



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de Investigación

TEMA

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE PLANTAS DE TECA (*Tectona grandis* L.) A LA APLICACIÓN DE N-P-K, EN EL SECTOR GRAMALOTE, CANTÓN VENTANAS, PROVINCIA LOS RÍOS

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Forestal

AUTOR:

Peter Manuel Caballero Álava

DIRECTOR:

Ing. Agr. Nelson Monar Gavilánez. M.Sc.

GUARANDA - ECUADOR

2017

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el trabajo de investigación titulado: EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE PLANTAS DE TECA (*Tectona grandis* L.) A LA APLICACIÓN DE N-P-K, EN EL SECTOR GRAMALOTE CANTÓN VENTANAS, PROVINCIA LOS RÍOS.

REVISADO Y APROBADO POR:

Ing. Agr. Nelson Monar Gavilánez. M.Sc.
DIRECTOR

Ing. Agr. Kleber Espinoza Mora. Mg.
BIOMETRISTA

Ing. Agr. Sonia Fierro Borja. Mg.
REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Peter Manuel Caballero Álava con CI 1202816946, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Peter Manuel Caballero Álava
CI. 1202816946

Ing. Nelson Monar Gavilánez. M.Sc.
CI. 0201089836

Ing. Kleber Espinoza Mora. Mg
CI. 0200989630

Ing. Agr. Sonia Fierro Borja. Mg.
CI. 0201084712

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre por brindarme su cariño y amor irremplazable. Mi padre, que a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo, y sé que este momento hubiera sido tan especial para él como lo es para mí.

A mi amada esposa por ser el pilar fundamental más importante y por demostrarme su amor y apoyo incondicional sin importarle nuestras diferencias de opiniones.

A mis hijas, a quienes amo con todo mi corazón, a mis familiares y amigos que de una u otra manera me han apoyado para llegar a culminar exitosamente estos estudios superiores.

AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de esta institución de educación superior.

Gracias a mi Universidad por permitirme convertir en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracia a cada maestro (a) que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado a este grupo de graduados.

Agradezco al tribunal del proyecto de investigación: Ing. Agr. Nelson Monar Gavilánez. M.Sc (DIRECTOR), Ing. Agr. Kleber Espinoza Mora. Mg (BIOMETRÍSTA), Ing. Agr. Sonia Fierro Borja. Mg (REDACCIÓN TÉCNICA), por su acertada dirección en el mismo.

Como recuerdo y prueba viviente en la historia, este trabajo de investigación que perdurará dentro del conocimiento y desarrollo de las demás generaciones que estén por llegar.

Finalmente agradezco a quienes lean este trabajo, por permitir que mis experiencias, investigaciones y conocimiento habiten dentro de su repertorio de información mental.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
CERTIFICADO DE APROBACIÓN	II
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBLEMA	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Origen de la teca.....	4
3.2. Clasificación taxonómica.....	4
3.3. Características botánicas	5
3.3.1. Planta.....	5
3.3.2. Raíz	5
3.3.3. Tronco	5
3.3.4. Corteza	5
3.3.5. Hojas	5
3.3.6. Flor.....	6
3.3.7. Semilla	6
3.3.8. Madera.....	6
3.4. Parámetros agronómicos para el cultivo.....	6
3.4.1. Clima.....	7
3.4.2. Temperatura	7
3.4.3. Suelo.....	7
3.4.4. Precipitación.....	8
3.4.5. pH requerido.....	9
3.5. Usos de la teca.....	9

3.6. Manejo del cultivo de teca.....	9
3.6.1. Labores culturales.....	10
3.6.2. Siembra	10
3.6.3. Viverización	11
3.6.5. Procedencia y calidad de la semilla	12
3.6.6. Trasplante.....	12
3.6.7. Repicado.....	13
3.6.8. Podas	13
3.6.9. Raleos.....	14
3.6.9.1. Raleo ascendente.....	15
3.6.9.2. Raleo descendente.....	15
3.6.9.3. Raleo selectivo	16
3.6.9.4. Raleo mecánico	16
3.7. Fertilización forestal.....	17
3.7.1. Objetivos de la fertilización forestal	18
3.7.2. Importancia de la fertilización forestal	19
3.7.3. Ventajas de la fertilización.....	19
3.7.4. Desventajas de la fertilización	19
3.7.5. Nutrición mineral y fertilización en plantaciones forestales.....	20
3.7.6. Oportunidades para fertilizar una plantación forestal	21
3.8. Elementos minerales necesarios para las plantas	22
3.8.1. Funciones de los macronutrientes N, P y K en las plantas.....	23
3.8.2. Nitrógeno	24
3.8.2.1. Deficiencia de nitrógeno	24
3.8.3. Potasio.....	24
3.8.3.1. Deficiencia del potasio.....	25
3.8.4. Fósforo	25
3.8.4.1. Deficiencia de fósforo	25
3.8.5. Funciones de los micronutrientes.....	26
3.8.5.1. Cloro.....	26
3.8.5.2. Hierro	26

3.8.5.3. Boro.....	26
3.8.5.4. Magnesio	27
3.8.5.5. Zinc	27
3.8.5.6. Cobre.....	28
3.8.5.7. Molibdeno	28
3.9. Los fertilizantes.....	28
3.9.1. Estado físico y propiedades químicas	29
3.9.2. Cualidades de los fertilizantes.....	30
3.9.3. Métodos de aplicación del fertilizante	31
3.10. Medición de árboles y masas forestal	32
3.10.1. Medición de características individuales	32
3.10.2. Medición de diámetros.....	32
3.10.3. Medición de altura.....	33
3.10.3.1. Altura total	34
3.10.3.2. Altura comercial.....	34
3.10.4. Medición de área basal.....	35
3.10.5. Medición de copa	36
3.10.6. Medición de volumen.....	37
3.10.6.1. Volumen total.....	37
IV. MARCO METODOLÓGICO.....	38
4.1. Materiales.....	38
4.1.1. Ubicación de la investigación	38
4.1.2. Situación geográfica y climática	38
4.1.3. Zona de vida.....	38
4.1.4. Material experimental	39
4.1.5. Materiales de campo	39
4.1.6. Materiales de oficina.....	39
4.2. Métodos.....	39
4.2.1. Factores en estudio:.....	39
4.2.2. Tratamientos.....	39
4.2.3. Tipo de diseño:.....	40
4.2.4. Procedimiento:	40

