UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

"Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento de *Swietenia macrophylla* G. King "caoba", en fase de vivero"

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION FORESTALES

KELLY RITA LANARES RUÍZ

PROMOCIÓN 2005 - I

Tingo María - Perú
2007

F04
L23
Lanares Ruiz, K. R.

"Efecto del Nitrógeno, Fósforo y Potasio Sobre el Crecimiento de Swietenia Macrophylla G. King "Caoba", en Fase de Vivero". Tingo Maria, 2007.

50 h.; 14 cuadros; 8 fgrs.; 30 ref.; 30 cm.
Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Mención Forestal) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

SWIETENIA MACROPHYLLA G. KING / FERTILIZACIÓN / SEMILLAS METODOLOGÍA / GERMINACIÓN / MATERIALES Y MÉTODOS / TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de marzo del 2007, a horas 10:00 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

" EFECTO DEL NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *SWIETENIA MACROPHYLLA* KING "CAOBA", EN FASE DE VIVERO"

Presentado por la Bachiller: ***KELLY RITA LANARES RUIZ,*** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **" MUY BUENO".**

En consecuencia la sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES,** que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título de conformidad con lo establecido en el Art. 81 inc. m) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 10 de marzo del 2007

Ing. M Sc. RAUL ARAUJO TORRES
Presidente

Ing. M. Sc. LUIS VALDIVIA ESPINOZA
Vocal

Ing. LUIS MANSILLA MINAYA
Vocal

Blgo. ARMANDO ENEQUE PUICON
Asesor

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva "alma mater", a los docentes del departamento académico de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, mención Forestales, quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Blgo. Armando Eneque Puicón patrocinador, por su valiosa orientación y apoyo en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Carlos Huatuco Barzola, por su colaboración como copatrocinador.

Al Sr. Concepción Ariza, por su apoyo en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía.

A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A Dios Padre por darme la vida y salud, para poder realizar mi anhelo, por su amor, paciencia y misericordia mostrado hacia mi familia

A mí querida madre Otilia Ruíz Cárdenas, con amor y eterna gratitud, quien con sus sabios consejos me orientaron hacia el camino de la superación haciendo posible lograr mí más preciado anhelo.

A mis hermanos Constantino y Doris, que con humildad me llenaron de aliento para culminar mi carrera profesional.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN..... 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA..... 3

2.1. Descripción taxonómica de *Swietenia macrophylla* G. king "caoba" 3

2.1.1. Descripción de la especie..... 3

2.1.2. Aspectos silviculturales..... 4

2.1.2.1. Condiciones edafológicas..... 4

2.1.2.2. Germinación..... 5

2.1.2.3. Crecimiento..... 5

2.2. Rol de los nutrientes..... 5

Los macronutrientes..... 6

2.2.1. Nitrógeno..... 6

2.2.2. Fósforo..... 7

2.2.3. Potasio..... 8

2.3. Los fertilizantes..... 9

2.3.1. La fertilización en el vivero..... 9

Efecto de fertilización en las especies forestales..... 10

2.4. Análisis de tejido..... 11

Eficiencia de los fertilizantes o coeficiente aparente de uso..... 12

III. MATERIALES Y MÉTODOS..... 13

3.1. Ubicación..... 13

3.2. Características climáticas..... 13
3.3. Componentes en estudio 14
3.3.1. Material botánico..... 14
3.3.2. Fertilizantes..... 14
3.4. Tratamientos..... 15
3.5. Disposición experimental..... 15
3.6. Esquema del análisis estadístico..... 16
3.7. Modelo aditivo lineal..... 16
3.8. Metodología..... 17
3.8.1. Obtención y selección de semillas..... 17
3.8.2. Preparación del sustrato..... 17
3.8.3. Análisis del sustrato..... 17
3.8.4. Dosis de los fertilizantes..... 18
3.8.5. Aplicación del fertilizante..... 18
3.8.6. Siembra de las semillas..... 19
3.8.7. Labores culturales..... 19
3.8.8. Parámetros a evaluar..... 19
3.8.8.1. Poder germinativo..... 20
3.8.8.2. Energía germinativa..... 20
3.8.8.3. Altura y diámetro..... 20
3.8.8.4. Área foliar..... 21
3.8.8.5. Longitud y diámetro de la raíz..... 21
3.8.8.6. Peso seco de la planta..... 22
3.8.8.7. Análisis de tejido..... 22

3.8.8.7.1. Extracción total..... 22

3.8.8.7.2 Coeficiente aparente de uso..... 22

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 24

4.1. Porcentaje del poder y energía germinativa de *Swietenia macrophylla* G. King..... 24

4.2. Altura de la planta..... 27

4.3. Diámetro de la planta..... 29

4.4. Área foliar..... 31

4.5. Longitud y Diámetro de la raíz principal..... 32

4.6. Peso seco de la planta..... 36

4.7. Análisis nutricional..... 37

VI. CONCLUSIÓN..... 42

VII. RECOMENDACIÓNES..... 44

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 45

ANEXO..... 50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro:		Página
1	Parámetros climatológicos de los meses de evaluación.....	14
2	Esquema de los tratamientos y sus cantidades.....	15
3	Esquema del análisis de variancia.....	16
4	Propiedades físicas y químicas del sustrato empleado en el presente trabajo.....	18
5	Porcentaje de poder y energía germinativa.....	24
6	Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable altura de la planta.....	27
7	Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable diámetro de la planta.....	29
8	Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable área foliar de la planta.....	31
9	Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable longitud de la raíz.....	33
10	Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable diámetro de la raíz.....	33
11	Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable peso seco de la planta.....	36
12	Concentraciones de N, P_2O_5, K_2O.....	38
13	Extracción total de N, P_2O_5, K_2O.....	39
14	Coeficiente aparente de uso de N, P_2O_5, K_2O.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: **Página**

1 Efecto de los niveles de fertilización en el poder y energía germinativa..... 26

2 Curva de semillas de *Swietenia macrophylla* G. King..... 26

3 Curva de crecimiento en altura de *Swietenia macrophylla* G. King para los cinco meses de evaluación..... 28

4 Curva de crecimiento en diámetro de *Swietenia macrophylla* G. King para los cinco meses de evaluación..... 30

5 Curva de área foliar de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación..... 32

6 Curva de crecimiento en longitud de la raíz de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación..... 35

7 Curva de crecimiento en diámetro de la raíz de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación..... 35

8 Curva de acumulación de peso seco de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación..... 37

RESUMEN

El trabajo de investigación fue realizado en el vivero de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando tres tipos de fertilizantes (urea, superfosfato triple, cloruro de potasio), aplicado a la especie forestal *Swietenia macrophylla* G. King en fase de vivero. Este trabajo de investigación se hizo con el fin de evaluar el efecto de las dosis de los fertilizantes, sobre el crecimiento de la especie en estudio, a través de las variables poder y energía germinativa, altura, diámetro, área foliar, longitud y diámetro de la raíz, peso seco y análisis nutricional de la planta. Los tratamientos empleados fueron cinco en un diseño completamente randomizado con 40 repeticiones por tratamiento.

De los resultados obtenidos se concluye que, existe efecto de las dosis aplicadas de fertilizantes sobre el crecimiento de *S. macrophylla* G. King en fase de vivero, aunque a nivel estadístico no se refleja en algunas de las variables evaluadas. Asimismo las variables de poder y energía germinativa (90 y 84.2 %), área foliar (1256.88 cm^2), longitud de la raíz (22.97 cm), peso seco de la planta (7.99 g), obtuvieron los mejores promedios, encontrándose que la dosis del T5 60 – 140 – 60 de N, P_2O_5 y K_2O, obtiene los más satisfactorios resultados.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años se viene haciendo esfuerzos para controlar la calidad de las semillas forestales y por ende la obtención de buenas plantas, con el objetivo de asegurar e incrementar la producción forestal en el país.

La responsabilidad del éxito de la plantación forestal radica, en primera instancia, en la obtención de los plantones producidos en el vivero, ya que en esta etapa, es donde, que a partir de la semilla se va obtener una nueva plántula; y esta fase es clave para su desarrollo, ya que aquí se define la calidad y potencial de la futura planta, cuando continué su crecimiento y desarrollo en campo definitivo.

Asímismo, para un buen crecimiento y desarrollo de la planta, es necesario que tengan los nutrientes necesarios, los cuales deben ser proporcionados en las cantidades necesarias y en el tiempo oportuno, para su máximo provecho por las mismas. Así, una planta bien nutrida responderá mejor al estrés fisiológico y al ataque de insectos y patógenos.

En este sentido, el presente trabajo tiene como fin evaluar el efecto de las dosis de fertilizantes nitrogenado, fosforado y potasico, aplicados

durante el desarrollo de la especie forestal *Swietenia macrophylla* G. King "caoba", en fase de vivero, bajo condiciones de Tingo María.

Objetivos

1. Determinar la influencia del N, P_2O, K_2O en el poder germinativo y la energía germinativa de la especie forestal *S. macrophylla* G. King.

2. Evaluar el efecto de las dosis de fertilizantes nitrógeno (N), fósforo (P_2O) y potasio (K_2O), sobre el crecimiento de *Swietenia macrophylla* G. King en fase de vivero.

3. Determinar la extracción y eficiencia de uso de los nutrientes en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción taxonómica de *Swietenia macrophylla* G. King "caoba"

Cronquist, citado por MOSTACERO (2002), reporta la siguiente clasificación taxonómica:

Clase	: MAGNOLIOPSIDA
Subclase	: ROSIDAE
Orden	: SAPINDALES
Familia	: MELIACEAE
Genero	: Swietenia
Especie	: *S. macrophylla*
Nombre científico	: *Swietenia macrophylla* G. King
Nombre vulgar	: "caoba"

2.1.1. Descripción de la especie

INIA (1997), da la descripción siguiente para esta especie: árbol de tamaño grande que por lo general ocupan el estrato superior, su diámetro alcanza más de 2 metros, posee copa redonda, frondosa con ramificación simpodial en árboles adultos, fuste cilíndrico, recto, en árboles sobre maduros fisurados o acanalados, con abundante ritidoma en forma de placas que se desprende, raíces tablares o aletas de forma de tablas, irradian de la base del

tronco desarrollándose cada una igual o desigualmente, tomando la forma laminar, hojas compuestas agrupadas al extremo con 3 a 5 pares de foliolos alternos, asimétricos, flores en panículas axilares o subterminales, fruto capsulado leñoso dehiscente, pentavalvar, presencia de áxis, donde se ubican las semillas.

2.1.2. Aspectos silviculturales

2.1.2.1. Condiciones edafológicas

En la amazonia, la *Swietenia macrophylla* G. King, crece preferentemente en suelos no inundados (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil occidental). También se desarrolla en suelo de tipo calizo o aluvial, que pueden presentar problemas de mal drenaje; en suelos bien drenados, negros, con abundancia de materia orgánica y pH alto; en suelos francos, rojos y profundos de origen volcánico (ROJAS, 1987).

CENTURIÓN (1987), manifiesta que la caoba se desarrolla mejor en las partes bajas tropicales, soportando la sequía estacional (verano) aún bastante prolongada, en suelos con capa freática al alcance de las raíces durante todo el año. No es muy exigente a la fertilidad de los suelos pero si con respecto a las condiciones físicas prefiriendo suelos más bien livianos, drenados y aireados. Su óptimo desarrollo alcanza en suelos aluviales bien drenados a lo largo de las orillas y márgenes de los ríos, en los bosques pluviales y secos tropicales.

El substrato como suelo mejorado, permite un buen prendimiento de la especie en terreno definitivo y en particular un desarrollo normal de los plantones pequeños, debiendo presentar las siguientes características edáficas: buena estructura, granular – laminar, pH moderado, buena capacidad de infiltración y retención de humedad, libre de agentes patógenos.

2.1.2.2. Germinación

VARGAS y RODRIGUEZ (1986), mencionan que en el Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se han desarrollado ensayos de la germinación de las semillas de *S. macrophylla* G. King a nivel de vivero obteniendo los siguientes resultados: poder germinativo: 84%, energía germinativa: 48.5 %, resistencia a la germinación: 25 días, periodo de germinación: 17 días, tipo de siembra: directa, cría en el vivero: 4 a 6 meses, posición de siembra correcta: horizontal (hendidura hacia arriba).

