- Propicia el volcamiento
- Alarga el ciclo vegetativo de los cultivos
- Retrasa la maduración de los frutos

**2.4.4.1 Formas disponibles del nitrógeno.** Aunque el nitrógeno comprende el 78% de la atmósfera en esta forma química no la pueden asimilar las plantas, solo aquellas que llevan acabo fijación biológica de este elemento (Binkley, 1993).

El nitrógeno para la mayoría de las plantas es extraído del suelo o del sustrato en forma nítrica y amoniacal.

El nitrógeno se encuentra en forma orgánica en el suelo siendo de esta forma no disponible para las plantas por lo que debe ser convertido en iones de amonio y nitrato para que las plantas puedan asimilarlo. Estas dos formas de nitrógeno son lixiviadas del suelo relativamente fácil, siendo el ion de nitrato lixiviado con mas facilidad que el de amonio (Napier, 1985).

El contenido de nitrógeno de las plantas varía de acuerdo a los tejidos. Típicamente el follaje contiene de 0.9-2%, mientras que la madera generalmente tiene 0.5%.

**2.4.4.2 Factores ambientales y del suelo o sustrato que afectan la disponibilidad del Nitrógeno.** Las condiciones ambientales de la zona de un cultivo y el manejo que este recibe afectan grandemente el aprovechamiento del nitrógeno. Las perdidas de nitrógeno a causa de la desnitrificación se encuentran en el rango de 10 a 45% y por volatilización están entre el 1 y 50% (FAO, 1983).

La cantidad de agua que recibe un cultivo a lo largo de su ciclo y el estrés hídrico bajo el que esta sometido determinen en gran parte la eficiencia en la utilización del nitrógeno aplicado. Se conoce que una planta bajo estrés hídrico acumulara menor cantidad de materia seca que una que no este bajo este efecto

La presencia de humedad en el suelo es absolutamente esencial para la respuesta efectiva a la aplicación de nitrógeno, pero al mismo tiempo, el nivel de N en la nutrición de la planta determina la eficiencia de la misma en el uso del agua en el suelo (Olson, 1984).

El efecto de la humedad en las perdidas de nitrógeno del suelo se debe también a la presencia o ausencia de bacterias nitrificantes. En verano, cuando no hay disponibilidad de agua en el suelo, la nitrificación se atenúa, y en los suelos con 12 a 18% de humedad se obtienen las mejores condicione para el desarrollo de estos microorganismos (Fuentes, 1994).

Otro factor determinante en el uso de este elemento por la planta es la presencia de nitrógeno residual en el suelo, esta concentración puede variar enormemente por factores

externos. En un ensayo en Holanda se encontró que manejado un rango de 0 a 200 kg N/ha, durante cinco años no hubo diferencias significativas en el nitrógeno residual, luego de cada aplicación de nitrógeno, o se utilizaba por el cultivo o de perdía por lixiviación u otros mecanismos (Domínguez, 1990).

La influencia de estos factores es muy variable según las características de cada de lugar, pero en general son causantes de grandes pérdidas y por esto se recomienda el fraccionamiento de los fertilizantes como la urea (FAO, 1989).

**2.4.4.3 Factores de manejo que afectan la disponibilidad del nitrógeno.** Como ya se menciono antes el aprovechamiento de los fertilizantes nitrogenados esta influenciado por factores como del ambiente, y factores del sustrato o suelo, además interviene la forma de aplicación del fertilizante y la combinación con otros fertilizantes, por ejemplo la urea forma compuestos indeseables en el suelo cuando reacciona con superfosfatos.

**2.4.4.4 Interacción del nitrógeno con otros nutrientes.** Otras investigaciones han demostrado que existe una interrelación entre los nutrientes en cuanto al efecto que pueden tener en las plantas.

Por ejemplo Napier (1985) encontró en un ensayo, que las plántulas de *Pinus oocarpa* crecieron 2.1 cm en presencia de fósforo y 0.6 cm en presencia de Nitrógeno, pero en presencia de ambos nutrientes el crecimiento fue de 6.3 cm indicando que tienen una mejor respuesta en crecimiento cuando se le aplica fósforo y nitrógeno juntos, que cualquiera de los dos nutrientes individuales.

En general todos los nutrientes no tienen el mismo efecto sobre las diferentes características de la plántula.

Foucard (1997) encontró en un ensayo realizado en *Pinus oocarpa* que las plantas reaccionaron de manera diferente a la aplicación de diferentes nutrientes. La adición de nitrógeno por ejemplo ocasiona un incremento general en el peso seco de la planta, pero el crecimiento del tallo es estimulado mas que el de las raíces, además el nitrógeno estimula el desarrollo del tejido suculento del tallo.

También encontró de que el fósforo además de estimular el desarrollo radicular en combinación con nitrógeno ocasiona un incremento general en el peso seco de la planta. El potasio por su parte esta relacionado directamente con la resistencia al déficit de agua en las plantas. Estos resultados coinciden con la afirmación hecha por Napier (1985).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 UBICACION

El experimento se realizó en los terrenos de Zamorano, ubicados en la sección de la Zamoempresa de Cultivos Forestales (ZECFOR), durante el periodo comprendido de Abril 17 a Agosto 9 del 2000; y en lote # 1400 de Florencia, durante el periodo comprendido de Agosto 10 a Octubre 15 del 2000.