4.2.5. Tipos de análisis.....	40
□ Análisis de varianza (ADEVA).....	40
□ Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos.....	40
□ Análisis de correlación y regresión lineal.....	40
□ Análisis económico costo/tratamiento.....	40
4.3. Métodos de evaluación y datos tomados.....	41
4.3.1. Altura total del árbol (ATA).....	41
4.3.2. Altura comercial (AC).....	41
4.3.3. Diámetro Altura Pecho (DAP).....	41
4.3.4. Largo del limbo (LL).....	41
4.3.5. Ancho ecuatorial de la hoja (AEH).....	42
4.3.6. Número de hojas (NH).....	42
4.3.7. Número de ramas (NR).....	42
4.4. Manejo del experimento en el campo.....	42
4.4.1. Análisis físico químico del suelo.....	42
4.4.2. Distribución de las unidades experimentales.....	42
4.4.3. Preparación del fertilizante N-P-K.....	43
4.4.4. Aplicación del fertilizante N-P-K.....	43
4.4.5. Control de malezas.....	43
4.4.6. Control de plagas.....	44
4.4.7. Control de enfermedades.....	44
4.4.8. Poda.....	44
4.4.9. Riegos.....	44
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
5.1. Altura total del árbol (ATA en m); Altura comercial (AC en m); Diámetro Altura Pecho (DAP en cm); Largo del limbo (LL en cm); Ancho ecuatorial de la hoja (AEH en cm); Número de hojas (NH) y Número de ramas (NR) al inicio de la investigación y a los 120 días.....	45
5.2. Análisis de correlación y regresión lineal.....	54
5.3. Análisis económico costo/tratamiento.....	55
VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	58

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
7.1. Conclusiones	59
7.2. Recomendaciones:.....	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pág.
1. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable ATA en m; AC en m; DAP en cm; LL en cm; AEH en cm; NH y NR al inicio de la investigación y los 120 días.....	45
2. Análisis de correlación y regresión	54
4. Análisis económico costo/tratamiento de las plantas de teca de 5 años de edad aplicando N-P-K, en el sector Gramalote cantón Ventanas, provincia Los Ríos, Año 2016.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°	Pág.
1. Tratamientos en la variable altura total de las plantas al inicio de la investigación y a los 120 días.....	46
2. Tratamientos en la variable altura comercial de las plantas al inicio de la investigación y a los 120 días.....	48
3. Tratamientos en la variable diámetro altura pecho al inicio de la investigación y a los 120 días.	49
4. Tratamientos en la variable largo del limbo al inicio de la investigación y a los 120 días.....	50
5. Tratamientos en la variable ancho ecuatorial de la hoja al inicio de la investigación y a los 120 días.....	51
6. Tratamientos en la variable número de hojas al inicio de la investigación y a los 120 días.....	52
7. Tratamientos en la variable número de ramas al inicio de la investigación y a los 120 días.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Mapa ubicación del proyecto investigativo
2. Resultados del análisis de suelo antes de iniciar la investigación
3. Resultados del análisis de suelo después de concluida la investigación
4. Base datos
5. Fotografías del manejo de la investigación
6. Glosario de términos técnicos

RESUMEN Y SUMMARY

La teca fue introducida en Indonesia hace aproximadamente 400-600 años. Es una madera dura, resistente a las influencias de sol y de la lluvia, y es fácil de trabajar, por lo que resulta ideal para la industria del mueble, la industria naval y el sector de la construcción. La fertilización produce varios cambios en la fisiología de los árboles como mayor crecimiento del fuste. Las hojas aumentan su actividad fotosintética, los árboles pueden expandir su dosel, o bien pueden cambiar la distribución de los productos fotosintéticos. Los objetivos planteados para este proyecto investigativo fueron: i) Evaluar las características dasométricas morfológicas, que desarrollan las plantas de teca a la aplicación de N-P-K. ii) Determinar la dosis apropiada de fertilización en base a N-P-K, en la plantación de teca. iii) Realizar un análisis económico costo/tratamiento. La Provincia de los Ríos dispone de gran diversidad de recursos forestal; sin embargo su administración y aprovechamiento generalmente es poco racional, debido a diferentes razones, entre una de ellas, a que el productor deforesta constantemente sin reforestar y luego queda el suelo indefenso ante las inclemencias ambientales. En nuestro medio no existe experiencia documentada en determinar dosis de fertilización para plantaciones forestales, incluso para los nutrimentos mayores N, P y K. Sin embargo se sabe que los suelos agrícolas son principalmente deficitarios de N y P y aquellos con pH menor de 5, presentan además deficiencias importantes de macro y micro nutrimentos. Este proyecto se realizó en el sector Gramalote, cantón Ventanas, Provincia Los Ríos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, los tratamientos fueron: T₁: Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K; T₂: Teca + 400, 200 y 300 g de N-P-K y T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K. Se realizaron análisis de varianza, Prueba de Tukey al 5%; análisis de correlación y regresión lineal, costo/tratamiento. Los resultados fueron: La aplicación de N - P - K, incidió significativamente en los componentes agronómicos y principalmente en la altura comercial de las plantas de teca evaluado en m. La mayor altura comercial de las plantas de teca se evaluó al aplicar 500, 150 y 300 g de N-P-K (T₃) con dos aplicaciones, una al inicio de la investigación y otra a los 60 días con 7,94 m. Las variables independientes que incrementaron la altura comercial de las plantas de teca fueron altura total de las plantas a los 120 días, ancho ecuatorial de la hoja a los 120 días y número de hojas a los 120 días. El menor costo/tratamiento se tuvo en el T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con \$. 71,92; mientras que el mayor costo se registró en el T₁: 300, 200 y 300 g de N-P-K con \$. 105,60. Este proyecto investigativo, permitió mejorar significativamente la producción y productividad de las plantas de teca al validar el uso y la dosis apropiada de N-P-K como fertilización complementaria para el cultivo en esta zona agro ecológica.