2.1.2.3. Crecimiento

VARGAS y RODRIGUEZ (1986), mencionan que a los seis meses de edad alcanza una altura promedio de 30.39 cm, y al cabo de un año mide 71.21 cm.

2.2. Rol de los nutrientes

GROS (1986), indica que las plantas, como todo ser vivo, necesitan alimento para poder desarrollarse. Existe tres nutrientes en el suelo que son fundamentales y absorbidos con mayor cantidad; nitrógeno, fósforo y potasio, denominados nutrientes principales, primarios o macronutrientes.

Estos, en conjunto con carbono, hidrógeno y oxigeno constituyen un 90 a 99 % del peso seco de la planta, el resto constituye los llamados nutrientes secundarios o micronutrientes.

Los macronutrientes

2.2.1. Nitrógeno

Es el elemento más importante y el que la planta requiere en mayor cantidad. Además es el menos disponible debido a su movilidad dentro del sistema (GROS, 1986; VON MAREES, 1988 y GONZÁLES, 1993).

DEVLIN (1975), señala que las plantas necesitan nitrógeno que han de absorber desde el principio del ciclo hasta el final del mismo, sin que se pueda detener esta nutrición en ningún momento, cuyo ritmo cuantitativo es peculiar de las épocas críticas de germinación, crecimiento, floración, emisión de brotes y desarrollo frutal. No existe pues momento en que las plantas prescindan de absorber el nitrógeno, ya que todo ello contribuye a un buen funcionamiento de la planta.

El nitrógeno promueve un crecimiento rápido con mayor desarrollo de las hojas y tallo, siendo la función más importante, el crecimiento de las partes vegetativas aéreas.

ERSTON (1967), indica que al ser aplicado en forma de fertilizantes, es absorbido por las raíces de la planta en forma de NO_3^- (nitrato) y NH_4^+ (amonio), principalmente.

2.2.2. Fósforo

Los grupos fosfatos, constituyen el principal agente de transferencia de energía, el ATP. El fósforo interviene en procesos vegetales tan importantes como la fotosíntesis, glucólisis, respiración, etc. (IGNATIEFF, 1959; VON MAREES, 1988 y GONZÁLES, 1993).

DEVLIN (1975), señala que el fósforo resulta esencial para el desarrollo radicular y la división celular, además de desempeñar un papel importante en la formación de frutos. La carencia o deficiencia del fósforo, provoca que las plantas tarden en crecer, sus raíces no desarrollan normalmente, y tienden a mostrar una coloración purpúrea de los tallos, pecíolos y envés de las hojas, ésto debido a que la síntesis de las proteínas no se producen en cantidad normal, sucediendo paralelamente una acumulación de azúcares en lo organismos vegetativos de la planta, favoreciendo la síntesis de las antocianinas.

NAVARRO (2003), señala que, a un valor de pH de 6.5 la absorción de fósforo existe y la precipitación cálcica es mínima. Por ello este valor se puede considerar como punto de máxima disponibilidad del fósforo para los cultivos.

Una de las características del fósforo en el suelo es su estabilidad, debido a su baja solubilidad, no haciéndose disponible por las plantas en forma total, y para su normal absorción es de importancia la elección del fertilizante a utilizarse, la dosis, el tamaño de las partículas, la forma y su época de aplicación; este elemento es absorbido por las plantas en forma de ión $^{-}PO_4$, $HPO_4^{=}$ y $H_2PO_4^{-}$ (BUCKMAN y BRADY, 1966).

2.2.3. Potasio

La función principal del potasio es de activador de las enzimas que intervienen en las uniones peptídicas y en el metabolismo glucídico. También cumple funciones en el movimiento de apertura y cierre de estomas (IGNATIEFF, 1959; VON MAREES, 1988 y GONZÁLES, 1993).

La cantidad de potasio intercambiable en el suelo, no refleja la capacidad de nutrición potásica de las plantas, porque a diferentes niveles de potasio, el efecto de los fertilizantes potásicos puede ser favorable o desfavorable, y más que todo depende de la proporción del potasio intercambiable en el complejo absorbente del suelo más que en su contenido. El potasio desempeña una función fundamental en el metabolismo de las plantas y pese a que no tiene una función específica, se le encuentra en todos los tejidos de las plantas, sin que ocupe nunca una parte definida de la materia celular (DEVLIN 1975).

Muro (1961) citado por MANRIQUE (1986), menciona que además el potasio tiene efecto en el endurecimiento y resistencia de los tejidos de sostén, produciendo estructuras más fuertes y resistentes a doblarse; además se le atribuye el efecto importante en la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades, también influye en los fenómenos de respiración y transpiración, manteniendo la economía del agua en la planta y reduciendo su tendencia a la marchitez; la deficiencia del potasio se caracteriza por la muerte del tejido de la parte apical y bordes de la hoja. Un exceso de potasio puede inducir a una deficiencia del nitrógeno y viceversa. Es absorbido por las plantas únicamente como ión K.

2.3. Los fertilizantes

La intensificación de la silvicultura se ve reflejada en la aplicación de fertilizantes para disminuir los problemas de crecimiento por causa de diferencias nutricionales, técnica que se ha vuelto muy común en la actualidad en gran parte del mundo (VON MAREES, 1988).

La fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento y aumentar la supervivencia, tanto de la planta en vivero como de las masas forestales una vez establecidas en el campo. La aplicación de cualquiera de ellas exige el conocimiento de la demanda nutricional de la planta en cada momento, además de la capacidad del terreno para asegurar dicha nutrición en la cantidad y tiempo adecuados (RUIZ *et al.*, 2001).

TORO, (1995), indica que la aplicación de fertilizantes tiene por objetivo entregar a las plantas el complemento nutricional necesario para que éstas se desarrollen apropiadamente y logren tasas de crecimiento que satisfagan los requerimientos de los propietarios de las plantaciones. Para ello, es preciso considerar las características físicas y químicas de los suelos, las dosis y época de aplicación de nutrientes, y las características de la especie, como también, el clima local que predomina en un sitio determinado. Esto permite emplear la combinación óptima de factores de suelo, planta y clima.

2.3.1. La fertilización en el vivero

El manejo correcto de la fertilización es una tecnología que facilita la obtención de plantones forestales de óptima calidad y con alto potencial de

crecimiento. Como en cualquier otro cultivo, por medio de los fertilizantes se plantea un mayor y mejor suministro de nutrientes, que normalmente son limitantes para el crecimiento de las plantas y la producción agrícola. Los fertilizantes pueden ser utilizados por los viveros independientemente de la escala de los establecimientos, siendo una práctica rentable. Por tal motivo, es de vital importancia identificar los efectos de aplicación de distintos nutrientes en el vivero con el fin de establecer momentos y dosis óptima de fertilización en cada etapa. Otro aspecto importante en los viveros es el tiempo que dura la etapa de plántula, hasta que el mismo esta listo para ser llevado al campo definitivo.

La fertilización, al acelerar la tasa de crecimiento de los plantones, acorta la duración de la etapa de vivero, mejorando el resultado económico de la explotación (BINKLEY, 1993).

Efecto de fertilización en las especies forestales

BINKLEY (1993), menciona que si la respuesta a la fertilización es positiva, esta se manifiesta en una mayor actividad fotosintética, existiendo una estrecha relación entre el aumento del área foliar y el aumento en el crecimiento de área basal. El mismo autor señala que son muchas las experiencias que muestran una respuesta positiva en los rendimientos después de un período de 5 a 10 años.

El crecimiento rápido de los árboles jóvenes también da como resultado una gran masa central de madera juvenil. En términos generales, estos cambios que ocurren en la calidad de la madera tienen poco efecto de modo que la fertilización esta directamente relacionado con el volumen de los

árboles. La fertilización acelera el crecimiento en la fase joven en las repoblaciones observándose un aumento de un 50 a 80% (GROS, 1986).

BINKLEY (1993), indica que la fertilización tiene diversos efectos sobre la susceptibilidad de los árboles a las plagas y los patógenos. El vigor de las plantas suele aumentar después de la fertilización, lo cual permite producir una mayor cantidad de compuestos de defensa.

2.4. Análisis de tejidos

CORNEJO (1982), indica que el análisis de tejido (foliar) y el de suelo, son dos técnicas usuales para un diagnóstico rápido de deficiencias y para predecir respuestas a la fertilización. El mismo autor indica que el análisis foliar es adecuado, porque el árbol es el que mejor integra los factores que afectan su estado nutricional y los resultados correlacionan mejor con el desarrollo y crecimiento y con respuestas a fertilización que el análisis de suelo. Esto es reafirmado por JUDD *et al.* (1996), en cuanto a que la concentración foliar de nutrientes es sensible a cambios en la fertilidad del sitio, siendo además importante, en la identificación de deficiencias nutricionales y desbalances. De hecho, el nitrógeno y el fósforo en el follaje responden, en forma muy especial, al estado nutricional del suelo y a la adición de fertilizantes. Las mayores concentraciones de todos los nutrientes se encuentran en el follaje, a excepción del calcio, que es mayor en la corteza.

Esta secuencia de concentración hojas>corteza>ramas>madera ha sido reportada por diversos autores en *E. grandis, E. globulus*, *E.*

terenticornis y *E. nitens,* donde se señala que la secuencia de macroelementos en la biomasa aérea se mantendría constante a través de las diferentes condiciones de suelo, clima y edad de la plantación (APARICIO *et al.,* 2001).

Eficiencia de los fertilizantes o coeficiente aparente de uso

El porcentaje del fertilizante añadido que es realmente utilizado por las plantas, es la eficiencia de fertilización. Aunque el uso por el cultivo de la adición inicial, puede ser del 30 al 70 % para el nitrógeno, del 20 a 30 % para el fósforo y 50 a 80 % para el potasio, la eficiencia de aplicaciones divididas puede depender de muchos factores. La profundidad radicular, la extensividad del sistema radicular, el tipo de fertilizante, el clima, el suelo y otras numerosas condiciones pueden alterar la eficiencia. (DONAHUE *et al.,* 1981)

La eficiencia del fertilizante se expresa como la cantidad de producto cosechado por unidad de fertilizante aplicado al suelo; en otras palabras, el porcentaje de fertilizante añadido que es realmente utilizado por las plantas. Para el caso del nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), se tiene:

E_N : 50 – 60 % E_P : 20 – 30 % E_K : 40 – 70 %

La eficiencia de los fertilizantes nitrogenados viene condicionada por:

- La forma de nitrógeno que contiene el fertilizante.
- Las necesidades de la planta.
- La práctica de la aplicación.
- La naturaleza del suelo.

En cuanto a la forma, los fertilizantes tienen el nitrógeno en forma de nitratos y de amonio, y cuando presentan diferencias en la respuesta de los

cultivos, se considera que ello se debe al anión acompañante y no a la forma del nitrógeno añadido (VOTTLELER, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo fue instalado en mayo del 2006 en el vivero de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, que se encuentra en el Distrito Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud sur : 09° 09' 00"

Longitud oeste : 75° 59' 00"

Altitud : 641 m.s.n.m.

3.2. Características climáticas

Cuadro 1. Parámetros climatológicos de los meses de evaluación

PARAMETROS	Medidas	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
Temperatura máxima	(°C)	29.30	30.40	30.30	30.70	30.30	29.60
Temperatura mínima	(°C)	19.90	18.90	20.00	20.00	21.00	20.70
Temperatura media	(°C)	24.60	24.65	25.15	25.35	25.60	25.10
Precipitación Promedio anual	(mm)	148.30	88.76	138.87	235.43	423.56	521.36
Humedad relativa	(%)	82	81	81	81	83	85
Horas sol	(%)	51.22	60.87	52.68	53.00	39.07	33.17

Fuente: Gabinete de Metereología y Climatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María 2006.