Zamorano se encuentra en el valle del río Yeguaré a 30 km. al este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 14° de latitud norte y 87°02' de longitud oeste, a una altura de 805 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 1100 milímetros y una temperatura anual media de 24.2°C. El ecosistema de la región según Holdridge (1987) está caracterizado como bosque seco subtropical.

#### 3.2 ESTABLECIMIENTO DEL VIVERO

El vivero fue establecido en la sección de ZECFOR, en bolsas de polietileno color negro 6"×12"; las bolsas se llenaron de mezcla con proporción de cuatro partes de tierra y una de arena, para lo que se necesitaron seis metros cúbicos de tierra y dos metros cúbicos de arena; en cada bolsa se sembró una semilla de *Swietenia humilis* procedencia San Antonio del Norte, La Paz, Honduras, ocupándose punto siete kilogramos de semilla con 85% de germinación, la semilla se sembró a una profundidad de dos centímetros, se sembraron un total de 896 bolsas de las cuales el 46% era para línea de borde y el 54% pertenecía a los tratamientos. La siembra se realizó el 17 de Abril del 2000.

#### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las plantas fueron dispuestas en un diseño de bloques completos al azar, las unidades experimentales por tratamiento fueron parcelas de seis plantas, cada una con 16 repeticiones (bloques).

Cuadro 3. Fuentes de variación y grados de libertad del diseño experimental

Fuentes de Variación	Grados de libertad
A	A-1
BLOQUE	Blq-1
ERROR a	(A-1)(Blq-1)

### 3.4 TRATAMIENTOS

Previo determinación de los tratamientos (niveles de fertilización nitrogenada) se realizó un análisis de macronutrientes del medio de crecimiento utilizado, el cual indicó un aporte de 50 kg/ha de nitrógeno, 105 kg/ha de fósforo, 456 kg/ha de potasio, con un pH de 5.28, en base a este análisis y tomando como referencia la extracción de nutrientes del *Pinus oocarpa* se determinaron los niveles de fertilización nitrogenada; el fertilizante utilizado como fuente de nitrógeno fue 46-0-0 (urea).

Los tratamientos fueron 100 kg/ha, 120 kg/ha, 140 kg/ha, 160 kg/ha y el testigo al cual no se le aplicó urea, quedando únicamente con el aporte del medio, los otros tratamientos fueron complementados con el aporte del medio. La dosificación de cada bolsa se hizo en base a peso de tierra en una hectárea y peso en cada bolsa como sigue: tratamiento uno 100 kg/ha, el medio aporta 50 kg/ha por lo que se aplicó únicamente 50 kg/ha de Urea.

Una hectárea tiene dos millones de kilogramos de tierra, la bolsa pesa 5.0 kg  
 $(50 \text{ kg/ha N} * 5.0 \text{ kg/bolsa tierra}) / 2000000 \text{ kg/ha tierra} = 0.000125 \text{ kg /bolsa de N.}$

Si la urea tiene 46% de nitrógeno entonces:  
 $(100 \text{ kg de Urea} * 0.000125 \text{ kg/bolsa N}) / 46 \text{ kg N} = 0.000271 \text{ kg de Urea / bolsa}$

Para facilitar la aplicación de la Urea para el tratamiento, se pesó el total de Urea necesaria para las 96 plantas de ese tratamiento de todos los bloques, luego esta cantidad se diluyó en 960 ml de agua, para poder aplicar por planta 10 ml. Se siguió el mismo procedimiento para todos los tratamientos.

Se realizó una única fertilización a las cuatro semanas de edad de la planta, para todos los tratamientos.

### 3.5 MANEJO

Se colocó sombra durante el período de germinación, para mantener la humedad de las bolsas, esta se retiró a los 20 días cuando la mayoría de plantas germinaron.

Se llevó control de sobrevivencia a partir del primero de Mayo cuando la mayoría de plantas había germinado.

Se realizaron cinco deshierbas cada dos semanas durante un período de tres meses, para evitar la competencia de las malezas por nutrientes.

Se realizaron riegos dos veces por día a excepción de los días que hubo precipitación, durante toda su estadía en el vivero.

Se realizaron cinco aplicaciones de folidol y dithane para el control de pulgones y hongos.

Las plantas fueron transplantadas al campo a los 69 días después de la fertilización, para esto se realizó la preparación del terreno con un pase de rastra, también se realizó un control de zompos a la siembra y una chapea para el control de malezas.

### **3.6 VARIABLES A MEDIR Y RECOLECCION DE DATOS**

Durante la etapa de vivero se midieron las variables de altura y diámetro al cuello de la raíz, con la ayuda de una regla graduada en centímetros y un pie de rey. Estas variables se midieron preliminarmente a la aplicación del nitrógeno y luego a los 20 y 68 días después de realizada esta.

La altura se midió desde el cuello de la raíz hasta el ultimo brote apical, el diámetro al cuello de la raíz se midió cinco milímetros arriba del nivel de suelo.

El tamaño de raíz fue medida a los 37 días después de fertilizado, para esto se tomaron como muestra 16 plantas por tratamiento, a las cuales se les retiró el pilón a presión de agua hasta quedar libres las raíces, estas fueron medidas con una regla graduada en centímetros desde el cuello de la raíz hasta la punta de la raíz pivotante.

Las plantas fueron transplantadas al campo a los 69 días después de la fertilización y la sobrevivencia se midió 30 días después de transplantadas al campo.

Los costos de producción en vivero se tomaron a medida se realizaban las actividades en éste (Anexos del 8 al 12).

