

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS**  
**NATURALES RENOVABLES**



**COMPORTAMIENTO DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) BAJO EFECTO DEL**  
**GUANO DE LAS ISLAS Y ROCA FOSFÓRICA EN EL CENTRO DE**  
**INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO, HUÁNUCO**

**Tesis**

**Para optar al título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**MENCIÓN FORESTALES**

**FRITS PALOMINO VERA**

**PROMOCIÓN 2007 – II**

**Tingo María - Perú**

**2011**



**K10**

**P19**

**Palomino Vera, Frits**

Comportamiento de Teca (*Tectona grandis* L. f) bajo el efecto del guano de las islas y rocas fosfórica en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo – Huánuco - Tingo María - 2011

83 páginas; 6 cuadros; 7 fgrs.; 40 ref.; 30 cm.

Tesis ( Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

**1. TECTONA GRANDIS      2. FERTILIZACIÓN      3. CRECIMIENTO**  
**4. PLANTACIONES    5. ROCA FOSFÓRICA    6. GUANO DE LAS ISLAS**



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 16 de noviembre del 2011, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

## “COMPORTAMIENTO DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) BAJO EFECTO DEL GUANO DE LAS ISLAS Y ROCA FOSFÓRICA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO, HUÁNUCO”

Presentado por el Bachiller: **FRITS, PALOMINO VERA**, 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 el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 01 de agosto del 2012.

Ing. M.Sc. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE  
Presidente

Ing. RAUL ARAUJO TORRES  
Vocal

Ing. JAIME TORRES GARCÍA  
Vocal



Ing. M.Sc. YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE  
Asesor

## DEDICATORIA

A Dios por ser la fuente de sabiduría y  
bondad infinita.

A mis padres Augusto PALOMINO y  
María A. VERA por su inmenso amor,  
dedicación y entrega brindado durante  
todo este tiempo para ser cada día mejor.

A mis hermanos Roxana, César A.  
Wilver, Carla, Keylli y Katherin, por su  
confianza y el gran afecto que nos une  
siendo la fuerza de mi vida.

A mis tíos, primos y demás familiares,  
porque sin ellos no podría haber cumplido  
este logro y sueño.

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, varias personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Ytavclerh VARGAS, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

Al Ing. Jorge L. CALDAS, Administrador del Centro de Investigación y producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), por su colaboración durante la investigación.

A los señores Edis GONZALES, Daniel GONZALES y todas las personas que laboran en el CIPTALD, por sus contribuciones durante la realización de la investigación.

A mis amigos y colegas de la promoción del Colegio N° 34232 "Pedro Ruiz Gallo"; promoción de ingresantes del año 2003 a la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a la promoción de ingresantes del año 2009 a la Escuela de Posgrado de la UNAS, por ser parte de mi formación como profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Plantación forestal.....	4
2.1.1. Ventajas .....	4
2.1.2. Desventajas.....	5
2.2. Actividades en las plantaciones forestales.....	6
2.2.1. Abonamiento de plantas.....	6
2.2.2. Apertura de hoyos .....	17
2.2.3. Siega .....	18
2.2.4. Desbroce .....	18
2.3. Aspectos generales de teca ( <i>Tectona grandis</i> L.f.).....	19
2.3.1. Botánica y ecología .....	19
2.3.2. Establecimiento .....	23
2.3.3. Manejo.....	28

2.3.4.	Antecedentes sobre plantaciones de teca .....	33
2.4.	El guano de islas .....	38
2.4.1.	Propiedades del guano de islas .....	41
2.5.	La roca fosfórica .....	42
2.5.1.	Características generales de la roca fosfatada bayovar .....	43
2.5.2.	Efectos directos e indirectos de la roca fosfórica .....	43
2.5.3.	Efectos biológicos .....	44
2.5.4.	Exceso de la roca fosfórica .....	45
2.6.	Factores de evaluación en una plantación .....	46
2.6.1.	Crecimiento de la planta .....	46
2.6.2.	Estado fitosanitario .....	47
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	48
3.1.	Lugar de ejecución .....	48
3.2.	Materiales y equipos .....	49
3.2.1.	Insumos .....	49
3.2.2.	Herramientas .....	49
3.2.3.	Equipos .....	50

3.2.4. Material biológico.....	50
3.3. Metodología .....	50
3.3.1. Ubicación de la parcela .....	50
3.3.2. Establecimiento de la plantación .....	51
3.3.3. Aplicación de los fertilizantes .....	52
3.3.4. Mantenimiento.....	53
3.4. Tratamientos del estudio.....	54
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	54
3.6. Modelo aditivo lineal.....	55
3.6.1. Variables evaluados .....	55
3.7. Fase de gabinete .....	57
IV. RESULTADOS .....	58
4.1. Altura total.....	58
4.2. Diámetro del fuste.....	60
4.3. Diámetro de copa.....	62
4.4. Número de hojas.....	64
V. DISCUSIÓN.....	66



5.1. Altura total .....	66
5.2. Diámetro.....	69
5.3. Diámetro de copa .....	71
5.4. Número de hojas.....	72
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES.....	74
VIII. ABSTRACT .....	75
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
X. ANEXOS.....	83

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Composición química del guano de isla.....	41
2. Análisis de la roca concentrada de Bayovar. ....	45
3. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable altura total en teca (cm).....	59
4. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable al diámetro del fuste en teca (cm). ....	61
5. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable diámetro de copa en teca (cm). ....	63
6. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable número de hojas en teca. ....	65
7. MANOVA de la variable altura total en teca ( $\alpha=0.05$ ).....	84
8. MANOVA de la variable diámetro del fuste en teca ( $\alpha=0.05$ ). ....	86
9. MANOVA de la variable diámetro de copa en teca ( $\alpha=0.05$ ).....	89
10. MANOVA de la variable número de hojas en teca ( $\alpha=0.05$ ).....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Incremento medio anual en altura y diámetro de teca con 10 y 20 años de edad como respuesta a la aplicación anual de N (0, 150 y 300 kg/ha), durante 5 años en la India (adaptado de Prasad, Sali y Bhandari, 1986). .....	36
2. Comportamiento de la precipitación en el periodo que se realizó la investigación.....	49
3. Distribución de los tratamientos en campo definitivo.....	55
4. Comportamiento de la altura total de teca.....	58
5. Comportamiento del diámetro del fuste de teca.....	60
6. Comportamiento del diámetro de copa de teca.....	62
7. Comportamiento del número de hojas de teca.....	64
8. Profundidad del hoyo.....	94
9. Corte en la base de la bolsa.....	94
10. Colocación de la planta en el hoyo.....	95
11. Planta establecida en campo definitivo.....	95

12. Planta de teca a tres (03) meses de establecido.....	96
13. Planta de teca a los cinco (05) meses de establecido.....	96
14. Planta de teca a los cinco (05) meses de establecido.....	97
15. Rebrote de teca a cinco (05) meses de establecido.....	97
16. Teca a los siete (07) meses posteriores al establecimiento. ....	98
17. Parcela de teca a siete (07) meses de establecido. ....	98
18. Parcela de teca a 12 meses de edad. ....	99
19. Deformación de hoja y entrenudo por falta de nutrientes. ....	99
20. Ubicación del lugar donde se realizó el experimento. ....	100

## RESUMEN

Buscando determinar el comportamiento silvicultural de la especie forestal teca (*Tectona grandis* L.f.) bajo efectos de fertilización en campo definitivo, se estableció y evaluó una parcela entre mayo del 2010 hasta mayo del 2011, ubicadas en un área del CIPTALD de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), región Huánuco. El diseño empleado fue en bloque completo al azar (DBCA) con tratamientos de: T<sub>0</sub> (sin fertilización), T<sub>1</sub> (150 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica), T<sub>2</sub> (300 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica), T<sub>3</sub> (450 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica) y T<sub>4</sub> (600 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica). La aplicación de la primera dosis de fertilización orgánica se realizó a un mes de establecido la plantación, y la segunda aplicación fue a los seis meses del establecimiento. El diámetro del fuste a 10 cm sobre el suelo (T<sub>2</sub> = 5.4 cm) y el número de hojas (T<sub>2</sub> = 4.7) presentes en las plantas fue estadísticamente significativo, mientras que la altura total (T<sub>2</sub> = 2.24 m) y el diámetro de copa (T<sub>4</sub> = 116.3 cm) no presentó diferencia estadística significativa. El tratamiento óptimo fue el T<sub>2</sub> (300 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica).

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes en plantaciones forestales ha sido menos generalizado en América que en cualquier otro sitio de los trópicos, aunque los beneficios han sido impresionantes en algunas instancias. Se ha comprobado que los fertilizantes son capaces de aumentar la adaptación de distintas especies, además de mejorar su resistencia contra plagas y enfermedades (Baule, 1979; citado por WADSWORTH, 2000).

La falta de nutrientes o el desequilibrio nutricional del suelo suele predisponer a la plantación al ataque de hongos e insectos, debido al desequilibrio fisiológico que se crea por la deficiente nutrición del árbol y que hace que la plantación sea más susceptible al ataque de enfermedades y plagas. Antes de hacer la plantación es muy aconsejable realizar un análisis de suelo, y comparar los niveles de fertilidad obtenidos en el análisis con las exigencias de la especie que se va implantar en el terreno (WADSWORTH, 2000).

Cuando el suelo tiene una fertilidad media, suficiente para el normal crecimiento de las plantas, pero por algún motivo se desea acelerar más este crecimiento, objetivo habitual en especies de madera muy valiosa y turno

relativamente corto, puede ser interesante que se realicen fertilizaciones en la plantación (MONTERO *et al.*, 2003).

FALLAS (2004) ha realizado plantaciones de *Tectona grandis* L.f. en suelos ácidos de Costa Rica, en las zonas sur y norte del país, en suelos rojos y arcillosos (Inceptisoles y Ultisoles) con diferentes grados de acidez. Encontrando la sensibilidad de la teca a la saturación de acidez del suelo, con valores del 3%, lo que reduce significativamente el incremento medio anual en altura; por otro lado, valores de saturación con calcio en el suelo superior al 68%, favorece para su crecimiento significativamente. Bajo estas condiciones, la adición de 1 kg  $\text{CaCO}_3$  por árbol incrementó en la altura de los árboles en 59% y cuando se acompañó la enmienda con 150 g de 14-22-15-4-5 (N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ -MgO-S) por árbol, el incremento en altura de los árboles de un año de edad fue del 216%.

Los suelos del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria (CIPTALD) son muy deficientes en nutrientes ya que anteriormente se contaban principalmente con plantaciones de arroz y áreas de pastizales. Para repoblar estos suelos con especies forestales, es necesario realizar diferentes labores de manejo entre uno de estas actividades es la fertilización, el mismo que debe ser de lenta solubilidad y estar disponible varios años en el suelo y proveer el mayor número de nutrimentos (FONSECA, 2004), características particulares de la roca fosfórica y el guano de las islas por ser fertilizantes orgánicos de lenta solubilidad.

Hacer plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) con guano de las islas y roca fosfórica ayuda a mejorar el rendimiento de crecimiento. PROABONOS (2008) al respecto indica que el abonamiento con guano de las Islas es la mejor opción para recuperar el nivel de fertilidad de los suelos; y GUERRERO (2000) refiere que la aplicación de rocas fosfatadas disminuye los principales problemas que presenta la gran mayoría de los suelos del trópico, entre ellos los altos contenidos de aluminio, que llegan a niveles tóxicos por un lado y la pobreza declarada en fósforo que presentan estos suelos. Bajo este contexto se ha planteado los siguientes objetivos:

- Evaluar el comportamiento silvicultural (diámetro del fuste, altura total, número de hojas y diámetro de copa) de la especie *Tectona grandis* L. f. bajo efectos de fertilización orgánica.
- Determinar la dosis adecuada del fertilizante sobre el comportamiento silvicultural de la especie en estudio.



## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Plantación forestal**

Una plantación forestal consiste en el establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras. Precisamente, ese objetivo es el que también permite determinar la densidad de siembra, los rendimientos y los costos que implicará la plantación, junto con la selección de las especies más adecuadas y su programación para la producción. Pero, para que todo esto sea posible, es indispensable realizar un estudio previo y cuidadoso de las condiciones naturales en las que se desarrollará la plantación, además de la planeación y distribución del área, a fin de asegurar su éxito (TRUJILLO, 2011).

#### **2.1.1. Ventajas**

Las ventajas de las plantaciones son más evidentes donde la regeneración natural es pobre, donde los árboles nativos son de utilidad limitada y donde las diferencias en las tasas del crecimiento arbóreo son pronunciadas.

Otra ventaja es la necesidad de rehabilitar terrenos deforestados (WADSWORTH, 2000).

### **2.1.2. Desventajas**

Las plantaciones forestales pueden causar los siguientes impactos negativos (FLORES, 1998):

- Las plantaciones agotan los abastecimientos de agua, no regulan el flujo de agua tan bien como lo hace la vegetación natural y aumentan la propensión del suelo a la erosión.
- La uniformidad y la extensión de las plantaciones forestales especialmente si consisten de una sola especie, proveen de una enorme fuente de alimento y un hábitat ideal para las plagas o patógenos adaptadas a esta especie, favoreciendo una rápida infección de las poblaciones establecidas.
- Las grandes zonas de plantaciones de una única especie incluyen la posibilidad de introducir bajos niveles de variabilidad genética. La diversidad natural se ve reducida y los procesos de selección natural son interrumpidos en todos los estratos vegetales.
- Con respecto a la fauna, las plantaciones forestales introducen cambios de especies vegetales y su estructura, lo cual va afectar la cadena

alimenticia, la disponibilidad de refugios, sitios de anidamiento y efectos afines.

- Las especies exóticas generalmente introducidas por su alto rendimiento pueden llegar a convertirse en plaga, desplazando a las especies nativas.
- Las operaciones forestales pueden causar drásticos efectos sobre el suelo y sus distintos horizontes: compactación del suelo, reducción de la capacidad de infiltración, pérdida de estabilidad de las pendientes y principalmente gran extracción de nutrientes del suelo, que se van junto con la biomasa extraída.

## **2.2. Actividades en las plantaciones forestales**

### **2.2.1. Abonamiento de plantas**

Todas las plantas necesitan alimentarse para crecer y desarrollarse, las plantas no sólo se deben abonarse con estiércol, sino también con abonos químicos que no contengan antibióticos, estos resultan muy dañinos para la vida del suelo, puesto que los antibióticos matan gusanos que se encuentran en ella.

Los productos químicos mejoran la formación de la materia orgánica. Se recomienda abonar en la época de otoño, ligeramente enterrado. Para fertilizar árboles y arbustos hacer una zanjilla alrededor del fuste, a una distancia de 30 cm,

sea para abonos químicos u orgánicos, posteriormente depositado el abono, se debe llenar con agua para que se diluya, solamente cuando se trata de abonos químicos, evitando así quemar raíces y provocar la muerte de las plantas (FLORES *et al.*, 1996).

Los árboles forestales son poco dependientes de la fertilización, si bien esta puede ser muy útil durante los primeros años por cuanto ayuda a acelerar el crecimiento. Si el suelo tiene profundidad y humedad suficiente con arreglo a las exigencias de cada especie, el crecimiento suele ser satisfactorio sin fertilización, ya que los árboles están adaptados a vivir en suelos de baja fertilidad.

Los mayores problemas suelen presentarse cuando en el suelo de la plantación existen desequilibrios nutritivos debido a niveles muy bajos de macronutrientes como fósforo, potasio, magnesio, nitrógeno o calcio. Estos desequilibrios dan lugar a carencias nutritivas de las plantas que suelen manifestarse a través de diversas y características coloraciones de las hojas y que, en general, afectan a su crecimiento. Efectos parecidos puede producirse por exceso de un determinado nutriente como suele pasar, a veces, con el calcio. Los micronutrientes como el manganeso, boro, molibdeno, hierro, cobre, cinc entre otros pueden producir efectos similares a los comentados, pero suelen ser menos importantes y frecuentes.

La falta de nutrientes o el desequilibrio nutricional del suelo suele predisponer a la plantación a ataque de hongos e insectos, debido al desequilibrio

fisiológico que se crea por la deficiente nutrición del árbol y que hace que la plantación sea más susceptible a ataques de enfermedades y plagas.

De lo anterior se desprende que antes de hacer la plantación es muy aconsejable realizar un análisis de suelo, y comparar los niveles de fertilidad obtenidos en el análisis con las exigencias de la especie que se va implantar en el terreno. Si las deficiencias son muy graves habrá que someter al terreno a un programa de fertilización durante al menos 4 – 5 primeros años, o renunciar a la especie que se deseaba plantar, sustituyéndola por otras más compatibles con las características del suelo. Esto último suele ser lo más aconsejable.

