



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y
FORESTAL**

Trabajo de graduación

**Fertilización inicial en plantaciones comerciales de teca
(*Tectona grandis* Linn F), Siuna, RAAN**

AUTOR

Br. Gerol Enrique Cruz

ASESORES

Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno

Ing. MSc. Álvaro Benavides González

Managua, Nicaragua

Septiembre, 2014



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y
FORESTAL**

Trabajo de graduación

**Fertilización inicial en plantaciones comerciales de teca
(*Tectona grandis* Linn F), Siuna, RAAN**

AUTOR

Br. Gerol Enrique Cruz

ASESORES

**Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno
Ing. MSc. Álvaro Benavides González**

Presentado a la consideración del
Honorable tribunal examinador como requisito final para optar al grado
de Ingeniero en sistemas de protección agrícola y forestal

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2014**

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Requerimientos de la teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.)	4
3.2 Ubicación y descripción del área de estudio	5
3.3 Producción de plántulas	6
3.4 Análisis de suelo	7
3.5 Preparación del terreno	8
3.6 Establecimiento de la plantación	8
3.7 Arreglos en los niveles de fertilización	8
3.8 Manejo de la plantación	10
3.8.1 Aplicación de fertilizantes	10
3.8.2 Manejo de plagas	10
3.8.3 Prevención y control de incendios	11
3.9 Variables evaluadas	11
3.10 Análisis de la información	12
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Variables evaluadas	13
4.2 Análisis de suelo del sitio de establecimiento de la plantación	13
4.3 Altura de la planta	16
4.4 Vigor de la planta	18
4.5 Sobrevivencia de la planta	19
4.6 Forma del fuste de las planta	21
4.7 Variables dasométricas	22
V CONCLUSIONES	24
VI LITERATURA CITADA	25
VII ANEXOS	28

DEDICATORIA

A:

Dios nuestro señor por haberme brindado salud y permitido seguir adelante y poder culminar con éxito, esta nueva fase de mi formación profesional.

A mi familia, especialmente a mis hermanas, por su apoyo en los momentos más difíciles.

A mi esposa y a mi hijo por ser una fuente de ilusión para seguir luchando cada día.

Br. Gerol Enrique Cruz

AGRADECIMIENTO

A:

Dios nuestro señor por haberme brindado salud y haberme permitido seguir adelante en mis estudios y poder culminarlos con éxito esta nueva etapa de mi formación profesional.

A mis asesores: MSc. Álvaro Benavides González y MSc. Juan Carlos Moran Centeno por su valioso apoyo en el transcurso de mi formación profesional

A los profesores de la Universidad Nacional Agraria por guiarme con sus conocimientos hasta formarme como una mejor persona.

A las empresas Norteak Madera S.A y MLR.S.A por darme la oportunidad en realizar dicho estudio.

De igual manera al Ing. Bernardo Lanuza por su apoyo en el transcurso de la investigación en campo.

Br. Gerol Enrique Cruz

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS		PÁGINA
1	Descripción de los tratamientos empleados en el ensayo.	9
2	Significación estadística ($Pr > F$) en variables y factores evaluados.	13
3	Estadísticos descriptivos en variables químicas y físicas en muestras de suelo.	16
4	Porcentaje de plantas vivas en los diferentes tratamientos evaluados, en las diferentes fechas de toma de datos.	20
5	Separaciones de media para las variables dasométricas ($DMS=0.05$), para los diferentes tratamientos evaluados.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

PÁGINA

1	Localización de las réplicas (B1, B2, B3), en la División Forestal de Siuna, 2012.	5
2	Pprecipitación media mensual en el municipio de Siuna, RAAN (Fuente: INETER, 2013).	6
3	Distribución de los tratamientos por bloques	9
4	Distribución de las plantas para cada bloque (X: <i>Dos líneas de Árboles-bordes</i>)	10
5	Altura de los árboles de teca en diferentes momentos de evaluación.	17
6	Porcentaje de plantas de teca, débiles y vigorosas, en las diferentes momentos de evaluación y niveles de fertilización.	18
7	Forma del fuste en plantas de teca, en los diferentes tratamientos evaluados en la División Forestal de Siuna.	21

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS PÁGINA

1	Formato de medición de variables implementados por -Norteak	29
2	Historial-desarrollo del ensayo	30
3	Descripción de sitio de estudio	31
4	Diferencia mínima significativa para la altura de planta.	32
5	Diferencia mínima significativa para el diámetro de la planta.	32
6	Diferencia mínima significativa para la forma de la planta.	32
7	Diferencia mínima significativa para el área basal.	32
8	Distribución de los tratamientos en campo en la Unidad Forestal de Siuna.	33
9	Aplicación de fertilizantes y cal en las plantas de tecas.	33
10	Incremento en la altura de los árboles de teca en las diferentes fechas de evaluación.	34

RESUMEN

La investigación se realizó en plantaciones de teca de 0 a 2 años de edad, con precipitaciones promedio de 1 500 mm/año, se estableció un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones. Las plantas fueron expuestas a diferentes niveles de fertilización. Se evaluaron las variables altura de planta, diámetro de tallo, salud de la planta, forma de la planta, área basal y volumen. Los datos se analizaron mediante un arreglo factorial, con análisis de ANDEVA, diferencia mínima significativa (DMS, $\alpha=0.05$) y análisis descriptivo. Con respecto a las altura existió diferencias en los tratamientos a partir de los 12 meses después de haberse establecido la plantación, siendo los tratamientos uno (15-15-15) y dos (15-15-15 + 454g CaCO₃), los que presentaron plantas de mayor altura, y diámetro; este comportamiento fue similar para el área basal y volumen. En cuanto a la forma de los árboles presentaron tallos rectos con mayor frecuencia en los tratamientos uno (15-15-15) y dos (15-15-15 + 454g CaCO₃). La forma del fuste de la planta dependió del manejo, sin importar los niveles de fertilizantes empleados. En cuanto a los análisis de suelo realizados en el sitio se encontró que el fósforo presenta bajas concentraciones, la relación de bases afecta la absorción de elementos como el potasio. En general las condiciones del sitio no son favorables para el crecimiento de la teca.

Palabra claves: *Tectona grandis*, diseño en Bloques Completos al Azar, diferencia mínima significativa, Tratamiento, variables de crecimientos.

ABSTRACT

The research was conducted in teak plantations of 0-2 years old, with an average rainfall of 1500 mm / year, a design of Randomized Complete Block (BCA) was established with three replicates. The plants were exposed to different levels of fertilization. The plant height, stem diameter, plant health, plant form, basal area and volume were evaluated. The data were analyzed using a factorial arrangement, with analysis of ANOVA, least significant difference (LSD, $\alpha = 0.05$) and descriptive analysis. With respect to height differences existed in treatment from 12 months after planting have established treatments being One (15-15-15) and two (15-15-15 + 454g CaCO₃), which presented plants of greater height, and diameter; this behavior was similar to the basal area and volume. Regarding the shape of the trees straight stems presented more frequently in one treatment (15-15-15) and two (15-15-15 + 454g CaCO₃). Stem form depended on the plant operation, regardless of the levels of fertilizers used. As soil tests performed at the site it was found that the phosphor has low concentrations, the ratio of bases impact absorption elements such as potassium. Overall site conditions are not favorable for the growth of teak.

Keywords: *Tectona grandis*, design in randomized complete block, least significant difference, Treatment of growth variables.

I. INTRODUCCIÓN

La teca (*Tectona grandis* Linn F) es un árbol caducifolio de tamaño grande y fuente de una de las maderas más valiosas y conocidas. Pertenece a la familia Verbenaceae y es originaria de los bosques deciduos húmedos y secos del trópico de la India, Laos, Myanmar (Burma) y Tailandia, en latitudes 12 a 25° norte. Se ha establecido y adaptado bien en Malasia, Indonesia y otros países comprendidos en las latitudes 28° norte a 18° sur (Briscoe, 1995). La FAO (2005), indica que en el mundo hay 270 millones de hectáreas que se encuentran cubierta con plantaciones forestales, de éstas el 76% son establecidas con fines comerciales, para la extracción de madera y celulosa y el restante para la protección y rehabilitación de los suelos y fuentes de agua.

Extensas áreas de bosque tropical han sido deforestadas y transformadas a usos agropecuarios, muchas veces debido a la presión social, para establecer sistemas productivos (Lamprecht, 1990). El IICA (2004), estima que Nicaragua cuenta con aproximadamente 6.2 millones de hectáreas de suelo con vocación forestal, pero sólo 3.2 millones de hectáreas corresponden a bosques y barbechos forestales. La tasa anual de deforestación es estimada en 50 mil hectáreas por año, mientras que las plantaciones establecidas en los últimos 10 a 15 años es inferior a las 75 mil hectáreas, de las cuales muy pocas han recibido el manejo adecuado. Así mismo hay muy poca información actualizada y precisa sobre este particular, ya que no existe un inventario de plantaciones ni planes de manejo sistematizados. En el país 2.5 millones de hectáreas son aptas para plantaciones forestales, siendo el 49 % de alta productividad.