### **3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En el análisis estadístico se utilizó el paquete “Statistical Analysis System” (SAS versión 6.04), realizando un análisis de varianza y una separación de medias para cada variable medida en el vivero y una prueba de  $X_0^2$  para la sobrevivencia en el campo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 VARIABLES MEDIDAS EN VIVERO

#### 4.1.1. Sobrevivencia

Se midió la sobrevivencia en el vivero que aunque no es indicativo de crecimiento si es importante porque afecta las medias obtenidas para las otras variables para los diferentes tratamientos.

La sobrevivencia a los treinta días de germinación fue de 81%, reduciéndose hasta 63% a los 68 días después de la aplicación del fertilizante (última medición de variables).

#### 4.1.1 Altura

El modelo utilizado fue altamente significativo para la variable altura (prob  $F > P$  0.0001), Se encontraron diferencias significativas entre bloques a un alpha de 5%, lo que indica que los tratamientos se comportaron diferente en los diferentes bloques, también se encontró interacción entre tiempo y tratamiento a un alpha del 5%, indicándonos que el tiempo esta influyendo en la respuesta de la variable altura para todos los tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis estadístico de la variable altura en el tiempo.

			Fuente de Variación	F	Probabilidad
Altura de las plantas (cm)	Media	17.49	Tiempo	382.60	0.0001**
	CV	14.48%	Bloque (Blq)	11.66	0.0001**
	R-square	0.80	Tratamiento (Trt)	7.19	0.0001**
	Valor F	17.63	Repetición (Rep)	6.18	0.0024*
	Probabilidad	0.0001	Tiempo*Trt	5.72	0.0001**
			Blq*Trt	3.30	0.0001**
			Trt*Rep	3.87	0.0002**

Como existía interacción entre el tiempo y los tratamientos se realizó un análisis de varianza para cada uno de los tiempos de medición de la variable altura, encontrando

diferencias significativas entre los tratamientos, con un CV de 13.41% y un R<sup>2</sup> de 0.68 (Cuadro 5), las alturas promedios dentro del tiempo 1 y 2 fueron estadísticamente similares con CV del 15.26 % y 16.75% respectivamente, con R<sup>2</sup> de 0.61 y 0.59 (Anexo 1 y 2).

Cuadro 5. Análisis estadístico para la variable altura tiempo 3 (68 días después de la fertilización).

			Fuentes de Variación	F	Probabilidad
Altura de las plantas (cm)	Media	23.35	Bloque	2.19	0.0456*
	CV	13.41%	Tratamiento	5.84	0.0007**
	R-square	0.68	Repetición	1.70	0.1928 ns
	Valor F	1.88	Blq*Trt	1.17	0.3034 ns
	Probabilidad	0.0146	Trt*Rep	0.80	0.6041 ns

Las diferencias entre los tratamientos se obtuvieron por una separación múltiple de medias (Cuadro 6).

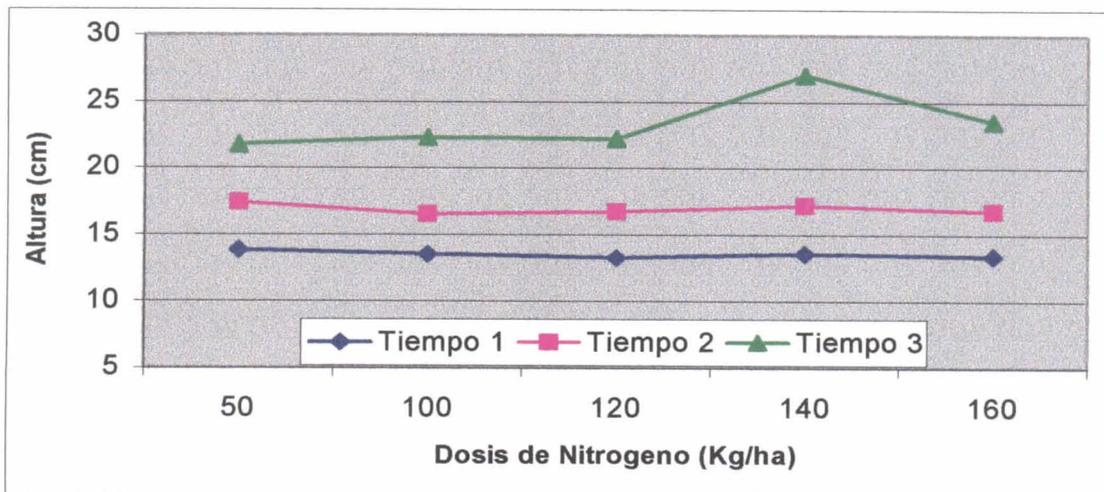
Cuadro 6. Separación múltiple de medias de altura para todos los tratamientos.

Tratamientos (kg/ha urea)	Medias de Altura	Probabilidad	Separación de medias
140	26.3479	0.0001	A
160	23.1200	0.0001	B
120	22.2792	0.0001	CB
50 (testigo)	21.9740	0.0001	DBC
100	21.6570	0.0001	EBCD

El tratamiento de 140 kg/ha de Urea mostró diferencias significativas entre los demás tratamientos teniendo la media más alta, (26.35 cm) seguido por el tratamiento de 160 kg/ha de Urea que mostró diferencias significativas entre el tratamiento de 140 kg/ha de Urea pero no con los demás tratamientos, el tratamiento de 100 kg/ha de Urea tuvo la media más baja (21.66 cm) aunque no fue diferente significativamente con el resto de tratamientos, a excepción del tratamiento de 140 kg/ha de Urea.