3.3. Componentes en estudio

3.3.1. Material botánico

- Semillas de *Swietenia macrophylla* G. King "caoba"

3.3.2. Fertilizantes

- Úrea 46% N
- Superfosfato triple 46% P_2O_5
- Cloruro de Potasio 60% K_2O

3.4. Tratamientos

Los cálculos para las cantidades de N, P_2O_5 y K_2O son expresados en kg/ha, estos cálculos se muestran en el Anexo 19.

Cuadro 2. Esquema de los tratamientos y sus cantidades

Clave	Tratamientos N, P_2O_5, K_2O (kg/ha)	Cantidades (mg / bolsa) de N, P_2O_5, K_2O
T1	Testigo	Testigo
T2	120 - 200 - 120	60 – 100 – 60
T3	100 - 180 - 100	50 – 90 – 50
T4	80 - 160 - 80	40 – 80 – 40
T5	60 - 140 - 60	30 – 70 – 30

3.5. Disposición experimental

- Número de semillas por unidad experimental : 1
- Número de semillas por tratamiento : 40
- Números de tratamientos : 5

- Número de plantas a evaluar : 200

3.6. Esquema del análisis estadístico

Para el análisis del efecto de las dosis de fertilizantes sobre el desarrollo de *Swietenia macrophylla* G. King "caoba" en fase de vivero, se empleó un diseño completamente randomizado (DCR) no balanceado. El ANVA se realizó a un nivel de significancia de 5 % y se efectuó la prueba de Duncan para la comparación de promedios.

Cuadro 3. Esquema del análisis de variancia

FV	GL	SC
Tratamiento	T - 1	SC tratamientos
Error	X	SC error
Total	Tx - 1	SC total

3.7. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{i_j} = Variable respuesta

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento de fertilizantes

ε_{i_j} = Efecto aleatorio o error experimental

3.8. Metodología

3.8.1. Obtención y selección de semillas

Se utilizó semillas de *Swietenia macrophylla* G. King obtenida de árboles semilleros, del jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, que presentaron buenas características de vigor, producción y libres de enfermedades, plagas o daño físico.

3.8.2. Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se empleó tierra agrícola proveniente del centro poblado Mariano Dámaso Beraún "Las Palmas", más arena en una proporción 3:1, procediéndose al llenado de las bolsas de polietileno de 1 kg y posteriormente se desinfectó con Cupravit, de acuerdo a especificaciones técnicas.

3.8.3. Análisis del sustrato

Las principales propiedades físicas y químicas del sustrato empleado en la realización del trabajo se resumen en el Cuadro 4, según análisis realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. El sustrato utilizado presenta una textura moderadamente fina, de reacción ligeramente ácido, con un alto contenido de materia orgánica, contenido medio de fósforo disponible, bajo en potasio disponible y bajo en capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas del sustrato empleado en el presente trabajo

Propiedad	Valores	Método
pH (1:1)	6.6	Método del Potenciómetro
Materia orgánica (%)	5.6	Método de Walkley y Black
N total (%)	0.25	% M.O. * 0.045
P disponible (ppm)	10.8	Método de Olsen modificado
K_2O disponible (kg/ha)	296	Método de Acido sulfúrico
CIC	7.56	Método de Acetato de amonio
Textura	Fo,Ar.Ao	Método del hidrómetro

3.8.4. Dosis de los fertilizantes

En vista, de que no existen trabajos similares, realizados para la especie forestal en estudio, se planteó las siguientes fórmulas:

- T1: Testigo
- T2: N, P_2O_5, K_2O 120 – 200 – 120
- T3: N, P_2O_5, K_2O 100 – 180 – 100
- T4: N, P_2O_5, K_2O 80 – 160 – 80
- T5: N, P_2O_5, K_2O 60 – 140 – 60

Las dosis empleadas fueron calculados para 1 kg de sustrato por planta, expresado en kg/ha; estos cálculos son los empleados como fertilizante y se observan en el Anexo 17.

3.8.5. Aplicación de los fertilizantes

Los fertilizantes se aplicaron en dos oportunidades con dosis iguales. La primera aplicación del fertilizante se realizó el 18 de mayo del 2006;

el súper fosfato triple se aplicó en una sola oportunidad previa mezcla con el sustrato, la urea y el cloruro de potasio fueron disueltos en 500 ml de agua aplicándose a cada planta 10 ml de la solución.

La segunda aplicación de urea y cloruro de potasio se realizó a los 50 días de germinadas las semillas; para evitar la perdida del fertilizante por las constantes lluvias se cubrió el tinglado con plástico transparente.

3.8.6. Siembra de las semillas

La siembra de las semillas se realizó el 19 de mayo del 2006, en forma directa (1 semilla/bolsa), a una profundidad de 1.5 cm aproximadamente, en posición horizontal.

3.8.7. Labores culturales

Para el buen desarrollo de las plantas, se dio las condiciones adecuadas tales como luz, ventilación y humedad. Se le regó inicialmente cada 2 días, hasta su germinación; posteriormente, de acuerdo a las necesidades de la planta (aproximadamente cada tres días) y a las condiciones climáticas. Asimismo, cuando los plantones tenían un mes de edad se les proporcionó más luz, posteriormente se realizó limpieza de malezas de las bolsas.

3.8.8. Parámetros a evaluar

Para cumplir con los objetivos planteados se evaluó los siguientes parámetros:

3.8.8.1. Poder germinativo

Se evaluó diariamente con la finalidad de determinar el inicio de la germinación. Una vez iniciado dicho proceso se registró diariamente el número de semillas germinadas. Se consideró semilla germinada cuando el hipocótilo emergió del suelo.

Para dicha determinación se empleó la siguiente fórmula:

$$PG = \frac{\#de \quad semillas \quad ger\min adas}{total\,de \quad semillas} \times 100$$

3.8.8.2. Energía germinativa

Se evaluó con la finalidad de determinar el tiempo de semillas germinadas por día; para dicha determinación se empleó la siguiente fórmula:

$$EG = \frac{\#\ \ mayor \quad de \quad semillas\ en \quad tiempo}{\#\ \ de \quad semilas \quad ger\min adas} \times 100$$

3.8.8.3. Altura y diámetro

El estudio contempló 5 mediciones de altura y diámetro, estas evaluaciones se realizaron cada mes, después de los 45 días de germinadas las semillas.

Para la medición de la altura del plantón se procedió a medir desde la base del tallo hasta el ápice del plantón. Los resultados de estas mediciones se presentan en Anexo 7.

La medición del diámetro se efectuó con la ayuda de un vernier digital, a una altura de 5 cm de la base del tallo. Los datos de esta medición se aprecian en Anexo 8.

3.8.8.4. Área foliar

Este parámetro se evaluó a los 50 días de la germinación de las semillas; posteriormente cada mes, obteniendo cuatro evaluaciones.

Para el área foliar se realizó por el método del saca bocado, cogiendo tres plantas al azar por cada tratamiento, y tres hojas de cada planta de la parte superior, media e inferior; determinándose el peso fresco. El procedimiento para el cálculo del área foliar fue de la siguiente manera: extracción de un disco de la lámina foliar en cada hoja, con un sacabocado de 1.5 cm de diámetro (área=1.76715 cm^2) y determinación de su peso en (g). Seguidamente, se calculó el área foliar de cada hoja, a través de la relación entre el peso de la hoja y el área del disco, los datos de observan en Anexo 9.

3.8.8.5. Longitud y diámetro de la raíz

Se realizó la misma fecha que se evaluó el área foliar sacrificando las tres plantas tomadas en la evaluación del área foliar. Para la evaluación de la longitud, se midió desde el cuello de la planta hasta el extremo inferior de la raíz principal; los datos se aprecian en Anexo 10.

Para el diámetro de la raíz principal se midió con un vernier digital, a una altura de 0.5 cm del cuello de la raíz principal, los datos se aprecian en Anexo 11.

3.8.8.6. Peso seco de la planta

Las muestras se sometieron al secado, a una temperatura de 70 ºC / 72 horas, luego se pesaron y se obtuvo el peso seco total de la planta. Los datos obtenidos se adjuntan en Anexo 12.

3.8.8.7. Análisis de tejido

Al finalizar la evaluación se escogió al azar tres plantas por tratamiento para realizar el análisis de tejido de las muestras de hojas, tallo y raíz de la planta con la finalidad de reflejar la absorción actual de los nutrientes, determinando para ello la extracción de N, P_2O_5 y K_2O y el coeficiente aparente de uso.

3.8.8.7.1. Extracción total

$$Ext. = \frac{PMS}{100} \times \%N$$

Donde:

Ext = Extracción total

PMS = Peso de la muestra seca

$\%N$ = Porcentaje del nutriente

3.8.8.7.2. Coeficiente aparente de uso

$$CAU = \frac{N.\ \ Trat.\ \ -\ \ N.\ \ Test.}{N.\ \ Apli.} \times 100$$

Donde:

CAU = Coeficiente aparente de uso

$N.\ Trat.$ = Nutriente extraído del tratamiento

$N.\ Test.$ = Nutriente extraído del testigo

$N.\ Apli.$ = Nutriente aplicado

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos luego de cinco meses de evaluación:

4.1. Porcentaje del poder y energía germinativa de *Swietenia macrophylla* G. King

Cuadro 5. Porcentaje de poder y energía germinativa

Tratamientos	Germinación		
	Poder Germinativo (%)	Energía Germinativa (%)	Tiempo de Germinación
T1	70.0	28.6	(21-34)
T2	55.0	36.4	(21-33)
T3	70.0	67.9	(21-34)
T4	72.5	51.7	(21-37)
T5	90.0	84.2	(21-27)

En el Cuadro 5 y Figura 1, se muestra que; la aplicación de dosis de N, P_2O_5 y K_2O en el presente trabajo demostró que influye en el proceso germinativo, alcanzando el tratamiento T5 (60 – 140 – 60) los mejores resultados referente al poder germinativo (90 %), seguido de los tratamiento T4 (80 – 160 – 80) con 72.5 %, T3 (100 – 180 – 100) y el testigo T1 con 70 % respectivamente, finalmente el tratamiento T2 (120 – 200 – 120) con 55 %.

Referente a la energía germinativa todos los tratamientos con fertilizantes obtuvieron los más altos porcentajes siendo el tratamiento T5 el que alcanzó el más alto porcentaje 84.2 %, seguidos por los tratamiento T3, T4 y T2 con 67.9, 51.7 y 36.4 % respectivamente; siendo el testigo el que obtuvo el menor porcentaje 28.6 % de energía germinativa. Según DEVLIN (1988), las plantas necesitan nitrógeno desde el principio hasta el final del ciclo durante las épocas de germinación, crecimiento, floración y MANTILLA (2004), menciona que las plántulas provenientes de semillas grandes tienen una respuesta muy amplia a la adición de nutrientes.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron mayores a los obtenidos por VARGAS y RODRIGUEZ (1986), trabajando con esta misma especie que encontraron valores de 84 % y 48.5 % para el poder germinativo y energía germinativa; siendo mayor en un 6 % para el poder germinativo y 35.7 % para la energía germinativa.

Las semillas iniciaron el proceso germinativo a los 21 días y fue bastante corto en el T5, durando tan sólo seis días, en comparación con el testigo que dicho proceso duro 13 días como se muestra en la Figura 2. Según FAO (1991), la energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla y del germen que produce y que probablemente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones favorables serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno.