Cuando el suelo tiene una fertilidad media, suficiente para el normal crecimiento de las plantas, pero por algún motivo se desea acelerar más este crecimiento, objetivo habitual en especies de madera muy valiosa y turno relativamente corto, puede ser interesante que se realicen fertilizaciones en la plantación. El tipo de fertilizante empleado dependerá de los efectos que se quiera conseguir, de las exigencias de las especies y de las características del suelo. Del mismo modo el coste de la fertilización depende de las variables anteriores. Debe tenerse en cuenta el escaso margen económico que suele tener la empresa forestal y que el turno de los árboles, aún en los más cortos, suele ser muy superior al de las cosechas agrícolas, por lo cual la filosofía del programa de fertilización que deba aplicarse a lo largo de la vida de la plantación forestal debe ser muy diferente (MONTERO *et al.*, 2003).

Al momento de realizar la plantación, se recomienda aplicar en el hoyo de plantación dosis de fertilizantes ricas en NPK; las concentraciones deben ser definidas para cada sitio, posterior a un análisis de suelo (BENEDETTI y SAAVEDRA, 2005).

El uso de fertilizantes al establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente, dado un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento (RUBILAR *et al.*, 2008).

La aplicación de cualquier tipo de enmienda tiene por objeto la mejora de las condiciones del suelo. No obstante, hay que tener en cuenta que su efecto no es eterno, pero pueden mejorar esas condiciones en los primeros años de la plantación. Con independencia de la corrección de algún factor desfavorable del suelo, las enmiendas húmicas siempre son de interés antes de la plantación. Las enmiendas, de aplicarse, hay que incorporarlas al suelo mediante una labor de vertedera (FERNANDEZ, 1988).

En arboricultivos forestales a menudo se acostumbra aplicar una fertilización inicial, generalmente de 20 a 50 g de abono completo en cada hoyo. Al fertilizar toda la superficie, el requerimiento es del orden de los 400 a 550 kg/ha. Una fertilización adecuada y con perspectivas de éxito, sólo puede lograrse en caso de que se conozca el contenido de bioelementos edáficos y los requerimientos nutricionales de las especies arbóreas, presuponiendo que otros

factores, como la profundidad de los suelos o las condiciones climáticas no son limitantes. En general el suministro de fertilizantes apropiados para los suelos tropicales pobres en nitrógeno tiene efectos positivos (LAMPRECHT, 1990).

En tierras muy empobrecidas los abonados pueden dar menor resultado que en aquellas en que el complejo se encuentra con un número elevado de cationes fijados. De aquí que en estas tierras se aconseje dar, en principio, abonados más fuertes, para que, una vez alcanzado el nivel deseado, se puedan dar otros de mantenimiento menos cuantiosos.

Cuando en el complejo se alcanza un determinado nivel de adsorción de cationes, se establece ya entre él y la solución del suelo, una especie de equilibrio. Así, inmediatamente después de un abonado, el complejo se enriquece en cationes y, cuando la planta absorbe cationes de la solución del suelo, es el complejo el que los libera, manteniéndose así en la solución un número aproximadamente constante de dichos cationes.

A este mecanismo de cambio de cationes entre el complejo y la solución y el complejo es a lo que se denomina cambio de bases (GUERRERO, 2000).

El uso de fertilizantes en plantaciones forestales ha sido menos generalizado en América que en cualquier otro sitio de los trópicos, aunque los beneficios han sido impresionantes en algunas instancias. Se ha comprobado que

los fertilizantes son capaces de aumentar la adaptación de distintas especies, además de mejorar su resistencia contra plagas y enfermedades (Baule, 1979; citado por WADSWORTH, 2000). Un estudio efectuado por FAO examinó el uso de 13 000 fertilizantes y demostró un aumento en el promedio de crecimiento del 73% con la aplicación de fertilizantes, además de un aumento en la razón valor/costo (Phillips, 1972; citado por WADSWORTH, 2000). Para la mayoría de los usos finales, la madera de árboles que reciben nutrimentos complementarios es muy poco inferior en calidad en relación con la madera de árboles no fertilizados.

Los principales factores y consideraciones acerca de la fertilización forestal son (MAKI, 1966):

**Falta de permanencia en el aprovechamiento de las tierras.-** primeramente, se podría considerar la inestabilidad o falta de permanencia del aprovechamiento de las tierras en muchas partes del mundo, ya que se relaciona con el problema de la calidad de la tierra disponible para la producción forestal. La tierra de alta calidad para la producción maderera no es hoy abundante, y parece destinada a sufrir una continua contracción, especialmente en donde terrenos nuevos del monte se abren para cultivos, huertos, prados o pastizales. Con pocas excepciones, en los lugares en donde los hombres han vivido durante más tiempo, particularmente en las regiones templadas y subtropicales, las tierras se encuentran en las peores condiciones. El cambio de estructura en la explotación de tierras corresponde en todas partes más o menos al mismo molde. Los montes



se alejan de los centros habitados y de consumo de madera; el suelo se maltrata, perdiendo fertilidad o resultando desfavorable en cuanto a características físicas. Restablecer el crecimiento de especies forestales en tales lugares empobrecidos exigirá generalmente un intenso esfuerzo y medidas especiales. En la mayoría de los casos, cuando el macroclima favorece el crecimiento del monte, es posible establecer una producción maderera comercial en las zonas empobrecidas. Sin embargo, para alcanzar resultados satisfactorios en el menor tiempo posible se requiere casi con seguridad el uso de fertilizantes en el momento de la regeneración, en alguna etapa posterior, o en ambos casos.

**Genética forestal.-** una segunda e importante consideración se refiere a la notable atención y a los esfuerzos actualmente dirigidos y dedicados a la genética forestal. Entre otros mejoramientos, un resultado esperado de esta actividad es la obtención de estirpes de árboles madereros de crecimiento potencialmente más rápido mediante la selección y la genética. La abundante experiencia recogida con los cultivos agrícolas ha demostrado de forma convincente que las estirpes mejoradas proporcionarán mayores rendimientos en frutos o forrajes, granos, aceite o fibra, sólo cuando se cultiven en suelo suficientemente fértil para captar de forma más completa el potencial genético conseguido a través de la selección y mejoramiento. El resultado derivado de la genética forestal es seguro que sea el mismo. ¿Cómo podría ser de otra manera? Es ciertamente poco realista el suponer que las estirpes de árboles forestales de rápido crecimiento, con copas florecientes y gruesa corteza, puedan medrar en un

terreno escaso en minerales y nitrógeno, a pesar de cualquier beneficio que haya podido conseguirse también en eficiencia fotosintética. Así pues, cuando se ha incurrido en grandes gastos para conseguir estirpes mejoradas de árboles, será necesario con toda probabilidad cultivarlas solamente en lugares apropiados con el fin de recoger en modo más completo los beneficios de su demostrado potencial genético. Si los lugares de alta fertilidad nativa son escasos o faltan, será necesario crearlos a partir de los terrenos ordinarios, y esta labor, además de la subsiguiente manutención, es seguro que exigirá planes de fertilización bien trazados.

**Sustitución de recursos.-** existen, indudablemente, muchas situaciones en las que los fertilizantes podrían utilizarse para sustituir la tierra. En este tipo de situación o de sustitución, el empleo de fertilizantes podría, de un modo comprensible, ser añadido hasta el punto en que el costo de los ingredientes igualara las reducciones del costo que proceden del uso de menos tierras. Considerado por lo menos superficialmente, este trueque de recursos está empezando a resultar cada vez más atractivo debido a que el precio de la tierra está sufriendo inflación y a que los impuestos sólo tienden al alza, en tanto los materiales fertilizantes tienden a permanecer a niveles de precios relativamente estables. No debe restringirse la sustitución solamente a la tierra. Dentro del radio de abastecimiento de las fábricas basadas en la madera, existen indudablemente zonas forestales donde podrían aplicarse fertilizantes para estimular una mayor producción de madera. Los ahorros irían gradualmente en aumento debido al

arrastre a menores distancias, y estos ahorros podrían entonces revertir en el programa de fertilización para las zonas en cuestión. Evidentemente, toda prescripción tendiente a una efectiva sustitución de recursos exigirá un estudio crítico; en esta fase no es posible citar ejemplos concretos de la forma en que operaría en este contexto, pero la idea tiene valor y el principio es fundamentalmente correcto.

**Producción forestal en turberas.-** una cuarta consideración importante se refiere a la creciente aceptación de que extensos terrenos pantanosos turbosos representan un sector prácticamente olvidado. Muy a menudo las tierras turbosas tienen una carencia excesiva de uno o más elementos básicos para soportar masas aceptables de especies arbóreas comerciales. No obstante, se cree que están destinadas a tener un brillante futuro por su abundancia de humedad (usualmente excesiva) y sus grandes reservas de nitrógeno (principalmente en forma no móvil).

En muchos casos es posible manipular las provisiones hídricas para llevarlas hasta niveles más favorables o incluso óptimos y, junto con el concurrente mejoramiento de la temperatura y de la aireación, movilizar nitrógeno suficiente para satisfacer el desarrollo arbóreo. La ilimitada humedad permite añadir los elementos minerales necesarios, e incluso nitrógeno adicional, para activar la producción de especies adecuadas hasta alcanzar proporciones comerciales. Sobre la base del conocimiento actual, las tierras turbosas y

cenagosas parecen ofrecer sitios en donde el crecimiento arbóreo como respuesta a aplicaciones sencillas de fertilizantes puede sostenerse durante el período más largo, aumentando mucho en esta forma la probabilidad de que la fertilización, unida al control adecuado del agua, encuentre amplia aplicación en lugares turbosos.

**Infertilidad de los suelos forestales.-** la creciente evidencia de que la infertilidad de los suelos forestales está generalizada, aunque se carece, hasta ahora, de una idea clara de hasta qué punto puede limitar la producción de madera. Lo que sí se sabe es que en la mayor parte de las masas forestales en donde por caso o intencionadamente se han aplicado los elementos adecuados, la respuesta en crecimiento ha sido suficientemente grande para indicar con claridad que los nutrientes aprovechables no se encontraban en los niveles óptimos, o que existían graves carencias de uno o más elementos. De hecho, en muchos casos un simple elemento o un compuesto producen un mejoramiento sorprendente en el crecimiento.

Además, dosis bastante modestas a menudo satisfacen los requisitos de un estímulo adecuado del desarrollo arbóreo, lo que hace factible la aplicación aérea. Según esto, el descuido o la omisión de los fertilizantes para hacer aumentar la producción de madera empieza ya a resultar algo indefendible.

**Pérdida de nutrientes en los suelos forestales.-** finalmente, parece pertinente considerar el supuesto, aceptado desde largo tiempo entre los

forestales y otros especialistas, de que la ordenación de los suelos forestales consiste principalmente en llevar al máximo los efectos de los residuos forestales a través de la silvicultura. Se supone que la cubierta incierta de barrujo aportada cada año, la subsiguiente descomposición, la liberación de minerales y las transformaciones energéticas asociadas satisfacen adecuadamente las necesidades nutricionales de las masas arbóreas en forma perpetua. Este supuesto tiene evidentes componentes de lógica, y asimismo elementos de fantasía. Se puede recordar que hace un siglo aproximadamente se iniciaron estudios para determinar si los temores de empobrecimiento del suelo a través de una remoción repetida del barrujo tenían algún fundamento, y las conclusiones indicaron entonces que los temores estaban fundados y los peligros eran reales.

Las extensas investigaciones hechas en años recientes han confirmado generalmente los resultados del estudio anterior, indicando que la remoción repetida de árboles, aunque se refiere solamente a la porción utilizable del tronco y a la corteza que lo recubre, podría eventualmente reducir el suministro de nutrientes en el suelo en un grado significativo. El agotamiento podría alcanzar niveles críticamente bajos, en particular en suelos de fertilidad propia relativamente escasa; en éstos, los efectos debilitantes consiguientes a un menor vigor de la masa podrían ser evitados sin duda por un abonado apropiado. Si la intención y la necesidad fueran sostener un nivel razonable de producción maderera perpetuamente en dichos lugares, el abonado quedaría justificado.

ACP (2006) menciona que la fertilización en campo tiene el objetivo de promover el rápido crecimiento y aumentar la vigorosidad de las plantas para garantizar su establecimiento. Las fertilizaciones se recomiendan:

- Al momento de la siembra se debe realizar una fertilización con abono granular completo y superfosfato mezclado con materia orgánica (aproximadamente 2 onzas de cada uno).
- A los dos meses una fertilización selectiva, es decir, a las plantas con menor vigor y crecimiento. Se debe aplicar abono granular completo más sulfato de amonio (aproximadamente 2 onzas de cada uno).
- De ser necesario, en el segundo año, se realizará una tercera fertilización selectiva, similar a la segunda.

### **2.2.2. Apertura de hoyos**

Cuando se realizan hoyos superficiales y cónicos, la planta tiene mayores problemas para desarrollar sus raíces en corto tiempo y se convierte en una planta menos resistente para soportar el primer período de verano, el cual es un período crítico (ACP, 2006).

Alrededor del hoyo donde se plantará, se debe realizar una limpieza al ras del suelo de un diámetro mínimo de 1 metro. El objetivo es disminuir la

competencia de la maleza sobre las plántulas. Esta práctica es conocida como rodajea o rodaja (ACP, 2006).

### **2.2.3. Siega**

No es conveniente segar ya que genera un rejuvenecimiento del estrato herbáceo, nuevos brotes y, por lo tanto, mayor consumo hídrico durante el periodo vegetativo (Williamson, 1990; citado por MONTERO *et al.*, 2003). Si el problema son especies herbáceas anuales y gran desarrollo estacional, es eficaz si se realiza antes de que florezcan para así evitar o disminuir su reproducción en años futuros (Van Leberghe y Gallois, 1997; citados por MONTERO *et al.*, 2003).

### **2.2.4. Desbroce**

El desbroce se realiza para eliminar la vegetación arbustiva. En caso de precipitación abundante puede ser la única operación viable para despejar las entrelíneas y posteriormente actuar en las líneas (MONTERO *et al.*, 2003).

El recubrimiento del suelo impide físicamente el desarrollo de la vegetación herbácea y aumenta la humedad disponible para la planta ya que disminuye la evaporación del terreno alrededor de la misma (MONTERO *et al.*, 2003). Las malezas compiten fuertemente con la plantación por nutrientes y agua, por lo que es esencial, en los primeros años (4 a 5) realizar un control de estas, el cuál puede ser manual, mecánico o químico (BENEDETTI y SAAVEDRA, 2005).

### **2.3. Aspectos generales de teca (*Tectona grandis* L.f.)**

Es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural al Sudeste de Asia, en donde alcanza 45 m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez (WEAVER, 1993); posee un alto interés comercial y ecológico por el rápido crecimiento y la calidad de su madera (DAQUINTA *et al.*, 2000).

En Malasia se desarrolló un protocolo para la micropropagación de varios miles de plantas de teca (*T. grandis* L.f.) basado en la técnica de propagación por microestacas que permite la producción industrial de vitroplantas clonadas a partir de genotipo de corta edad (Monteuuis, 1994, Bon y Monteuuis 1996, Monteuuis *et al.*, 1998; citados por DAQUINTA *et al.*, 2000).

Teca tiene un crecimiento inicial bastante rápido, pero este baja después de 8 o 10 años. En Costa Rica las plantaciones de cinco años presentan un IMA en altura que varía desde 2.62 m a 3.06 m y, a los nueve años, un IMA entre 1.83 m a 2.24 m. Estas diferencias son marcadas entre sitios, debido principalmente a la cantidad de calcio, capacidad de intercambio catiónico, profundidad y textura del suelo (CHAVES y FONSECA, 1991).

#### **2.3.1. Botánica y ecología**

##### **2.3.1.1. Taxonomía de la especie**

FONSECA (2004) lo clasifica de la siguiente manera:



Reino	:	Plantas
Filum	:	Spermatophyta
Subphylum	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledonae
Orden	:	Lamiales
Familia	:	Lamiaceae (Verbenaceae)

### 2.3.1.2. Distribución natural

*Tectona* consta de 3 especies, con una distribución natural del género discontinua, muchos autores citan que la especie es originaria del sureste asiático (Burma = Birmania, ahora Myanmar, Tailandia y de la India, Malasia, Java, Indochina, La República Democrática Popular Laos), entre los 12 y 25° latitud Norte y de 73 a 104° longitud Este. También se ha encontrado al sur del Ecuador en Java y en algunas pequeñas islas del Archipiélago Indonesio. Se menciona que la especie fue introducida en Java hace 400 ó 600 años, donde se naturalizó (FONSECA, 2004).

En la zona de distribución natural, los bosques son de tipo monzónico, abarcando bosque seco tropical y bosque húmedo tropical. En la India se encuentra asociada con 76 especies, dentro de las que se citan: *Xylia dolabriformis*, *X. kerrii*, *Largeostremia caluculata*, *L. balasoe*, *Bombax insigne*, cinco especies de *Terminalia*, tres especies de *Stereospermum*, *Acacia*, *Cassia*,

*Dipterocarpus*, *Cedelia*, *Eugenia*, *Gmelina arborea*, *Vitex peduncularis*, *Dalbergia* sp, *Croton oblongifolius*, entre otras.