Es por ello que el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), comenzó un programa de multiplicación de esta especie forestal empleando técnica de pseudoestacas. Actualmente existen grandes extensiones de terrenos sin cobertura forestal, o bajo sistemas de producción extensiva que son ecológica y económicamente insostenibles.

Chaves y Fonseca (1991), reportan que al momento de establecer plantaciones forestales de teca se deben considerar diversos factores limitantes para su crecimiento, como son los suelos poco profundos, el mal drenaje, suelos compactados y la textura arcillosa, los sitios bajos con alta precipitación o sin un período seco marcado de tres a cinco meses.

El diagnóstico de los aspectos químicos de la fertilidad del suelo recaba información del potencial de un suelo para abastecer los nutrimentos que requiere un cultivo, permite identificar problemas de carácter nutrimental o no nutrimental, que podrían estar afectando o afectarían el desarrollo y crecimiento. Los análisis químicos incluyen a las variables químicas asociadas directamente con la fertilidad de los suelos y los indicadores químicos de la disponibilidad nutrimental. Entre los primeros se encuentran el pH y materia orgánica (MO), entre otros (Etchevers y Padilla 2007).

Investigaciones realizadas por Chaves y Fonseca (1991), indican que la teca es una especie que exige suelos fértiles, con alto contenido de cationes (Ca, Mg y K) y P), suelos profundos, bien drenados y con muy buena aireación, estos mismo autores expresan que la fertilización química, debe considerarse una práctica rutinaria en las plantaciones de teca, para ello es necesario contar con información referente, al lugar de establecimiento del cultivo.

En Nicaragua el establecimiento de plantaciones forestales representa una actividad económica de importancia; el desarrollo de la industria maderera es cada vez mayor en el país, siendo esta una opción sostenible, evitando la deforestación de bosques naturales. Durante 2009 y 2010, la empresa Norteak-HEMCONIC estableció plantaciones comerciales de teca, en las tres Divisiones Forestales (La Embajada, Bonanza y Siuna), en la región del Atlántico del país, para determinar los requerimientos nutricionales de la teca, es por ello que se diseñó un ensayo sobre fertilización química para mejorar la productividad de la plantación.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Evaluar el efecto de niveles de fertilización en el crecimiento inicial del cultivo de teca (*Tectona grandis* Linn F).

Objetivos específicos

- ✓ Determinar el efecto de niveles de fertilización sobre la altura y diámetro en el cultivo de teca.
- ✓ Evaluar el efecto de niveles de fertilización sobre el área basal y volumen en el cultivo de teca.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Requerimientos de la teca (*Tectona grandis* L.f.)

De acuerdo a Flinta (1960), la teca requiere condiciones de temperaturas medias anuales entre 21 °C y 28 °C; y precipitación media anual que varía de 760 a 5000 mm, preferentemente entre 1000 a 1800 mm/año, con una estación seca bien definida entre tres a siete meses, y en sitios con altitudes desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm (Briscoe, 1995).

La teca en condiciones naturales crece en diversos tipos de suelo, alcanzando los mejores desarrollos en suelos franco-arenosos a arcillosos, fértiles, bien drenados y con pH ligeramente ácidos o neutros (Briscoe, 1995). Según la FAO (2005); citada por Salazar y Albertin (1974), expresan que los suelos compactos, arcillosos húmedos, lateríticos y arenosos secos son inadecuados para el buen desarrollo de la teca; agregan que es una especie muy exigente con respecto a suelos profundos, bien drenados y de poca elevación y que bajo estas condiciones, la fertilidad es un factor secundario, específicamente para Centro América (Chávez y Fonseca 1991).

Vaides (2004), reporta que para establecer plantaciones de teca se deben elegir terrenos con elevaciones menores a los 220 msnm y que no excedan una pendiente del 40%, así mismo Kaosa-ard (1981), expresa que la teca puede crecer en diversos suelos, pero su desarrollo es mejor en suelos profundos, bien drenados y fértiles. Los autores antes mencionados concuerdan que para un buen desarrollo la teca necesita, una estación seca bien definida, precipitación media anual de 760 a 5000 mm, una temperatura media anual de entre 21 y 28 °C, suelos sueltos, bien drenados.

3.2 Ubicación y descripción del área de estudio

El estudio se efectuó en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), en la empresa Nortek Madera-HEMCONIC, en la finca “El Waspado”, la ubicada con coordenadas UTM 726159.71 1510398.51. Se conformaron tres réplicas en diferentes partes de la finca (Figura 1, Anexo 8).

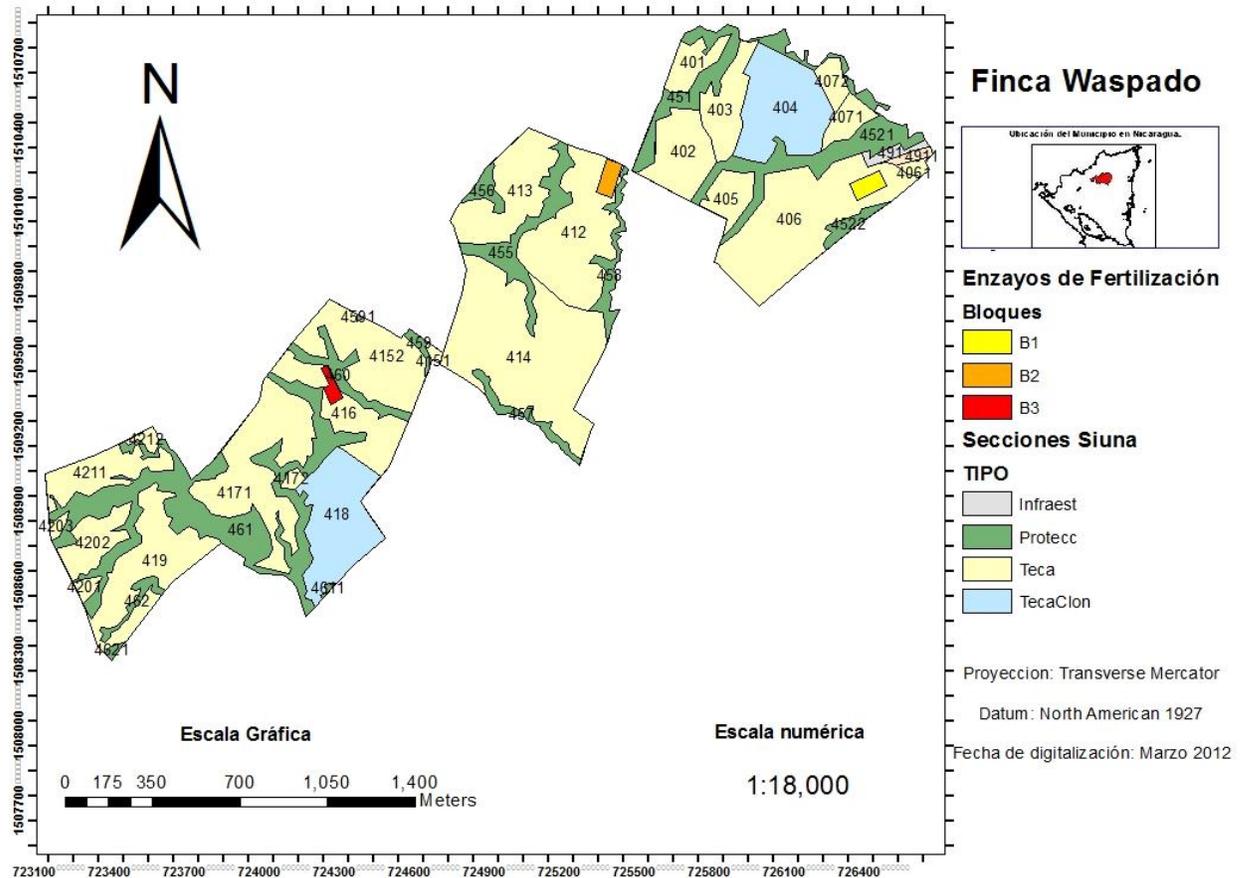


Figura 1. Localización de las réplicas (B1, B2, B3), en la División Forestal de Siuna, 2012.

El municipio de Siuna cuenta una estación lluviosa de 10 meses, con precipitaciones promedio mensual de 650 mm, siendo estas superiores en la mayoría de los meses a la norma históricas, con temperaturas máximas de 26.9 °C y mínimas de 23 °C (INETER, 2013). El clima de la zona es tropical húmedo y el período seco se extiende entre los meses de marzo y abril, con temperaturas mínimas de 23 °C, en los meses de diciembre y febrero, y las máximas de 32 °C entre marzo, abril y de agosto a septiembre. Los vientos predominantes tienen dirección Este a Oeste durante la mayor parte del año; sin embargo durante noviembre y diciembre toman dirección de Norte a Sur (Figura 2).