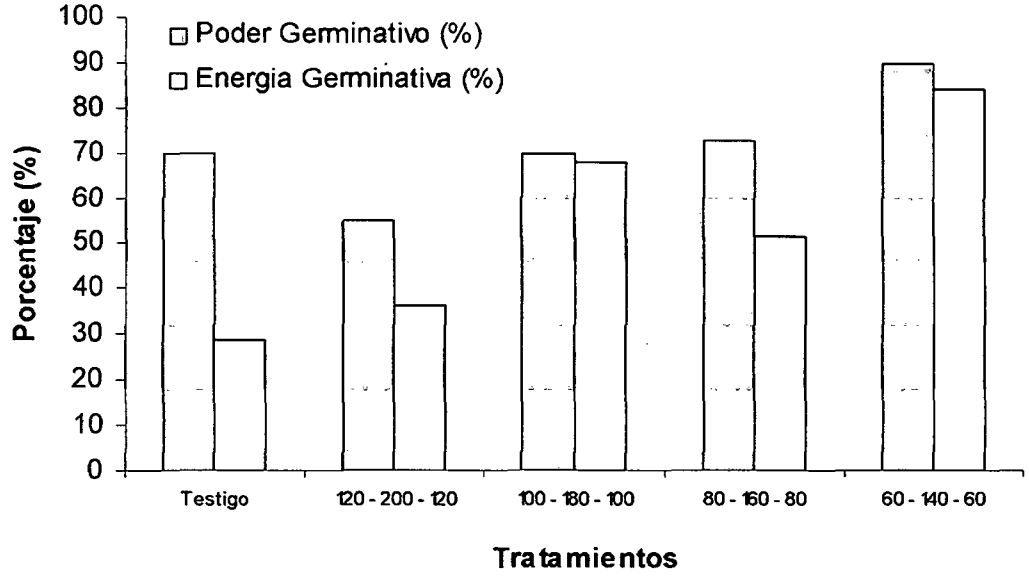


Figura 1. Efecto de los niveles de fertilización en el poder y energía germinativa de *Swietenia macrophylla* G. King.

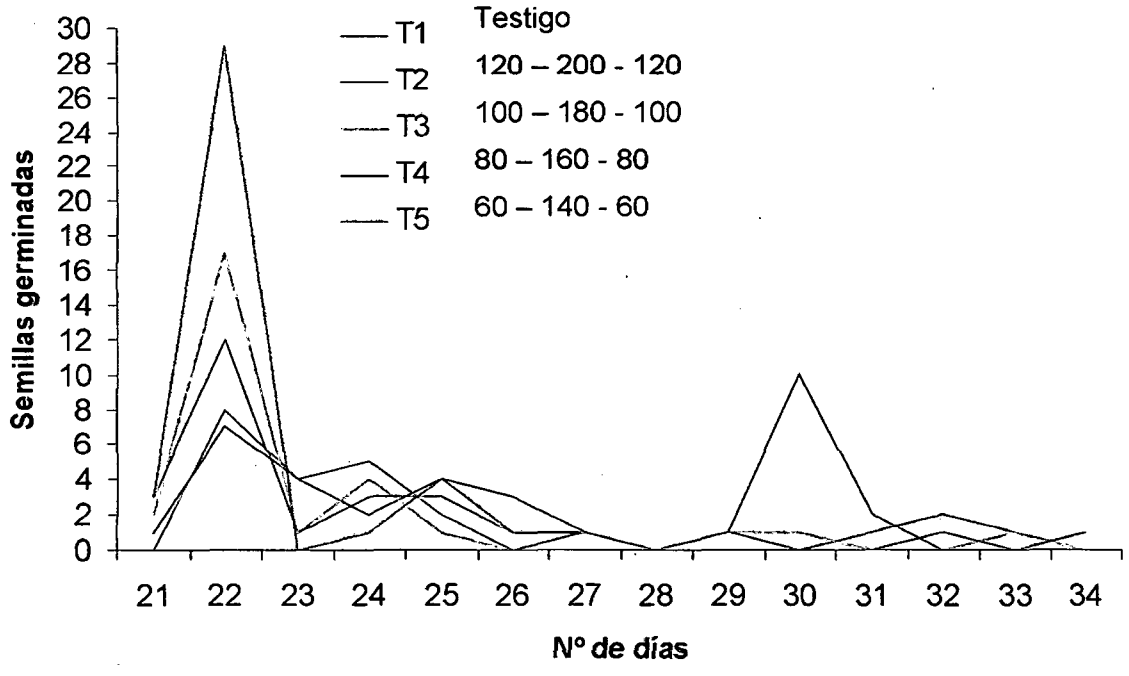


Figura 2. Curvas de semillas germinadas de *Swietenia macrophylla* G. King.

4.2. Altura de la planta

Del Cuadro 6, se concluye que; de los resultados obtenidos de la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05 para la variable altura demostró que existen diferencias estadísticas significativas con respecto a testigo al cual no se aplicó las dosis de fertilizantes, para la especie *Swietenia macrophylla* G. King en fase de vivero.

Cuadro 6. Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable altura de la planta

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (cm)	Sig.
T4	80 – 160 – 80	33.06	a
T5	60 – 140 – 60	32.98	a
T2	120 – 200 – 120	31.23	a
T3	100 – 180 – 100	30.91	a
T1	Testigo	26.42	b

CV =17.36

Referente a este parámetro existe efecto de la fertilización a cualquier nivel, entre las diferentes aplicaciones de N, P_2O_5 y K_2O en relación al testigo tal como se demuestra en el Cuadro 6, realizada esta evaluación a los 150 días. El tratamiento que logró la mayor altura promedio de la planta fue el T4 (80 - 160 - 80) con 33.06 cm, seguidas por los tratamientos T5 (60 - 140 - 60), T2 (120 - 200 - 120) y T3 (100 - 180 - 100) con valores de 32.98, 31.23 y 30.91cm respectivamente y el testigo solo logró una altura promedio de 26.42 cm, como se observa en la Figura 3, el cual indica mediante la regresión lineal

que el T4 es, el que tiene mayor pendiente (0.1768) por lo que hubo una reducción de 30 días entre los tratamientos y el testigo para llegar a una altura de 20 cm el testigo.

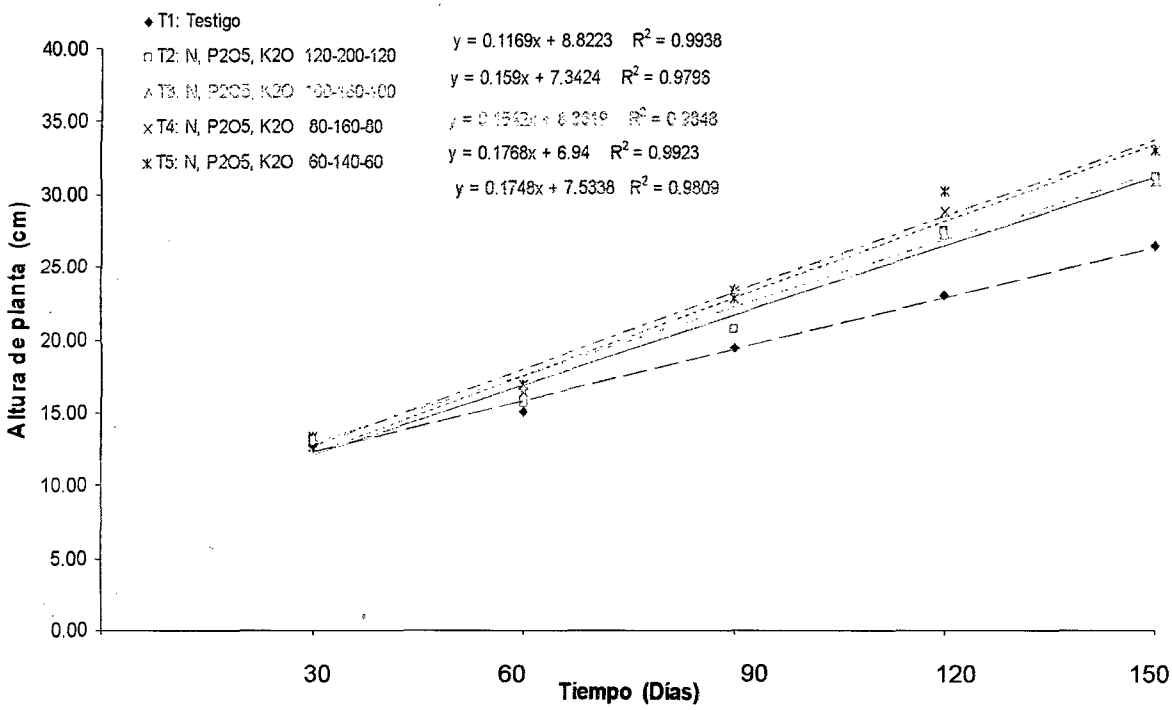


Figura 3. Curvas de crecimiento en altura de *Swietenia macrophylla* G. King para los cinco meses de evaluación.

Al respecto, VARGAS y RODRIGUEZ (1986), reportan que esta especie alcanza una altura promedio de 30.39 cm durante 180 días de permanencia en el vivero; por lo que, los tratamientos con fertilizantes logran una mayor altura en menor tiempo, disminuyendo el tiempo de permanencia en etapa de vivero.

Es notorio el efecto de la aplicación de N, P_2O_5 y K_2O ya que el fósforo interviene en la división celular y el nitrógeno promueve un rápido crecimiento en las hojas y tallo; por otro lado el sustrato empleado presenta un pH de 6.6 el cual permite que los fertilizantes se encuentren disponibles para la planta.

4.3. Diámetro de la planta

Del Cuadro 7, se concluye que; de los resultados obtenidos de la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05 se demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; para la variable diámetro de la planta.

Cuadro 7. Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable diámetro de la planta

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (mm)	Sig.
T2	120 – 200 – 120	6.82	a
T4	80 – 160 – 80	6.43	a
T5	60 – 140 – 60	6.31	a
T3	100 – 180 – 100	6.31	a
T1	Testigo	6.13	a

CV =18.26

Existen diferencias numéricas en promedio en las evaluaciones de este parámetro, obteniendo el tratamiento T2 (120 - 200 - 120) el mejor promedio 6.82 mm, seguido por los tratamientos T4 (80 - 160 - 80) 6.43 mm, T5 (60 - 140 - 60) y T3 (100 - 180 - 100) con 6.31 mm y el testigo T1 con 6.13 mm;

siendo este valor el menor promedio alcanzado como se muestra en la Figura 4. Esto quiere decir que no necesariamente hay una relación directa entre el crecimiento en diámetro y altura ya que va depender de los nutrientes, propiedades físicas químicas del suelo y sobre todo de las características morfológicas y fisiológicas de cada especie de planta; además que la especie en estudio es de lento crecimiento.

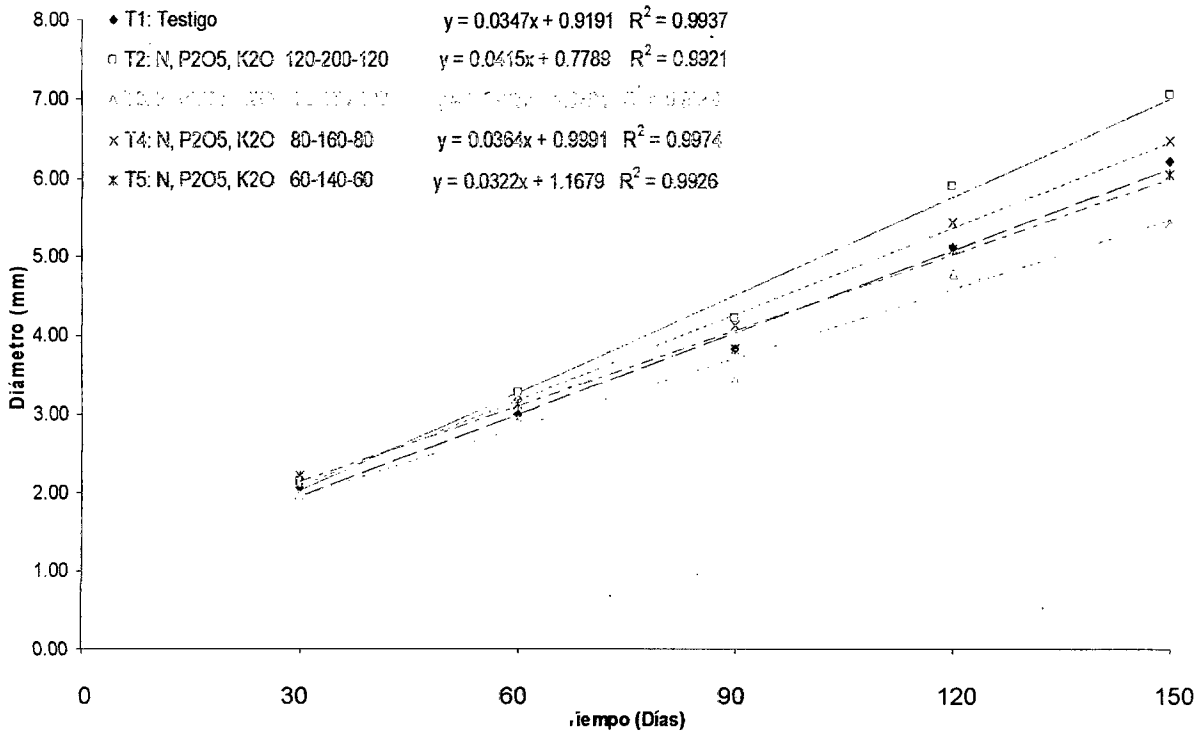


Figura 4. Curvas de crecimiento en diámetro de *Swietenia macrophylla* G. King para los cinco meses de evaluación.