Para poder visualizar la tendencia de la variable altura para todos los tratamientos se realizó un gráfico en donde se muestran los diferentes tiempos de medición de la variable (Gráfico 1).

Gráfico 1. Tendencia de la variable altura para los diferentes tratamientos.



**Tiempo 1** = 0 día después de fertilizar, **Tiempo 2** = 20 días después de fertilizar, **Tiempo 3** = 68 días después de fertilizar.

Para el tiempo dos y tres la gráfica se muestra muy estable indicando que la altura no tuvo diferencias entre tratamientos, en el tiempo tres ya se puede ver una tendencia en el crecimiento de la altura, presentando la mayor altura el tratamiento de 140 kg/ha de Urea, notándose con aplicaciones mayores a esta un decrecimiento en la altura.

#### 4.1.2 Diámetro

El modelo utilizado fue altamente significativo para la variable diámetro (prob  $F > P$  0.0001), Se encontraron diferencias significativas entre bloques a un alpha de 5%, lo que indica que los tratamientos se comportaron diferente en los diferentes bloques, también se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 7).

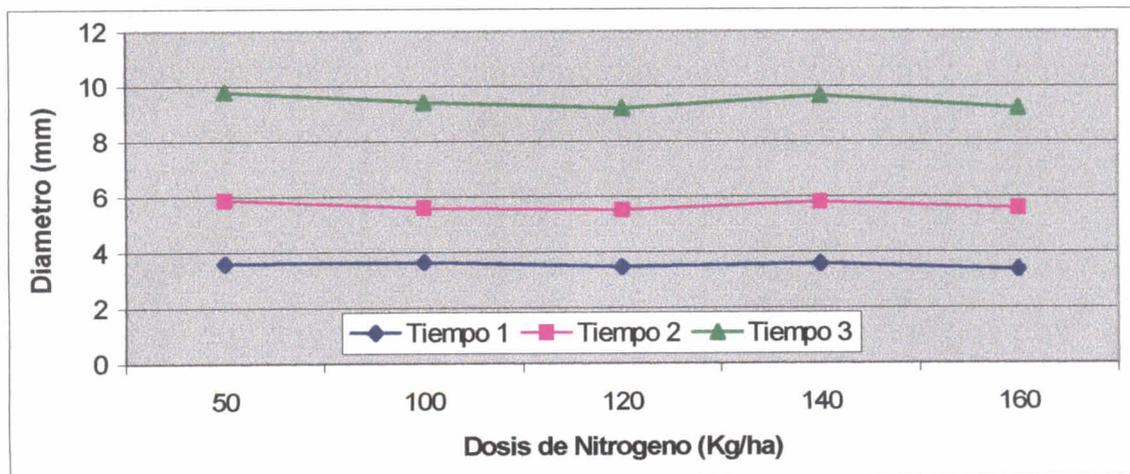
Cuadro 9. Separación múltiple de medias de diámetros.

Tratamiento kg/ha de Urea	Medias de Diámetros	Probabilidad	Separación de medias
50 (testigo)	9.8087	0.0001	A
140	9.5772	0.0001	BA
120	9.2396	0.0001	CB
100	9.1712	0.0001	DBC
160	9.0525	0.0001	EBCD

El testigo tuvo la media más alta y mostró diferencias significativas con todos los tratamientos a excepción del tratamiento de 140 kg/ha de Urea, el tratamiento de 160 kg/ha de Urea tuvo la media más baja aunque solo mostró diferencias significativas con el tratamiento de 50 kg/ha de Urea.

Para poder visualizar la tendencia de la variable diámetro para todos los tratamientos se realizó un gráfico en donde se muestran los diferentes tiempos de medición de la variable (Gráfico 2).

Gráfico 2. Tendencia de la variable diámetro para todos los tratamientos.



**Tiempo 1** = 0 día después de fertilizar, **Tiempo2** = 20 días después de fertilizar, **Tiempo 3** = 68 días después de fertilizar.

Para el tiempo uno y dos el comportamiento es similar manteniéndose estable el crecimiento en diámetro, indicando que no hubo diferencias entre tratamientos, para el tiempo tres el diámetro mayor se alcanza con el tratamiento de 50 kg/ha de Urea (testigo), comenzando a decrecer en un comportamiento inesperado a aplicaciones mayores a esta, Subiendo levemente con el tratamiento de 140 kg/ha de Urea, para decrecer nuevamente con 160 kg/ha.

#### 4.1.3 Raíz

El modelo propuesto para el análisis de los datos no fue significativo (prob  $F > P$  0.49) por lo que no pudo encontrar diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno (urea), teniendo un ajuste de los datos muy bajo 0.27 R<sup>2</sup> (Cuadro 10).

Cuadro 10. . Análisis de varianza para la variable raíz. (37 días después de fertilizar).

Tamaño de Raíz (Cm)	Media	32.05	Fuentes de Variación	F	Probabilidad
	CV	21.93%	Bloque tratamiento	0.87 1.19	0.554 0.335
R-square	0.267				
Valor F	0.97				
Probabilidad	0.493				

Las medias fueron muy similares entre los tratamientos, presentando la media más baja el tratamiento de 160 kg/ha y la más alta el tratamiento de 140 kg/ha (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias de los tratamientos.