### 2.3.1.3. Distribución artificial

FONSECA (2004) menciona que por la calidad de la madera, *Tectona* ha sido introducida en una gran cantidad de lugares que tienen clima tropical, entre los 18 y 28° latitud Norte. En el sureste de Asia, en Indonesia, Sri Lanka Vietnam, Malasia, Islas Solomon, en algunos países africanos como Costa de Marfil, Nigeria y Togo, África y en muchos países de América Latina.

En América Tropical fue introducida primero en Trinidad en 1913 y en 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Myanmar. Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, Antigua, Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México.

La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América Central y el Caribe. Las primeras plantaciones se establecieron en Costa Rica, entre los años 1926 y 1929. Otros países en donde se han establecido plantaciones son Brasil, Perú, Salvador, Honduras, Bolivia, Ecuador y Jamaica.

#### **2.3.1.4. Descripción botánica**

Es un árbol grande, deciduo, que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen. En Costa Rica alcanza alturas superiores a los 35 m en los mejores sitios.

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1.2 mm de espesor, de color café claro que se defolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas. Las hojas son simples, opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos.

La inflorescencia en panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 ó 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. Estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bifido, ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas.

El fruto es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnosos cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 ó 2 semillas de 5 mm de largo.

La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años. La floración se da en los meses de junio a setiembre y la producción de frutos al inicio del verano, de febrero a abril.

Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosa y fuerte raíces laterales. Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se encuentran a poca profundidad creciendo en suelos bien drenados. En los primeros 30 cm de suelo se encuentra el 65 a 80% de la biomasa radical fina, mientras que la producción anual de biomasa radical fina es de 5420 kg/ha (FONSECA, 2004).

### **2.3.2. Establecimiento**

#### **2.3.2.1. Selección de sitio para plantación**

En el caso de la teca, debe tenerse presente los factores limitantes de la especie, para reducir costos y obtener buenos crecimientos, un estudio detallado de suelos es fundamental para evitar problemas a futuro, los sitios óptimos tienen las siguientes características para el caso de Costa Rica: Altitud menor a 500 msnm, estación seca de 4 a 6 meses, entre 23 y 27 °C, precipitación de 1300 a 2500 mm/año; pendiente menor al 25%, suelos de textura liviana, bien drenada, fértiles, neutros, con una profundidad efectiva mayor a 80 cm, con alto contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg).

### **2.3.2.2. Preparación del suelo**

La elección de la preparación del terreno depende de las condiciones del sitio y de los recursos disponibles para esta labor.

Normalmente se inicia con una limpia general, eliminando toda la vegetación arbustiva, residuos de árboles caídos, troncos y árboles sin valor comercial o para la fauna. Algunos terrenos con cultivos o pastos recién abandonados no requieren de esta labor. Dependiendo del tipo de vegetación y de la topografía del terreno, la limpia inicial puede hacerse manual, mecánica o combinada.

El uso del fuego, después de la limpia, es muy común porque resulta muy económico, sin embargo, no se considera como una buena práctica, aunque facilita las labores de plantación, controla la competencia y libera nutrientes.

Cuando las condiciones del sitio lo permitan y existan recursos suficientes, puede ararse el terreno. En suelos muy compactados es recomendable el subsoleo, labor que se realiza en la época seca. Los huecos profundos (45 cm) aumentan la sobrevivencia y el crecimiento de la planta.

### **2.3.2.3. Densidad de plantación**

El buen precio de la madera de teca en el mercado internacional ha promovido el establecimiento y manejo de plantaciones para producir madera para

aserrío, utilizándose espaciamientos de 3.0 x 3.0 m, esto favorece el establecimiento de un sotobosque que protege el suelo, evitando la realización de raleos muy tempranos, baja los costos de establecimiento y, además, mejora el crecimiento.

#### **2.3.2.4. Técnicas de plantación**

La plantación puede hacerse manual o utilizando cierto grado de mecanización.

La planta debe enterrarse derecha y hasta el cuello de la raíz y aprisionarse para que no queden espacios con aire en la zona de las raíces. La época recomendada para establecer la plantación es durante la época lluviosa.

No se recomienda establecer plantaciones densas en terrenos de alta pendiente debido a que la sombra y las hojas caídas eliminan la vegetación del sotobosque. También, las hojas jóvenes concentran mucha agua durante las lluvias. Estos tres factores favorecen la erosión por escorrentía superficial (FONSECA, 2004).

#### **2.3.2.5. Control de malezas**

*Tectona grandis* L. es exigente de luz vertical y es sensible a la humedad y a la competencia por malezas, por eso la preparación del terreno y el

control de malezas es vital si se desea obtener buen desarrollo inicial. Esta actividad puede hacerse manual, mecánica, química o mixta.

Se recomienda al menos tres limpiezas el primer año, dos el segundo, una el tercero. Una aplicación de N, P, K al establecimiento puede mejorar el crecimiento permitiéndole a las plantas mayor capacidad para competir con las hierbas no deseables. En todo caso, debe permitirse el establecimiento y crecimiento de una cobertura vegetal baja de especies nativas leñosas para proteger el suelo de la erosión.

Cuando los árboles de teca hayan alcanzado cierta altura y que las otras plantas no representen una amenaza por competencia, las limpiezas deben limitarse a la eliminación de lianas o bejucos. El control de malezas también ayuda a disminuir el riesgo de incendios forestales en aquellas zonas con climas estacionales muy marcados, y aunque la especie es resistente al fuego (especialmente los árboles jóvenes se recuperan con facilidad después de un incendio) se pueden producir retrasos en el crecimiento.

#### **2.3.2.6. Fertilización en plantación**

La fertilización es una práctica silvicultural que representa un costo significativo en el establecimiento de plantaciones, y como tal, la respuesta de los árboles debe ser muy buena para que la práctica resulte económica. En muchos estudios esta respuesta ha sido contradictoria, por lo cual no puede recomendarse

el uso de fertilizantes en forma rutinaria. El uso de los mismos dependerá en gran medida de la fertilidad del sitio, por eso, un buen estudio de suelos ayuda a tomar decisiones en este sentido.

Para que la fertilización sea viable, debe realizarse a bajo costo, el fertilizante debe ser de lenta solubilidad y estar disponible varios años en el suelo y proveer el mayor número de nutrimentos, como es la roca fosfórica.

El abonado puede incrementar el crecimiento, bajo ciertas condiciones, pero en general no vale la pena la inversión si el sitio es apropiado. Para establecer un programa de fertilización debe tenerse presente la devolución de nutrimentos que hacen los árboles al suelo a través de sus partes que han cumplido su ciclo de vida (hojas, semillas, partes florales, ramas). Estudios en Nigeria con teca de 10 años han determinado una devolución anual de 90.5 kg/ha de nitrógeno (N), 9.5 kg/ha de fósforo (P), 71.7 kg/ha de potasio (K), 186.3 kg/ha de calcio (Ca) y 21.5 kg/ha de magnesio (Mg).

El crecimiento de teca está influenciado por las tasas de nutrimentos, los sitios mejores presentan altas tasas de nutrimentos foliares de Ca, manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), K, azufre (S), zinc (Zn) y (N). Teca es exigente en bases intercambiables Ca, Mg, K y sodio (Na), especialmente Ca, mostrando mayor crecimiento en sitios donde las tasas de este elemento son altas. El 90% de los nutrientes vegetales (N, P, K, Ca, Mg y Ca) está en la hojarasca, con requisitos



mínimos anuales de nutrientes a los 15 años de edad en kg/ha de: 328 (N), 76 (P), 556 (K), 357 (Ca) y 62 (Mg).

Algunos investigadores han encontrado que el nitrógeno cuando se aplica acompañado de fósforo provoca, a menudo, un aumento en el crecimiento, pero en algunas ocasiones al aplicarlo solo, más bien parece reducirlo, considerándose estos dos elementos como los más importantes para el crecimiento de la especie.

La fertilización debe hacerse de 15 a 30 días después de la plantación, con aplicaciones de NPK en dosis de 100 a 250 g/árbol. También se sugiere dosis pequeñas al inicio (50 g/árbol el primer año) y luego dosis anuales de 100 a 150 g/planta. La combinación de ceniza (120 g/árbol) más 100 g de NPK (10- 30-10) o aplicaciones de 120 g/árbol de ceniza más 120 g/árbol de estiércol (gallinaza) aumentan significativamente el crecimiento.

El encalado ha demostrado gran eficiencia, mejorando el incremento en altura en un 59% y cuando se aplica también fertilizante el incremento ha superado el 216%.

### **2.3.3. Manejo**

En la actividad forestal, específicamente en el establecimiento y manejo de plantaciones para producción de madera para aserrío, la selección del

sitio, la especie, el material vegetativo y la intensidad de manejo aplicada, así como el momento que se realicen las labores silviculturales, determinan el éxito o el fracaso, y la cuantía de estos normalmente se mide con la cantidad de dinero obtenida a final del ciclo de corta.

#### **2.3.3.1. Deshijas**

Esta práctica silvicultural, cuando sea necesaria, consiste en la selección del eje principal y se realiza cuando los brotes alcancen 50 cm de altura. Es normal que los brotes en la base del árbol aparezcan varias veces durante los dos primeros años y se recomienda eliminarlos para disminuir la competencia.

#### **2.3.3.2. Raleos**

El manejo de la densidad en plantaciones forestales es una actividad que se planifica para controlar la estructura, la productividad, el tamaño de los árboles y el tiempo transcurrido hasta la cosecha final, todo esto en función de la especie, de los objetivos de producción y de la calidad del sitio

Existen cinco métodos clásicos de hacer un raleo: bajo, alto (copas), de selección, mecánico y libre. Este último es el método de mayor aplicación en nuestro medio y el que conlleva a mayor cuidado por parte de las personas encargadas de aplicarlo, ya que los árboles se cortan sin apearse a ningún esquema, considerando la opinión del técnico sobre cómo debe desarrollarse el

rodal, tomando en cuenta criterios como: clase de copa, vigor, espaciamiento, ramificación, forma, sanidad, entre otros. El espaciamiento entre los árboles, la época y la intensidad de los aclareos influyen mucho sobre el ritmo de crecimiento y el rendimiento de la plantación. Si el aclareo se demora, las tasas de crecimiento descienden o se paralizan, mientras que si el aclareo es prematuro o demasiado intenso, los árboles tienen mayor tendencia a producir ramas laterales y brotes superficiales; esto reduce el rendimiento potencial de la plantación, ya que el crecimiento se desvía del tronco principal, que debería estar libre de defectos como los causados por ramas laterales y brotes superficiales. Un raleo oportuno favorece más el crecimiento que la aplicación de fertilizantes.

*Tectona* responde bien a raleos fuertes sin que se afecte el crecimiento en altura y se favorece el incremento en diámetro. El programa de raleos depende de la densidad inicial, generalmente, el primero se debe realizar cuando las copas comienzan a entrar en contacto, aproximadamente a los 4 o 5 años de edad. En el caso de teca, no tolera la fricción de copas y es incapaz de mantener un dosel cerrado.

A nivel mundial se mencionan otras opciones de aclareos muy similares, tienen en común el primer raleo entre el tercer y quinto año, eliminando aproximadamente el 50% de los árboles. También se propone el primer raleo cuando los árboles alcancen 8 m de altura y el segundo cuando lleguen entre 16 y 18 m.

Los espaciamientos estrechos con aclareos frecuentes parecen ser más productivos en cuanto a rendimiento total que los espaciamientos más amplios con pocos aclareos, en cambio, estos últimos permiten alcanzar diámetros mayores en tiempos más cortos. Los espaciamientos reducidos y la falta de aplicación de aclareos no conducen a plantaciones rentables.

Espaciamientos relativamente reducidos (1110-1600 árboles /ha) con aclareos frecuentes a muy frecuentes (3 a 5) y con un primer aclareo temprano (5 a 6 años) son los de mayor rentabilidad.

Los raleos fuertes en teca favorecen la calidad de los árboles, el fuste es más cilíndrico, aumenta el volumen de duramen, mientras que la densidad de la madera disminuye.

Estudios recientes indican que independientemente de la densidad inicial empleada, entre el año 5 y 6 deben existir entre 500 y 600 árboles por hectárea y en el año 10 ó 12 debe estar definida la densidad final. Estas densidades permiten aprovechar al máximo el potencial de crecimiento de la especie y reducir los turnos de rotación.

#### **2.3.3.3. Podas**

Esta labor se realiza a edades tempranas, cuando las ramas aún son delgadas. El objetivo es minimizar en cierto grado el tamaño de las copas y de las

ramas laterales para mejorar la calidad y el aspecto de la madera y en consecuencia su valor, con madera libre de nudos para aserrío y chapa.

La poda debe realizarse a ras del tronco, sin causar heridas u otros daños. Generalmente se hace con herramientas convencionales como machete y sierras manuales, actualmente se están usando motosierras y podadoras con varas telescópicas, especialmente útiles para ramas gruesas y cuando la poda debe realizarse a mayor altura.

Se aplica a los mejores árboles después del raleo, podando hasta un tercio de su altura o máximo al 50% de su copa viva y se cortan solo las ramas que el árbol no puede eliminar por sí mismo; aunque la teca en densidades normales presenta buena poda natural.

#### **2.3.3.4. Manejo de rebrotes y de la regeneración natural**

La especie tiene buena capacidad de rebrote, por lo que después de una corta total se ahorran los costos de plantación. En plantaciones después de raleadas, el crecimiento acelerado que muestran los rebrotes producen competencia a los árboles que quedan en pie. Su eliminación ha sido objeto de estudio, llegando a obtener hasta un 83% de efectividad, independientemente de la época lunar (creciente y menguante), al utilizar una mezcla de herbicidas: Aminacoop 72% dosis de 2-4D + tordón 101 + piclorán, tres onzas por bomba de espalda de 16 litros.

La rotación oscila entre 30 y 60 años y muy raramente alcanza 80 años. La regeneración natural de *Tectona* se da en forma aceptable si los frutos caen en sitios libres de malezas y con buen sol. La especie brota vigorosamente de cepa y con frecuencia los incendios favorecen la regeneración natural de los árboles adultos.

#### **2.3.4. Antecedentes sobre plantaciones de teca**

##### **2.3.4.1. Aplicación de fertilizantes y enmiendas**

En un convenio de colaboración técnica entre la Estación Experimental Cultivos Tropicales Yuto de INTA (Jujuy) y Madera Nobles S. A. en Argentina (DEL CASTILLO, 2003). Utilizaron a la teca a un distanciamiento de 4 m x 4 m y 5 m x 4 m, área con precipitaciones entre 700 y 800 mm anuales. Las especies exóticas que más crecieron fueron el cedro australiano (*Toona ciliata* var *australis*) y *T. grandis* L.f. "teca" en segundo lugar. En la finca La Moraleja (Anta) la plantación con una edad de 12 meses alcanzó una altura total de 3.00 m y un Dap de 3.50 cm; mientras que en la finca INTA Yuto la plantación de 12 meses alcanzó una altura total de 2.45 m y un Dap de 3.00 m.

RODRIGUEZ y PANIAGUA (2001) aplicaron cal y se fertilizaron una plantación de Teca de 7 años de edad, en Santa Rosa de Pocosol, San Carlos, región Huetar Norte. Al año de aplicación de la enmienda se encontraron cambios en el suelo, como disminución en el contenido de acidez, aumento en calcio y

magnesio y un equilibrio con el potasio, lo que se traduce en una buena relación de cationes; la materia orgánica también se incrementó. Estos resultados son preliminares y estadísticamente aún no hay significancia entre los tratamientos. Las parcelas se ubicaron en dos sitios separados, llamados lote 1 y lote 2 y al primer año se observan diferencias estadísticas con el diámetro y la altura.

Las plantaciones *Tectona grandis* L.f. en suelos ácidos de Costa Rica, en las zonas sur y norte del país, se encuentran principalmente en suelos rojos y arcillosos (Inceptisoles y Ultisoles) con diferentes grados de acidez. El trabajo realizado demuestra la sensibilidad de la teca a la saturación de acidez del suelo, donde valores del 3% reducen significativamente el incremento medio anual en altura; por otro lado, valores de saturación con calcio en el suelo superiores al 68%, favorecen su crecimiento significativamente. Bajo estas condiciones, la adición de 1 kg CaCO<sub>3</sub> por árbol causó un incremento en la altura de los árboles del 59% y cuando se acompañó la enmienda con 150 g de 14-22-15-4-5 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-MgO-S) por árbol, el incremento en altura de los árboles de un año de edad fue del 216% (FALLAS, 2004).