4.4. Área foliar

Del cuadro 8, se concluye que; de la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05 se demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable área foliar.

Cuadro 8. Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable área foliar de la planta

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (cm^2)	Sig.
T5	60 – 140 – 60	1256.88	a
T2	120 – 200 – 120	1190.85	a
T3	100 – 180 – 100	945.73	a
T4	80 – 160 – 80	937.57	a
T1	Testigo	802.26	a

CV= 27.34 %

Para este parámetro según el Cuadro 8 y Figura 5, muestra que el tratamiento T5 presenta los mejores resultados 1256.88 cm^2 seguido por el tratamiento T2 1190.85 cm^2, T3 945.73 cm^2, T4 937.57 cm^2; siendo el testigo T1 802.26 cm^2 el que menor promedio alcanzó. A pesar de estas diferencias observadas, no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

DEVLIN (1975), manifiesta que la función más importante del nitrógeno es el crecimiento de las partes vegetativas aéreas, así como estos resultados se ven reflejados en el análisis nutricional de la planta (Cuadro 12) donde se observa que el T5 obtuvo mayor porcentaje de nitrógeno extractable en las hojas. Sin embargo los resultados no muestran diferencias significativa,

posiblemente a que la especie trabajada es una planta que para alcanzar su máximo desarrollo se necesita aproximadamente 40 años, y el tiempo de esta evaluación como corresponde a fase de vivero es tan solo de 6 meses.

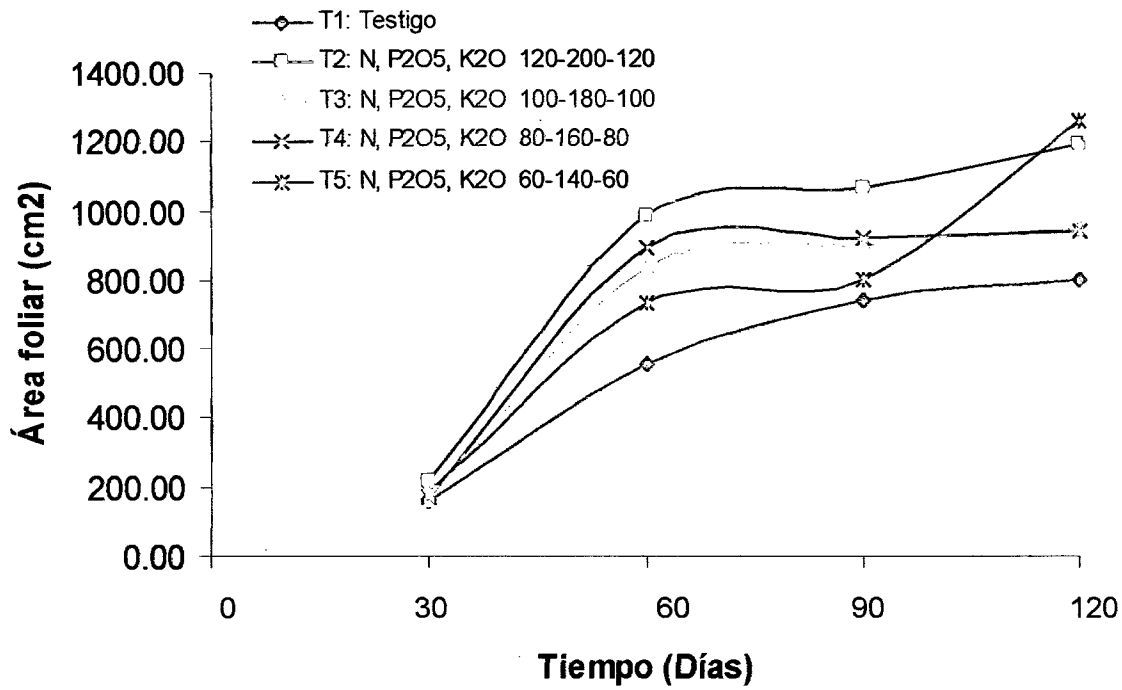


Figura 5. Curvas de área foliar en *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

4.5. Longitud y diámetro de la raíz

De los Cuadros 9 y 10, la prueba de Duncan para la variable longitud y diámetro de la raíz a un nivel de significancia de 0.05 se deduce que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, pero si entre los promedios.

Cuadro 9. Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable longitud de la raíz

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (cm)	Sig.
T5	60 – 140 – 60	22.97	a
T1	Testigo	21.57	a
T2	120 – 200 – 120	20.93	a
T3	100 – 180 – 100	20.87	a
T4	80 – 160 – 80	19.10	a

CV=19.36

Cuadro 10. Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable diámetro de la raíz

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (mm)	Sig.
T3	100 – 180 – 100	7.07	a
T5	60 – 140 – 60	6.95	a
T2	120 – 200 – 120	6.28	a
T1	Testigo	6.19	a
T4	80 – 160 – 80	5.79	a

CV=16.62

Los resultados de los Cuadros 9 y 10 nos indican que para las variables longitud y diámetros de la raíz principal de *S. macrophylla* G. King, no presenta diferencias estadísticas, pero se puede observar diferencias entre los promedios de los tratamientos al cual han sido aplicados dosis de fertilizantes y el testigo; siendo el T5 (60 - 140 - 60) el que logró una mayor longitud 22.97 cm, seguido por el testigo T1con 21.57 cm, T2 (120 - 200 - 120) con 20.93 cm,

T3 (100 - 180 - 100) con 20.87 cm y finalmente el T4 (80 - 160 - 80) con 19.10 cm (ver Figura 6). En cuanto al diámetro de la raíz el T3 (100 - 180 - 100) alcanzó el mayor diámetro con 7.07 mm, seguidamente por los tratamientos T5 (60 - 140 - 60) con 6.95 mm, T2 (120 - 200 - 120) con 6.28 mm, testigo T1 con 6.19 mm y el T4 (80 - 160 - 80) con 5.79 que alcanzó el menor promedio (ver Figura 7).

DEVLIN (1975), señala que el fósforo resulta esencial para el desarrollo radicular y la división celular, como se muestra en el Cuadro 13 que el tratamiento T5 (60 – 140 – 60) es el que mayor porcentaje de fósforo que ha sido utilizado por la planta tal como se ve reflejados en los resultados obtenidos en la longitud de la raíz, es importante acotar que las plántulas del testigo al momento de germinar, el hipocótilo, se enroscaba antes de emerger (ver Anexo 13); además al momento de realizar las evaluaciones se observó que las raíces eran frágiles, quebrándose rápidamente.

Por otra parte, como se puede observar en el Anexo 15, las raíces con las diferentes dosis de nutrientes presentan una mayor uniformidad en comparación al testigo, notándose un mayor desarrollo de las raíces laterales; al respecto PRITCHETT (1986), manifiesta que el número y la distribución de las raíces pequeñas determinan la intensidad con que se utiliza el volumen del suelo; por otra parte FLORES-VINDA (1999), indica que el sistema radical de numerosas especies responde a fuentes de nutrientes localizadas que puedan accesarlas.

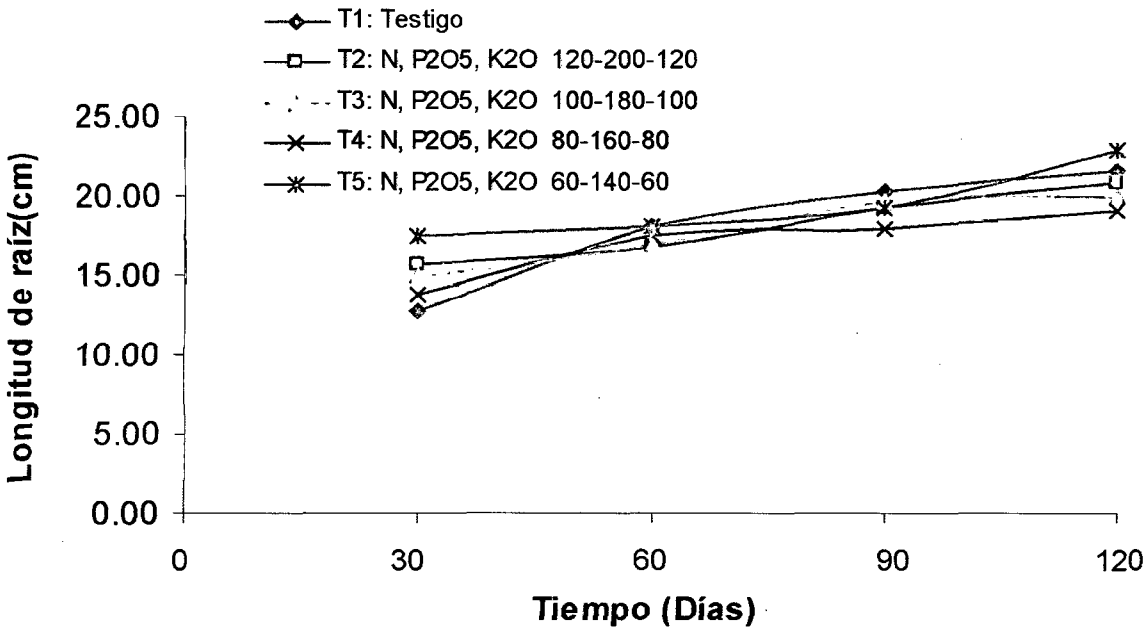


Figura 6. Curvas de crecimiento en longitud de raíz de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

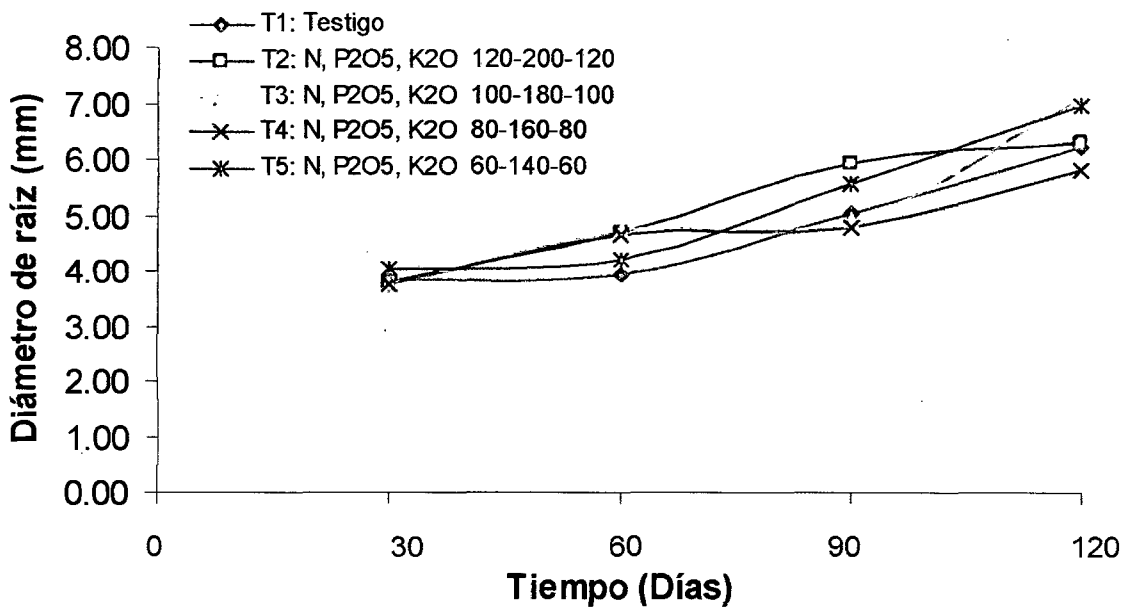


Figura 7. Curvas de crecimiento en diámetro a nivel del cuello de la raíz de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

4.6. Peso seco de la planta

Del Cuadro 11, de la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05 se deduce que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Cuadro 11. Prueba de Duncan al 0.05 de significación para la variable peso seco de la planta

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (g)	Sig.
T5	60 – 140 – 60	7.99	a
T1	Testigo	7.48	a
T3	100 – 180 – 100	7.35	a
T2	120 – 200 – 120	6.92	a
T4	80 – 160 – 80	6.44	a

CV= 36.72

El cuadro anterior permite constatar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

No obstante se puede apreciar que el T5 en promedio generó mayor peso seco 7.99 g acumulando 0.51 g más que el testigo T1 y 1.55 g más que el T4 que alcanzó el menor promedio, tal como se muestra en la Figura 8.