SUMMARY

The teak was introduced approximately 400-600 years ago in Indonesia. It is a hard wood, resistant to the influences of sun and of the rain, and it is easy to work, for what is ideal for the industry of the piece of furniture, the naval industry and the sector of the construction. The fertilization produces several changes in the physiology of the trees like bigger growth of the shaft. The leaves increase their activity fotosintética, the trees can expand their canopy, or they can change the distribution of the products fotosintetic. The objectives outlined for this investigative project were: i) Evaluate the characteristic morphological dasométricas that develop the teak plants to the application of N-P-K. ii) Determine the appropriate dose of fertilization based on N-P-K, in the teak plantation. iii) Carry out an economic analysis cost/treatments. The Ríos County has great forest diversity of resources; however its administration and use is generally not very rational, due to different reasons, among one of them to that the producing deforest constantly without reforestation and then it is the defenseless floor before the environmental inclemency. In our means experience documented in determining fertilization dose for forest plantations doesn't exist, even for the biggest nutrients N, P and K. however are known that the agricultural floors are mainly deficit of N and P and those with pH smaller than 5, also present important deficiencies of macro and micro nutrients. This project was carried out in the sector Gramalote, canton Ventanas, County The Ríos. An experimental design of complete blocks was used at random with 3 treatments and 4 repetitions, the treatments were: T₁: Teak + 300, 200 and 300 g of N-P-K; T₂: Teak + 400, 200 and 300 g of N-P-K and T₃: Teak + 500, 150 and 300 g of N-P-K. They were carried out variance analysis, Test of Tukey to 5%; correlation analysis and lineal regression, cost/treatments. The results were: The application of N-P - K, impacted significantly in the agronomic components and mainly in the commercial height of the teak plants evaluated in m. The biggest commercial height in the teak plants was evaluated when applying 500, 150 and 300 g of N-P-K (T₃) with two applications, one to the beginning of the investigation and another to the 60 days with 7,94 m. The independent variables that increased the commercial height of the teak plants were total height from the plants to the 120 days, wide equatorial of the leaf to the 120 days and number of leaves to the 120 days. The smallest cost/ treatment one had in the T₃: Teak + 500, 150 and 300 g of N-P-K with \$. 71,92; while the biggest cost registered in the T₁: 300, 200 and 300 g of N-P-K with \$. 105,60. This investigative project, allowed improving the production and productivity significantly from the teak plants when validating the use and the appropriate dose of N-P-K like complementary fertilization for the cultivation in this ecological area agriculture.

I. INTRODUCCIÓN

La teca es un árbol tropical originario del Sureste Asiático, con plantaciones que ocupan un área de 25000000 ha, distribuidas principalmente en Myanmar (14000 000 ha), India (9000000 ha), Tailandia (2000000 ha) y Laos (20000 ha), la teca se introdujo, probablemente, hace unos 400 a 600 años en Java, donde se aclimató y distribuyó a distintas partes de Asia, África y América Central. (Weaver, L. 2008)

La teca fue introducida en el Ecuador hace unos 50 años, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue de Quevedo, demostrando hasta el momento una buena aclimatación y prometedores resultados en lo que hace referencia al crecimiento. (CORMADERA, 2004)

En el Ecuador existen más de tres millones de hectáreas de tierras con vocación forestal para plantaciones comerciales e industriales, de las cuales 1,8 millones corresponden a la región Costa. Se puede decir que las áreas priorizadas para plantaciones industriales y comerciales consideradas más adecuadas están en las regiones de la Costa y Sierra. En la Costa, las provincias más representativas son: Esmeraldas, Manabí, Guayas y Los Ríos, lo cual explica el auge de la explotación de madera, especialmente exóticas en el país, siendo la teca una de ellas. (Ministerio de Ambiente. 2006)

En la Provincia los Ríos, la productividad de la plantación de teca, está sujeta a las condiciones climáticas y al cuidado que se le preste. Pero bajo un manejo adecuado, en esta zona se puede obtener de 300 a 450 metros cúbicos por ha, en la etapa final. Además de ello existe una creciente demanda por la teca y una rápida disminución de las provisiones de las mismas, el precio de la teca se ha incrementado más del 17% anual, durante las dos últimas décadas. (http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream//2009_1.html)

Las investigaciones científicas de nutrición forestal durante la primera parte del siglo fueron sustituidas por estudios mucho más profundos después de la segunda guerra mundial. En Sudáfrica, los científicos de Wattle Research Institute (zarzos es una especie de Acacia) consultaron a los científicos de Rothamsted y llevaron a cabo de uno de los primeros experimentos con un diseño factorial en la nutrición forestal. A tres niveles, cada uno de N, P, K, repetido en dos localidades, los cuales se han continuado mediante tres rotaciones con zarzo negro. Este estudio es quizá el único en su tipo en silvicultura que ha requerido más de una rotación. (Domínguez, V. 2007)

La fertilización en combinación, con los niveles óptimos de N, P y K, es una práctica importante e indispensable para mejorar la calidad y productividad forestal y es, después del riego, la práctica que más influye en el crecimiento y calidad de las plantas, al incidir en los procesos fisiológicos. (Barber, S. 2012)

Para el desarrollo de los cultivos se han utilizado abonos químicos a base de N, P, K, macro elementos fundamentales, este tipo de fertilización es conveniente para plantaciones puras, las dosis tienen diferentes variaciones ya que están sujetas a la carencia de elementos en un determinado sitio. En suelos con baja fertilidad (pobres) se recomienda adicionar a la siembra un fertilizante formulado (10-30-10) en dosis de 80 g árbol⁻¹. La fertilización ha permitido obtener altas tasas de sobrevivencia, crecimiento rápido en altura, mayor crecimiento en diámetro. (Morales, M. 2010)

Para este proyecto investigativo se plantearon como objetivos:

- Evaluar las características dasométricas morfológicas, que desarrollan las plantas de teca a la aplicación de N-P-K.
- Determinar la dosis apropiada de fertilización en base a N-P-K, en la plantación de teca.
- Realizar un análisis económico costo/tratamiento.

II. PROBLEMA

La Provincia de los Ríos dispone de gran diversidad de recursos forestal; sin embargo su administración y aprovechamiento generalmente es poco racional, debido a diferentes razones, entre una de ellas, a que el productor deforesta constantemente sin reforestar y luego queda el suelo indefenso ante las inclemencias ambientales; las inadecuadas prácticas de manejo del suelo para el uso agrícola y pecuario ocasionan erosión de la capa cultivable y consecuentemente, disminución de su fertilidad.