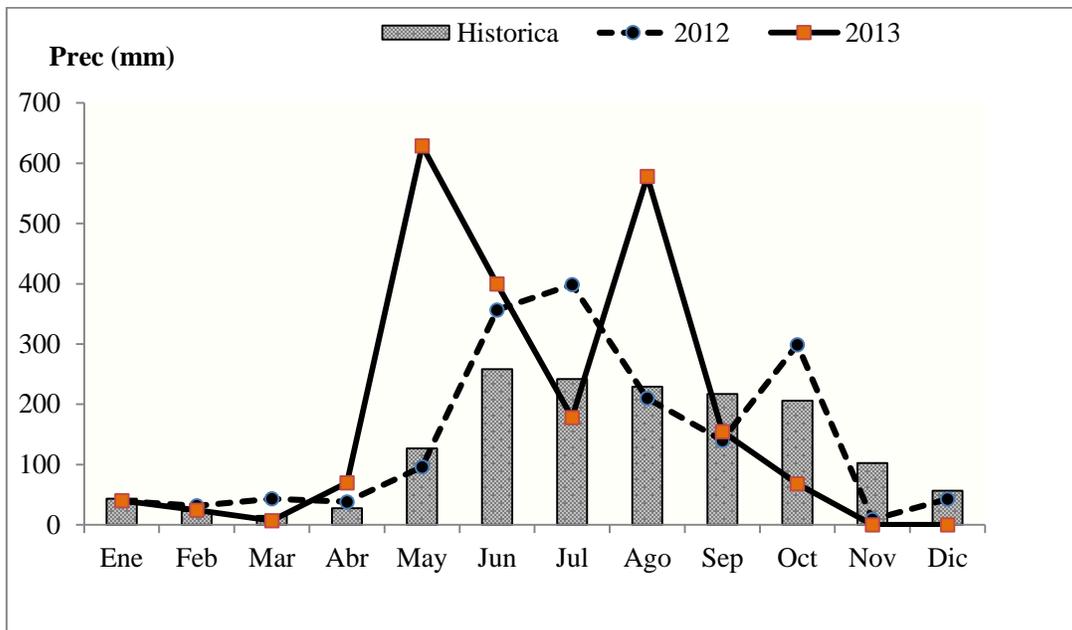


Figura 2. Pprecipitación media mensual en el municipio de Siuna, RAAN (Fuente: INETER, 2013).

3.3 Producción de plántulas

Las plántulas, fueron propagadas mediante la técnica de tubete, que consiste en el depósito de la semilla directamente, en bandeja sobre cuerdas de alambre galvanizado. Los tubetes tienen forma cónica para facilitar el drenaje y un desarrollo radicular bien estructurado (Anexo 9). Esta tecnología permite extraer las plántulas fácilmente, y poder reutilizarlos. El sustrato utilizado fue bocachi y los ingredientes utilizados para producir un m³ fueron los siguientes:

- Carbón molido : 18 kg
- Estiércol bovino: 54 kg
- Semolina: 54 kg
- Cascarilla de arroz: 54 kg
- Tierra tamizada: 108 kg
- Melaza: 20 litros

El sustrato final consistió en una relación de 50% de tierra tamizada y 50% de bocachi (Anexo 9). Y 92 g de fertibiol, es un producto 100% biológico, a base de bacterias nitro fijadoras y solubilizadoras de fósforo, además contiene hongos biocontroladores de enfermedades, está compuesto por *Bacillus* 8×10^{10} , *Azotobacter* 7×10^{10} , *Pseudomonas* 8×10^{10} y Micorrizas.

3.4 Análisis de suelo

Rodríguez y Rodríguez (2002), indican que los objetivos de un análisis de suelo es determinar con precisión la disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas, tanto deficiencias como los excesos (de acuerdo a los cultivos). Además, ayudan a determinar las necesidades de fertilización. El análisis del suelo probablemente es la opción más práctica para evaluar la fertilidad de los mismos.

Antes del establecimiento de la plantación en la finca “El Waspado”, se realizó un muestreo de suelo. Se colectaron 20 muestras compuestas, cada muestra compuesta estuvo conformada por 20 submuestras simples (Una barrenada), en cada uno de los bloques conformados, los cuales se enviaron al laboratorio LAQUISA, para su posterior análisis químico.

En la determinación del calcio, magnesio y potasio se usó un espectrofotómetro de absorción atómica, aplicando el empleo el método del DTPA (ácido dietilenotriamino penta acético). El contenido de materia orgánica fue determinado a través del método del carbón orgánico oxidable, con dicromato de potasio a un molar en medio sulfúrico, mediante titulación con sulfato ferroso, de esta manera se determinó el contenido de nitrógeno por aproximación. En la cuantificación del fósforo fue necesario emplear el método de Olsen, utilizando un espectro fotómetro de luz ultravioleta a una intensidad de onda de luz de 880 nanómetros, así mismo para medir el pH se empleó un potenciómetro (LAQUISA, 2012).

3.5 Preparación del terreno

Se inició con la limpieza del terreno, eliminando arbustos y hierbas presentes, se aplicó herbicida (Round up[®]), para eliminar los arvenses presentes en el terreno (2 l ha^{-1}). La preparación del suelo se realizó con maquinaria agrícola (Tractor) para romper las capas endurecidas en los primeros 30 cm y facilitar el establecimiento de las plántulas en campo.

3.6 Establecimiento de la plantación

Las plantas se establecieron en mayo del 2012, cuando tenían seis meses de edad con alturas promedios de 30 cm, las dimensiones de la postura de siembra fue de $0.2 \times 0.2 \times 0.2 \text{ m}$, el espaciamiento entre planta fue de cuatro metros entre surco y tres metros entre planta. El cáseso se realizó tres veces usando azadón. Estas distancias de siembras fueron definidas producto de la experiencia obtenida por Fonseca (2004), en plantaciones de teca en Costa Rica.

3.7 Arreglos en los niveles de fertilización

El ensayo fue establecido bajo un arreglo unifactorial, en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), conformando tres bloques y cinco tratamientos (niveles de fertilización). La demarcación del área fue realizada mediante una zanja en forma de (L) a una profundidad de 30 cm, rotulando cada bloque y los niveles de fertilización evaluados.

Los niveles de fertilización fueron definidos, producto del análisis de suelo realizados en el sitio de siembra; empleando dos formulaciones, una sencilla 15-15-15 (N-P-K), y otra adicionando micronutrientes y un fertilizante compuesto denominado Tecaplex, (13-30-5-2S-1.5Zn-1.8B-4SH), elaborado por FORMUNICA considerando las necesidades del cultivo de teca y el análisis de suelo, se planificaron dos aplicaciones de fertilizante por año. A partir del tercer mes, incrementando de 40 a 80 g de fertilizantes por árbol (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos empleados en el ensayo.

Tratamientos	Tratamientos, a un mes de plantado	A tres meses de plantado
T1	40 g 15-15-15	80g 15-15-15
T2	40 g 15-15-15+454 g (CaCO ₃)	80g 15-15-15+454 g (CaCO ₃)
T3	40 g Tecaplex	80g Tecaplex
T4	40 g Tecaplex + 454 g (CaCO ₃)	80g Tecaplex + 454 g (CaCO ₃)
T5	Control (454 g (CaCO ₃))	Control (454 g (CaCO ₃))

Las parcelas experimentales se conformaron por 49 plantas (siete hileras, siete plantas), considerando las cinco líneas centrales como área de muestreo y las dos líneas laterales como efecto de borde. Cada bloque tenía una dimensión de 8 820 m² (Figura 3 y Figura 4).