Tratamientos	Media de Raíz
Testigo 50 kg/ha	31.51
100 kg/ha	33.25
120 kg/ha	32.16
140 kg/ha	35.13
160 kg/ha	28.20

## 4.2 VARIABLES MEDIDAS EN CAMPO

### 4.2.1 Supervivencia en el campo

Esta medición es preliminar pues la supervivencia por lo general se mide a los tres meses de edad o más.

La supervivencia en el campo a un mes de transplantadas las plántulas es muy similar entre las diferentes dosis de fertilización (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de supervivencia en campo para cada tratamiento.

Sob. %	Tratamientos kg/ha de N <sup>&amp;</sup>					Total
	Testigo	100	120	140	160	
Si	19.33	19.33	19.49	19.28	19.49	96.93
No	0.68	0.68	0.52	0.73	0.47	3.07

<sup>&</sup> Cada tratamiento tiene 48 plantas para un total de 384 plantas.

El porcentaje de supervivencia total fue mayor del 96%, equivalente a 369 plantas, valor bastante elevado.

Se realizó un análisis de Chi cuadrado para comprobar si la supervivencia en campo es dependiente de las dosis de nitrógeno ( $X_0^2 = 1.63$  ; gl = 4 ; P = 0.803) el cual indicó que no hay dependencia entre la supervivencia y las dosis de fertilizante.

## 4.3 COSTOS DE PRODUCCION EN VIVERO

Los costos de producción en vivero se calcularon por bolsa y para un total de 1666 plantas, cantidad que generalmente se siembra en una hectárea de terreno (Cuadros 13 y 14).

Cuadro 13. Costos de producción en vivero sin fertilización.

	Insumos	Mano de Obra	Total Lps.
Costos por Bolsa (Lps.)	1.3007	2.84	4.1407
Costos para 1666 Plantas (Lps.)	2179	4722	6971

Cuadro 14. Costos de vivero fertilizando con 160 kg/ha de Urea.

	<b>Insumos</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Total</b>
<b>Costos por Bolsa (Lps.)</b>	1.3036	2.91	4.2136
<b>Costos para 1666 Plantas (Lps.)</b>	2184	4838	7092

Los costos de producción de plántulas de Caoba del Pacífico sin fertilización difieren únicamente en 121 lempiras con los costos de producción realizando fertilización de 160 kg/ha (dosis más alta), se destaca que para todas las dosis de fertilizante se mantiene el mismo porcentaje de contribución a los costos de los insumos y mano de obra (Anexo 5 al 7).

## 5. DISCUSIÓN

En general podemos decir que la variable altura si es afectada por las dosis de nitrógeno aplicado, mostrando diferencias significativas entre los tratamientos, dichas diferencias se hacen notorias a los 68 días después de aplicado el nitrógeno mostrando tendencias muy uniformes entre tratamientos durante los primeros 20 días después de la aplicación del nitrógeno, esto es explicable ya que la primera medición se realizó el mismo día de la fertilización y la segunda medición se realizó 20 días después de fertilizado período que no es suficiente para que la planta muestre diferencias en altura.

La dosis de nitrógeno que mostró la mayor altura fue la de 140 kg/ha, disminuyendo al llegar a 160 kg/ha indicando una posible fitotoxicidad de las plantas debida al alto contenido de nitrógeno, según Foucard (1997) estas cantidades elevadas pueden causar una disminución en el crecimiento de las plantas, clorosis tendiendo a necrosis y desecación de la planta.

Para la variable diámetro se puede decir que es afectada levemente por las dosis de nitrógeno pues las diferencias entre tratamientos son centésimas de milímetro, siendo casi imperceptibles, el mayor diámetro fue presentado por el testigo (50 kg/ha), indicándonos que las plantas utilizan más el nitrógeno aplicado en su crecimiento en altura sacrificando su crecimiento en diámetro, aunque no existe evidencia que nos permita asegurar este planteamiento.

La variable raíz aparentemente no es afectada por las dosis de nitrógeno, esto coincide con lo encontrado por Napier (1985) en un experimento con *Pinus oocarpa* en el que el nitrógeno favorecía más el crecimiento del tallo que de las raíces, empeorando la relación tallo / raíz.

El tamaño de la raíz es mucho mayor que el recomendado por Foucard (1997) que dice que esta no debe ser mayor de 20 cm de longitud para facilitar su adaptación al campo.

Se puede decir que las variables antes mencionadas están siendo afectadas por la baja sobrevivencia que se presentó en el tiempo, ya que no permite al modelo estadístico detectar de una manera más amplia las diferencias entre los tratamientos.

La baja sobrevivencia obtenida fue a causa de una mala germinación y de la muerte de algunas plantas por el ataque de insectos (chupadores y termitas) y hongos.

La sobrevivencia en el campo parece no ser afectada por la las dosis de nitrógeno, esta respuesta posiblemente se deba a que el período entre el transplante y la medición sea

muy corto y por lo tanto no se miren las diferencias, además las condiciones del sitio pueden variar de una época a otra afectando de alguna manera esta variable, por esto el tiempo prudente para realizar esta medición es a los tres meses de edad, cuando las plantas ya han estado expuestas más tiempo tanto a condiciones favorables como desfavorables.

A pesar de que no todas las variables se ven afectadas de manera positiva por el nitrógeno si se notó que hay una respuesta de las plantas a la aplicación de éste, ya que antes de su aplicación estas presentaban hojas cloróticas e inmediatamente después de aplicar el nitrógeno la coloración de las hojas cambió drásticamente a un color verde lustroso característico de una planta saludable, también cabe mencionar que las plantas fertilizadas mostraron un mayor ataque de insectos que las testigo, esto es debido a que uno de los efectos que causa el nitrógeno en las plantas es aumentar la succulencia haciéndolas más atractivas para los insectos.