La falta de estudios e información que se tiene acerca de las alternativas de manejo en las que van incluidas varias prácticas entre ellas, la utilización de fertilizantes en plantaciones de teca, es una de las limitantes para mejorar la producción del recurso maderero y también el suelo, ya que en la actualidad la mayoría de los suelos son de baja fertilidad.

En nuestro medio no existe experiencia documentada en determinar dosis de fertilización para plantaciones forestales, incluso para los nutrimentos mayores N, P y K. Sin embargo se sabe que los suelos agrícolas son principalmente deficitarios de N y P y aquellos con pH menor de 5, presentan además deficiencias importantes de macro y micro nutrimentos.

La presente investigación está orientada a obtener un paquete tecnológico, en base a la aplicación de tres dosis de fertilizante de N-P-K en una plantación de teca, que permita mejorar la calidad y producción de madera, con ello se pretende que sirva como aporte al conocimiento de futuros profesionales y agricultores, con el propósito de cooperar criterios y datos al campo forestal.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Origen de la teca

La teca es originaria del árbol de Birmania, Tailandia y algunas regiones de la India. En América, los primeros países, en cultivarlo fueron Trinidad y Tobago su árbol es de 30 m de altura las flores, son azuladas o blancas y se agrupan en panículos o inflorescencias terminales, su fruto es una drupa, la teca o roble africano es un árbol de madera. (Terranova, M. 2006)

Se calcula que la teca fue introducida en Indonesia hace aproximadamente 400-600 años. Es una madera dura, resistente a las influencias de sol y de la lluvia, y es fácil de trabajar, por lo que resulta ideal para la industria del mueble, la industria naval y el sector de la construcción. La madera de teca tiene una cualidad excepcional que es preciso resaltar: no se oxida ni corroe al contacto con los metales. (Francis, K. 2010)

3.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dicotiledoneae

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: Tectona

Especie: grandis L

Nombre Científico: *Tectona grandis* L. (Villachica, H. 2007)

3.3. Características botánicas

3.3.1. Planta

Árbol de gran parte, de fuste o tallo recto y limpio, libre de ramas bajas, cuando maduran luce gruesas ramas, y tiende a bifurcarse si se desarrolla aislado. Sus hojas son grandes, de 38 a 45 cm de largo por, 21 a 24 cm de ancho. (Weaver, L. 2008)

3.3.2. Raíz

Raíz principal, gruesa pivotante y al madurar el árbol puede persistir o desaparecer y avanza según la característica, del suelo, las secundarias son tablares semi superficiales y de tipo axonomórfa. (Wylie, R. 2007)

3.3.3. Tronco

Recto cilíndrico, con acanalamientos, redondeados, recta de corteza delgada joven en ángulos, con diámetro de 30 cm como promedio liso y presentado ramificación monopodia. (Villachica, H. 2007)

3.3.4. Corteza

Es gris clara, o pardo gris ósea, fibrosa que al engrosar el fuste fisura y se desprende en tiras largas longitudinalmente, mediana gruesa. En sus interiores de color cremoso amarillenta y consistencia dura. (Terranova, M. 2006)

3.3.5. Hojas

Sus hojas son simples opuestas ovoides, o elípticas, de color verde oscuro y rugoso en el haz, con una longitud de 40 - 50 cm de largo y de 20 - 25 cm de

ancho, caducas, sirven para teñir de color púrpura el algodón y las sedas. (Pinedo, M. 2009)

3.3.6. Flor

Las flores son pequeñas de color blanco, y agrupadas en panículas terminales, carece de cáliz, la corola es sin pétalo con 5 lóbulos, presenta un androceo tetrámero, 4 estambres y un estaminóide, el gineceo tiene un ovario súpero la fructificación, a menudo muy temprano cuatro o cinco años, normalmente a los treinta años. (García, J. 2008)

3.3.7. Semilla

Son pequeñas drupas irregulares y redondeadas de color castaño claro, es una cápsula seca y dura en su interior se encuentra de 1 - 4 semillas están envueltos en un cáliz membranoso, persistente que puede medir de 2 - 3 cm de diámetro, son oleaginosas, y de 1300 a 1500 semillas, pesan 1 kilogramo. (Villachica, H. 2007)

3.3.8. Madera

La madera es de peso mediano aceitosa, la albura es blanca y el corazón (duramen), es de color amarillo de oro cuando recién ha sido, cortado, y cuando se seca toma una coloración parda con vetas oscuras presenta uniformidad en su coloración, de tono cremoso, en toda su extensión en sitios llega a dar incrementos de 30 m / ha por año. (Fonseca, W. 2010)

3.4. Parámetros agronómicos para el cultivo

Los parámetros agronómicos y su conocimiento son de suma importancia para el correcto establecimiento y manejo de un determinado cultivo, ya que estos

constituyen las principales características del medio en el que crecerá el cultivo en un determinado periodo de tiempo. (Ledesma, V.; Moya. R. 2009)

3.4.1. Clima

Esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima tropical cálido y húmedo. Sobre los requisitos de humedad atmosférica existen marcadas variaciones entre las diferentes procedencias de la especie.

Las procedentes de Birmania y del norte de Tailandia requieren que la humedad atmosférica, durante la estación seca no sea inferior al 60%; mientras que las de regiones secas de la india, toleran que la humedad descienda hasta el 30%. (Pinedo, M. 2009)

3.4.2. Temperatura

La teca puede desarrollarse en lugares donde las temperaturas mínimas bajen hasta 1,5°C y en la que las máximas alcancen 46°C. (Wylie, R. 2007)

3.4.3. Suelo

La teca crece en áreas entre el nivel del mar, como en Java, hasta una altitud de 1,200 m en el centro de la India. Se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH neutral o ácido.