Según ALVARADO (2006), en una investigación conducida en Nandayure y Hojanca, Costa Rica, comparó el efecto de adicionar al transplante de las plántulas de teca a sitio definitivo, dosis de 25, 50 y 100 kg/ha de nitrógeno usando urea o las fórmulas 15-15-15, 12-24-12, y 18-15-6-2. Se encontró que los tratamientos no afectaron la sobrevivencia de las plantas y que los tratamientos

con mayor contenido de N solo o en las combinaciones N-P-K produjeron el mayor incremento en altura y diámetro de los árboles. Este efecto tendió a desaparecer después de 54 meses de aplicado el fertilizante (Fonseca, 2000 citado por ALVARADO, 2006). Por esta razón, se recomienda aplicar fertilizante al menos una vez por año hasta el cierre del dosel. Cuando se presentan deficiencias de elementos menores en una región, la adición de pequeñas cantidades de fertilizante portadores de estos elementos puede solventar el problema.

Se ha demostrado que la fertilización aumenta el diámetro y la altura de los árboles de teca y la respuesta se atribuye al mejoramiento de las condiciones nutricionales de la planta que se refleja en incrementos en la concentración foliar de nutrientes y al rápido cierre de la copa de los árboles lo que suprime el crecimiento de malezas, en particular gramíneas, con lo que se reduce la competencia por nutrientes (Patel, 1991; citado por ALVARADO, 2006).

Investigación conducida en India (Prasad, Sah y Bhandari, 1986 citados por ALVARADO, 2006) demostró que la adición conjunta de N, P y K en plantaciones de 10 y 20 años de edad incrementó la altura, diámetro y volumen del árbol. Se probaron aplicaciones de dosis anuales de N (0, 150 y 300 kg/ha) y P (0, 75 y 150 kg/ha) con una base de 50 kg de K/ha, durante 5 años. Las dosis anuales de N se fraccionaron en dos aplicaciones por año, mientras que el P y K se adicionó en una sola aplicación. Las mejores respuestas se encontraron con los siguientes tratamientos: 150 – 75 – 50, 150 – 150 – 50 y 300 – 150 – 50 kg/ha de



N, P y K, respectivamente. El efecto de los diferentes tratamientos se presenta en la Figura 1 donde se observa que el incremento de las variables estudiadas fue mayor en el último año de estudio. Por esta razón, se recomienda realizar este tipo de trabajos por periodos prolongados de tiempo.

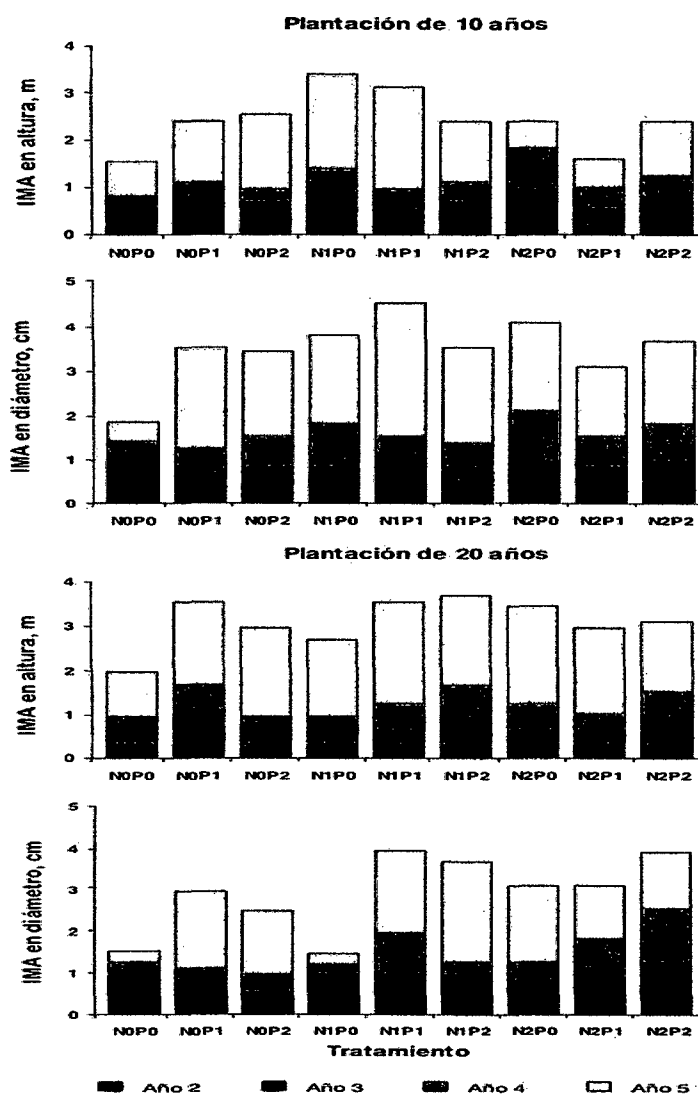


Figura 1. Incremento medio anual en altura y diámetro de teca con 10 y 20 años de edad como respuesta a la aplicación anual de N (0, 150 y 300 kg/ha), durante 5 años en la India (adaptado de Prasad, Sali y Bhandari, 1986).

#### 2.3.4.2. Uso en sistemas agroforestales

En casi todas las plantaciones en Java, las plántulas de la teca son plantadas como parte de un programa de agroforestería, se cultiva el arroz para que los agricultores locales puedan obtener un ingreso durante los años iniciales y a menudo también con *Leucaena leucocephala*.

En la India las plantaciones de teca resultaron muy remunerativas al establecerlas con cacahuate (*Arachis hypogaea*) y soya (*Glycine max*). La cúrcuma (*Curcuma longa*) una fuente de condimento y agente colorante fue cultivada con éxito en plantaciones de 2 años.

En Trinidad, antes de 1962, se utilizó el sistema Taungya con cosechas anuales de arroz y maíz. También teca se combina con palo rosa (*Dalbergia latifolia*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) y con especies hortícolas como mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*).

En Tailandia, el proyecto "Save the Children", fomentó la plantación de teca como parte de una estrategia de generación de ingresos a mediano y largo plazo y que no obligara a los agricultores a renunciar a las actividades inmediatas. Se combinaron así cultivos anuales, árboles frutales y especies arbóreas de uso múltiple y de crecimiento rápido, lográndose bajo este sistema hasta \$ 6480 más en un periodo de 10 años.

En Centro y Sur América, se ha cultivado con combinación con banano y con cultivos alimenticios tradicionales, durante 2 o más años.

Trabajos de modelación en fincas ganaderas degradadas en Costa Rica, demuestran que la teca plantada en los linderos genera un ingreso adicional y es la opción más viable para maximizar los ingresos, mientras que el establecimiento de plantaciones puras para luego usarlas en pastoreo parece ser una alternativa atractiva si el precio de la madera sube en un 10%. Los espaciamientos bajo este sistema han variado de los 2 m x 2 m hasta 5.33 m x 5.33 m.

#### **2.4. El guano de islas**

El guano de islas es una mezcla de excrementos de aves (guanay, piquero, alcatraz o pelicano que habitan en la costa en el Perú), plumas, restos de aves muertas y huevos de las especies que habitan el litoral y que pasa un proceso de fermentación lenta, lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales. Es uno de los abonos naturales de mejor calidad por su contenido de nutrientes, así como facilidad de asimilación (GUERRERO, 1993).

El guano de las islas es un recurso natural renovable, que se encuentra en las superficies de las islas y puntas del litoral peruano, lugares en donde se aposentan y se reproducen las aves guaneras. Es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde muchos años a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y

potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo. Estos yacimientos son tan antiguos ya que los Incas los conocían y los empleaban en sus cultivos que de generación en generación han pasado hasta nuestros días (PROABONOS, 2008).

El guano de las Islas es un abono orgánico natural completo, ideal para el buen crecimiento, desarrollo y producción de cosechas rentables. Viene siendo utilizado en la producción orgánica, con muy buenos resultados en plátano (banano), café, cacao, quinua, kiwicha, entre otros.

El contenido del guano de las islas es:

N	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Micronutrientes
%	%	%	%	%	%	%
10 - 14	10 - 12	2 - 3	8	0.5	1.5	20 – 300 g/t

El abonamiento con guano de las Islas es la mejor opción para recuperar el nivel de fertilidad de los suelos agrícolas en pendiente degradados por arrastre de la capa arable (PROABONOS, 2008).

Biológicamente el guano de islas juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, fustes y hojas contiene todos los elementos nutritivos que aseguran la nutrición de las plantas, además de tener una acción benéfica sobre la vida de los suelos. El guano de las islas como es de conocimiento general, no es otra cosa que las deyecciones de las aves marinas

como el guanay, piquero y el alcatraz. Las aves guaneras son prácticamente laboratorios vivientes donde se procesa el abono más completo que ha podido darse en la naturaleza. Este abono consiste en la carne y los esqueletos de los peces que han sido ingeridos por las aves, y que sufren todo un proceso digestivo que los convierte en materia de fácil asimilación por las plantas (RAMÍREZ, 1999).

El guano de islas se debe aplicar en proporciones adecuadas a las plantas o cultivos. Según BROWN *et al.* (1987), las plantas utilizan en su nutrición pequeñas cantidades de ciertos elementos, denominados microelementos, oligoelementos o elementos trazas. Los vegetales los requieren solamente en cantidades muy pequeñas que oscilan entre 0.01 a 0.5 ppm. Los micronutrientes tienen varias propiedades en común, entre las que están la de actuar como activadores de muchas enzimas esenciales para la vida vegetal, aunque cuando presentes en cantidades elevadas en las soluciones nutritivas o solución del suelo, producen toxicidad.

Debe aplicarse pulverizado a una profundidad aceptable, tapándolo inmediatamente para evitar pérdidas de amoníaco, tiene una gran adaptabilidad a la mezcla con otros abonos orgánicos que aumentan su mineralización y por ende una mayor eficiencia. En cuanto a las propiedades del guano, se indica que es: biodegradable, incrementa la actividad microbiana del suelo, soluble en agua, de fácil asimilación por las plantas (RAAA, 2005).

Cuadro 1. Composición química del guano de isla.

Fertilizante	Valores medios	Unidad
Nitrógeno orgánico	8.0 – 10.15	%
Nitrógeno amoniacal	4	%
Nitrógeno nítrico	0.03	%
Ácido fosfórico asimilable	7.93 – 9.84	%
Ácido fosfórico insoluble	0,16	%
Potasio insoluble en agua	1,91	%
Calcio	6,64	%
Azufre	1,55	%
Magnesio	0,41	%
Materia orgánica	44,64	%
Sodio	1,07	%
pH	6,50	%

Fuente: PROABONOS (2007).

#### 2.4.1. Propiedades del guano de islas

- Abono natural no contaminante
- Biodegradable
- Incrementa la actividad microbiana del suelo.
- Mejorador ideal de los suelos.
- Soluble en agua, de fácil asimilación por las plantas.

- No requiere agregados.
- No deteriora los suelos ni los convierte en tierras salitrosas (RAMÍREZ, 1999).

## 2.5. La roca fosfórica

La roca fosfórica es un fertilizante natural, que presenta una adecuada relación de precios por unidad de nutriente, pero de menor concentración y más lenta solubilidad que los fertilizantes industriales. En suelos ácidos, mantiene una progresiva solubilización a través del tiempo que posibilita un aporte de P similar al de las fuentes más solubles (Horowitz, 1998; citado por LEMOS *et al.*, 2004). Sin embargo, existen pocos estudios sobre suelos ligeramente ácidos.

BRENES y BORNEMISZA (1992), señalan a la roca fosfórica, como fuente más barata aunque menos efectivo a corto plazo es una alternativa de importancia que ha sido estudiado desde hace mucho tiempo. Sin embargo, resultados obtenidos hasta el momento son bajos y muy variables debido a muchos factores propios del suelo.

TAKASHI y NAGANO (1967), mencionan que la aplicación en mezcla de polvo de fosfato con estiércol de vacunos o gallinaza aumenta la solubilidad de ácido en el fosfato de roca aumentando su efecto fertilizante.

GUERRERO (2000) afirma que además, se ha demostrado que el empleo de roca fosfatada en condiciones de acidez del suelo libera formas asimilables de fósforo a la solución del suelo; demostrándose también que el comportamiento de la roca bayovar es similar a los superfosfatos en condiciones de acidez del suelo con una buena proporción de materia orgánica.

ZAPATA y VILLAGARCIA (1983) indican que los principales yacimientos de fosfatos naturales del Perú se localizan en la región de Piura, con una reserva de 10 millones de toneladas métricas, siendo uno de los más importantes de la cuenca del Pacífico. Es un abono simple fosfatado cuyo contenido varía de 28% a 36% de  $P_2O_5$ , con un 13% y 9% de fósforo.

#### **2.5.1. Características generales de la roca fosfatada bayovar**

Para la aplicación directa de los fosfatos naturales se debe tener en cuenta:

- La roca fosfórica debe concentrarse a no menos de 29% de  $P_2O_5$ .
- La finura de la roca fosfórica debe ser tal, que el producto pase por lo menos en un 60% la malla de 200 micrones (FASSBENDER, 1987).

#### **2.5.2. Efectos directos e indirectos de la roca fosfórica**

El empleo de rocas fosfatadas es para disminuir los principales problemas que presenta la gran mayoría de los suelos del trópico, los cuales son:



los altos contenidos de aluminio llegando a niveles tóxicos por un lado y la pobreza declarada en fósforo que presentan estos suelos (GUERRERO, 2000).

Sobre el efecto de la roca fosfórica, FASSBENDER (1987), señala que las propiedades físicas mejoran la agregación de partículas, la estructura del suelo, las condiciones de aireación y el movimiento de agua junto a las partículas de arena, limo y arcilla.

En cuanto a las propiedades químicas indica que la roca fosfórica al disolver aumenta los iones OH y disminuye los iones HO – HO<sub>3</sub>, en la solución suelo, influye en la disminución de la toxicidad del Al, Mn, Fe, regulación de la disponibilidad de HPO<sub>4</sub><sup>-</sup>, MO y aumenta la disponibilidad del Ca, Mg y aumenta el porcentaje de S. B.

### **2.5.3. Efectos biológicos**

FASSBENDER (1987), señala que mejora las condiciones de vida del desarrollo de los microorganismos, bacterias, hongos actinomicetos, algas que intervienen en la mineralización de la materia orgánica, nitrificación y fijación de nitrógeno.

Cuadro 2. Análisis de la roca concentrada de Bayovar.

Componente	Contenido (%)
* BpL ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )	66
$\text{P}_2\text{O}_5$	30
CaO	46.9
$\text{K}_2\text{O}$	0.17
$\text{Na}_2\text{O}$	2.17
$\text{CO}_2$	3.6
$\text{SiO}_2$	2.9
$\text{SO}_3$	4.38
Mg	0.6
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.92
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.65
F	3.05
Cr	0.06
Cl	0.04
$\text{TiO}_2$	0.06
M.O.	3.2

Fuente: TIS DALE y NELSON (1991). Laboratorio analítico Unidad Bayovar.

#### 2.5.4. Exceso de la roca fosfórica

El exceso de roca fosfórica puede ocasionar los siguientes efectos:

- La inmovilización o reducción de la disponibilidad de algunos elementos nutritivos como Fe, Mg, Zn, Bo, Cu y deficiencia de los mismos.
- Si se usa solo roca fosfórica se reprime la absorción en magnesio a causa del antagonismo Ca/Mg.
- Efecto adverso a la relación Ca/K y puede inducir deficiencias de K.
- A mayor calcio altera la nutrición de Fe, Mn, si la CIC es baja al aplicar roca fosfórica en exceso, el Ca satura el complejo y desplaza al K, Mg, Mn, induciendo deficiencia (BUITRON, 1976).

## **2.6. Factores de evaluación en una plantación**

Las variables evaluadas fueron las siguientes (MURILLO y CAMACHO, 1997):

### **2.6.1. Crecimiento de la planta**

La altura total es una variable cuya utilidad se orienta a evaluar dos aspectos primordiales. a) La calidad del crecimiento o incremento en altura a una edad determinada; b) La altura al momento de la plantación en proporción con el tamaño de las raíces.

El conocer la altura inicial al momento de la plantación sí podría tener importancia según sea el sistema de producción que se haya utilizado en el vivero.

Con el sistema de bolsa, por ejemplo, no se debería plantar plántones cuya sección aérea (tallo) supere los 30 cm (según sea el tamaño de bolsa), ya que sus raíces muy probablemente estén ya sufriendo enrollamiento dentro de la bolsa.

### **2.6.2. Estado fitosanitario**

Aquí se registra la presencia de cualquier problema fitosanitario, como exudados, perforaciones, marchitamientos severos, herrumbres o cualquier otra manifestación. Se registra la incidencia y severidad del problema fitosanitario, bajo tres categorías:

- 1 = Sano: planta sin evidencia de problemas, y con buena nutrición aparente.
  
- 2 = Aceptablemente sano: Planta con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de 50% del follaje, que no le haya provocado heridas severas o se encuentre bajo una alta probabilidad de muerte.
  