Los costos de producción de vivero no tienen una incidencia muy alta al fertilizar pues las cantidades aplicadas por bolsa son ínfimas y no difieren mucho de un tratamiento a otro.

## 6. CONCLUSIONES

- Para las condiciones de Zamorano la dosis de nitrógeno favorable para el crecimiento en altura es 140 kg/ha., pero ésta no afecta a las otras variables de manera significativa.
- Para las condiciones de Zamorano las dosis de nitrógeno no afectan la sobrevivencia en campo.
- Los costos de fertilización son mínimos por lo que económicamente no hay una limitante para no hacer la fertilización.

## 7. RECOMENDACIONES

- Trabajar en el diseño estadístico con menos cantidad de bloques que faciliten su manejo y que tenga por lo menos 90% de sobrevivencia, para poder eliminar parte del error experimental del modelo.
- Probar otros nutrientes combinados con el nitrógeno, que permitan obtener plantas de mejor calidad.
- Dar seguimiento al experimento en el campo, midiendo la sobrevivencia a los tres meses o más para poder determinar si realmente hay un efecto de los tratamientos sobre ésta variable.
- Basándose en el tamaño de raíz de la plantas, éstas podrían salir de vivero en menos de dos meses después de germinación
- Realizar un ensayo en el que se evalué el efecto de la fertilización en campo como complemento a la fertilización en vivero.

Cuadro 7. Análisis estadístico de la variable diámetro en el tiempo.

		Fuentes de Variación	F	Probabilidad	
Diámetro de las plantas (mm)	Media	5.98	Tiempo	1735	0.0001**
	CV	12.25	Bloque (Blq)	12.06	0.0001**
	R-square	0.93	Tratamiento (Trt)	5.08	0.0006**
	Valor F	59.96	Repetición (Rep)	4.05	0.0185*
	Probabilidad	0.0001	Tiempo*Trt	1.15	0.3270 ns
			Blq*Trt	3.40	0.0001**
			Trt*Rep	3.23	0.0016**

Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los tiempos de medición de la variable altura, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos, con un CV de 8.21% y un R<sup>2</sup> de 0.74 (Cuadro 8), los diámetros promedios dentro del tiempo 1 y 2 fueron estadísticamente similares con CV del 11.16 % y 13.53% respectivamente, con R<sup>2</sup> de 0.66 para ambos (Anexo 3 y 4).

Cuadro 8. Análisis estadístico de la variable diámetro tiempo 3 (68 días después de fertilizar).

		Fuentes de Variación	F	Probabilidad	
Diámetro de las plantas (mm)	Media	9.44	Bloque	3.30	0.0045*
	CV	8.21%	Tratamiento	2.65	0.0447*
	R-square	0.74	Repetición	1.53	0.2276ns
	Valor F	2.50	Blq*Trt	2.02	0.0139*
	Probabilidad	0.0008	Trt*Rep	1.89	0.0833ns

Las diferencias entre los tratamientos se obtuvieron por una separación múltiple de medias (Cuadro 9).

## 8. LITERATURA CITADA

BERTSCH, FLORIA, 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.

BINKLEY DAN, 1993. Nutrición forestal: practicas de manejo. México. Editorial Limusa, SA. 340 p.

CONSEFORH, 2000. Caoba del Pacifico (*Swietenia humilis*): árbol maderable de alto valor económico. <http://www.hondudirectorio.com>. (accesado el 20 de mayo del año 2000)

DOMINGUEZ, A. , 1990. El abonado de los cultivos. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 50 p.

FAO, 1983. Maximizing fertilizer use efficiency. Roma, Italia. 50 p.

FAO, 1989. Estrategias en materia de fertilizantes. Roma, Italia. 162 p.

FOUCARD, JEAN-CLAUDE, 1997. Viveros de la producción a la plantación: innovaciones técnicas. Trad. Carlos de Juan. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 439 p.

FUENTES Y, J. L., 1994. El suelo y los fertilizantes. 4 ed. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa, 327 p.

ITTO, 2000. Mercado internacional de madera. <http://www.itto.or.jp>. (accesado el 20 de octubre del año 2000).

INDUSTRIA FORESTAL, 2000. Conclusiones sobre la producción mundial. [http://rds.org.hn/forestal/comercio/export\\_import.shtml](http://rds.org.hn/forestal/comercio/export_import.shtml). (Puesto el 1 de junio del año 2000).

LA PRENSA, 2000. El futuro de la industria maderera descansa en especies no tradicionales. <http://www.laprensa.hn>. (puesto el 11 de enero del año 2000).

MONTOYA OLIVER, J. M., CÁMARA OBREGÓN, M.<sup>a</sup>, 1996. La planta y el vivero forestal. Barcelona, España. Ediciones Mundi-Prensa, 127 p.

NAPIER, IAN, 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a centroamérica. Siguatepeque, Honduras, Graficentro Editores, 274 p.

OLSON, R. A. , 1984. Nitrogen use in dryland farming under semiarid conditions. *In*: Nitrogen in crop production. Ed. by R. Dinaurer. Wisconsin, USA., American society of agronomy, crop science society of america. p. 171-183.