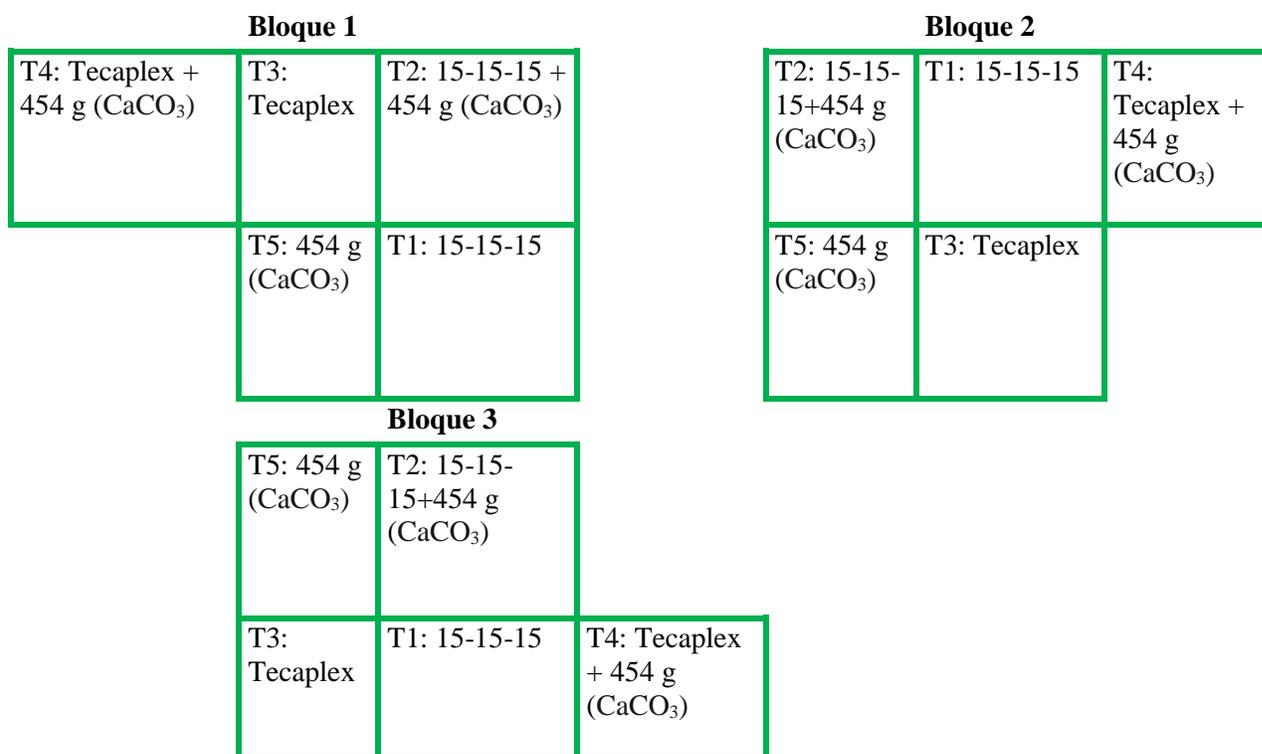


Figura 3. Distribución de los tratamientos por bloques.

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	43	44	45	46	47	48	49	X	X
X	X	36	37	38	39	40	41	42	X	X
X	X	29	30	31	32	33	34	35	X	X
X	X	22	23	24	25	26	27	28	X	X
X	X	15	16	17	18	19	20	21	X	X
X	X	8	9	10	11	12	13	14	X	X
X	X	1	2	3	4	5	6	7	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 4. Distribución de las plantas para cada bloque
(X: Dos líneas de Árboles-bordes)

3.8 Manejo de la plantación

El mantenimiento de la plantación consistió en la eliminación de arvenses, principalmente en la época de lluvia, cada bloque estuvo debidamente protegido con un cerco de alambre perimetral para evitar la entrada de animales (caballos-vacas).

3.8.1 Aplicación de fertilizantes

Se aplicó fertilizante en forma manual a una distancia de 20 cm alrededor de la planta. El fertilizante fue distribuido de manera uniforme e incorporado al suelo a una profundidad de 2.5 cm (Anexo 9).

3.8.2 Manejo de plagas

Se realizaron visitas semanales para definir métodos preventivos para el manejo de insectos cortadores (*Atta spp.*), fue necesario aplicar agua con jabón y detergente por una semana continua, directamente en la tronera para eliminar este insecto.

3.8.3 Prevención y control de incendios

Se utilizaron rondas corta fuego, alrededor de cada bloque establecido, y en toda la finca.

3.9 Variables evaluadas

El registro de la información inicio a los 30 días de haber sido establecidas las plantas y posteriormente a los 3.5, 7, 12, 18 y 24 meses después del establecimiento.

Sobrevivencia (%). Se contabilizaron las plantas fisiológicamente activas, expresando los resultados en porcentajes.

Altura de la planta (cm). Se registró desde la superficie del suelo hasta el ápice de la copa, calculando los incrementos en cada momento del muestreo.

DAP (cm). El diámetro a la altura del pecho fue medido en centímetros iniciando a los 3.5 meses.

Área basal (m²). Calculada a través de la fórmula.

$$ab = \pi / 4 \times DAP^2$$

Dónde: DAP (Diámetro a la altura del pecho) es el diámetro elevado al cuadrado.

Volumen (m³). El volumen individual por árbol, determinada mediante la fórmula:

$$V = ab \times h \times 0.7$$

Dónde:

ab = área basal

h = altura promedio del árbol por cada parcela

0.7 = coeficiente fijo que corresponde al peso específico

Vigor de la planta. El vigor es una características del árbol, se consideró el aspecto general de la planta, examinando visualmente el área de la parcela útil para ello fueron planteado diversos parámetros, tomando como base los propuestos por Briscoe, (1995).

Débil (1)= Plantas con hojas pequeñas y cloróticas, tallos delgados.

Vigorosas (2)= Plantas con hojas grandes y coloración verde, tallos gruesos.

Forma del fuste. Tomado de manera visual, retomando los parámetros reportado por Briscoe (1995).

Bifurcado (1)

Recto con ramas (2)

Recto sin ramas (3)

3.10 Análisis de la información

Los datos fueron manejaron en una hoja electrónica (Excel), procesados y analizados con el paquete software SAS (9.2), empleando el módulo UNIVARIATE, para comprobar la normalidad de los datos, mediante un arreglo factorial, considerando el bloqueo, y la fertilización. La comparación de medias fue sometida a técnica de DMS ($p=0.05$). Las variables sometidas al análisis estadístico fueron, altura, diámetro, área basal y volumen, así como estadística descriptiva (media, máxima, mínima). El modelo aditivo lineal (MAL) utilizado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + (\lambda\beta)_{kl} + \tau_i + (\tau\alpha)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijk} = Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos

μ =Es el efecto de la media muestral

i = Es el efecto de la i -ésima fertilización

k = Es el efecto de k -ésimo bloque conformado

l = Es el efecto de la l -ésima repetición

$(\lambda\beta)_{kl}$ = Es el efecto del k -ésimo bloque conformado y la l -ésima repetición

$(\tau\alpha)_{ij}$ = Es el efecto del i -ésima fertilización y el k -ésimo bloque

ε_{ijkl} = Es la variación aleatoria o error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables evaluadas

En el cuadro 2 se muestra una síntesis del análisis de varianza, reflejando la significación estadística $Pr (\infty < 0.05)$, para cada variables así como el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de variación (CV). De acuerdo a Levín y Rubin, (1996), estos son parámetros de importancia para representar la precisión del modelo matemático aplicado a las variables evaluadas.

Mediante el análisis de varianza, se determinó que los factores evaluados tienen efecto en la mayoría de las variables, únicamente la forma de la planta no fue influenciada por los niveles de fertilización, esta variable responde directamente a factores genéticos y de manejo (Fertilización). El bloqueo fue significativo, demostrando que el terreno posee variabilidad espacial, por lo que fue aislada por este tipo de control por bloque (Cuadro 2).

Cuadro 2. Significación estadística ($Pr > F$) en variables y factores evaluados.

Descripción	Bloques	Tratamiento (Niveles de fertilización)	CV (%)	R^2
Altura de la planta	0.0001	0.0194	3.87	0.99
Salud de la planta	0.0002	0.0001	1.22	0.97
Diámetro de la planta	0.0003	0.0001	22.35	0.95
Forma de la planta	0.0001	0.0670	0.42	0.99
Área basal	0.0023	0.0001	40.49	0.90
Volumen	0.0002	0.0001	50.69	0.89

*Si $Pr \leq 0.05$ es significativo, CV= Coeficiente de variación, R^2 = Coeficiente de determinación

4.2 Análisis de suelo del sitio de establecimiento de la plantación

El nitrógeno es un elemento esencial que absorben las plantas en forma solubles de iones de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) y compuesto nitrogenados de bajo peso molecular. De acuerdo a Bidwell (1990), este elemento tiene un rol muy importante en las reacciones metabólicas por lo que las plantas exigen grandes cantidades de este elemento. En el sitio de establecimiento de la plantación existen valores promedios de 0.112%. Según Castillo (2013), estos valores son categorizados como altos, por lo que el terreno de siembra prestó las condiciones para el establecimiento de la teca en cuanto a este elemento.

Chaves y Fonseca (1991), reporta que el contenido de nitrógeno en suelos del trópico, está relacionado al contenido de humus. Así mismo, hay que considerar dentro de la condiciones la relación que existe entre los nutrientes y la humedad del suelo, la cual influye también sobre el proceso de mineralización de la materia orgánica. El alto contenido de calcio y la humedad del suelo promueven la descomposición rápida de la materia orgánica (Alvarado, 2006).