- 3 = Enfermo: son aquellas plantas con características de sanidad que afectan el desarrollo normal del mismo. Por ejemplo pérdida del eje dominante; pérdida del follaje u otros daños visibles en más de 50% del plánton; caída de ramas, chancros o pudriciones en el fuste, herrumbres, etc.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente estudio de investigación se realizó en terrenos del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), área que pertenece a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); ubicado políticamente en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco (Figura 19).

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de Leslie Ransselaer Holdridge, el distrito de José Crespo y Castillo se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre montano, Sub Tropical (bmh - PST) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, según Javier Pulgar Vidal, se encuentra en la selva alta o Rupa Rupa.

Las condiciones climáticas que presentan son: temperatura máxima 29.4 °C, mínima 19.2 °C, y media 24.3 °C; precipitación promedio anual de 3300 mm, humedad relativa 87% y altitud 610 m.s.n.m.

La precipitación en el periodo que se realizó la investigación fue fluctuante (Figura 2).

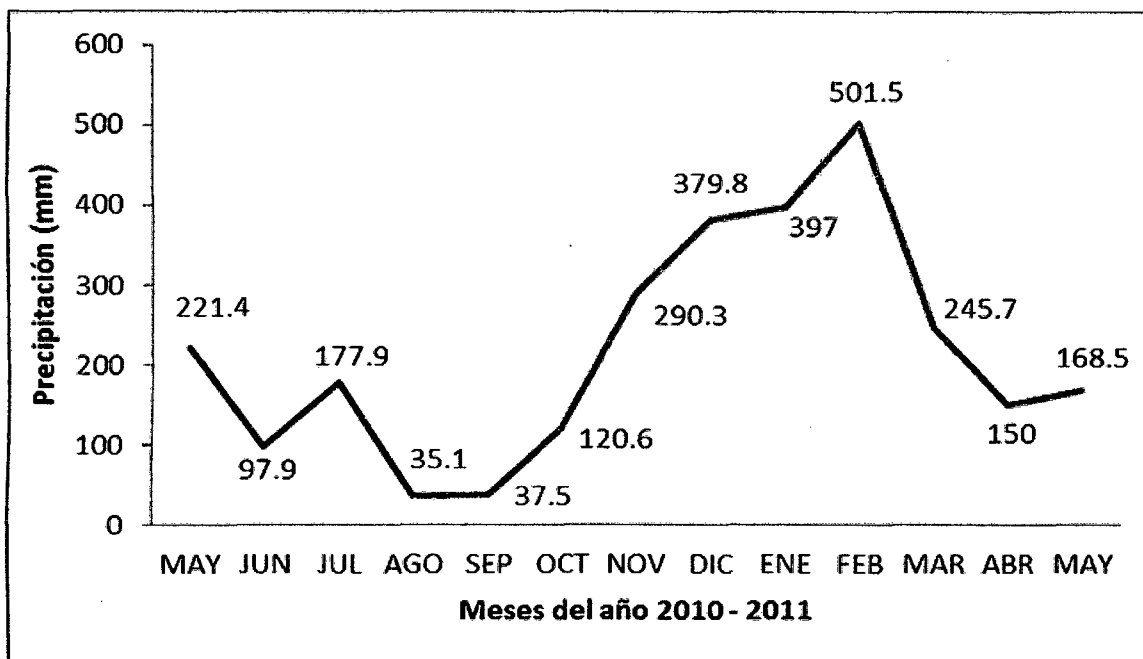


Figura 2. Comportamiento de la precipitación en el periodo que se realizó la investigación.

### 3.2. Materiales y equipos

#### 3.2.1. Insumos

Los fertilizantes orgánicos empleados fueron el guano de las islas y la roca fosfórica.

#### 3.2.2. Herramientas

Cavadora para apertura de hoyos, tijera de mano para podar los brotes presentes, wincha de 05 y wincha de 30 m para la demarcación del área.

### **3.2.3. Equipos**

Mochila para la fumigación preventiva, vernier o pie de rey para la evaluación del diámetro del fuste.

### **3.2.4. Material biológico**

Los plantones de *Tectona grandis* L.f. “teca” fueron de una edad de tres meses y con una altura total promedio de 18 cm, fueron adquiridos del vivero perteneciente a la empresa PRO AGROBOSQUES, ubicado en la carretera Marginal km 11 en la provincia de La Merced – Chanchamayo. Según la empresa, para la obtención de estos plantones, se emplearon semillas certificadas procedentes de Costa Rica.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Ubicación de la parcela**

Se realizó un recorrido en el área a establecer la parcela, se consideró la visibilidad de la plantación, distancia desde la carretera y la calidad del terreno, debido a que la plantación a establecer es con fines académicos dentro de la Universidad.

### 3.3.2. Establecimiento de la plantación

Para el establecimiento de la plantación (FLORES *et al.*, 1996 y LA TORRE, 2005), se prosiguió de la siguiente manera:

La preparación del terreno se realizó mediante acciones de limpieza del terreno, corte de arbustos y material vegetal que se encontraba en el área a reforestar.

El sistema de plantación que se eligió fue el hexagonal o a tresbolillo (FERNANDEZ, 1988), que es una disposición en triángulo equilátero que admite una mayor densidad de plantación sin provocar un sombreamiento excesivo.

Una vez determinado el sistema de plantación, se especificó la orientación de las filas ( $270^\circ$  Oeste), para lo cual se consideró el factor de la iluminación que llega cuando las plantas tengan mayor competencia.

Las labores de trazado y marcado se realizó ubicando puntos en un borde del terreno, luego se unió esos puntos formando la fila base, seguidamente se realizó un triángulo rectángulo con dimensiones de 3 m x 4 m (catetos) y 5 m (hipotenusa) para ubicar la orientación de las filas perpendiculares a la fila base; seguidamente se volvió a determinar las demás filas perpendiculares a la fila base, así culminando el alineado, en los puntos donde posteriormente fueron colocaron



los plántones; el sistema de plantación fue en tresbolillo y a un distanciamiento de 5 metros entre planta y planta.

Para la apertura de hoyos, se realizó un plateo previo al jalón ubicado en el punto a plantar, estos hoyos fueron elaborados empleando la cavadora, y las dimensiones fueron de 20 x 20 cm (diámetro y profundidad) aproximadamente.

Finalmente se realizó la distribución de los plántones, se quitó la bolsa rompiendo por la costura de la misma, dejando el plantón con pan de tierra, teniendo cuidado que no se desmorone el sustrato, luego se colocó el plantón en el hoyo verticalmente, rellenando con tierra a los costados, quedando el cuello del plantón al nivel del suelo, se presionó a los costados para quitar los espacios acumulados de aire, quedando así establecido el plantón en campo definitivo.

### **3.3.3. Aplicación de los fertilizantes**

Para la primera fertilización, se elaboró envases con capacidades similares a las dosis de aplicación (150 g para el guano de las islas y 50 g para la roca fosfórica). La aplicación del abono fue al mes de la plantación propiamente dicha, se elaboró una zanjilla a una distancia entre 10 a 15 cm del fuste de la planta, según los tratamientos preestablecidos. La segunda aplicación se realizó a los seis meses posteriores a la primera fertilización y la zanjilla realizada se encontraba a una distancia proyectada en relación a la copa de la planta (30 cm aproximadamente).

### 3.3.4. Mantenimiento

No se realizó la actividad de recalce debido a que la plantación no presentó individuos muertos posteriores al mes de establecido. Los deshierbes se realizaron periódicamente (cada 45 días) sin dejar que las plantas sean invadidas por malezas (*Pueraria phaseoloides*) y trepadoras, que malogran la consistencia y vigorosidad de la planta. Las malezas cortadas durante los primeros meses se colocaron debajo del futuro árbol a fin de cubrir el área de la insolación.

Se realizó la prevención fitosanitaria, con una inspección del ataque de agentes patógenos que pudieran causar enfermedades o el ataque de plagas en estadio larvario o adultos. Para la prevención se aplicó pesticidas (CIPERMEX súper 10 CE y Cupravit) en los primeros dos meses de establecido la plantación, el insecticida de contacto empleado fue el CIPERMEX super 10 CE y el fungicida denominado Cupravit, ambos se aplicaron en periodos de cada 15 días y de manera moderada (30 cc y 40 g respectivamente) por debajo de la dosis indicada.

Empleando la tijera de mano par poda, se realizó el corte de las ramas y brotes que presentaba la planta, los cortes que se realizó fue en forma de bisel y en periodos de cada cuatro (04) meses.

También se colocó placas metálicas donde se codificó a cada plantón: Número de bloque, número de tratamiento y número de planta o unidad experimental.

### 3.4. Tratamientos del estudio

Para el caso de las dosis se consideró la investigación de Prasad, Sah y Bhandari (1986), citados por ALVARADO (2006):

- T<sub>0</sub> : 0 g de guano de las islas + 0 g de roca fosfórica
- T<sub>1</sub> : 150 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica
- T<sub>2</sub> : 300 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica
- T<sub>3</sub> : 450 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica
- T<sub>4</sub> : 600 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica

### 3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente trabajo se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Las características evaluadas de cada uno de los componentes fueron sometidos a la prueba de Rangos Múltiples de Tukey o también llamado "Diferencia Significativa Honesta", utilizada para realizar comparaciones múltiples de medias con un nivel de confianza del 95 por ciento de probabilidad.

Cada tratamiento contó con 24 plantas, distribuido en tres bloques; el total de plantas en cada bloque fue de 40, haciendo un total general de 120 plantas en la parcela experimental (Figura 2).

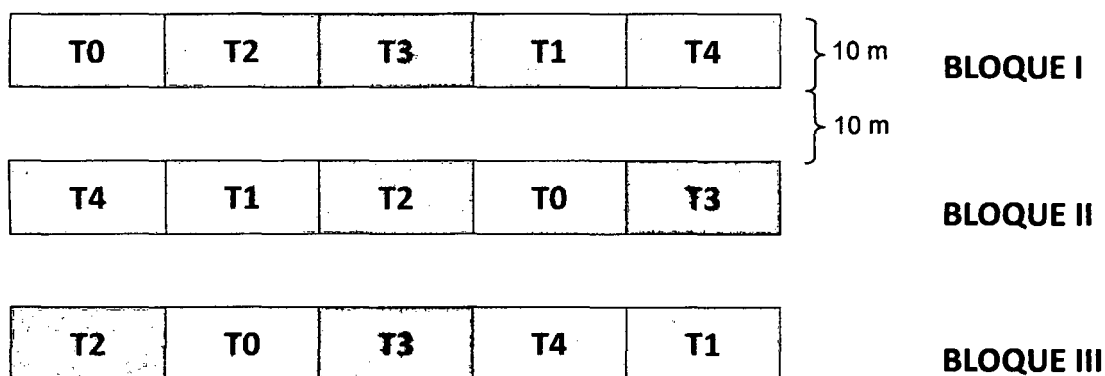


Figura 3. Distribución de los tratamientos en campo definitivo.

### 3.6. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = u + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Respuesta del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

$u$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$E_{ij}$  = Efecto aleatorio del error

#### 3.6.1. Variables evaluados

Las variables evaluadas fueron tomadas de la metodología que recomiendan MURILLO y CAMACHO (1997) cada 60 días:

### **3.6.1.1. Altura total**

Empleando una wincha de cinco (05) metros, se midió desde la base del árbol hasta el ápice superior de crecimiento, esta variable se evaluó cada 60 días durante un año. La unidad de medida utilizada fue en centímetros.

### **3.6.1.2. Diámetro basal del fuste**

El diámetro evaluado en la planta, fue a 10 cm sobre la base de la planta, para esta actividad se empleó el vernier orientado en cada evaluación en dirección de las filas (Norte a Sur), para no incurrir en diferencias diametrales con las medidas posteriores, similar a la altura se evaluó cada 60 días durante un año.

### **3.6.1.3. Diámetro de copa**

Esta evaluación se realizó en dos orientaciones, considerando una primera medida en la orientación Este – Oeste, y una segunda medida en la orientación Norte – Sur; finalmente se trabajó en función del diámetro de copa promedio.

### **3.6.1.4. Número de hojas**

Debido a que la planta de *Tectona grandis* L.f. “teca” presenta hojas simples de tamaño grande (0.5 m hasta 1 m), se ha contado el total de hojas que presenta cada planta y se registró cada 60 días durante un año.

### **3.7. Fase de gabinete**

De los datos colectados de las siete evaluaciones durante los 12 meses, se procedió ordenar y realizar el procesamiento para la obtención de la media y los gráficos mediante el programa Microsoft Excel 2010.

La variación total de los resultados experimentales del diseño en bloque completo al azar (DBCA) fueron analizados mediante el análisis múltiple de varianza (MANOVA) y a un nivel de significancia o riesgo de 0.05 en el programa el SPSS.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Altura total

El mayor incremento en altura total promedio a partir del sexto mes estuvo representado por el T2 (300 g de guano de las islas y 100 g de roca fosfórica), estadísticamente no hay diferencia significativa referente a los tratamientos tres, cuatro y el testigo, pero con el tratamiento uno si hay diferencia significativa (Figura 4).

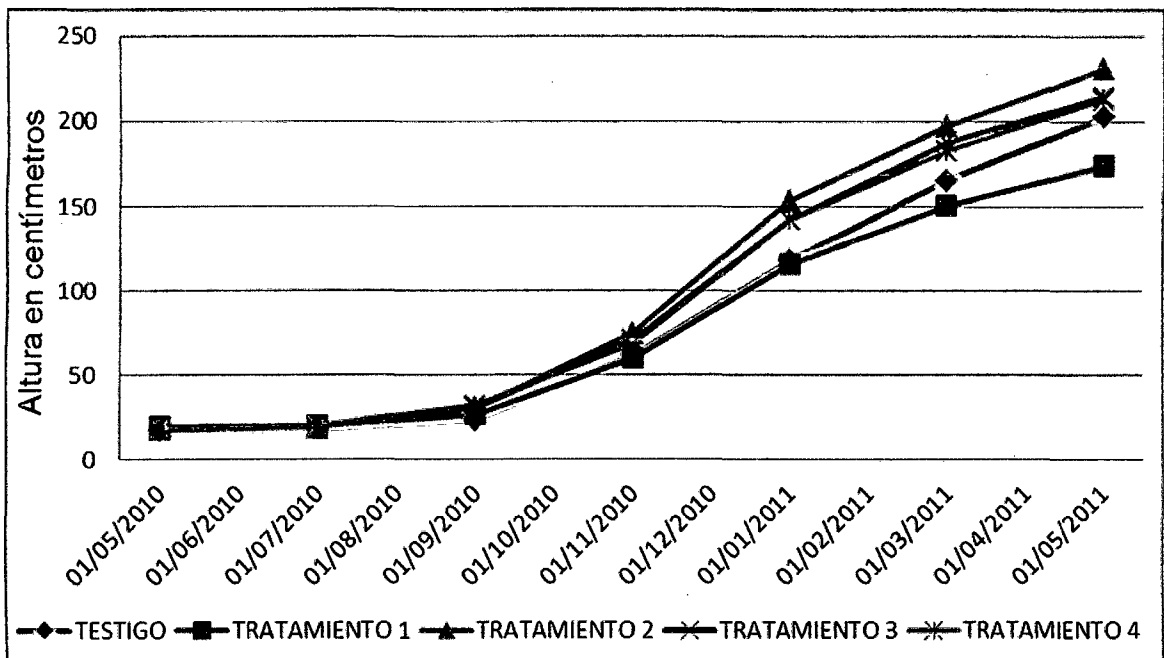


Figura 4. Comportamiento de la altura total de teca.

Al momento de establecimiento, a los dos y seis meses posteriores al establecimiento, las longitudes de la altura total presentaron promedios similares, mientras que al cuarto, octavo, décimo y décimo segundo mes los tratamientos presentaron diferencias en las alturas promedios (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable altura total en teca (cm).

TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO		TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO	
		2	1			2	1
<b>Primera evaluación</b>				<b>Segunda evaluación</b>			
T1	24		18.813	T3	24		19.658
T3	24		18.738	T1	24		19.627
T4	24		17.692	T4	24		19.401
T0	24		17.463	T2	24		18.638
T2	24		17.267	T0	24		18.400
Significación			0.163	Significación			0.405
<b>Tercera evaluación</b>				<b>Cuarta evaluación</b>			
T3	24		31.463	T2	24		73.792
T4	24		30.507	T4	24		70.746
T2	24	29.392	29.392	T3	24		68.675
T1	24	26.068	26.068	T0	24		61.217
T0	24	22.679		T1	24		59.341
Significación		0.089	0.252	Significación			0.153
<b>Quinta evaluación</b>				<b>Sexta evaluación</b>			
T2	24		150.014	T2	24		192.681
T4	24	142.358	142.358	T3	24	187.548	187.548
T3	24	142.274	142.274	T4	24	182.683	182.683
T0	24	118.131	118.131	T0	24	165.375	165.375
T1	24	114.028		T1	24	147.458	
Significación		0.112	0.054	Significación		0.053	0.338
<b>Séptima evaluación</b>							
T2	24		224.000				
T3	24	214.244	214.244				
T4	24	212.854	212.854				
T0	24	202.494	202.494				
T1	24	169.917					
Significación		0.106	0.753				



En la primera, segunda, cuarta evaluación no se encontró diferencia estadística significativa mientras que en las otras evaluaciones si se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro 7).