La teca tolera condiciones de suelo muy extremas siempre que exista un drenaje adecuado. Los factores limitantes más importantes en cuanto a los suelos son la poca profundidad, las capas duras, las condiciones anegadas, los suelos compactados o arcillas densas con un bajo contenido de Ca o Mg. Se ha demostrado también que la teca es sensible a las deficiencias de fosfatos. Las

pendientes escarpadas, el drenaje pobre y las altitudes de más de 1.000 m también influyen en el crecimiento de una forma negativa. (Villachica, H. 2007)

La teca crece bien en piedra arenisca porosa, pero sufre achaparramiento en cuarcita o en piedra arenisca dura y metamórfica. Se le encuentra también en suelos de granito, esquistos y otras rocas metamórficas. Más aún, crece bien en suelos de piedra caliza en donde la roca se ha desintegrado para formar una marga profunda. El crecimiento es pobre sobre piedra caliza dura, en donde el suelo no es profundo. (Weaver, L. 2008)

La teca requiere de suelos fértiles para su crecimiento óptimo, especialmente los suelos ricos en Ca y en Mg. Unas muestras de 40 de los árboles de teca de la mejor calidad, representativos de la edad y el diámetro obtenidos durante los primeros 15 años de crecimiento en plantaciones en la Reserva Forestal de Gambari en Nigeria, fueron analizadas con respecto al contenido de N, P, K, Ca y Mg. La plantación con una biomasa seca sobre el terreno de 92 toneladas por hectárea contuvo, por hectárea, aproximadamente 2,980 kg de K; 2,228 kg de Ca; 1,788 kg de N; 447 kg de P y 377 kg de Mg. Los requisitos anuales mínimos de nutrientes a los 15 años de edad, en kilogramos por hectárea, fueron de 556 de K, 328 de N, 357 de Ca, 76 de P y 62 de Mg. (Melgar, R. 2005)

La distribución de elementos, siguiendo tendencias similares en otros rodales, varió de acuerdo a la edad del rodal. La cantidad relativa de elementos encontrada en el follaje disminuyó con la edad, mientras que aumentó en las ramas y los troncos. (Ledesma, V.; Moya. R. 2009)

3.4.4. Precipitación

La precipitación requerida es de 1300 a 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses, la cantidad de lluvia necesaria para su óptimo desarrollo es de 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan

altas como de 5100 mm por año, la teca soporta áreas secas, incluso bajo condiciones calientes y de sequía extrema. (García, J. 2008)

3.4.5. pH requerido

La teca prefiere suelos con un pH neutro o ligeramente ácido, se desarrolla adecuadamente en pH de 5,5 a 6. (Fonseca, W. 2010)

3.5. Usos de la teca

La teca produce unas de las maderas más valiosas y apreciadas del mundo, a causa de sus excelentes cualidades y múltiples aplicaciones. El duramen que desde temprana edad ocupa la mayor parte del tronco es de color amarillo dorado en los árboles recién cortados, luego se trona a castaño dorado o color oliva, vetado con franjas oscuras; la albura es blanquecina o amarillo crema. Esta madera contiene cierto aceite aromático, que le da un olor peculiar. (Arévalo, A. 2008)

Se emplea en toda clase de construcciones navales y rurales, ebanistería, artesanía, carpintería en general, decorado interior y exterior, carrocería, puentes y toda clase de obras que requieren de madera de excelente calidad. (Brako, L. 2005)

El tinte rojizo que producen las hojas de teca se emplean en Malabar para teñir seda y algodón. En algunos lugares de la India se extrae el aceite de la madera de teca para usos medicinales. (Ferias, J. 2010)

3.6. Manejo del cultivo de teca

El manejo de teca es similar al de otros cultivos, y se debe realizar un cronograma de actividades durante todo el ciclo del cultivo, poniendo especial énfasis en las

tareas que influyen con mayor intensidad en el incremento de volumen y calidad de la madera. (Ledesma, V.; Moya. R. 2009)

3.6.1. Labores culturales

Las labores culturales de la teca son similares a la que necesita la mayoría de especies cultivables, pero se detallan a continuación las más importantes para obtener una buena calidad de madera en el momento de corte. (Villachica, H. 2007)

3.6.2. Siembra

En términos generales, la preparación del sitio es la que normalmente se lleva a cabo para efectuar plantaciones y abarca: desbroce de la maleza; aradura total en franjas, o en curvas de nivel, en terrenos ondulados. La preparación del lugar de plantación se debe realizar en la estación seca, a fin de que el terreno esté listo al iniciar la estación lluviosa. (Weaver, L. 2008)

Se recomienda asociar la teca con leguminosas fijadoras de nitrógeno como (*Leucaena leucocephala*), (*Acacia spp*). Los espaciamientos utilizados en teca varían desde 1,8 m x 1,8 m hasta 5 m x 5 m en lo posible la resiembra de plantas debe hacerse en la misma época húmeda en la que se hizo la plantación. (Pinedo, M. 2009)

Las plantaciones se pueden establecer como monocultivos o se puede asociar también con melina (*Gmelina arborea*), caoba (*Swetenia macrophylla*) o bambúes de los géneros *Bambusa* o *Dendocalamus*. (Ledesma, V.; Moya. R. 2009)

3.6.3. Viverización

La regeneración artificial de la teca se puede efectuar mediante la siembra directa de semillas, la plantación en bolsas o la plantación de tocones. La siembra directa de semillas, el método más antiguo, se caracteriza por una alta mortalidad y un crecimiento lento. (Wylie, R. 2007)

La plantación en bolsas produce plántulas con un sistema radical apropiado en un corto período de tiempo.

La plantación de tocones ofrece varias ventajas: Los tocones se pueden producir cuando se necesiten y se pueden transportar a distancias considerables sin perder su viabilidad. Más aún, se pueden plantar con mayor facilidad y rapidez, y el crecimiento subsecuente es más rápido y vigoroso. (Terranova, M. 2006)

Por estos motivos anteriormente citados se recomienda el establecimiento de un vivero forestal, pero antes de establecer el mismo se debe analizar si no es más provechoso comprar el material de plantación. (Villachica, H. 2007)

Como regla general no vale la pena establecer un vivero permanente para una producción menor de 30000 plantas por año. La cantidad y calidad de las plantas, la época de suministro y la distancia entre el vivero y la plantación son también puntos que se deben tomar en cuenta. En el establecimiento de un vivero, se considera la ubicación del terreno, el tamaño del vivero, los requisitos de construcción, equipo, y las necesidades del tratamiento del suelo. (Pinedo, M. 2009)

3.6.4. Manejo de semillas

Se debe utilizar semillas certificadas ya que estas garantizaran la calidad de la misma y de la plantación, siempre y cuando se le brinde un manejo adecuado a la misma. Si se desea almacenar previamente la semilla esta debe estar a 5 °C de

temperatura y una humedad del 10%, para que no se deterioren ni pierdan su calidad como semillas. (Fonseca, W. 2010)

3.6.5. Procedencia y calidad de la semilla

Las plantas por cultivarse deben crecer bajo condiciones ambientales similares a los de los árboles padres, para lo cual es importante la información de la procedencia de esta semilla, la cual debe contener.