En cuanto al fósforo, este elemento es absorbido por la planta en forma de fosfato inorgánico, principalmente como aniones de H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} . El pH del suelo controla la abundancia relativa de este elemento, la máxima asimilabilidad por la planta es llevada a cabo cuando el pH alcanza valores de seis y siete (Salisbury y Ross, 1994). Cuando se aplica fósforo en las primeras etapas de desarrollo de la planta este elemento estimula su crecimiento (Fonseca, 2004). Este estudio determinó que el contenido de fósforo en el suelo donde se estableció la teca presentó cantidades muy bajas, dicha concentración esta íntimamente ligado a otros factores del suelo como, la cal activa y la materia orgánica.

Rodríguez (1982), afirma que el potasio es absorbido en forma de cationes (K^+), la absorción en el suelo depende de las concentraciones de otros cationes como el magnesio (Mg^{2+}), los árboles de teca requieren grandes cantidades de este elemento, para estimular el crecimiento. La deficiencia de potasio limita la poca movilidad de tejido joven a los puntos de crecimientos (Fonseca, 2004). Los rangos del contenido de potasio, en estos suelos se encuentran entre niveles bajo y extremadamente bajos, dichos niveles corresponde a los establecidos por LAQUISA (2012).

Tomando en cuenta que la planta de teca, requiere suelo con pH mayores a 5.5 y altos contenidos de calcio intercambiable (Alvarado, 2006), se determinó que el sitio de siembra presentó valores de pH aptos (5.91), para el establecimiento de este cultivo y valores de calcio medio (Cuadro 3). Vaides (2004), reportó alta productividad y excelentes rendimientos en suelos con un pH superior a 5.5, este valor es apto para el crecimiento y desarrollo de la teca. A estos niveles el sistema radicular de las plantas no es afectado por la presencia de elementos acidificantes (Al, Fe).

En cuanto al contenido de calcio en el suelo se reportan valores intermedios, según lo establecido por LAQUISA; (2012). Este elemento tiene importancia durante la floración y la formación de los frutos, sin embargo los altos contenido de este elemento inhiben la absorción de otros (Mg, K). Zambrana (1987), manifiesta que para hacer un programa de fertilización es importante conocer el ciclo de nutrientes dentro de la plantación. Montero (1999), en estudios realizados en Costa Rica, reportó que la teca no demanda grandes cantidades de Ca, ya que encontró un adecuado nivel de desarrollo en plantaciones de dos a 45 años de edad, en suelos con bajos contenidos de calcio.

Al analizar la relación Mg/K, es importante y debe de mantenerse en valores entre 0.3 - 0.8, los valores fuera de este rango indican bloqueo de elemento respecto a otro. Los valores promedios de la relación Ca+Mg/k superar el rango (10 - 40), mencionado por Castillo (2013), indica que la suma de ambas bases (Ca y Mg), está interfiriendo en la asimilación del potasio por la planta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos en variables químicas y físicas en muestras de suelo.

Código	Descriptor	Media	DE
M.O	Materia orgánica (%)	2.23	0.71
pH	Acidez/alcalinidad	5.91	0.36
N	Nitrógeno (%)	0.112	0.034
P	Fósforo (ppm)	4.886	2.250
K	Potasio (meq/100g)	0.400	0.130
Ca	Calcio (meq/100g)	11.60	5.45
Mg	Magnesio (meq/100g)	4.367	2.44
Ca+Mg/K	Relación de elementos	44.66	24.98
Ca/K	Relación de elementos	32.56	18.40
Mg/K	Relación de elementos	12.11	7.18

* $\alpha = 0.05$

DE = Desviación Estándar.

4.3. Altura de la planta

El crecimiento en altura es afectado por la calidad de sitio de siembra y la densidad de la plantación, es decir la influencia de todos los factores que intervienen en el buen desempeño de una plantación (Bebarta, 1999). Se encontró diferencia entre los tratamientos a partir de los 12 meses, destacándose los tratamientos uno, (15-15-15) y dos (15-15-15 + 454 g CaCO₃), el control (454 g CaCO₃), mostró menor altura, en todos los momentos registrados, de acuerdo a las mediciones realizadas los incrementos en alturas durante el primer año fue inferior a los 40 cm para todos los tratamientos. Sin embargo, entre los 12 y 18 meses las plantas tuvieron un rápido desarrollo, reduciendo su crecimiento a los 24 meses (Figura 5). Los incrementos en el crecimiento en los diferentes momentos de evaluación se observan en el anexo 10.

Estos resultados concuerdan con lo planteado por Chávez y Fonseca (1991), quienes expresan que el suministro de nitrógeno, fósforo y potasio, son considerados como los elementos más importantes para el crecimiento de la teca. En estudios realizados por Singh (1997) en Kerala, India, en plantaciones de teca obtuvo excelentes respuesta a fertilización química. Balam (2006) en estudios realizados a tres especies de rápido crecimiento a dos años de establecidas, encontró que la teca alcanzó altura mayores a los cinco metros. Así mismo este autor expresa que el crecimiento está en dependencia de la edad de la planta y la calidad del sitio.

Resultados similares a los del presente estudio, son reportados por Ali y Tahir (2002) quienes demostraron que la altura de los árboles son afectados por la fertilización, principalmente por nitrógeno y fósforo. Plaster (1985); citado por Rodas (2006) menciona que el buen suministro de nitrógeno permite que la planta alcance un crecimiento vigoroso, hojas grandes y tallos largos. Fonseca (2000), recomienda aplicar fertilizantes para producir un incremento en diámetro y altura (Figura 5).

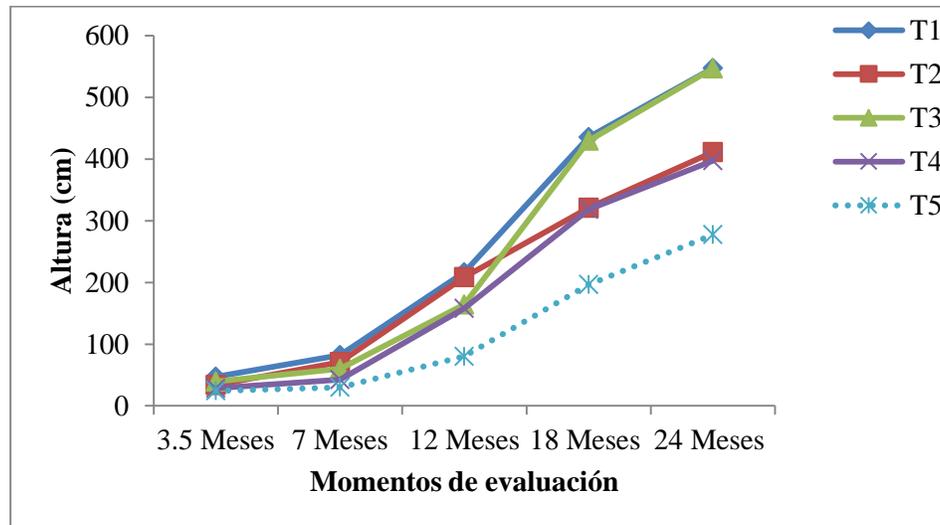


Figura 5. Altura de los árboles de teca en diferentes momentos de evaluación.

Estudios realizados por Flores *et al.*, (2009), en México, reportan que la teca alcanza el crecimiento en altura menor con 5.36 metros anualmente; y se relacionan con los factores del sitio de establecimiento y condiciones climáticas, similares, a las características de las áreas de distribución natural de la especie. Una de las limitantes principales fue la precipitación; puesto que en el sitio de origen de la especie llueve de 1250 a 2500 mm anuales y en el lugar de la plantación las precipitaciones fueron inferiores.

De acuerdo a Chávez *et al.*, (1991), el crecimiento de la teca puede resumirse en una etapa inicial de rápido desarrollo, luego una etapa media y finalmente una etapa lenta después de 8 o 10 años, estos autores realizaron estudios en Honduras, reportando crecimientos de cuatro metros en plantaciones mayores a los dos años de edad. En Centro América los mejores incrementos corresponden a Costa Rica con 3.25 a 3.31 metros por años (Guido, 2011).

4.4. Vigor de la planta

Los mayores porcentaje de plantas vigorosas se encontraron en los tratamientos uno (15-15-15) y dos (15-15-15 + 454 g CaCO₃), a los 18 y 24 meses. En estudios realizados por MARENA/SAREC (1995), reportan que el vigor de las plantas está relacionado a la disponibilidad de elementos minerales en el suelo. Rodríguez (1982), indica que las relaciones de las bases (Ca+Mg/K), influyen en la absorción del potasio del suelo, esto se refleja en una mayor cantidad de plantas débiles en campo (Figura 6).