#### 4.2. Diámetro del fuste

El incremento del fuste, a 10 cm sobre el ras del suelo, fue diferente para los cinco tratamientos, el tratamiento dos fue el más sobresaliente a los 12 meses de evaluación y el T1 alcanzó el menor incremento en diámetro en este tiempo (Figura 5). La primera evaluación no presentó diferencia estadística significativa mientras que las demás presentaron diferencia (Cuadro 8).

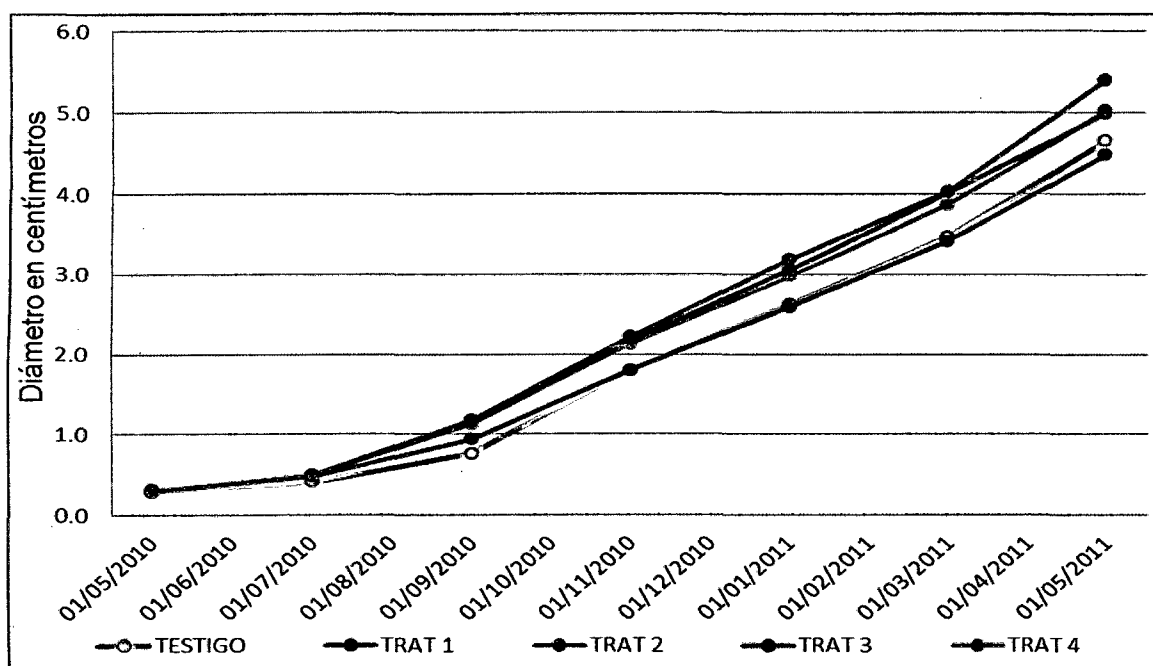


Figura 5. Comportamiento del diámetro del fuste de teca.

En la primera y sexta evaluación los diámetros de los fustes a 10 centímetros del suelo, alcanzaron promedios similares; la segunda, tercera, cuarta, quinta y séptima evaluación se agruparon en dos subconjuntos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable al diámetro del fuste en teca (cm).

TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO		TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO	
		2	1			2	1
<b>Primera evaluación</b>				<b>Segunda evaluación</b>			
T0	24		0.301	T4	24		0.487
T4	24		0.290	T2	24	0.481	0.481
T2	24		0.288	T3	24	0.478	0.478
T1	24		0.287	T1	24	0.465	0.465
T3	24		0.286	T0	24	0.408	
Significación			0.544	Significación		0.059	0.920
<b>Tercera evaluación</b>				<b>Cuarta evaluación</b>			
T2	24		1.174	T2	24		2.216
T4	24		1.133	T3	24	2.173	2.173
T3	24		1.130	T4	24	2.128	2.128
T1	24	0.935	0.935	T1	24	1.797	1.797
T0	24	0.743		T0	24	1.743	
Significación		0.194	0.060	Significación		0.087	0.100
<b>Quinta evaluación</b>				<b>Sexta evaluación</b>			
T2	24		3.192	T2	24		4.031
T3	24	3.061	3.061	T3	24		4.024
T4	24	2.981	2.981	T4	24		3.871
T1	24	2.594		T1	24		3.418
T0	24	2.544		T0	24		3.383
Significación		0.123	0.865	Significación			0.116
<b>Séptima evaluación</b>							
T2	24		5.397				
T4	24	5.026	5.026				
T3	24	4.990	4.990				
T0	24	4.560					
T1	24	4.481					
Significación		0.372	0.657				

### 4.3. Diámetro de copa

El incremento exponencial del diámetro de copa ocurrió a partir del cuarto mes posterior al establecimiento, alcanzando una estabilidad desde el octavo mes hasta el decimo segundo mes (Figura 6).

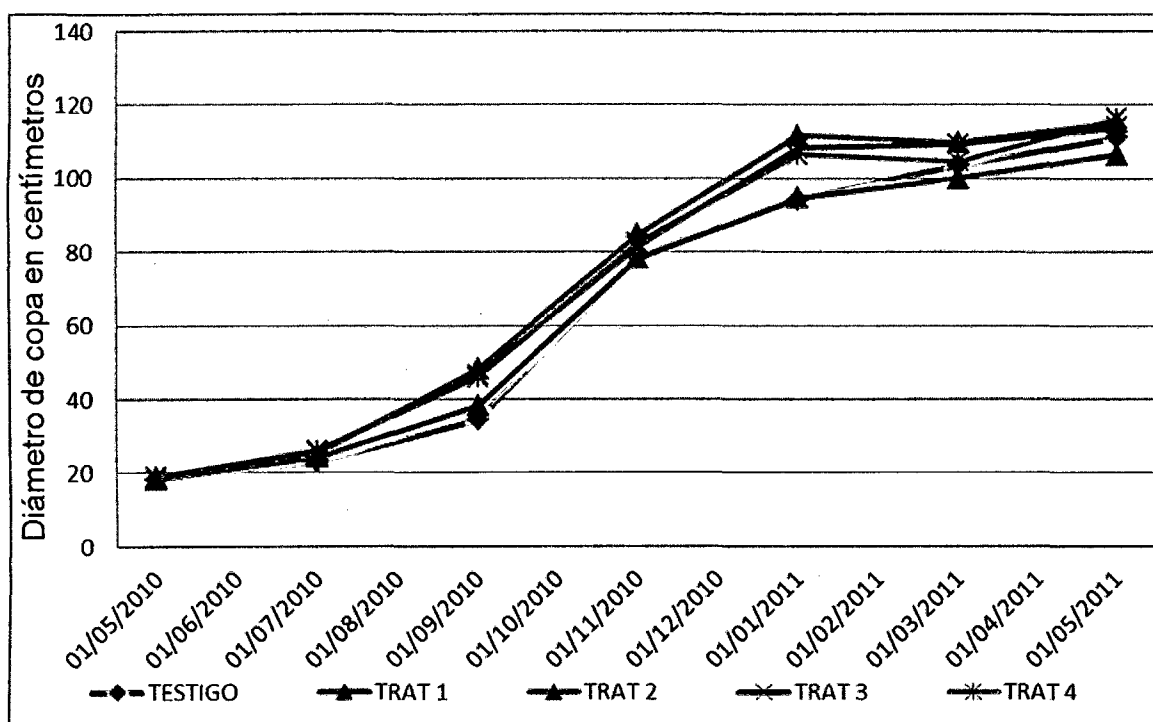


Figura 6. Comportamiento del diámetro de copa de teca.

El comportamiento del diámetro de copa respecto a los tratamientos aplicados se agruparon en dos subconjuntos, la cual al inicio del mes, dos, seis, 10 y 12 meses posteriores al establecimiento los tratamientos tuvieron medias similares, mientras que a los cuatro y ocho meses posteriores al establecimiento los tratamientos alcanzaron medias diferentes (Cuadro 5). La primera, segunda,

cuarta, sexta y séptima evaluación no presentaron diferencia estadística significativa, la tercera y la quinta evaluación presentaron una diferencia estadística significativa (Cuadro 9).

Cuadro 5. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable diámetro de copa en teca (cm).

TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO		TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO	
		2	1			2	1
<b>Primera evaluación</b>				<b>Segunda evaluación</b>			
T4	24		18.802	T4	24		25.833
T2	24		18.771	T3	24		25.700
T0	24		18.190	T2	24		25.075
T1	24		18.160	T1	24		24.025
T3	24		18.146	T0	24		23.279
Significación			0.924	Significación			0.534
<b>Tercera evaluación</b>				<b>Cuarta evaluación</b>			
T2	24		47.500	T2	24		84.896
T3	24		46.375	T4	24		82.500
T4	24		45.742	T3	24		81.521
T1	24	37.835	37.835	T0	24		78.622
T0	24	34.629		T1	24		78.215
Significación		0.897	0.059	Significación			0.738
<b>Quinta evaluación</b>				<b>Sexta evaluación</b>			
T2	24		111.688	T2	24		109.778
T3	24	108.271	108.271	T3	24		109.271
T4	24	106.521	106.521	T4	24		104.629
T1	24	94.668		T0	24		103.649
T0	24	94.262		T1	24		99.932
Significación		0.124	0.902	Significación			0.232
<b>Séptima evaluación</b>							
T4	24		116.300				
T2	24		115.243				
T3	24		113.813				
T0	24		111.110				
T1	24		106.512				
Significación			00.182				

#### 4.4. Número de hojas

El tratamiento testigo presentó incremento de hojas uniforme.

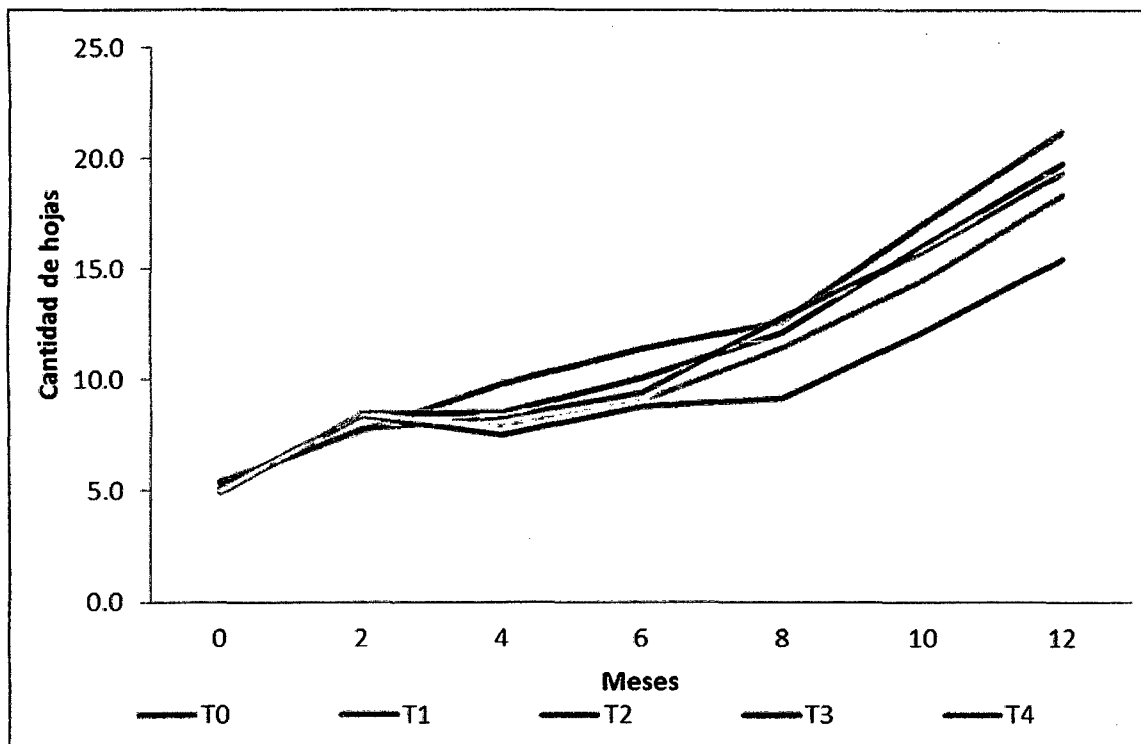


Figura 7. Comportamiento del número de hojas de teca.

La cantidad de hojas presentes en las plantas de teca aplicadas fertilización orgánica y un grupo de plantas sin aplicación de fertilizante, tuvieron similar comportamiento al momento del establecimiento, dos, cuatro y 10 meses posteriores al establecimiento, mientras que la cuarta quinta y séptima evaluación se agruparon en dos subconjuntos (Cuadro 6). En la primera, tercera y sexta evaluación no presentó diferencia estadística significativa, mientras que en la

segunda, cuarta, quinta y séptima evaluación presentó diferencia estadística significativa (Cuadro 10).

Cuadro 6. Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) respecto la variable número de hojas en teca.

TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO		TRATAMIENTOS	N	SUBCONJUNTO	
		2	1			2	1
<b>Primera evaluación</b>				<b>Segunda evaluación</b>			
T0	24		2.510	T1	24		3.105
T2	24		2.486	T3	24		3.068
T1	24		2.44	T4	24		3.056
T4	24		2.418	T2	24		2.959
T3	24		2.402	T0	24		2.943
Significación			0.894	Significación			0.063
<b>Tercera evaluación</b>				<b>Cuarta evaluación</b>			
T0	24		3.243	T0	24		3.500
T3	24		3.065	T3	24	3.323	3.323
T2	24		3.044	T2	24	3.203	
T1	24		3.001	T4	24	3.138	
T4	24		2.975	T1	24	3.127	
Significación			0.074	Significación		0.321	0.425
<b>Quinta evaluación</b>				<b>Sexta evaluación</b>			
T2	24		3.787	T0	24		4.221
T0	24	3.649	3.649	T2	24		4.169
T3	24	3.614	3.614	T3	24		4.098
T4	24	3.573	3.573	T4	24		3.981
T1	24	3.386		T1	24		3.858
Significación		0.230	0.436	Significación			0.082
<b>Séptima evaluación</b>							
T2	24		4.692				
T0	24		4.688				
T3	24	4.528	4.528				
T4	24	4.461	4.461				
T1	24	4.253					
Significación		0.296	0.474				

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Altura total

Las alturas promedios alcanzadas durante los 12 meses fueron para el T<sub>1</sub> (1.70 m), T<sub>0</sub> (2.02 m), T<sub>4</sub> (2.12 m), T<sub>3</sub> (2.14 m) y T<sub>2</sub> (2.24 m). En la primera, segunda y cuarta evaluación las plantas no presentaron diferencia estadística significativa debido a que las plantas provienen del vivero y para los seis meses ya no contenían nutrientes para que las plantas sigan creciendo de manera sobresaliente, en las demás evaluaciones los tratamientos presentaron efectos diferentes respecto al incremento de la altura (Cuadro 7).

BINKLEY (1993) menciona que la fertilización produce varios cambios en la fisiología de los árboles que resultan en un mayor crecimiento del fuste, la cual se ha observado en el tratamiento T<sub>2</sub> mostrando diferencia estadística significativa respecto a los de las tratamientos incluyendo el testigo.

Aparte de incrementar el crecimiento del fuste, la fertilización a menudo modifica la mortalidad y el número de árboles, las proporciones del diámetro y, en algunos casos, incluso la trayectoria del crecimiento (a saber, la curva del índice de sitio). Por ejemplo, puede considerarse que la fertilización del pino de incienso (*Pinus taeda*) con niveles moderados de nitrógeno acelera el

crecimiento del rodal, disminuyendo el tiempo que tarda en alcanzar cierto límite de tamaño máximo y densidad de los árboles. Por otra parte, con frecuencia se describe que la fertilización con fósforo aumenta el “índice de sitio”, lo cual se traduce no sólo en la aceleración del crecimiento, sino también en el “aumento del límite” de la trayectoria del crecimiento. En este caso, se reducirán las limitaciones del sitio, de modo que todos los árboles den un mejor rendimiento después de la fertilización, y no es necesario que aumente la mortalidad debido a la competencia (BINKLEY, 1993).