La finalidad de estos resultados se basa en la asunción de que existe una relación entre el crecimiento de las plantas y el contenido de los nutrientes en la materia seca o fresca (AZCON-BIETO y TALON, 2000).

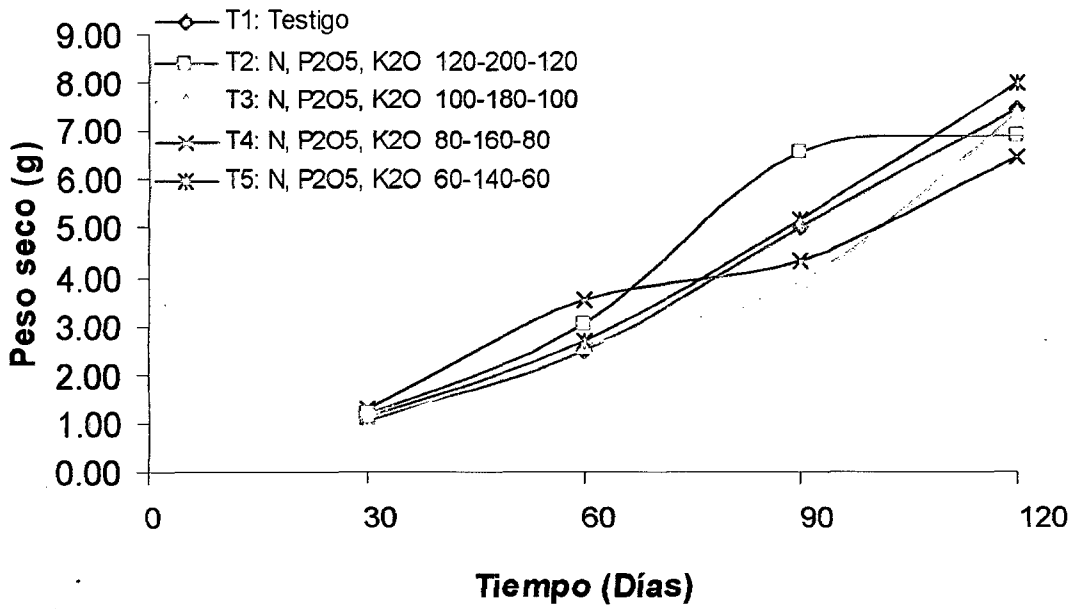


Figura 8. Curvas de acumulación del peso seco de *Swietenia macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

4.7. Análisis nutricional

En el cuadro 12 se muestra los resultados obtenidos del análisis de tejido donde la mayor concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P_2O_5) se encontró en las hojas en los tratamientos T5 (60 – 140 – 60) y T3 (100 – 180 – 100) con 1.60%, seguido por el tratamiento T4 (80 – 160 – 80) con 1.50%, tratamiento T2 (120 – 200 – 120) con 1.40% y finalmente el tratamiento T1 (testigo) con 1.00% para el nitrógeno y para el fósforo el tratamiento T5 (60 – 140 – 60) con 0.50%, T3 (100 – 180 – 100) con 0.46%, T2 (120 – 200 – 120) y T4 (80 – 160 – 80) con 0.41% respectivamente y finalmente el T1 (testigo) con 0.18%.

Asimismo el mayor porcentaje de potasio (K_2O) se encontró en la raíz en mayor cantidad en el tratamiento T3 (100 – 180 – 100) con 0.48% y en la hojas en el tratamiento T2 (120 – 200 – 120) con 0.28%, tratamiento T5 (60 – 140 – 60) con 0.20%, tratamiento T4 (80 – 160 – 80) con 0.18% y finalmente el T1 (testigo) con 0.12%.

Cuadro 12. Concentraciones de N, P_2O_5, K_2O

Concentraciones de N %				
	Tratamientos	Hoja	Tallo	Raíz
T1	Testigo	1.00	0.50	0.50
T2	120 - 200 - 120	1.40	0.70	0.80
T3	100 - 180 - 100	1.60	0.80	0.70
T4	80 - 140 - 80	1.50	0.80	0.80
T5	60 - 120 - 60	1.60	0.70	0.70
Concentraciones de P_2O_5 %				
	Tratamientos	*Hoja*	*Tallo*	*Raíz*
T1	Testigo	0.18	0.23	0.23
T2	120 - 200 - 120	0.41	0.37	0.30
T3	100 - 180 - 100	0.46	0.46	0.32
T4	80 - 140 - 80	0.41	0.32	0.27
T5	60 - 120 - 60	0.50	0.46	0.37
Concentraciones de K_2O %				
	Tratamientos	Hoja	Tallo	Raíz
T1	Testigo	0.12	0.14	0.12
T2	120 - 200 - 120	0.28	0.23	0.17
T3	100 - 180 - 100	0.23	0.18	0.48
T4	80 - 140 - 80	0.18	0.17	0.16
T5	60 - 120 - 60	0.20	0.18	0.17

En el cuadro 13, se muestra la extracción total de nitrógeno (N), y fósforo (P_2O_5) donde el tratamiento T5 (60 – 140 – 60) obtuvo mayor cantidad de estos nutrientes con 90.95 para el nitrógeno y 36.79 para el fósforo (mg/pta), seguido por el tratamiento T3 (100 – 180 – 100) con 85.92 y 31.70 (mg/pta), el tratamiento T2 (120 – 200 – 120) con 74.49 y 26.00 (mg/pta), tratamiento T4 (80 – 160 – 80) con 70.82 y 22.30 (mg/pta) y finalmente el tratamiento T1 (testigo) con 54.52 y 15.50 (mg/pta).

Cuadro 13. Extracción total de N, P_2O_5, K_2O de la especie *S. macrophylla* G. king

		Extracción total (mg / pta)		
	Tratamientos	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
T1	(Testigo)	54.52	15.50	9.44
T2	120 - 200 – 120	74.49	26.00	16.81
T3	*100 - 180 – 100*	85.92	31.70	19.52
T4	80 - 140 – 80	70.82	22.30	11.06
T5	60 - 120 – 60	90.95	36.79	14.99

En el Cuadro 14 se muestra que; el tratamiento T5 (60 – 140 – 60), es el que mejor a utilizado el fertilizante aplicado, obteniendo un valor de 121.44 % para el nitrógeno, seguido por los tratamientos T3 (100 – 180 – 100) con un 62.80 %; T4 (80 – 160 – 80) con 40.75 % y el T2 (120 – 200 – 120) con 33.28 %.

Asimismo el tratamiento T5 obtuvo el 30.42% de fósforo (P_2O_5) seguido por el tratamiento T3 con 18.00 %, tratamiento T2 con 10.50% y el

tratamiento T4 con 8.50 %, para el caso del potasio el que alcanzó mayor valor es el tratamiento T3 con 20.16%, seguido por el tratamiento T5 con 18.51%, tratamiento T2 con 12.28% y finalmente el tratamiento T4 con 4.06 % (los cálculos para CAU se encuentra en Anexo 18).

Cuadro 14. Coeficiente aparente de uso de N, P_2O_5, K_2O de la especie *S. macrophylla* G. king.

Coeficiente Aparente de Uso (%)				
	Tratamientos	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
T2	120 - 200 – 120	33.28	10.50	12.28
T3	100 - 180 – 100	62.80	18.00	20.16
T4	*80 - 140 – 80*	*40.75*	*8.50*	*4.06*
T5	60 - 120 – 60	121.44	30.42	18.51

La alta absorción de nitrógeno (N) en comparación con los demás elemento evaluados (fósforo y potasio) se debe a que este nutriente es el elemento más importante y el que la planta requiere en mayor cantidad (GROS, 1986; VON MAREES, 1988 y GONZÁLES, 1993); además este resultado es reflejado en el área foliar (ver Cuadro 8) en la cual el tratamiento T5 es el que obtuvo el promedio más alto, debido a que el nitrógeno promueve un crecimiento rápido de las hojas.

DONAHUE *et al.,* (1981) señala que el uso por el cultivo de la adición inicial para el caso del nitrogeno (N) puede ser del 30 al 70 % de eficiencia del fertilizante, los valores obtenidos del coeficiente aparente de uso o eficiencia del fertilizante se encontró dentro de estos rangos a excepción del tratamiento T5 que obtuvo un 121.44%, este valor alto pudo deberse a un error

en la parte analítica ya que no se hay mucha experiencia en el análisis de tejido de especies forestales. A su vez la eficiencia para el fósforo es de 20 a 30 % y para el potasio de 50 a 80 %, los valores encontrados para la especie están dentro los rangos mencionados por el autor.

No obstante la eficiencia del fertilizante puede depender de muchos factores tales como la profundidad radicular (en este caso, el T4, obtuvo menor longitud, ver Cuadro 9), la extensibilidad de sistema radicular, tipo de fertilizantes, el clima, el suelo y otras condiciones pueden alterar la eficiencia (DONAHUE *et al.,* 1981).

Es importante señalar que las plantas con las diferentes dosis de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), presentaron mejor estado y calidad fitosanitaria que las plantas del testigo, tal como se puede observar en Anexo 17. Según POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (1988) al potasio se le atribuye el efecto a la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades.

Para el análisis de tejido de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), presentes en la fertilización, es preciso hacer notar que no existe referencia de valores para las concentraciones de estos elementos en *S. macrophylla* King por lo que los resultados del análisis son referenciales y solo pueden ser comparados entre si o con otros estudios, pero no se puede dar rangos de suficiencia o insuficiencia de nutrientes.

V. CONCLUSIONES

1. Existe efecto de las dosis aplicadas de fertilizantes sobre el crecimiento de *S. macrophylla* G. King en fase de vivero, aunque a nivel estadístico no se refleja en algunas de las variables evaluadas.

2. La aplicación de fertilizantes de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), tiene influencia en la germinación, obteniendo valores de 90 % para el poder germinativo y 84.2 % para la energía germinativa, aplicando dosis del tratamiento T5 (60 – 140 – 60) de N, P_2O_5, K_2O en comparación al testigo que alcanzó un 70 % y 28.6 % para este parámetro.

3. La aplicación de N, P_2O_5 y K_2O al 60 – 140 – 60, permite mejores resultados, para los parámetros de área foliar, longitud de la raíz y peso seco, en un tiempo de cinco meses (150 días), alcanzando valores de 1 256.88 cm^2, 22.97 cm y 7.99 g en comparación al testigo que alcanzó 802.26 cm^2, 21.57 cm y 7.48 g respectivamente.

4. Entre los tratamiento evaluados existe diferencias significativas para el parámetro altura, siendo el T4 (80 – 160 – 80) el que obtuvo el mejor resultado alcanzando 33.06 cm a los 150 días de evaluación, seguido por los tratamientos T5 (60 – 140 – 60) con 32.98 cm, T2 (120 – 200 –

120) con 31.23 cm, T3 (100 – 180 – 100) con 30.91 cm y finalmente el testigo con 26.42 cm, de esta manera la aplicación de fertilizantes indujo una reducción del tiempo de permanencia en vivero y así minimizar costos.