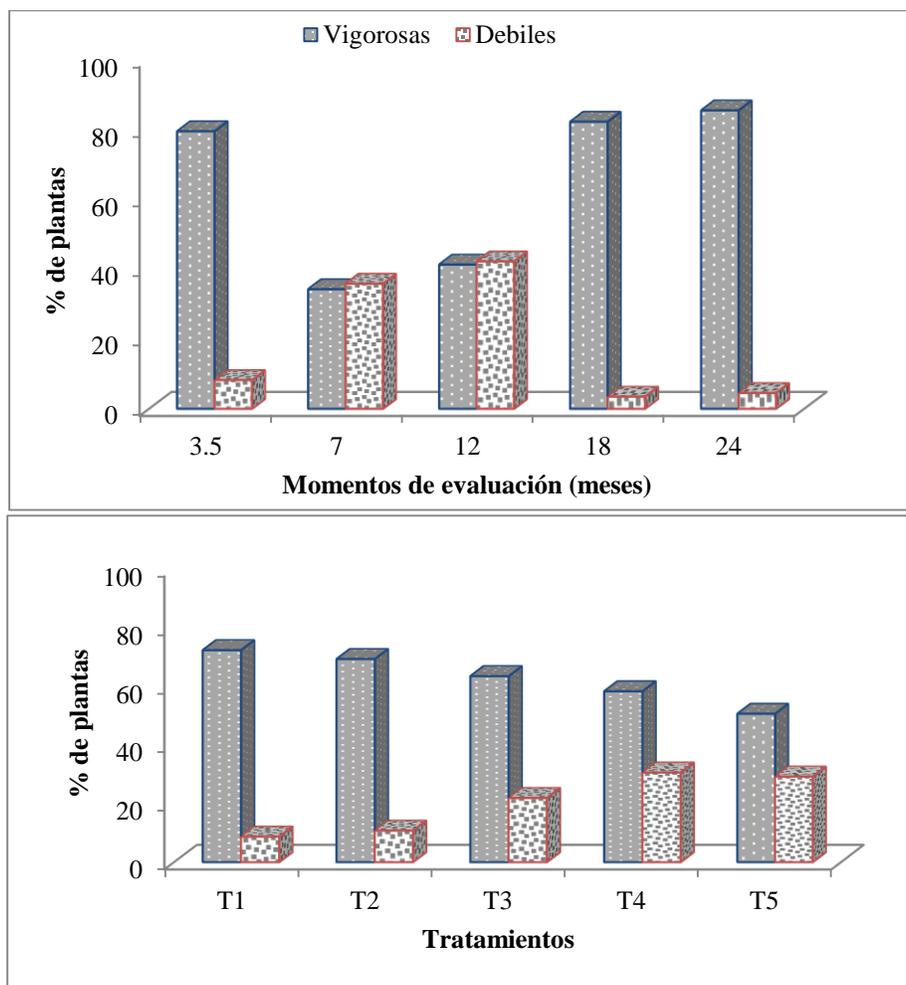


Figura 6. Porcentaje de plantas de teca, débiles y vigorosas, en las diferentes momentos de evaluación y niveles de fertilización.

En estudios realizados por Guido (2011), en plantaciones de teca de siete años, encontró plantas vigorosas hasta en un 100%, este autor manifiesta que dichos resultados fueron obtenidos producto de las labores de raleo aplicado a la plantación cuando esta tenía seis años de edad. Otros factores que afectan a las plantaciones son las diferencias en las condiciones de sitio de siembra (Lonsdale y Watkinson, 1983), además de los factores físicos como el viento y las plagas forestales que ocasionan daño mecánico o fisiológico al árbol (Conafor, 2005). La densidad es un factor que influye fuertemente en el crecimiento en los primeros cinco años de establecimiento de una plantación (Mayhew y Newton, 1998).

4.5. Sobrevivencia de la planta

La supervivencia por sí sola, no es suficiente para tomar decisiones, adicionalmente es recomendable obtener información sobre las condiciones del sitio y de las plantas, por ejemplo, distribución espacial de las plantas vivas, causas de muerte, daño, plagas y enfermedades o competencia con malezas, con el fin de usar esa información para determinar el futuro de la plantación (Matney y Hodges, 1991).

A los 3.5 meses, se registró sobrevivencia menores al 50% en todos los tratamientos, al final del periodo de evaluación (24 meses) encontrando el 35% de plantas vivas, presentes en el tratamiento cuatro (Tecaplex + 454 g CaCO₃). Flores *et al.*, (2009), reportan porcentaje de sobrevivencia inferiores al 55%, por lo que los valores obtenidos en el presente estudios son muy similares a los publicados por estos autores. Por otro lado Alcalá *et al.*, (2002), indica que la sobrevivencia está influenciada por las condiciones ambientales y disponibilidad de elementos en el suelo, por lo que el conocimiento de las propiedades químicas del sitio donde se establecerá la plantación es de gran importancia, para corregir deficiencias minerales si fuese necesario.

Guido (2011), expresa que la sobrevivencia de los árboles de teca está relacionada con las condiciones ambientales, la preparación del terreno, labores de manejo y condiciones del sitio de siembra. Este autor reporta sobrevivencias del 100% en plantaciones de siete años de edad, por otro lado Gómez (1989), en estudios de ocho especies de rápido crecimiento, cuatro exótica y tres nativas de México, en edades de siete años, encontró sobrevivencias del 20% para *Tectona grandis*, en este caso los valores son inferiores a los encontrados en el presente estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de plantas vivas en los diferentes tratamientos evaluados, en las diferentes fechas de toma de datos.

Trat	Descripción	Momentos de evaluación (Meses)				
		3.5	7	12	18	24
		Sobrevivencia (%)				
T1	15-15-15	48	44	42	36	29
T2	15-15- 15+454g (CaCO ₃)	46	44	41	36	29
T3	Tecaplex	46	46	43	42	33
T4	Tecaplex + 454g (CaCO ₃)	48	48	46	41	35
T5	454 g (CaCO ₃)	48	45	39	35	30

* n=49 árboles, Trat (Tratamiento).

Haggar *et al.*, (2000), mencionan que 60% de supervivencia es considerado un porcentaje alto. La supervivencia puede ser afectada en gran medida por los espaciamientos en las especies tropicales (Evans y Turnbull, 2004), además el árbol es más vulnerable a la sequía y a condiciones ambientales desfavorables (Barchuk y Díaz, 1999). Cabe señalar que, de acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (Conafor, 2008), para que una plantación sea sujeto de apoyo debe cumplir con 70% a 80% de supervivencia a un año de edad. La supervivencia de la especie está más relacionada con las condiciones del sitio, con la cantidad de luz, agua, manejo de la plantación y nutrimentos del suelo.

4.6. Forma del fuste de las planta

En términos generales se encontró que las plantas presentaron fustes rectos sin ramificaciones, para los diferentes tratamientos evaluados (Figura 6), en cambio los tallos bifurcados, fueron inferiores al cinco por ciento, esto garantiza mayor aprovechamiento de la madera. Pérez (1998); citado por Rodas (2006), realizó análisis fustales y reporta que las bifurcaciones del fuste, influenciado por la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo.

Chávez *et al.*, (1991); citado por Rodas (2006), indica que estas diferencias en los fustes se observó mejor cuando las plantas son afectadas por agentes bióticos (insectos, patógenos etc), así como por la cantidad de calcio, capacidad de intercambio catiónico profundidad y textura del suelo. Guido (2011), menciona que la rectitud de los fustes es característica de la especie. Estudios realizados por Britos *et al.*, (2013), en relación a la forma de fuste, encontró que hubo mayor porcentaje de individuos con tallos rectos, siendo esta una característica de la especie.