En la Estación Experimental Cultivos Tropicales Yuto de INTA (Jujuy) y Madera Nobles S. A. en Argentina (DEL CASTILLO, 2003). Utilizaron a la teca a un distanciamiento de 4 m x 4 m y 5 m x 4 m, área con precipitaciones entre 700 y 800 mm anuales, las especies exóticas que más crecieron fueron el cedro australiano y la teca en segundo lugar. En la finca La Moraleja (Anta) la plantación con una edad de 12 meses alcanzó una altura total de 3.00 m mientras que en la investigación se alcanzó una altura promedio de 2.24 m, bajo efecto de fertilización y el factor limitante de la alta precipitación en esta zona que fue para el año de evaluación de 2823.2 mm como se observa en el Cuadro 1.

Además DEL CASTILLO (2003) encontró que en la finca INTA Yuto la plantación de 12 meses alcanzó una altura total de 2.45 m, superando a lo0s encontrado en la investigación ( $T_2 = 2.24$  m), esto es debido a que el desempeño de una plantación es una respuesta no sólo a las prácticas de manejo, sino



también a la calidad del sitio y a un complejo de factores climáticos, edáficos y bióticos (WADSWORTH, 2000), ya que el suelo donde se estableció la plantación era un pastizal antigua de 20 años y la compactación por la carga animal fue notorio que trae consecuencias como la retención de la humedad y el rápido crecimiento de las raíces para que las plantas alcancen los nutrientes.

El lento crecimiento de la teca en la investigación esta influenciado por factores de fertilización y características edafológicas de los suelos, debido a que la parcela donde se estableció es un pastizal antiguo, ya que CHAVES y FONSECA (1991) afirman que la teca tiene un crecimiento inicial bastante rápido, pero este baja después de 8 o 10 años, diferente a lo encontrado en esta investigación. En Costa Rica las plantaciones de cinco años presentan un IMA en altura que varía desde 2.62 m a 3.06 m y, a los nueve años, un IMA entre 1.83 m a 2.24 m, mientras que en la investigación solo se alcanzó 2.24 m. Estas diferencias son marcadas entre sitios, debido principalmente a la cantidad de calcio, capacidad de intercambio catiónico, profundidad y textura del suelo.

La compactación trae inconvenientes de crecimiento como lo ocurrido en el presente estudio, SHEPHERD (1992) en un estudio de los efectos de la compactación del suelo sobre la producción en Nueva Zelandia demostró que a medida que el suelo se degrada los costos aumentan y los rendimientos bajan, reduciendo los márgenes de ganancia por hectárea. Esto es una indicación de un problema mayor ya que los agricultores, al caer los rendimientos aplican más

fertilizantes, enmascarando de ese modo la declinación de una producción insostenible y antieconómica.

En Paraguay Central, una encuesta entre agricultores de pocos recursos mostró que la erosión y la escorrentía continuaron y que disminuyeron los rendimientos en la producción de diferentes cultivos. Como resultado, los ingresos netos de las fincas cayeron y los agricultores no pudieron adquirir implementos o insumos para ayudar a revertir esa tendencia a la disminución de los rendimientos. En consecuencia, los agricultores y sus familias abandonaron las tierras migrando a las ciudades en búsqueda de medios de vida que la agricultura no les podía dar (SORRENSON *et al.*, 1998), esto indica que la calidad de suelo influye sobre la asimilación de nutrientes como lo ocurrido en el presente estudio.

## 5.2. Diámetro

El diámetro promedio alcanzado durante 12 meses se encontró para el T<sub>1</sub> (4.481 cm), T<sub>0</sub> (4.560 cm), T<sub>3</sub> (4.990 cm), T<sub>4</sub> (5.026 cm) y T<sub>2</sub> (5.397 cm). En la primera evaluación las plantas no presentaron diferencia estadística significativa debido a que las plantas provienen del vivero y las plantas son homogéneas, en las demás evaluaciones los tratamientos presentaron diferentes comportamientos (Cuadro 8). La acumulación rápida de biomasa está asociada con el movimiento neto de los nutrientes del suelo dentro de la vegetación. La fertilización aumenta el crecimiento del fuste, y este rápido crecimiento modifica una amplia gama de parámetros de la calidad de la madera. Con frecuencia, las proporciones del

crecimiento anual que se caracteriza como madera tardía disminuye entre un 2 y un 10% después de que se ha practicado a fertilización (BINKLEY, 1993).

La fertilización en campo tiene el objetivo de promover el rápido crecimiento y aumentar la vigorosidad de las plantas para garantizar su establecimiento (ACP, 2006), las cuales se ven limitadas de acuerdo a la estructura del suelo, ya que en suelos compactados por más que se encuentren los elementos, se ve limitado su asimilación como ocurrió en el presente estudio.

En Argentina, DEL CASTILLO (2003) estableció teca a un distanciamiento de 4 m x 4 m y 5 m x 4 m, área con precipitaciones entre 700 y 800 mm anuales, la plantación con una edad de 12 meses alcanzó un diámetro de 3.50 cm; mientras que en otra finca la plantación de 12 meses alcanzó un diámetro de 3.00 cm, resultados menores a lo encontrado en la investigación, ya que el mayor diámetro promedio fue de 5.4 cm la cual fue por efectos de la fertilización generándose un desequilibrio entre el ritmo no proporcional de crecimiento entre altura y diámetro.

El nitrógeno generalmente estimula el crecimiento más que cualquier otro mineral. El ancho de los anillos de crecimiento de los pinos en la zona templada aumenta con el contenido de N en las agujas (Assman, 1970; citado por WADSWORTH, 2000), lo cual no se mostró tal efecto en el estudio debido a factores limitantes como la compactación que afecta a múltiples países como lo indican KARABAYEV *et al.* (2000) al mencionar que la disminución de la

producción entre 16 y 27 por ciento es resultado de la compactación con una pérdida de 50 millones de toneladas de granos.

### 5.3. Diámetro de copa

En la primera y segunda evaluación no se encontró diferencias estadísticas significativas debido a que el efecto de la fertilización se vio más notoria a partir del segundo y sexto mes, las dos últimas evaluaciones el efecto de los tratamientos fue similar (Cuadro 9). BINKLEY (1993) añade que las hojas aumentan su actividad fotosintética cuando aumentan los niveles de clorofila, los árboles pueden expandir su dosel, o bien puede cambiar la distribución de los productos fotosintéticos.

En los estudios nutricionales se han encontrado que la tasa de fotosíntesis neta puede variar entre un 10 y un 30% conforme cambia la concentración de nutrientes en las hojas. Con frecuencia, los incrementos que se producen en el crecimiento con la fertilización son mucho mayores que el 30% de modo que, en general, una mayor eficiencia fotosintética no puede explicarse con base a la magnitud de la respuesta.

Las plantas fertilizadas presentaron mayor tamaño de copa ( $T_4 = 116$  cm de diámetro), la cual favoreció el crecimiento de las plantas de teca con fertilización, y BINKLEY (1993) añade que en algunos estudios se ha analizado la expansión del dosel debido a la fertilización, pero al parecer existe una sólida

relación entre una mayor área foliar y un mayor crecimiento del fuste. En los rodales en que se aplicaron 155 kg de N/ha, los árboles mostraron un 45% más de área foliar y un 60% más de crecimiento del fuste (entre los 13 y 17 años de haber realizado el tratamiento).

#### **5.4. Número de hojas**

En la primera, tercera y sexta evaluación no se encontró diferencia estadística significativa, a partir de la segunda, cuarta y séptima evaluación, las presentaron efectos significativos, representando diferente comportamiento de los tratamientos (Cuadro 10). La FAO examinó el uso de 13 000 fertilizantes y demostró un aumento en el promedio de crecimiento del 73% con la aplicación de fertilizantes, además de un aumento en la razón valor/ costo (Phillips, 1972; citado por WADSWORTH, 2000).

Por otro lado BINKLEY (1993) afirma en los rodales en que se aplicaron 155 kg de N/ha, los árboles mostraron un 45% más de área foliar y un 60% más de crecimiento del fuste en plantaciones entre los 13 y 17 años de haber realizado el tratamiento; esto indica que se incrementa el área foliar mientras que el número de hojas es influenciado debido al factor genético y no tanto al aspecto nutricional del suelo.

## VI. CONCLUSIONES

1. El mayor incremento en altura total promedio ha estado representado por el T<sub>2</sub> (300 g de guano de las islas y 100 g de roca fosfórica) con 2.24 m y estadísticamente no hubo diferencia significativa entre los tratamientos.
2. La respuesta del diámetro respecto a la fertilización, fue relevante en el T<sub>2</sub> (300 g de guano de las islas y 100 g de roca fosfórica) a los 12 meses de edad, alcanzando 5.4 cm y el tratamiento uno (T<sub>1</sub>) alcanzó el menor incremento en diámetro con 4.5 cm y hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos aplicados.
3. El mayor incremento en diámetro de copa fue representado por el T<sub>4</sub> (600 g de guano de las islas y 100 g de roca fosfórica) con 1.16 m, estadísticamente no hubo diferencia estadística significativa.
4. La cantidad de hojas presentes en las plantas fue más relevante en el T<sub>2</sub> (300 g de guano de las islas y 100 g de roca fosfórica) alcanzando en promedio 19.4 hojas por planta y con diferencia estadística significativa.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar análisis de suelo y análisis foliar en intervalos de tiempo, con la finalidad para observar el comportamiento de los nutrientes respecto al crecimiento de la planta.
2. Aplicar abonamientos parciales de acuerdo al tipo de suelos que se van a trabajar ya que la aplicación de grandes dosis individuales de fertilizante afecta la capacidad que tienen los árboles para absorber los nutrientes, como resultado el fertilizante se utiliza en forma ineficaz y entonces se obtienen respuestas a corto plazo (entre 5 y 10 años).
3. En investigaciones similares, tomar en consideración el comportamiento de los entrenudos en respuesta a la fertilización, debido a que puede ser una variable que se ve afectada directamente en proporción a la aplicación de las diferentes dosis de abono.
4. Evaluar el efecto de los fertilizantes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

## VIII. ABSTRACT

Seeking to determine the behavior silvicultural of the forest species teak (*Tectona grandis* L.f.) under effects of fertilization in definitive field, a plot was established and evaluated between May, 2010 until May, 2011, located in an area of the CIPTALD of the National Agrarian University of the Jungle (UNAS), region Huánuco. The used design was in complete block at random (DBCA) with treatments of: T<sub>0</sub> (without fertilization), T<sub>1</sub> (150 g of guano of the islands + 100 g of phosphoric rock), T<sub>2</sub> (300 g of guano of the islands + 100 g of phosphoric rock), T<sub>3</sub> (450 g of guano of the islands + 100 g of phosphoric rock) and T<sub>4</sub> (600 g of guano of the islands + 100 g of phosphoric rock). The application of the first dose of organic fertilization realized to one month of established the plantation, and the second application went to six months of the establishment. The diameter of the shaft to 10 cm on the soil (T<sub>2</sub> = 5.4 cm) and the number of leaves (T<sub>2</sub> = 4.7) presents in the plants was statistically significant, whereas the total height (T<sub>2</sub> = 2.24 m) and the diameter of glass (T<sub>4</sub> = 116.3 cm) I do not present statistical significant difference. The ideal treatment was the T<sub>2</sub> (300 g of guano of the islands + 100 g of phosphoric rock).



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A. 2006. Nutrición y fertilización de la teca. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 12 p.
- AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ (ACP). 2006. Manual de reforestación. Cuenca hidrográfica del canal de Panamá. División de administración ambiental; Sección de manejo de cuenca. Volumen 1. Panamá. 32 p.
- BENEDETTI, S., SAAVEDRA, J. 2005. Guía práctica para el establecimiento, manejo y cuidados de plantaciones de castaño. Instituto Forestal (INFOR); Gobierno de Chile. Chile. 8 p.
- BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal, prácticas de manejo. Trad. Por Manuel Guzmán. 1 ed. Balderas, México, Limusa, S.A. de C.V. 518 p.
- BRENES, L.E., BORNEMISZA, E. 1992. Solubilidad inicial de la roca fosfórica en ultisoles de Costa Rica, Agronomía Costarricense 96. 11 p.
- BROWN, P., WELCH, R., CARY, E. 1987. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. Plant Physiology. 803 p.
- BUITRON, B 1976. Evaluación biológica de la roca bruta bayobar aplicado solo en mezcla (50:50) con superfosfato simple, usando en cultivos de papa bajo

condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. UNA La Molina. Lima, Perú.  
100 p.

CHAVES, E.; FONSECA, W. 1991. Teca: *Tectona grandis* L.f. especie de árbol de uso múltiple en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido. Área de Producción Forestal y Agroforestal. Turrialba, Costa Rica. 60 p.

DAQUINTA, M., RAMOS, L., CAPOTE, I., LEZCANO, Y., RODRÍGUEZ, R., TRINA, D., ESCALONA, M. 2000. Micropropagación de la *Tectona grandis* L.f. "teca". La biotecnología un instrumento de rescate y preservación de la biodiversidad de los bosques tropicales. Revista forestal centroamericana. Ciego de Avila, Cuba. 4 p.

DEL CASTILLO, E. 2003. Arboricultura de especies forestales de alto valor; con la utilización de riego localizado. Jujuy, Argentina. 3 p.

FALLAS, J. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la *Tectona grandis* L.f. "teca" en suelos ácidos de Costa Rica. Agronomía costarricense. Costa Rica. 12 p. [En línea]: Agronomía costarricense, (<http://www.allbusiness.com/central-america/costa-rica/250101-1.html>, documentos, 02 May. 2010).

FASSBENDER, H.W. 1987. Química de los suelos como énfasis en suelos América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica.

- FERNANDEZ, R. 1988. Planificación y diseño de plantaciones frutales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos; Universidad de Córdoba. Madrid, España. Edición Mundi – Prensa. 205 p.
- FLORES, Y. 1998. Síntesis de efectos ecológicos negativos de las plantaciones forestales. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). 8 p.
- FLORES, L., GUERRA, J., OLIVERA, P. 1996. Boletín técnico; Manejo de viveros y plantaciones forestales. Universidad nacional Agraria de la Selva; Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 54 p.
- FONSECA, W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 115 p.
- GUERRERO, A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. Bilbao, España. 206 p.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Red de Acción en Agricultura Alternativa - RAAA. Lima, Perú.
- KARABAYEV, M., SATYABALDIN, A., BENITES, J., FRIEDRICH, T., PALA, M., PAYNE, T. 2000. Conservation tillage: A viable option for sustainable agriculture in Eurasia. Almaty, Kazakistán, CIMMYT; Aleppo, Syria, ICARDA. ISBN 970-648-048-X.

- LA TORRE, E.L. 2005. Sistemas de plantaciones forestales en selva: instalación y manejo. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo (desco). Lima, Perú. 48 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Por Antonio Carrillo. Ed. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Cooperación Técnica. Eschborn, República federal de Alemania. 335 p.
- LEMONS, E., CAVO, J.J., FERRARIS, G. 2004. Utilización de roca fosfórica en una rotación de cultivos agrícolas bajo siembra directa continua. Desarrollo Rural INTA Pergamino. 11 p.
- MAKI, T.E. 1966. Necesidad de fertilizantes en la producción maderera. Revista de silvicultura y productos forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. [En línea] FAO; (<http://www.fao.org/docrep/44279s/44279s00.htm#Contents>, documentos, 21 Jun 2011).
- MONTERO, G., CISNEROS, O., CAÑELLAS, I. 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. INIA. Mundi-Prensa. Madrid, España. 284 p.
- MURILLO, O., CAMACHO, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Departamento de Ingeniería

Forestal; Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.  
Agronomía Costarricense 21(2): 189 – 206.

MUSGRAVE, P. 2005. Oro negro; La importancia del oro negro. Tearfund International Learning Zone (TILZ). [En línea]: TILZ, (<http://tilz.tearfund.org/Espanol/Paso+a+Paso+51-60/Paso+a+Paso+54/Oro+negro+-+LA+IMPORTANCIA+DEL+ABONO.htm>), documentos, 05 May. 2010).

PROABONOS. 2005. Proyecto especial de aprovechamiento de abonos orgánicos. Aprovechamiento de abonos provenientes de aves marinas. [En línea]: Proabonos, (<http://www.agrojunin.gob.pe/opds/abonos/>), documentos, 28 Ago. 2011).

PROABONOS. 2008. Características del guano de islas. [En línea]: Proabonos, (<http://www.agrojunin.gob.pe/opds/proabonos/caracteristicas.php>), documentos, 19 Jul. 2011).

RAAA. 2005. Manejo ecológico de los suelos. [En línea]: RAAA, (<http://www.raaa.org.ao.html>), documentos, 25 Ago. 2011).

RAMÍREZ, D. 1999. Consumo de fertilizantes en el Perú. [En línea]: FAO, ([ftp://ftp.fao.org/agl/agll/gateway/recurso\\_nutrientes.pdf](ftp://ftp.fao.org/agl/agll/gateway/recurso_nutrientes.pdf)), documentos, 19 Jul. 2011).