5. El coeficiente aparente de uso o eficiencia del fertilizante, los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), para la especie en estudio, refleja que el tratamiento T5 (60 – 140 – 60) obtiene los más altos valores para el N y P_2O_5, siendo estos de 121.44 y 30.42 % respectivamente, para el K_2O el T3 obtuvo un 20.16 %, seguido por T5 con 18.51 %, T2 con 12.28 % y T4 con 4.06 %.

6. Por los resultados obtenidos y por la calidad cualitativa de las plantas se concluye, que la aplicación de dosis del tratamiento T5 (60 – 140 – 60) N, P_2O_5 y K_2O aplicadas a la especie forestal *Swietenia macrophylla* G. King "caoba", en fase de vivero, estimula el crecimiento, obteniendo plantas de mejor calidad y en menor tiempo.

VI. RECOMENDACIONES

1. La dosis de fertilizantes recomendada para la especie forestal Swietenia macrophylla G. King en fase de vivero es de 60 – 140 – 60 de N, P_2O_5 y K_2O, obteniendo mejores resultados en poder y energía germinativa, altura, área foliar, longitud de raíz y peso seco de la planta.

2. Continuar este trabajo llevando las plantas en experimentación a campo definitivo, para evaluar su porcentaje de sobrevivencia, crecimiento, comportamiento, sanidad y otros parámetros.

3. Para posteriores trabajos tomar en cuenta la variable calidad de planta y volumen de la raíz.

4. Realizar trabajos de investigación similares con otras especies, sobre todo de rápido crecimiento, para comparar el efecto del nitrógeno, fósforo y potasio.

5. Realizar trabajos similares utilizando otras tipos de fertilizantes, tales como (nitrato de amonio, roca fosfórica, fosfato de amonio, sulfato de potasio, etc.).

ABSTRACT

The work of research was realized in the Facultad of Recursos Naturales Renovables of the Universidad Nacional Agraria of the Selva, using three types of fertilizers (urea, super phosphate triple and chloride of potassium), applied to the forest species *Swietenia macrophylla* G. King in phase the nursery. This work of research was done with the purpose to evaluate the affect doses of the fertilizers, on the growth of the species in study. The variables through power and germinative energy, high, diameter, area foliate, long and diameter of the root, dry weight and nutritional analysis of the plant. The used treatments were five in a completely desing randomized, with forty repetitions for treatment.

The obtained results is conclude, that exists effect of applied doses of fertilizers on the growth S. macrophylla G. King in phase the nursery, although to statistical level don't reflect in any of the evaluated variables o the variables like wise of power and germinative energy (90y 84.2 %) are to foliate (1250.88 cm^2) long of the root (22.97 cm) the plant of dry weight (7.99 g) they obtained the best averages being that the dose of T5 60- 140 – 60 of N, P_2O_5 and K_2O, obtains the most satisfactory results.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARICIO, J., GERDING, V., SCHLATTER, J., GREZ, R. 2001. Dinámica de elementos nutritivos en la biomasa de *Eucalyptus nitens* al cuarto año de crecimiento, en un suelo rojo arcilloso del sur de Chile. In: Simposio IUFRO. Desarrollando el eucalipto del futuro. Valdivia, Chile. 12 p. [EN LINEA]: SICTI (http:/www.sicti.cl/sicti/CurriculoViewDFAction? email= vgerding@uach.cl&btn=ViewCurriculo, 06 Abr. 2006).

AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edit. McGraw-Hill-Interamericana. Barcelona. España. 522 p.

BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal; Prácticas de manejo. 1 ed. México, D.F. Limusa. 335 p.

BUCKMAN y BRADY, N. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Solar. Barcelona, España, UTEHA. 590 p.

CENTURION, J. 1987. Efectos del sustrato y dolomita en la fase inicial de una plantación de Caoba (*Swietenia macrophylla* G. King) en suelos degradados de Tingo María. Tesis Ing. R.N.R. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 53 p.

CORNEJO, B. 1982. Respuesta de una plantación de *E. globulus* (Labill) a la fertilización con Urea y Superfosfato triple en la comuna de Litueche en la sexta región. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de

Chile. 92 p. [En línea]: CONAF (http://www.conaf.cl/?page=home /contents&seccion_id=0a09f4e0843fd7b8ae658f3e692d6948&unidad=0 &. 10 Abr. 2006).

DEVLIN, R. 1975. Fisiología vegetal. Barcelona, España, Omega. 281 p.

DONAHUE, R., MILLER, R., SHICKLUNA, J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. 1 ed. Madrid, España, Prentice / Hall Internacional. 624 p.

ERSTON, M. 1967. Fisiología vegetal. Barcelona, España, Hispano Americana 270 p.

FAO. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Edit. FAO. Roma. Italia. Estudio FAO MONTES 20 p.

FLORES-VINDA, E. 1999. La Planta Estructura y Función. Vol. I y II. Edit. Universitaria Regional. Cartago. Costa Rica. 884 p.

GONZÁLES, C. 1993. Evaluación de un ensayo de fertilización en *Eucalyptus globulus* Labill. en las dunas de Chanco, séptima región. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile. p. 11 – 45. [En línea]: CYBERTESIS (http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2002/lewin_p/ sources/lewin_p.pdf. 13 Ene. 2007).

GROS, A. 1986. Abonos. Guía de práctica de la fertilización. 7 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 560 p.

IGNATIEFF, V. 1959. El uso eficaz de los fertilizantes. Estudios Agropecuarios Nº 43. F.A.O, Italia 227 p. [En línea]: BIBLIOTECAS (http://www.bibliotecas.unc.edu.ar/cgi-bin/Libreo-OPAC?accion=buscar &expresion=IGNATIEFF,+VLADIMIR. 9 Dic. 2006).

INFORMACIONES sobre la fertilización tropical. 1970. Fertilité, Paris 16 - 17 p.

INIA 1997. Comportamiento Fenológico de 88 Especies Forestales de la Amazonía Peruana.

JUDD, S., ATTIWILL, M., ADAMS, A. 1996. Nutrient concentrations in *Eucalyptus*: A synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. In: Nutrition of *Eucalyptus*. Collingwood, Australia, CSIRO. p. 123 – 153. [En línea]: BLACKWELL (http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1046%2Fj.1365-2435.2000.t01-1-00468.x. 10 Dic. 2006).

KRIEDEMAN, E., CROMER, N. 1996. The Nutricional Physiology of the Eucalypts – Nutrition and Growth. In: Nutrition of *Eucalyptus*. Collingwood, Australia, CSIRO. p. 109 –121. [En línea]: MEMBERS FORESTRY (http://www.members.forestry.crc.org.au/refs/THF-B2.htm. 20 Dic. 2006).

MANRIQUE, L. 1986. Efectos del N, P y K en el desarrollo y otras características de la citronela (Cymbopogon winterianus) Var. Mahapengiri en Tingo María. Tesis Ing. Agronomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 123 p.

MANTILLA, A. 2004. Ecofisiología de la Germinación de Semillas. In La Ecofisiología Vegetal. Una ciencia de síntesis. Edit. Thomson. Madrid. España. 1193 p.

MOSTACERO LEON J. MEJIA C. F. y GAMARRA T. 2002.Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol. I. Ed. Normas Legales S.A.C. 667 p.

NAVARRO, G.2003. Química agrícola. 2 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa.487 p.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE; POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA & FOUNDATION FOR AGRONOMIC RESEARCH (FAR). 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Primera Impresión en Español. Publicado por The Potash & Phosphate Institute. Georgia. EE.UU.

PRITCHETT, W. 1986. Suelos Forestales, Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Edit. Limusa, México. 634 p.

ROJAS, R. 1987. Uso de tres tipos de substratos en la propagación de Caoba (*Swietenia macrophylla* G. King) en fase de vivero en la zona del Alto Huallaga. Tesis Ing. R.N.R. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 110 p.

RUIZ, F., SORIA, F., PARDO, M. y TOVAL, G. 2001. Ensayos factoriales de fertilización en masas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) de mediana edad. Análisis de rentabilidad de inversión por fertilización. In: Simposio IUFRO. Desarrollando el eucalipto del futuro. Valdivia, Chile. 9 p.

TORO, J. 1995. Avances en fertilización en *Pinus radiata* y *Eucalyptus* en Chile. In: Simposio IUFRO. Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales. Valdivia, Chile p. 293 - 298. [En línea]: SCIELO (http:/www.scielo.cl/scielo. php?pid=S0717-92002004000200007&script=sci_arttext. 11 May. 2006).

VARGAS, T. y RODRIGUEZ, M. 1986. Estudio preliminar de la caoba (*Swietenia macrophylla* G. King) en la zona de Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 25 p.

VON MAREES, A. 1988. Respuesta a la fertilización con NPK de una plantación recién establecida de *Eucalyptus delegatensis* R.T. Baker en la precoordillera andina de la novena región. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile. p. 25 – 48. [En línea]: CYBERTESIS (http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2003 /lewin_p/ sources/lewin_p.pdf. 19 Dic. 2006).

VOTTLELER, J. 2003. Bienvenid@s. Suelos I. [En línea]: BIBAGR, (http://bibagr.ucla.edu.ve/jhonny2/objetivo%20II.htm. 12 Feb. 2007).

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable altura de la planta sometidos a la aplicación de fertilizantes.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Sig.
Tratamiento	4	432.55	108.14	3.66	*
Error Experimental	75	2214.72	29.53		
Total	79	2647.27			

* = Significativo

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable diámetro de la planta sometidos a la aplicación de fertilizantes.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Sig.
Tratamiento	4	3.03	0.76	0.56	NS
Error Experimental	75	101.36	1.36		
Total	79	104.39			

NS = No significativo

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable área foliar de la planta sometidos a la aplicación de fertilizantes.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Sig.
Tratamiento	4	434407.38	108601.85	1.38	NS
Error Experimental	10	788423.19	78842.32		
Total	14	1222830.58			

NS = No significativo

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz sometidos a la aplicación de fertilizantes.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Sig.
Tratamiento	4	23.35	5.84	0.35	NS
Error Experimental	10	166.69	16.67		
Total	14	190.04			

NS = No significativo

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable diámetro de la raíz sometidos a la aplicación de fertilizantes.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Sig.
Tratamiento	4	3.48	0.87	0.75	NS
Error Experimental	10	11.52	1.15		
Total	14	15.00			

NS = No significativo

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable peso seco de la planta sometida a la aplicación de fertilizantes.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Sig.
Tratamiento	4	4.12	1.03	0.15	NS
Error Experimental	10	70.60	7.06		
Total	14	74.73			

NS = No significativo

Anexo 7. Promedios de las evaluaciones por tratamiento en altura de *S. macrophylla* G. King para los cinco meses de evaluación.

Altura (cm)					
Tratamientos	**30 Días**	**60 Días**	**90 Días**	**120 Días**	**150 Días**
T1	12.8	15.1	19.4	23.0	26.4
T2	13.3	15.7	20.7	27.4	31.2
T3	13.2	16.4	23.4	27.3	30.9
T4	12.7	16.4	23.3	28.8	33.1
T5	13.4	16.9	22.8	30.2	33.0

Anexo 8. Promedios de las evaluaciones por tratamiento en diámetro de *S. macrophylla* G. King para los cinco meses de evaluación.