- Fecha de recolección de las semillas.
- Altitud, ubicación geográfica de la localidad de recolección y nombre del lugar.
- Nombres vulgares y científicos de los árboles padres, así como su número estimado.
- Origen de las plantaciones donantes, si son bosques naturales o plantados.
- Precipitación promedio anual y su distribución en todo el año.
- Temperatura promedio mensual y las máximas y mínimas mensuales.
- Profundidad, textura, acidez y fertilidad del suelo. (CONIF. 2008)

3.6.6. Trasplante

Para realizar un correcto trasplante se necesita de experiencia, y de manejar todo con sumo cuidado ya que las plantas que van a pasar de la platabanda a las fundas no deben sufrir mayor estrés. Lo más importante en esta fase es el repicado, por eso se lo explicara a continuación en forma detallada, cabe recalcar que el repicado será de la platabanda a las fundas y no a sitio definitivo de la plantación. (Centeno, J. 2008)

3.6.7. Repicado

El objetivo del repicado es proveer a las plántulas de suficiente espacio para desarrollo. Se puede trasplantar en platabandas o recipientes, pero se debe proveer a cada planta un espacio mínimo de 7 cm x 7 cm. (Brako, L. 2005)

Después del repicado de las plántulas, se deben poner estas bajo sombra. También luego del repicado, el riego debe hacerse por aspersion o regadera fina para evitar que las plántulas se ahoguen, ya que consumen poco agua al comienzo. (Barber, A. 2010)

3.6.8. Podas

La separación de las ramas del tronco de un árbol por medios naturales o artificiales se llama poda, y esta tiene efecto sobre la calidad de la madera.

La muerte y caída natural de las ramas puede ser causada por falta de luz, podredumbre o por las inclemencias del tiempo lo que se conoce como poda natural, no así la poda artificial que es la eliminación de ramas vivas o muertas con el uso de herramientas. (Ferias, J. 2010)

El objetivo principal de la poda artificial es producir madera de excelente calidad sin nudos, así como el de facilitar el acceso a las plantaciones.

Para evitar pérdidas en el incremento de la altura y diámetro de la plantación, se realiza la poda a las ramas que se encuentran por debajo de la mitad de la altura total del árbol. En las plantaciones por lo general se efectúan dos podas, luego de esto se poda solamente las ramas de árboles seleccionados para la corta final. (Pinedo, M. 2009)

En lo que tiene que ver con podas, para que la teca pueda ser destinada para la elaboración de chapas, los árboles no deben tener nudos, por lo menos a partir de 6 cm a 7 cm del centro hacia fuera, es este uno de los motivos para podar los árboles. (Villachica, H. 2007)

Para realizar una correcta poda se deben tener en cuenta:

- Se podan solamente los árboles prometedores y no aquellos de mala forma ni los que tengan una altura inferior a los $\frac{2}{3}$ de la altura de los árboles mayores de la población, los cuales han de considerarse como suprimidos.
- El largo de la copa no debe exceder a la mitad de la altura total del árbol
- No se corta más del $\frac{1}{3}$ del ramaje a la vez.
- Se podan únicamente las ramas que el árbol no puede eliminar por sí mismo. (Ledesma, V.; Moya. R. 2009)

3.6.9. Raleos

La corta parcial de rodales inmaduros se conoce como raleo.

En el momento de la plantación, los rodales tiene una densidad que puede variar entre los 1000 y 3000 árboles por hectárea, mediante los raleos se disminuye gradualmente esta densidad para así obtener de 150 a 300 árboles por hectárea en el momento de corte. (Wylie, R. 2007)

En los raleos se trata de combinar los beneficios de un espaciamiento reducido con un desarrollo óptimo para los árboles. El desarrollo óptimo se refiere al rendimiento económico de las plantaciones, sin embargo puede haber otros criterios, como la protección contra la erosión o la regulación de afluentes. (Pinedo, M. 2009)

La producción volumétrica de los árboles en un determinado sitio se puede considerar como constante, a no ser que el espaciamiento sea muy amplio o reducido, para lo cual se pueden efectuar los raleos de tal manera de que esta producción se distribuya sobre el número óptimo de árboles., por consiguiente se puede controlar la calidad y cantidad de la corta final mediante el raleo. (Ledesma, V.; Moya. R. 2009)

Los raleos tienen como finalidad disminuir la densidad para aumentar el crecimiento diametral. Sería lógico que dependiendo de las condiciones existentes en un determinado país, se aplique un número mínimo de raleos pero con diferentes intensidades, con lo cual se dispondría de información que permita seleccionar la opción técnico económica que permita bajar los costos de la explotación por unidad de volumen ; por consiguiente es pertinente un raleo no comercial (sin beneficios económicos) y los raleos comerciales dependerán de la productividad de la plantación, la accesibilidad y tamaño de los productos forestales demandados en el mercado.(Fonseca, W. 2010)

Existen varios métodos de raleo: raleo ascendente, raleo descendente, raleo selectivo, raleo mecánico, pero todos los tipos de raleos intervienen de manera distinta en la altura y el diámetro de la plantación restante. (Ferias, J. 2010)

3.6.9.1. Raleo ascendente

En este tipo de raleo se cortan los árboles oprimidos y los intermedios, dejando los árboles dominantes y codominantes. Durante la operación se eliminan primero todos los árboles de una clase, por ejemplo los oprimidos antes de iniciar la corta de la siguiente clase. (Dávila, C. 2010)

3.6.9.2. Raleo descendente

En raleos descendentes se cortan los árboles de las clases dominantes y codominantes para favorecer el crecimiento de a clase de árboles intermedios y

oprimidos vigorosos, y se pone especial énfasis en la clase codominates. (Brako, L. 2005)

3.6.9.3. Raleo selectivo

Para este método de raleo se cortan los árboles de la clase dominante para estimular el crecimiento de los árboles codominantes, intermedios y oprimidos vigorosos. (Wylie, R. 2007)

3.6.9.4. Raleo mecánico

El método de raleo mecánico se utiliza sobre todo en plantaciones jóvenes y uniformes, por lo general está destinado a eliminar árboles no comerciales.