RODRIGUEZ, A., PANIAGUA, A. 2001. Encalado y fertilización de *Tectona grandis* L. f. (teca) en la región Huetar Norte de Costa Rica. Instituto de

Investigación y Servicios Forestales; Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 7 p.

RUBILAR, R., FOX, T., ALLEN, L., ALBAUGH, T., CARLSON, C. 2008. Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus* sp. Y *Eucalyptus* sp. En Chile y Argentina. Informaciones agronómicas del cono sur # 40. Instituto internacional de nutrición de plantas (IPNI). Acassuso, Argentina. 6 p.

SHEPHERD, T.G. 1992. Sustainable soil crop management and its economic implications for grain growers. In: Proc. International Conference on Sustainable Land Management. 17- 23 Nov., 1991. Napier, Hawkes Bay, Nueva Zelandia. pp. 141-152. (ed. P.R Henriques). ISBN 0-473-01548-X.

SORRENSON, W.J., DUARTE, C., LÓPEZ, J. 1998. Economics of no-till compared to traditional cultivation on small farms in Paraguay. Asunción: MAG/GTZ Soil Conservation Project. p. XV

TAKASHI, T., NAGANO, K. 1967. Un experimento de los efectos fertilizantes en la roca de fosfato peruana. Boletín de la corporación nacional de fertilizante. Lima, Perú. 12 p.

TIS DALE, G.L., NELSON, W. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edit. Monataner y Simón S.A. Barcelona, España. 760 p.

TRUJILLO, E. 2011. Plantación forestal: Planeación para el éxito. Costa Rica. 9 p. [En línea]: MM, (<http://www.revista-MM.com>, documentos, 25 Jul. 2011).

- WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América Tropical; Manual de agricultura. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA); Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE); Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). Washington, DC., Estados Unidos. 563 p.
- WEAVER, P. 1993. *Tectona grandis* L.f. Teak. SO-ITF-SM-64. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, EE.UU. 18 p.
- ZAPATA, F., VILLAGARCÍA, S. 1983. Manual de uso de fertilizantes. UNA. La Molina. Lima, Perú. 104 p.

## **X. ANEXOS**



### Anexo 1. MANOVA de las variables evaluadas

Cuadro 7. MANOVA de la variable altura total en teca ( $\alpha=0.05$ ).

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	G.L.	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	Altura 1	95.91	14	6.85	1.23	0.26
	Altura 2	103.18	14	7.37	1.20	0.29
	Altura 3	1931.05	14	137.93	1.65	0.08
	Altura 4	12334.02	14	881.00	1.86	0.04
	Altura 5	62024.81	14	4430.34	2.74	0.00
	Altura 6	104006.42	14	7429.03	2.92	0.00
	Altura 7	129895.47	14	9278.25	2.40	0.01
Intersección	Altura 1	38854.80	1	38854.80	6983.27	0.00
	Altura 2	43982.57	1	43982.57	7140.91	0.00
	Altura 3	94225.66	1	94225.66	1128.04	0.00
	Altura 4	534734.25	1	534734.25	1128.82	0.00
	Altura 5	2134216.09	1	2134216.09	1321.46	0.00
	Altura 6	3681260.66	1	3681260.66	1445.18	0.00
	Altura 7	5028340.87	1	5028340.87	1299.46	0.00
BLOQ	Altura 1	7.88	2	3.94	0.71	0.49
	Altura 2	2.50	2	1.25	0.20	0.82
	Altura 3	147.73	2	73.87	0.88	0.42
	Altura 4	173.15	2	86.57	0.18	0.83
	Altura 5	860.96	2	430.48	0.27	0.77
	Altura 6	3232.23	2	1616.12	0.63	0.53

	Altura 7	3844.42	2	1922.21	0.50	0.61
	Altura 1	51.02	4	12.75	2.29	0.06
	Altura 2	32.97	4	8.24	1.34	0.26
	Altura 3	1253.98	4	313.50	3.75	0.01
TRAT	Altura 4	3714.43	4	928.61	1.96	0.11
	Altura 5	25043.02	4	6260.76	3.88	0.01
	Altura 6	33123.80	4	8280.95	3.25	0.01
	Altura 7	41875.62	4	10468.91	2.71	0.03
	Altura 1	37.01	8	4.63	0.83	0.58
	Altura 2	67.70	8	8.46	1.37	0.22
	Altura 3	529.33	8	66.17	0.79	0.61
BLOQ * TRAT	Altura 4	8446.44	8	1055.81	2.23	0.03
	Altura 5	36120.83	8	4515.10	2.80	0.01
	Altura 6	67650.39	8	8456.30	3.32	0.00
	Altura 7	84175.43	8	10521.93	2.72	0.01
	Altura 1	584.22	105	5.56		
	Altura 2	646.72	105	6.16		
	Altura 3	8770.71	105	83.53		
Error	Altura 4	49739.82	105	473.71		
	Altura 5	169579.04	105	1615.04		
	Altura 6	267463.49	105	2547.27		
	Altura 7	406304.35	105	3869.57		
	Altura 1	39534.93	120			
Total	Altura 2	44732.47	120			
	Altura 3	104927.41	120			
	Altura 4	596808.09	120			

	Altura 5	2365819.94	120
	Altura 6	4052730.57	120
	Altura 7	5564540.68	120
Total corregida	Altura 1	680.13	119
	Altura 2	749.90	119
	Altura 3	10701.75	119
	Altura 4	62073.84	119
	Altura 5	231603.85	119
	Altura 6	371469.91	119
	Altura 7	536199.82	119

\*Altura 1,2,3,...7 son las siete evaluaciones registradas de la altura total durante un año.

Cuadro 8. MANOVA de la variable diámetro del fuste en teca ( $\alpha=0.05$ ).

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	G.L.	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	Diámetro 1	0.03	14	0.00	1.64	0.08
	Diámetro 2	0.23	14	0.02	1.88	0.04
	Diámetro 3	5.23	14	0.37	4.00	0.00
	Diámetro 4	8.48	14	0.61	1.78	0.05
	Diámetro 5	16.09	14	1.15	2.06	0.02
	Diámetro 6	17.48	14	1.25	1.46	0.14
	Diámetro 7	25.02	14	1.79	1.65	0.08
Intersección	Diámetro 1	10.12	1	10.12	8797.66	0.00
	Diámetro 2	25.81	1	25.81	2940.61	0.00
	Diámetro 3	125.56	1	125.56	1345.31	0.00

	Diámetro 4	485.47	1	485.47	1429.76	0.00
	Diámetro 5	991.50	1	991.50	1780.37	0.00
	Diámetro 6	1683.26	1	1683.26	1967.87	0.00
	Diámetro 7	2870.06	1	2870.06	2647.66	0.00
	<hr/>					
	Diámetro 1	0.00	2	0.00	1.72	0.18
	Diámetro 2	0.00	2	0.00	0.06	0.94
	Diámetro 3	0.85	2	0.43	4.56	0.01
BLOQ	Diámetro 4	1.46	2	0.73	2.15	0.12
	Diámetro 5	2.56	2	1.28	2.30	0.11
	Diámetro 6	0.28	2	0.14	0.16	0.85
	Diámetro 7	1.24	2	0.62	0.57	0.57
	<hr/>					
	Diámetro 1	0.00	4	0.00	0.78	0.54
	Diámetro 2	0.10	4	0.03	2.85	0.03
	Diámetro 3	3.19	4	0.80	8.54	0.00
TRAT	Diámetro 4	4.78	4	1.20	3.52	0.01
	Diámetro 5	8.05	4	2.01	3.61	0.01
	Diámetro 6	9.93	4	2.48	2.90	0.03
	Diámetro 7	13.49	4	3.37	3.11	0.02
	<hr/>					
	Diámetro 1	0.02	8	0.00	2.06	0.05
	Diámetro 2	0.13	8	0.02	1.85	0.08
BLOQ *	Diámetro 3	1.19	8	0.15	1.59	0.14
TRAT	Diámetro 4	2.24	8	0.28	0.82	0.58
	Diámetro 5	5.48	8	0.69	1.23	0.29
	Diámetro 6	7.27	8	0.91	1.06	0.40

	Diámetro 7	10.30	8	1.29	1.19	0.31
	Diámetro 1	0.12	105	0.00		
	Diámetro 2	0.92	105	0.01		
	Diámetro 3	9.80	105	0.09		
Error	Diámetro 4	35.65	105	0.34		
	Diámetro 5	58.47	105	0.56		
	Diámetro 6	89.81	105	0.86		
	Diámetro 7	113.82	105	1.08		
	Diámetro 1	10.26	120			
	Diámetro 2	26.96	120			
	Diámetro 3	140.59	120			
Total	Diámetro 4	529.61	120			
	Diámetro 5	1066.06	120			
	Diámetro 6	1790.55	120			
	Diámetro 7	3008.90	120			
	Diámetro 1	0.15	119			
	Diámetro 2	1.15	119			
	Diámetro 3	15.03	119			
Total corregida	Diámetro 4	44.13	119			
	Diámetro 5	74.57	119			
	Diámetro 6	107.30	119			
	Diámetro 7	138.84	119			

\*Diámetro 1,2,3,... 7 son las siete evaluaciones registradas de diámetro del fuste durante un año.

Cuadro 9. MANOVA de la variable diámetro de copa en teca ( $\alpha=0.05$ ).

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	G.L.	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	Copa 1	120.80	14	8.63	1.12	0.35
	Copa 2	490.97	14	35.07	1.07	0.39
	Copa 3	5458.93	14	389.92	2.55	0.00
	Copa 4	4076.74	14	291.20	0.81	0.65
	Copa 5	11276.10	14	805.44	1.97	0.03
	Copa 6	5569.91	14	397.85	1.49	0.13
	Copa 7	6977.62	14	498.40	2.13	0.02
Intersección	Copa 1	40687.94	1	40687.94	5288.60	0.00
	Copa 2	73701.17	1	73701.17	2254.34	0.00
	Copa 3	215895.74	1	215895.74	1413.01	0.00
	Copa 4	790253.31	1	790253.31	2208.20	0.00
	Copa 5	1275101.66	1	1275101.66	3111.94	0.00
	Copa 6	1334406.48	1	1334406.48	5010.88	0.00
	Copa 7	1521331.85	1	1521331.85	6489.52	0.00
BLOQ	Copa 1	29.85	2	14.92	1.94	0.15
	Copa 2	30.25	2	15.12	0.46	0.63
	Copa 3	167.60	2	83.80	0.55	0.58
	Copa 4	37.31	2	18.66	0.05	0.95
	Copa 5	562.38	2	281.19	0.69	0.51
	Copa 6	520.68	2	260.34	0.98	0.38
	Copa 7	1237.83	2	618.92	2.64	0.08

	Copa 1	11.15	4	2.79	0.36	0.83
	Copa 2	116.76	4	29.19	0.89	0.47
	Copa 3	3220.83	4	805.21	5.27	0.00
TRAT	Copa 4	743.90	4	185.98	0.52	0.72
	Copa 5	6273.57	4	1568.39	3.83	0.01
	Copa 6	1624.60	4	406.15	1.53	0.20
	Copa 7	1474.32	4	368.58	1.57	0.19
	Copa 1	79.80	8	9.98	1.30	0.25
	Copa 2	343.96	8	43.00	1.32	0.24
	Copa 3	2070.50	8	258.81	1.69	0.11
BLOQ * TRAT	Copa 4	3295.52	8	411.94	1.15	0.34
	Copa 5	4440.14	8	555.02	1.35	0.23
	Copa 6	3424.63	8	428.08	1.61	0.13
	Copa 7	4265.47	8	533.18	2.27	0.03
	Copa 1	807.82	105	7.69		
	Copa 2	3432.77	105	32.69		
	Copa 3	16043.06	105	152.79		
Error	Copa 4	37576.61	105	357.87		
	Copa 5	43023.24	105	409.75		
	Copa 6	27961.67	105	266.30		
	Copa 7	24615.04	105	234.43		
	Copa 1	41616.56	120			
Total	Copa 2	77624.91	120			
	Copa 3	237397.73	120			

	Copa 4	831906.65	120
	Copa 5	1329401.00	120
	Copa 6	1367938.06	120
	Copa 7	1552924.51	120
Total corregida	Copa 1	928.62	119
	Copa 2	3923.74	119
	Copa 3	21501.99	119
	Copa 4	41653.35	119
	Copa 5	54299.34	119
	Copa 6	33531.58	119
	Copa 7	31592.66	119

\*Copa 1,2,3,...7 son las siete evaluaciones registradas de la variable diámetro de copa durante un año.

Cuadro 10. MANOVA de la variable número de hojas en teca ( $\alpha=0.05$ ).

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	G.L.	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	Hoja 1	0.97	14	0.07	0.41	0.97
	Hoja 2	1.44	14	0.10	2.36	0.01
	Hoja 3	3.89	14	0.28	2.22	0.01
	Hoja 4	4.62	14	0.33	2.60	0.00
	Hoja 5	5.38	14	0.38	2.03	0.02
	Hoja 6	5.36	14	0.38	1.61	0.09
	Hoja 7	8.77	14	0.63	2.64	0.00
Intersección	Hoja 1	721.08	1	721.08	4210.07	0.00



	Hoja 2	1098.92	1	1098.92	25291.65	0.00
	Hoja 3	1127.67	1	1127.67	9004.78	0.00
	Hoja 4	1273.94	1	1273.94	10048.50	0.00
	Hoja 5	1556.57	1	1556.57	8205.88	0.00
	Hoja 6	1983.15	1	1983.15	8309.62	0.00
	Hoja 7	2456.26	1	2456.26	10353.22	0.00
	Hoja 1	0.29	2	0.14	0.85	0.43
	Hoja 2	0.33	2	0.16	3.74	0.03
	Hoja 3	1.51	2	0.76	6.03	0.00
BLOQ	Hoja 4	0.40	2	0.20	1.56	0.22
	Hoja 5	2.19	2	1.09	5.77	0.00
	Hoja 6	0.41	2	0.21	0.86	0.43
	Hoja 7	1.95	2	0.97	4.11	0.02
	Hoja 1	0.20	4	0.05	0.29	0.88
	Hoja 2	0.49	4	0.12	2.79	0.03
	Hoja 3	1.06	4	0.27	2.12	0.08
TRAT	Hoja 4	2.34	4	0.58	4.61	0.00
	Hoja 5	2.02	4	0.50	2.66	0.04
	Hoja 6	2.07	4	0.52	2.17	0.08
	Hoja 7	3.18	4	0.79	3.35	0.01
	Hoja 1	0.48	8	0.06	0.35	0.94
	Hoja 2	0.63	8	0.08	1.80	0.09
BLOQ * TRAT	Hoja 3	1.32	8	0.16	1.31	0.24
	Hoja 4	1.89	8	0.24	1.86	0.07
	Hoja 5	1.18	8	0.15	0.78	0.62

	Hoja 6	2.88	8	0.36	1.51	0.16
	Hoja 7	3.64	8	0.46	1.92	0.06
	Hoja 1	17.98	105	0.17		
	Hoja 2	4.56	105	0.04		
	Hoja 3	13.15	105	0.13		
Error	Hoja 4	13.31	105	0.13		
	Hoja 5	19.92	105	0.19		
	Hoja 6	25.06	105	0.24		
	Hoja 7	24.91	105	0.24		
	Hoja 1	740.04	120			
	Hoja 2	1104.92	120			
	Hoja 3	1144.72	120			
Total	Hoja 4	1291.87	120			
	Hoja 5	1581.87	120			
	Hoja 6	2013.57	120			
	Hoja 7	2489.94	120			
	Hoja 1	18.96	119			
	Hoja 2	6.00	119			
	Hoja 3	17.04	119			
Total corregida	Hoja 4	17.93	119			
	Hoja 5	25.30	119			
	Hoja 6	30.42	119			
	Hoja 7	33.68	119			

\*Hoja 1,2,3,...7 son las siete evaluaciones registradas sobre la cantidad de hoja durante un año.

**Anexo 2. Panel fotográfico**

Figura 8. Profundidad del hoyo.



Figura 9. Corte en la base de la bolsa.



Figura 10. Colocación de la planta en el hoyo.



Figura 11. Planta establecida en campo definitivo.



Figura 12. Planta de teca a tres (03) meses de establecido.



Figura 13. Planta de teca a los cinco (05) meses de establecido.



Figura 14. Planta de teca a los cinco (05) meses de establecido.



Figura 15. Rebrote de teca a cinco (05) meses de establecido.



Figura 16. Teca a los siete (07) meses posteriores al establecimiento.



Figura 17. Parcela de teca a siete (07) meses de establecido.



Figura 18. Parcela de teca a 12 meses de edad.



Figura 19. Deformación de hoja y entrenado por falta de nutrientes.



Figura 20. Ubicación del lugar donde se realizó el experimento.