Diámetro (mm)					
Tratamientos	**30 Días**	**60 Días**	**90 Días**	**120 Días**	**150 Días**
T1	2.07	2.99	3.83	5.11	6.22
T2	2.14	3.27	4.22	5.90	7.05
T3	1.97	2.93	3.44	4.78	5.44
T4	2.11	3.24	4.12	5.42	6.48
T5	2.21	3.13	3.83	5.10	6.05

Anexo 9. Promedios de las evaluaciones por tratamiento para la variable área foliar de *S. macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

Área Foliar (cm^2)				
Tratamientos	**30 Días**	**60 Días**	**90 Días**	**120 Días**
T1	158.49	555.47	737.05	802.26
T2	220.82	985.21	1062.64	1190.85
T3	167.92	831.47	899.34	945.73
T4	172.76	888.36	920.25	937.57
T5	187.32	730.22	795.84	1256.88

Anexo 10. Promedios de las evaluaciones por tratamiento para la longitud de la raíz principal de *S. macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

Longitud de la raíz (cm)				
Tratamientos	**30 Días**	**60 Días**	**90 Días**	**120 Días**
T1	12.77	18.07	20.23	21.57
T2	15.77	16.83	19.20	20.93
T3	15.03	16.93	19.70	20.07
T4	13.80	17.43	18.00	19.10
T5	17.43	18.07	19.23	22.97

Anexo 11. Promedios de las evaluaciones por tratamiento para el diámetro de la raíz principal de *S. macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

Diámetro de la raíz (mm)				
Tratamientos	**30 Días**	**60 Días**	**90 Días**	**120 Días**
T1	3.82	3.90	5.01	6.19
T2	3.80	4.71	5.90	6.28
T3	3.77	4.73	4.89	7.07
T4	3.77	4.67	4.76	5.79
T5	4.06	4.19	5.55	6.95

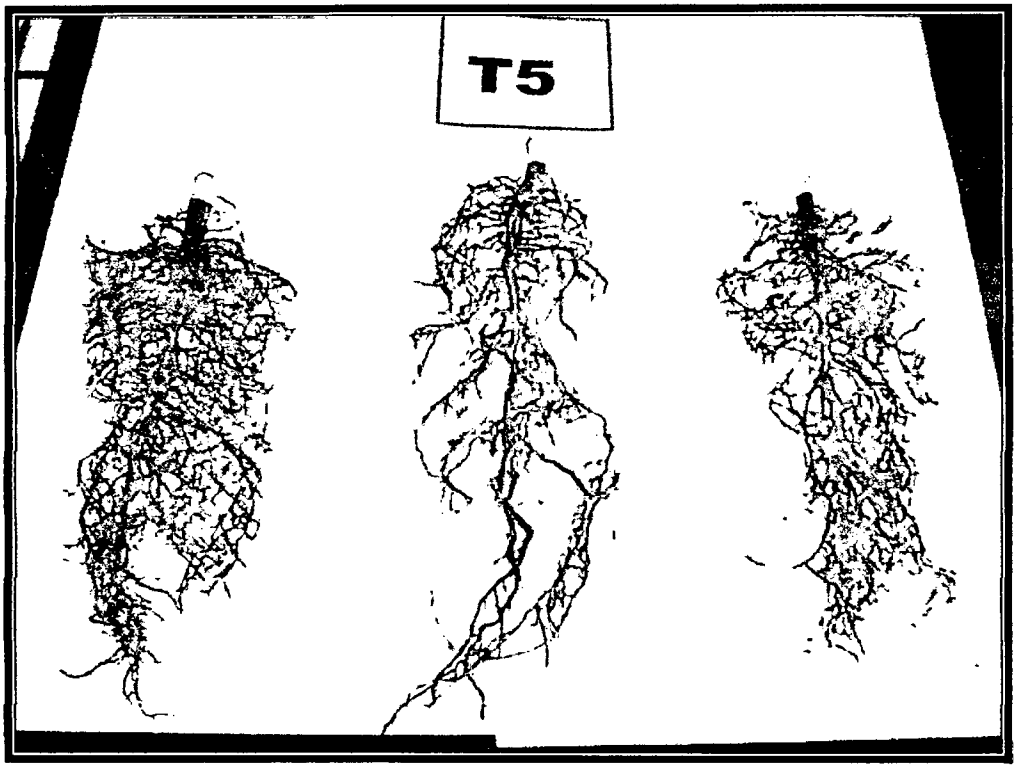
Anexo 12. Promedios de las evaluaciones por tratamiento para el peso seco de la planta de *S. macrophylla* G. King para los cuatro meses de evaluación.

Peso Seco Total de la planta (g)				
Tratamientos	**30 Días**	**60 Días**	**90 Días**	**120 Días**
T1	1.02	2.48	5.03	7.48
T2	1.17	3.02	6.55	6.92
T3	0.95	2.61	3.90	7.35
T4	1.29	3.54	4.34	6.44
T5	1.12	2.69	5.18	7.99

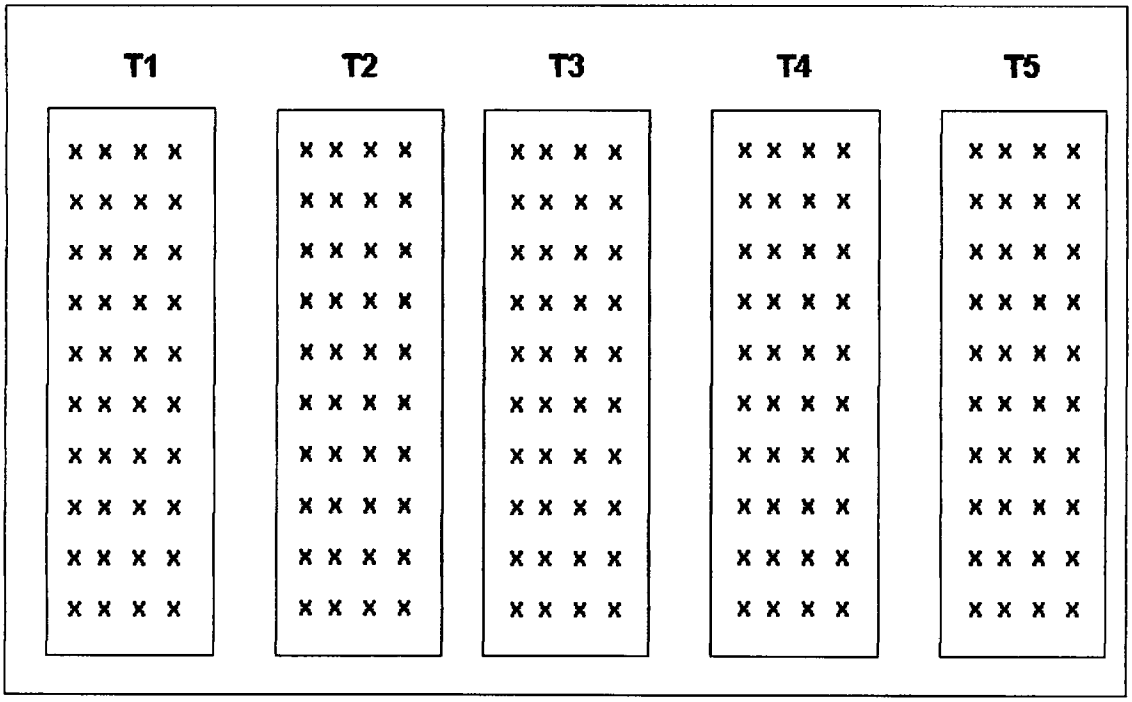
Anexo 13. Malformaciones del tallo de la plantas de S. macrophylla G. King.

Anexo 14. Comparación entre tratamientos.

Anexo 15. Uniformidad de las raíces.



Anexo 16. Diseño del experimento.



Anexo 17. Cálculo de las cantidades de Fertilizantes aplicado.

T_2 120 - 200 - 120

Urea (N)

100 kg ——— 46 N

X ——— 120 N

X = 261 kg.

Peso de 1 ha = 2000 Toneladas = 2'000 000 kg

261 kg _____ 2'000 000 kg

X _____ 1 kg

X = 0.13 g / planta

0.13 g Urea / planta * 50 = 6.5 g Urea / tratamiento

Primera aplicación de 3.25 g urea / tratamiento, disueltos en 500 ml de agua correspondiendo a cada planta 10 ml de agua.

Segunda aplicación de 3.25 g urea / tratamiento, disueltos en 500 ml de agua correspondiendo a cada planta 10 ml de agua.

Super fosfato triple (P_2O_5)

100 kg. ——— 46 P_2O_5

X ——— 200 P_2O_5

X = 434.8 kg.

Peso de 1 ha = 2000 Toneladas = 2'000 000 kg.

434.8 kg. _____ 2'000 000 kg.

X _____ 1 kg.

X = 0.21 g / planta * 40 = 8.68 g / tratamiento

La aplicación del super fosfato triple se aplicó con el sustrato.

Cloruro de potasio (K_2O)

100 kg. ——— 60 K_2O

X ——— 120 K_2O

X = 200 kg.

Peso de 1 ha = 2000 Toneladas = 2'000 000 kg.

200 kg _____ 2'000 000 kg.

X _____ 1 Kg.

X = 0.10 g / planta * 50 = 5 g K_2O / tratamiento

Primera aplicación de 2.5 g cloruro de potasio / tratamiento, disueltos en 500 ml de agua correspondiendo a cada planta 10 ml de agua.

Segunda aplicación de 2.5 g cloruro de potasio / tratamiento, disueltos en 500 ml de agua correspondiendo a cada planta 10 ml de agua.

Clave	Tratamientos	Cantidades de fertilizante G/ bolsa
T1	Testigo	Testigo
T2	120 - 200 - 120	0.13 - 0.21 - 0.10
T3	100 - 180 - 100	0.10 - 0.19 - 0.08
T4	80 - 160 - 80	0.08 - 0.17 - 0.06
T5	60 - 140 - 60	0.06 - 0.15 - 0.05

Anexo 18. Cálculos del coeficiente aparente de uso.

NITROGENO												
	HOJAS			TALLO			RAIZ					
Tratamientos	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Absorción total (mg/pta)	Cantidad de nutriente (mg/bolsa)	CAU por planta (%)
T1	1.0	3420	34.20	0.5	2293	11.47	0.5	1770	8.85	54.52	Testigo	Testigo
T2	1.4	3516	49.22	0.7	1963	13.74	0.8	1440	11.52	74.49	60	33.28
T3	1.6	3579	57.26	0.8	2269	18.15	0.7	1500	10.50	85.92	50	62.80
T4	1.5	2759	41.39	0.8	2119	16.95	0.8	1560	12.48	70.82	40	40.75
T5	1.6	3890	62.24	0.7	2411	16.88	0.7	1690	11.83	90.95	30	121.44

FOSFORO												
	HOJAS			TALLO			RAIZ					
Tratamientos	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Absorción total (mg/pta)	Cantidad de nutriente (mg/bolsa)	CAU por planta (%)
T1	0.18	3420	6.16	0.23	2293	5.27	0.23	1770	4.07	15.50	Testigo	Testigo
T2	0.41	3516	14.42	0.37	1963	7.26	0.30	1440	4.32	26.00	100	10.50
T3	0.46	3579	16.46	0.46	2269	10.44	0.32	1500	4.80	31.70	90	18.00
T4	0.41	2759	11.31	0.32	2119	6.78	0.27	1560	4.21	22.30	80	8.50
T5	0.50	3890	19.45	0.46	2411	11.09	0.37	1690	6.25	36.79	70	30.42

POTASIO												
	HOJAS			TALLO			RAIZ					
Tratamientos	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Concentración (%)	Peso Seco (mg)	Absorción (mg/pta)	Absorción total (mg/pta)	Cantidad de nutriente (mg/bolsa)	CAU por planta (%)
T1	0.12	3420	4.10	0.14	2293	3.21	0.12	1770	2.12	9.44	Testigo	Testigo
T2	0.28	3516	9.84	0.23	1963	4.52	0.17	1440	2.45	16.81	60	12.28
T3	0.23	3579	8.23	0.18	2269	4.08	0.48	1500	7.20	19.52	50	20.16
T4	0.18	2759	4.97	0.17	2119	3.60	0.16	1560	2.50	11.06	40	4.06
T5	0.20	3890	7.78	0.18	2411	4.34	0.17	1690	2.87	14.99	30	18.51

Anexo 19. Cálculos de N, P_2O_5 y K_2O.

T_2 120 - 200 - 120

Nitrógeno (N)

120 kg (N). ——— 2 000 000 kg (suelo)

X ——— 1 Kg

X = 60 mg N / bolsa.

Fósforo (P_2O_5)

200 kg (P_2O_5). ——— 2 000 000 Kg (suelo)

X ——— 1 kg

X = 100 mg N / bolsa.

Potasio (K_2O)

120 kg (K_2O). ——— 2 000 000 kg (suelo)

X ——— 1 kg

X = 60 mg K_2O / bolsa.