En lo que tiene que ver con la época del raleo existen varios criterios. Para la elección de la fecha del primer raleo en las plantaciones de teca no hay regla general aplicable a todos los casos, pero si varias pruebas cuyo empleo simultaneo puede dar al experto el máximo de seguridad en la operación. Los principales son: el estudio de los anillos de crecimiento anual y la medición de la iluminación relativa dentro de la plantación. (CONAFOR. 2007)

Se ha observado que, mientras el árbol crece cada año en altura y aumenta su diámetro y volumen, los anillos de crecimiento anual tienen la tendencia a permanecer constantes en espesor, al menos en las plantaciones jóvenes. Pero llega un momento en que las exigencias de la población igualan o superan a los posibilidades de la estación y comienza a disminuir el espesor del anillo de crecimiento, primero lenta y después rápidamente. El raleo debe realizarse simultáneamente a la disminución del crecimiento del anillo. (Dávila, C. 2010)

La intensidad del raleo se expresa como un porcentaje del área basal que se corta en la plantación durante la operación, identificado por especies y por la calidad de

sitio. Un raleo fuerte será mayor de 40% del área basal (proporcional al volumen), moderado de 20% a 40 % y suave menor que 20% del área. (Ferias, J. 2010)

3.7. Fertilización forestal

La fertilización produce varios cambios en la fisiología de los árboles que resultan en un mayor crecimiento del fuste. Las hojas aumentan su actividad fotosintética cuando aumentan los niveles de clorofila, los árboles pueden expandir su dosel, o bien pueden cambiar la distribución de los productos fotosintéticos. (Binkley, D. 2006)

Los primeros ensayos de fertilización forestales reportados fueron iniciados en Francia en 1847, donde se encontró que las cenizas de madera; sales de amoníaco y escorias tomas aumentaron el crecimiento de los árboles de entre 17 y 26 %. (Álvarez, T. 2007)

Las investigaciones científicas de nutrición forestal durante la primera parte del siglo fueron sustituidas por estudios mucho más profundos después de la segunda guerra mundial. En Sudáfrica, los científicos de Wattle Research Institute (zarzos es una especie de Acacia) consultaron a los científicos de Rothamsted y llevaron a cabo de uno de los primeros experimentos con un diseño factorial en la nutrición forestal. A tres niveles, cada uno de N, P y K, repetido en dos localidades, los cuales se han continuado mediante tres rotaciones con zarzo negro. Este estudio es quizá el único en su tipo en silvicultura que ha requerido más de una rotación. (Domínguez, V. 2007)

En Rusia, comenzaron a hacer análisis detallados de los ciclos de los nutrientes del pino, oyamel, abedul, álamo, roble y otras especies de árboles. En los que calcularon los requerimientos anuales de nutrientes, la remoción de nutrientes asociados a la cosecha de la biomasa, la tasa de descomposición del humus y la lixiviación de nutrientes del suelo. (Alvin, P. 2012)

En la década de los años sesenta se inicia la fertilización en plantaciones forestales, donde se busca incrementar la producción de madera y acortar los turnos de corta. (Barber, A. 2010)

En arboricultivos forestales a menudo se acostumbra aplicar una fertilización inicial, generalmente de 20 a 50 gr de abono completo en cada hoyo. Al fertilizar toda la superficie el requerimiento es del orden de los 400 a 550 Kg/ha.

En el caso de las coníferas, la fertilización puede producir eventualmente depresiones de crecimiento. (Binkley, D. 2006)

3.7.1. Objetivos de la fertilización forestal

La aplicación de fertilizantes tiene por objetivo entregar a las plantas el complemento nutricional necesario para que estas se desarrollen apropiadamente y logren tasas de crecimiento que satisfagan los requerimientos de los propietarios de las plantaciones. (Alvin, P. 2012)

Para ello, es preciso considerar las características físicas y químicas de los suelos, las dosis y época de aplicación de nutrientes, y las características de la especie, como también, el clima local que predomina en un sitio determinado. Esto permite emplear la combinación óptima de factores, de suelo, planta y clima. (Centeno, J. 2008)

La respuesta a un fertilizante será mayor donde la presencia de otros factores de crecimiento sea beneficiosa para el cultivo, proposición conocida como “ley del óptimo”. (Dávila, C. 2010)

La fertilización en muchos casos ha permitido acelerar el crecimiento del rodal, disminuyendo el tiempo que tarda en alcanzar el límite de máximo tamaño,

produciéndose además una reducción de las limitaciones del sitio. (Domínguez, V. 2007)

3.7.2. Importancia de la fertilización forestal

La aplicación foliar es un procedimiento muy importante y utilizado para satisfacer los requerimientos de micronutrientes y aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción. Los principios fisiológicos del transporte de los nutrientes absorbidos por las hojas son similares a los que siguen por la absorción por las raíces. Sin embargo, el movimiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas no es el mismo en tiempo y forma que el que se realiza desde las raíces al resto de la planta. Tampoco la movilidad de los distintos nutrientes no es la misma a través del floema. (Mijael, R. 2008)

3.7.3. Ventajas de la fertilización

Entre las ventajas más frecuentemente mencionadas se destaca:

La fertilización ha demostrado ser positiva cuando las condiciones de absorción desde el suelo son adversas; por Ej. Sequía, encharcamientos o temperaturas extremas del suelo. Por la menor capacidad de absorción de las hojas en relación a las raíces, las dosis son mucho menores que las utilizadas en aplicaciones vía suelo. Es mucho más fácil obtener una distribución uniforme, a diferencia de la aplicación de granulados o en mezclas físicas. La respuesta al nutriente aplicado es casi inmediata y consecuentemente las deficiencias pueden corregirse durante el ciclo de crecimiento. Así, las sospechas de deficiencias son diagnosticadas más fácilmente. (Melgar, R. 2005)

3.7.4. Desventajas de la fertilización

Entre las desventajas que se mencionan, la fertilización tiene escaso efecto residual en los cultivos anuales, en particular afecta a los micronutrientes no

móviles (Boro) que precisan de más de una aplicación. En cambio, aplicaciones frecuentes en cultivos perennes conducen a una acumulación en el suelo, lo que debiera disminuir su necesidad de aplicación anual. Además, concentraciones excesivas o productos mal formulados pueden resultar en quemaduras de hojas y/o brotes. Finalmente, las aplicaciones deben manejarse coordinadamente en función de la necesidad de otras pulverizaciones para no incurrir en mayores costos. (Fuentes, L. 2009)

3.7.5. Nutrición mineral y fertilización en plantaciones forestales

Desde los albores de la agricultura se sabe que la productividad de la planta está relacionada con las características del suelo en que se cultivan y que ciertas prácticas, como añadir al suelo estiércol de animales o residuos vegetales, redundan en un mayor rendimiento agrícola.