ROSALBA WILSON POPENO  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 93  
TEGUCIGALPA HONDURAS

## **9. ANEXOS**

**Anexo 1.** Análisis de varianza para la variable altura en el tiempo 1 (0 días a la fertilización).

Altura de las plantas (cm)			Fuentes de Variación	F	Probabilidad
	Media	13.50	Bloque (Blq)	5.75	0.0001**
CV	15.26%	Tratamiento (Trt)	0.30	0.8754ns	
R-square	0.61	Repetición (Rep)	0.69	0.5048ns	
Valor F	1.98	Blq*Trt	1.21	0.2550ns	
Probabilidad	0.0038	Trt*Rep	2.10	0.0481*	

**Anexo 2.** Análisis de varianza para la variable altura en el tiempo 2 (20 días después de la fertilización).

Altura para las plantas (cm)			Fuentes de Variación	F	Probabilidad
	Media	16.91	Bloque	4.25	0.0004**
CV	16.75%	Tratamiento	0.52	0.7233 ns	
R-square	0.5914	Repetición	1.97	0.1480 ns	
Valor F	1.80	Blq*Trt	1.41	0.1170 ns	
Probabilidad	0.0115	Trt*Rep	1.39	0.2166 ns	

**Anexo 3.** Análisis estadístico para la variable diámetro tiempo1 (0 días de la fertilización).

Diámetro de las plantas (mm)			Fuentes de Variación	F	Probabilidad
	Media	3.53	Bloque	7.39	0.0001**
CV	11.16%	Tratamiento	1.93	0.1150 ns	
R-square	0.6580	Repetición	0.76	0.4731 ns	
Valor F	2.42	Blq*Trt	1.49	0.0832 ns	
Probabilidad	0.0003	Trt*Rep	1.07	0.3920 ns	

**Anexo 4.** Análisis estadístico para la variable diámetro tiempo2 (20 días después de la fertilización).

Diámetro de las plantas (mm)			Fuentes de Variación	F	Probabilidad
	Media	5.650	Bloque	5.90	0.0001**
CV	13.53 %	Tratamiento	1.26	0.2947 ns	
R-square	0.6566	Repetición	2.42	0.0966 ns	
Valor F	2.37	Blq*Trt	1.70	0.0351*	
Probabilidad	0.0004	Trt*Rep	1.51	0.1698 ns	

**Anexo 5.** Costos de producción en vivero fertilizado con 100 kg/ha de Urea.

	<b>Insumos</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Total</b>
<b>Costos por Bolsa (Lps)</b>	1.3025	2.91	4.2125
	31%	69. %	100%
<b>Costos para 1666 Plantas (Lps)</b>	2182	4838	7090
	31%	69%	100%

**Anexo 6.** Costos de producción en vivero fertilizando con 120 kg/ha de Urea.

	<b>Insumos</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Total</b>
<b>Costos por Bolsa</b>	1.3028	2.91	4.2128
	31. %	69. %	100%
<b>Costos para 1666 Plantas</b>	2183	4838	7091
	31%	69%	100%

**Anexo 7.** Costos de producción en vivero fertilizando con 140 kg/ha de Urea.

	<b>Insumos</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Total</b>
<b>Costos por Bolsa</b>	1.3032	2.91	4.2132
	31%	69. %	100%
<b>Costos para 1666 Plantas</b>	2184	4838	7092
	31%	69%	100%

**Anexo 8.** Detalle de costos de producción de vivero sin fertilización.

	Unidad	costo unitario Lps	Cantidad usada/bolsa	costo /bolsa Lps	costo Total Lps/1666 plantas
<b>Insumos</b>				<b>1.30075</b>	<b>2179</b>
Folidol	cc	0.075	0.11	0.00825	14
Dithane	cc	0.0342	0.0017	0.0025	5
Tierra	m3	130	0.0066	0.87	1450
Arena	m3	80	0.0019	0.15	260
Bolsas	Und	0.15	1	0.15	250
Semilla	Kg	180	0.00066	0.12	200
<b>Mano de Obra</b>				<b>2.84</b>	<b>4722</b>
Sacado de tierra	jornal	50	0.03	1.53	2545
Acarreo de Arena	jornal	50	0.00055	0.028	47
Mezcla del medio	jornal	50	0.0062	0.31	519
Llenado de bolsas	jornal	50	0.00833	0.42	695
Siembra	jornal	50	0.00166	0.083	139
Colocacion de Sombra	jornal	50	0.00083	0.042	70
Riego	jornal	50	0.00277	0.14	232
Deshierba	jornal	50	0.00555	0.28	463
Aplicacion de insecticida y fungicida	jornal	50	0.00014	0.007	12
<b>Imprevistos 1%</b>					70
				<b>4.14075</b>	<b>6971</b>

Anexo 9. . Detalle de costos de producción en vivero con 100 kg/ha de N.