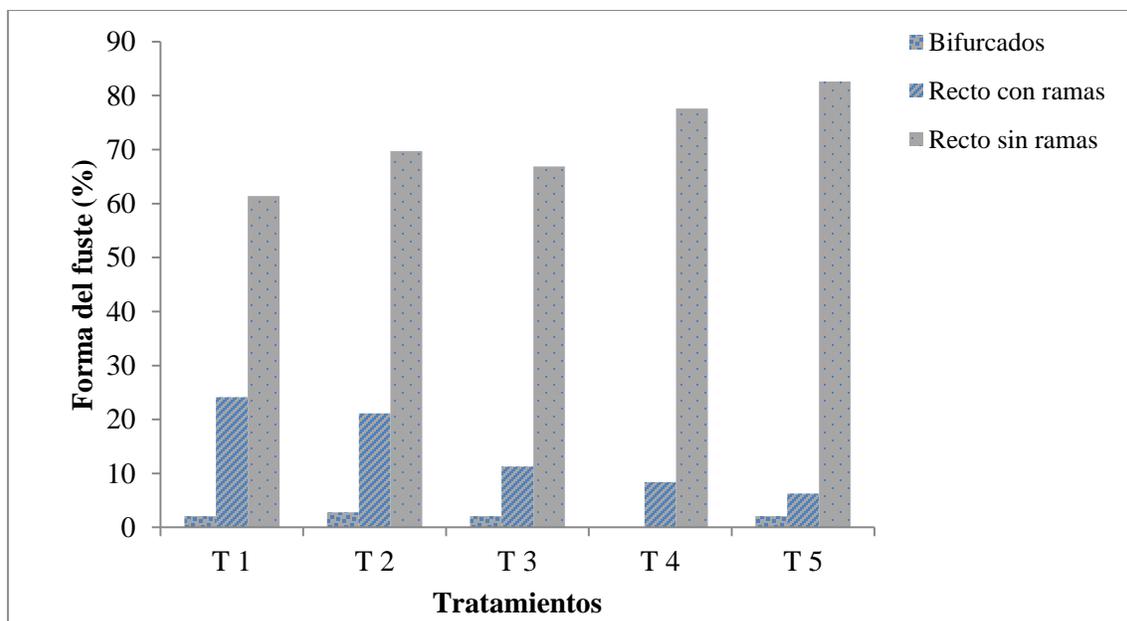


Figura 7. Forma del fuste en plantas de teca, en los diferentes tratamientos evaluados en la División Forestal de Siuna.

4.7. Variables dasométricas

Al analizar los diámetros de las plantas los valores menores se reportan en el tratamiento control (454 g CaCO₃), seguido por el tratamiento uno (15-15-15), y tratamiento dos (15-15-15 + 454 g CaCO₃), bajo estos tratamientos se registraron formas de fuste bifurcados, se encontró que el tratamiento uno (15-15-15), tratamiento tres (Tecaplex), mostraron árboles bifurcados (Cuadro 5). De acuerdo a Fonseca (2000), cuando se aplicó fórmula completa en la fertilización, existió un incremento en cuanto a la altura y al diámetro, de las plantas de teca. Singh (1977), menciona que en plantaciones con seis meses de edad sometidas a fertilización completa logran crecer hasta en un 60%, al compararse con plantaciones que no reciben fertilización, por lo cual se demostró la importancia de aplicar fertilización química en plantaciones forestales de teca.

Los menores valores en volumen y áreas basales corresponden al tratamiento uno (15-15-15) y tratamiento dos (15-15-15 + 454 g CaCO₃), siendo superado por los restantes tratamientos evaluados. Sima (2010); citado por Rodas, (2006), en estudios realizados en plantaciones de teca en Costa Rica encontró que el nitrógeno (N), cobre (Cu), potasio (K), y calcio (Ca), influyen en el desarrollo de las plantas concordando con los resultados obtenidos en el presente estudio. El volumen y el área basal tuvieron un comportamiento muy similar en donde los mayores valores correspondieron a los 24 meses (Cuadro 5).

Guido (2011), realizó estudios en plantaciones de teca de dos años de edad en México encontró incremento promedio en volumen de 0.089 m³ por árbol/año, este mismo autor expresa que la tasa de crecimiento en volumen aumentara a medida que el árbol se desarrolle hasta el momento de la cosecha.

Cuadro 5. Separaciones de media para las variables dasométricas (DMS=0.05), para los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamientos	Descripción	Variables		
		Diámetro (m)	Área basal m ²	Volumen m ³
T 1	15-15-15	0.141 b	0.148 b	41.828 b
T 2	15-15-15+454g (CaCO ₃)	0.170 a	0.219 a	74.975 a
T 3	Tecaplex	0.166 a	0.227 a	73.177 a
T 4	Tecaplex + 454g (CaCO ₃)	0.171 a	0.230 a	79.005 a
T 5	454 g (CaCO ₃)	0.096 c	0.057 c	14.041 c
LSD, 0.5		0.0138	0.029	11.47

*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (LSD, $\alpha=0.05$)

Para lograr tal objetivo han considerado e incluso implementado varias tecnologías como la fertilización y el riego por goteo, debido a que el desempeño que puede tener una plantación responde también a prácticas de manejo, además de la calidad del sitio y al complejo de factores climáticos y edáficos. En las mayorías de las plantaciones de teca otro factor de gran importancia y que amenaza el desarrollo de la misma lo constituye la presencia de plagas y enfermedades (Joshi y Farooqui, 1997).

V CONCLUSIONES

Las variables de crecimiento (altura de planta, diámetro, área basal) en las plantaciones de teca fueron afectados por las formulaciones químicas (15-15-15) y Tecaplex, (T3) a partir de los 12 meses, en dichos tratamientos se observaron las plantas de mayor volumen.

La formulación 15-15-15 y sus diferentes combinaciones con cal (CaCO_3), fueron los que mostraron los tallos rectos sin ramificaciones, Así mismo se determinó que el sitio de siembra no cumple con las demandas nutricionales de la especie, en cuanto a la disponibilidad de todos los elementos necesario para su crecimiento y desarrollo.

VI. LITERATURA CITADA

- Ali, AS y S.M. Tahir. 2002. Fertilizer requirements of newly planted teak (*Tectona grandis* L.f) Seedling. *Pertanika J. Trap. Agric. Sci. Universiti Putra, Malaysia*. 25(2):121-129.
- Alvarado, A. 2006. Nutrición y fertilización de la teca. *Informaciones Agronómicas*. 61:1-8.
- Balam C.M.A. 2006. Evaluación de tres especies de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. Tesis profesional de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología. 106 p.
- Bebarta, KC. 1999. Teak; ecology, silviculture, management and profitability. *International Book Distributors*. India. 380 p.
- Bidwell, R.G.S. 1990. Fisiología Vegetal. A.G.T. Editor. Pp: 245-292.
- Biscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Turrialba, CR. Diseminación del cultivo de árboles de uso múltiples. Proyecto 1. CATIE. Serie técnica, Informe técnico. No. 270. Área silvicultural de bosques tropicales. 44 p.
- Barchuk, A.H. y M.P. Díaz. 1999. Regeneration and structure of *Aspidosperma quebracho-blanco* Schl. in the Arid Chaco (Córdoba, Argentina). *Forest Ecology and Management* 118:31-36.
- Britos Paniaguas, GA; Martín, Quintero; Manuel, M. Encino. 2013. Crecimiento de especies forestales nativas en una plantación mixta en el alto de Panamá. *Rev. Investigación Agraria* 8 (2): 50-57.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. Disponible en línea: http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal?option=com_contenttask=viewid=50&Itemid=64/index.php. Consultada el 16 de julio de 2009.
- _____ (Comisión Nacional Forestal). 2008. Programa Forestal de la Comisión Estatal Forestal de Tabasco. Disponible en línea: www.conafor.gob.mx. Consultada el 23 de septiembre de 2009.
- Castillo Altamirano, X. 2013. Determinación de la fertilidad en suelos del occidente de Nicaragua. En línea. Consultado agosto. 2014. En <http://www.monografias.com/trabajos95/determinacion-fertilidad-suelos-del-occidente-nicaragua/determinacion-fertilidad-suelos-del-occidente-nicaragua.shtml>.
- Chaves, E y Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis*), especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- Etchevers B., J. D. y Padilla C., J. 2007. Diagnóstico de fertilidad del suelo. *In: Nutrición de cultivos*. G. Alcántar G. y L. Trejo – Téllez (Coord.). México. Mundi – Prensa, Colegio de Posgraduados. 454 p. p. 249 – 272.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Italia). 2005. Situación de los bosques del mundo. Roma, Italia. 77 p.
- Flinta, M.C. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO. Cuadernos de Fomento Forestal No. 15. 499p.
- Flores Munoz, J.H; Avalos, C; Garcia Sanchez, J.J; Balam Che, M. 2009. Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. Scielo, 34 (16). México. 27 p.
- Fonseca, William. 2000. La aplicación de fertilizantes químicos en Teca (*Tectona grandis*) en Guanacaste, Costa Rica in. Consejo Nacional de Rectores. Oficina de planificación de la educación superior. Taller de nutrición forestal, San José; Costa Rica. Pp. 39-44.
- _____. 2004. Manual de productores de teca (*Tectona grandis* L.F) en Heredia Costa Rica. 40 p.
- Gómez, T.J. 1989. Comparación del crecimiento de ocho especies forestales tropicales en Escárcega, Campeche, México. Tesis Profesional. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnología Dirección General de Educación Tecnología Agropecuaria y Ciencia del Mar. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 5. China, Campeche, México. 64p.
- Guido, C.F. 2011. Evaluación dasométrica de una plantación comercial de teca (*Tectona grandis* L.F) en Nuevo Urecho, Michoacán. Tesis Ing. Agr. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 66p.
- Haggar, J., K. Wightman, L. Sosa, K.H. Van, J.A. Contreras y G. Hernández. 2000. Una estrategia para hacer rentable la producción de árboles por ejidatarios en la península de Yucatán. II Foro Internacional. Los aprovechamientos forestales y su relación con el ambiente. Veracruz, México. s/p.
- IICA (Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura). 2004. Informe consultoría. Anexo 3. 43 p.
- INETER (Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales). 2013. Datos meteorológicos del municipio de Siuna, Región Autónoma del Atlántico Norte.
- Joshi, V.S. y Farooqui, U.M. 1997. Irrigated Teak Plantations in Maharashtra – a Case of Study. In: Chand Basha, S.; Mohanan, C.; Sankar, S. (eds). Teak, Proceedings of the International Teak Symposium. 2 – 4 December 1991. Kerala Forest Department – Kerala Forest Research Institute. India. p. 46 – 51.
- Koasa-ard, A. 1981. Teak (*Tectona grandis* L.f) its natural distribution and related factors. Natural History Bulletin of the Siam Society, 19:55-74.
- LAQUISA (Laboratorio Químico S.A). 2012. Escala de referencia para la interpretación de análisis químico de suelo.