	Unidad	costo unitario Lps	Cantidad usada/bolsa	costo /bolsa Lps	costo Total Lps/1666 plantas
<b>Insumos</b>				<b>1.30255</b>	<b>2182</b>
Fertilizante Urea	lbs	1.5	0.0012	0.0018	3
Folidol	cc	0.075	0.11	0.00825	14
Dithane	cc	0.0342	0.0017	0.0025	5
Tierra	m3	130	0.0066	0.87	1450
Arena	m3	80	0.0019	0.15	260
Bolsas	Und	0.15	1	0.15	250
Semilla	Kg	180	0.00066	0.12	200
<b>Mano de Obra</b>				<b>2.91</b>	<b>4838</b>
Sacado de tierra	jornal	50	0.03	1.53	2545
Acarreo de Arena	jornal	50	0.00055	0.028	47
Mezcla del medio	jornal	50	0.0062	0.31	519
Llenado de bolsas	jornal	50	0.00833	0.42	695
Siembra	jornal	50	0.00166	0.083	139
Colocación de Sombra	jornal	50	0.00083	0.042	70
Riego	jornal	50	0.00277	0.14	232
Deshierba	jornal	50	0.00555	0.28	463
Aplicación de insecticida y fungicida	jornal	50	0.00014	0.007	12
Aplicación de fertilizante	jornal	50	0.00138	0.07	116
<b>Imprevistos 1%</b>					70
				<b>4.21255</b>	<b>7090</b>

**Anexo 10. .** Detalle de costos de producción en vivero con 120 kg/ha de N.

	Unidad	costo unitario Lps	Cantidad usada/bolsa	costo /bolsa Lps	costo Total Lps/1666 plantas
<b>Insumos</b>				<b>1.30285</b>	<b>2183</b>
Fertilizante Urea	lbs	1.5	0.00143	0.0021	4
Folidol	cc	0.075	0.11	0.00825	14
Dithane	cc	0.0342	0.0017	0.0025	5
Tierra	m3	130	0.0066	0.87	1450
Arena	m3	80	0.0019	0.15	260
Bolsas	Und	0.15	1	0.15	250
Semilla	Kg	180	0.00066	0.12	200
<b>Mano de Obra</b>				<b>2.91</b>	<b>4838</b>
Sacado de tierra	jornal	50	0.03	1.53	2545
Acarreo de Arena	jornal	50	0.00055	0.028	47
Mezcla del medio	jornal	50	0.0062	0.31	519
Llenado de bolsas	jornal	50	0.00833	0.42	695
Siembra	jornal	50	0.00166	0.083	139
Colocación de Sombra	jornal	50	0.00083	0.042	70
Riego	jornal	50	0.00277	0.14	232
Deshierba	jornal	50	0.00555	0.28	463
Aplicación de insecticida y fungicida	jornal	50	0.00014	0.007	12
Aplicación de fertilizante	jornal	50	0.00138	0.07	116
<b>Imprevistos 1%</b>					70
				<b>4.21285</b>	<b>7091</b>

**Anexo 11. .** Detalle de costos de producción en vivero con 140 kg/ha de N.

	Unidad	costo unitario Lps	Cantidad usada/bolsa	costo /bolsa Lps	costo Total Lps/1666 plantas
<b>Insumos</b>				<b>1.30325</b>	<b>2184</b>
Fertilizante Urea	lbs	1.5	0.0017	0.0025	5
Folidol	cc	0.075	0.11	0.00825	14
Dithane	cc	0.0342	0.0017	0.0025	5
Tierra	m3	130	0.0066	0.87	1450
Arena	m3	80	0.0019	0.15	260
Bolsas	Und	0.15	1	0.15	250
Semilla	Kg	180	0.00066	0.12	200
<b>Mano de Obra</b>				<b>2.91</b>	<b>4838</b>
Sacado de tierra	jornal	50	0.03	1.53	2545
Acarreo de Arena	jornal	50	0.00055	0.028	47
Mezcla del medio	jornal	50	0.0062	0.31	519
Llenado de bolsas	jornal	50	0.00833	0.42	695
Siembra	jornal	50	0.00166	0.083	139
Colocación de Sombra	jornal	50	0.00083	0.042	70
Riego	jornal	50	0.00277	0.14	232
Deshierba	jornal	50	0.00555	0.28	463
Aplicación de insecticida y fungicida	jornal	50	0.00014	0.007	12
Aplicación de fertilizante	jornal	50	0.00138	0.07	116
<b>Imprevistos 1%</b>					70
				<b>4.21325</b>	<b>7092</b>

Anexo 12. . Detalle de costos de producción en vivero con 160 kg/ha de N.

	Unidad	costo unitario Lps	Cantidad usada/bolsa	costo /bolsa Lps	costo Total Lps/1666 plantas
<b>Insumos</b>				<b>1.30365</b>	<b>2184</b>
Fertilizante Urea	lbs	1.5	0.0019	0.0029	5
Folidol	cc	0.075	0.11	0.00825	14
Dithane	cc	0.0342	0.0017	0.0025	5
Tierra	m3	130	0.0066	0.87	1450
Arena	m3	80	0.0019	0.15	260
Bolsas	Und	0.15	1	0.15	250
Semilla	Kg	180	0.00066	0.12	200
<b>Mano de Obra</b>				<b>2.91</b>	<b>4838</b>
Sacado de tierra	jornal	50	0.03	1.53	2545
Acarreo de Arena	jornal	50	0.00055	0.028	47
Mezcla del medio	jornal	50	0.0062	0.31	519
Llenado de bolsas	jornal	50	0.00833	0.42	695
Siembra	jornal	50	0.00166	0.083	139
Colocacion de Sombra	jornal	50	0.00083	0.042	70
Riego	jornal	50	0.00277	0.14	232
Deshierba	jornal	50	0.00555	0.28	463
Aplicacion de insecticida y fungicida	jornal	50	0.00014	0.007	12
Aplicacion de fertilizante	jornal	50	0.00138	0.07	116
<b>Imprevistos 1%</b>					70
				<b>4.21365</b>	<b>7092</b>