- Levin R. I. & D. S. Rubin, 1996. Estadística para administradores. Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., México, D. F. 321-350p.
- Lonsdale, W.M. y A.R. Watkinson. 1983. Plant geometry and self-thinning. *Journal of Ecology* 71:285-297.
- Matney, T. G. and Hodges, J. D. 1991. Evaluating Regeneration Success. In M.L. Duryea and P.M. Dougherty (eds.). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht / Boston / London. p 321-331.
- MARENA/SAREC. 1995. Comportamiento inicial de 4 procedencia de teca (*Tectona grandis*), en el Rio San Juan. Dirección General Forestal. Proyecto Agroforestal. Nota técnica N° 50. Managua, Nicaragua. 18 p.
- Montero Mata, M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis*.
- Mayhew, J.E. y A.C. Newton. 1998. The silviculture of mahogany (*Swietenia macrophylla*). 1a. ed. CABI Publications. Wallingford, Reino Unido. 226 p.
- Rodas Castellanos. 2006. Efecto del establecimiento de plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis*) en áreas de potreros sobre características del suelo en petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105 p.
- Rodríguez Fuentes, H; Rodríguez Absi, J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. Distrito Federal, MX. Trillas. 196 p.
- Rodriguez, SF. 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT, Editor, S.A. Mexico, D.F. 157 p.
- Salazar F, R; Albertin, W. 1974. Requerimientos edáficos y climáticos para *Tectona grandis*. improvers in the humid tropics? In Cannell, MGR; Jackson, JE. eds. *Attributes of trees as crop plants*. Institute of Terrestrial Ecology Natural Environmental Research Turrialba 24(1):66-71.
- Salisbury, F y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Interamericana. México, D.F. 759 P.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. 2009. SAS Ver. 9.2. SAS Inc., Cary, NC.
- Singh, M. 1997. Effect of nitrogen, potassium and soil working on the growth of teak plants in : S.C. Basha, C. Mohaman and S. Sankar. Ed. Proc. Internat. Teak symposium. Pp: 43-45.
- Vaides López, EE. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.) en plantaciones forestales de diferentes regiones de Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
- Zambrana, H. 1987. Fertilización forestal. In: Curso centroamericano de Silvicultura de plantaciones de especies de árboles de uso múltiple. Ed. Miguel Angel Musálem. Tomo I. Siguatepeque, HN.

VII. Anexos

Anexo 1. . Formato de medición de variables implementados por -Nortek

División Forestal: ..Siuna..... Finca:.....No.
 Sección:..... Ensayo: Fertilización NPK –Micros- Cal.; Fecha
 plantación.....; Fecha Medición: Bloque/Repetición:.....
 Tratamiento:.....

Nombre del Anotador:.....

No. Árbol	Altura-cm	DAP-cm.	Estado Salud	Forma Fuste	No. Árbol	Altura-cm	DAP-cm.	Estado Salud	Forma Fuste	Observaciones
1					26					
2					27					
3					28					
4					29					
5					30					
6					31					
7					32					
8					33					
9					34					
10					35					
11					36					
12					37					
13					38					
14					39					
15					40					
16					41					
17					42					
18					43					
19					44					
20					45					
21					46					
22					47					
23					48					
24					49					
25					=					

1) Vigor: 1= Débil, 2= Vigorosa; 3: Plagas.

2) Forma del fuste: (1: Dañado-Deformado; 2: Bifurcado; 3: Recto con ramas; 4: Recto sin ramas).

Observaciones

Generales.....

.....

.....

.....

Anexo 3. Descripción de sitio de estudio

Ensayo:

División

orestal: **Finca:** **No.**

Sección:

<i>Aspectos</i>	<i>Relación-Cantidad</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Uso anterior</i>		
<i>Altitud – msnm</i>		
<i>Precipitación - mm/año</i>		
<i>Temperatura O°</i>		
<i>Meses secos</i>		
<i>Topografía-pendiente %</i>		
<i>Pedregosidad</i>		
<i>Drenaje*</i>		
<i>pH</i>		
<i>Materia Orgánica %</i>		
<i>Nitrógeno %</i>		
<i>Fósforo ppm</i>		
<i>Potasio meq/100g</i>		
<i>Calcio meq/100g</i>		
<i>Magnesio meq/100g</i>		
<i>Hierro ppm</i>		
<i>Cobre ppm</i>		
<i>Zinc ppm</i>		
<i>Manganeso ppm</i>		
<i>Densidad Aparente g/ml</i>		
<i>Arcilla %</i>		
<i>Limo %</i>		
<i>Arena %</i>		
<i>Textura</i>		
<i>Ca+Mg/K</i>		
<i>Ca/Mg</i>		
<i>Ca/K</i>		
<i>Mg/K</i>		

Anexo 4. Diferencia mínima significativa para la altura de planta.

Tratamiento	Meses					
	1	3.5	7	12	18	24
T 1	1.26	2.11	3.71	9.92	19.79	25.55
T 2	1.23	2.47	4.43	12.87	26.88	34.18
T 3	1.21	3.19	5.75	13.59	26.08	32.77
T 4	1.23	2.94	5.11	13.36	27.21	34.12
T 5	1.26	1.53	1.92	5.11	12.46	17.64

LSD= $t_{1.68, 0.05, g|35}$

Anexo 5. Diferencia mínima significativa para el diámetro de la planta.

Tratamiento	Meses					
	1	3.5	7	12	18	24
T 1	0.99	0.99	0.99	1.09	1.00	1.00
T 2	0.99	0.99	0.99	1.10	1.00	1.00
T 3	0.99	0.99	0.99	1.09	1.00	1.00
T 4	0.99	0.99	0.99	1.05	1.00	1.00
T 5	0.99	0.99	0.99	1.10	1.00	1.00

LSD= $t_{1.68, 0.05, g|35}$

Anexo 6. Diferencia mínima significativa para la forma de la planta.

Tratamiento	Meses					
	1	3.5	7	12	18	24
T 1	0.01	0.01	0.01	0.07	0.28	0.38
T 2	0.01	0.01	0.01	0.13	0.43	0.53
T 3	0.01	0.01	0.01	0.17	0.42	0.53
T 4	0.01	0.01	0.01	0.15	0.45	0.54
T 5	0.01	0.01	0.01	0.08	0.09	0.18

LSD= $t_{1.68, 0.05, g|35}$

Anexo 7. Diferencia mínima significativa para el área basal.

Tratamiento	Meses					
	1	3.5	7	12	18	24
T 1	8.02	8.02	8.02	12.65	74.72	121.75
T 2	8.02	8.02	8.02	27.85	137.10	209.91
T 3	8.02	8.02	8.02	34.00	133.12	198.74
T 4	8.02	8.02	8.02	31.99	145.46	217.57
T 5	8.02	8.02	8.02	1.74	22.20	46.26

LSD= $t_{1.68, 0.05, g|35}$

Anexo 8. Distribución de los tratamientos en campo en la Unidad Forestal de Siuna.

Sección	Bloque	Punto	X	Y
4161	1	1	724284	1509499
4161	1	2	724223	1509628
4161	1	3	724198	1509618
4161	1	4	724228	1509552
4161	1	5	724204	1509539
4161	1	6	724234	1509473
4061	2	1	726311	1510358
4061	2	2	726343	1510294
4061	2	3	726463	1510350
4061	2	4	726432	1510412
4121	3	1	725273	1510253
4121	3	2	725286	1510357
4121	3	3	725232	1510368
4121	3	4	725219	1510262

Anexo 9. Aplicación de fertilizantes y cal en las plantas de tecas.



Anexo 10. Incremento en la altura de los árboles de teca en las diferentes fechas de evaluación.