La inquietud por llegar a conocer la composición de las plantas es también muy antigua, ya que se remonta a la época de Aristóteles; sin embargo a partir del siglo XIX es cuando se establecieron las bases para el conocimiento acerca de la nutrición de las plantas y la fertilización. (Jacob, A.; Hidalgo, V. 2004)

El modo en que se incrementa el rendimiento de los cultivos con la fertilización resulta a menudo espectacular. Ahora bien, la experimentación ha demostrado que existen dos reglas básicas que hay que observar:

- La ley del mínimo, según la cual la productividad se ve condicionada por el nutriente que este en menor proporción, aunque de los demás haya cantidades apropiadas.
- El requerimiento óptimo en nutrientes, que es diferente para cada especie y variedad vegetal, una vez que este requerimiento se cumple, el exceso de fertilización no se traduce en incremento de la productividad. (Alvin, P. 2012)

Con frecuencia se usan indistintamente dos términos para expresar la aportación externa de nutrientes al suelo: fertilización y abonado. Desde un punto de vista estricto fertilización es el aporte mineral realizado con fertilizantes químicos, cuyo efecto consiste en mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, y abonado es el aporte de productos orgánicos (como estiércol y otros) que, además de aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, mejora así mismo importantes características de fertilidad, como la estructura, la textura y el contenido en materia orgánica del suelo. Aunque el abonado también se llama fertilización orgánica o enmienda orgánica, el termino enmienda debe reservarse para la corrección de una característica del suelo que provoca que este no tenga un comportamiento correcto; es decir, la idea de enmienda se dirige más a la corrección del suelo que a la consecución directa de un determinado nivel de nutrientes. (Manual de Agropecuaria. 2004)

3.7.6. Oportunidades para fertilizar una plantación forestal

Existen distintas oportunidades para fertilizar:

- Fertilización durante la fase de establecimiento, destinada básicamente a apoyar el crecimiento inicial de las plantas y permitir que la fase de construcción del aparato fotosintético se desarrolle en forma normal, lo que se logra a través de fertilizaciones correctivas y de apoyo.
- Fertilización en conjunto con raleos al cierre de copas, con las cuales se han logrado importantes volúmenes adicionales, que varían entre 4 - 7 m³/ha/año para (***Tectona grandis***) en ensayos instalados entre la VII y VIII Región, coincidiendo con las experiencias realizadas en Australia, Nueva Zelandia y Sudáfrica.
- Fertilización precosecha. La aplicación de fertilizantes cinco o seis años antes de cosechar un bosque ha entregado incrementos en volumen de hasta 30 m³/ha en plantaciones establecidas en la zona de Arauco, convirtiendo esta actividad en otra alternativa para obtener plantaciones de mayor productividad. (Hewitt, E. 2006)

El rol de la fertilización forestal al establecimiento de las plantaciones es importante, pero debe estar asociado a otras técnicas para obtener un crecimiento óptimo de ellas. El control de las malezas es fundamental para mantener un volumen de suelo disponible para la exploración del sistema radicular de la planta de interés. Con este control se logra aumentar el volumen de agua disponible, como también, el capital nutritivo del suelo. (Ingestad, T. 2009)

3.8. Elementos minerales necesarios para las plantas

Las plantas obtienen los elementos esenciales de dos medios muy distintos: el aire y el suelo; en principio, la disponibilidad de los elementos esenciales presentes en el aire (carbono, hidrogeno, oxígeno) es total; por ello, el término nutriente vegetal se aplica específicamente a los elementos esenciales que la planta obtiene del suelo. Como se sabe, el vehículo que utiliza para la absorción de los nutrientes es el agua del suelo, que los lleva disueltos en formas asimilables por las plantas. Así pues, existe también una relación directa entre la disponibilidad hídrica y la disponibilidad en nutrientes que deberá tenerse en cuenta para la fertilización. (Manual de Agropecuaria. 2004)

Los nutrientes vegetales se agrupan en dos categorías siguiendo el criterio de cantidad requerida:

- **Macro nutrientes.-** Son los nutrientes que se absorben en grandes cantidades (en ensayos de laboratorio, de varios gramos por litro de solución nutritiva absorbida). A su vez en este grupo se distinguen:
- **Macro nutrientes primarios.-** Son los que se extraen en mayor cuantía y que, por diversas razones, hay que reponer habitualmente si no se quiere mermer la fertilidad del suelo. La fertilidad mineral ordinaria tiene por objeto la reposición de estos macro nutrientes primarios, a saber, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio. (Arévalo, A. 2008)
- **Micronutrientes secundarios.-** Son los macro nutrientes que, tanto por su disponibilidad en el suelo en el suelo como por la cuantía en la que los

absorben las plantas, no presentan por lo general problemas de reposición; por ello, habitualmente no es preciso considerar su aporte sistemático al suelo. Los micronutrientes secundarios más importantes son: azufre (S), magnesio (Mg) y calcio (Ca). (Jacob, A.; Uexküll, H. 2006)

- **Micronutrientes u oligoelementos.-** Son los que se absorben en cantidades menores (miligramos o microgramos por litro de solución nutritiva); lo esencial del papel que desempeñase debe fundamentalmente a que su presencia resulta necesaria para que tengan lugar determinadas reacciones bioquímicas. Los micronutrientes vegetales más importantes son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el boro (B) y el molibdeno (Mo). (Ludwick, A. 2002)

3.8.1. Funciones de los macronutrientes N, P y K en las plantas

Los nutrimentos ejercen funciones específicas en la vida de las plantas y estas funciones pueden ser clasificadas en tres grandes grupos:

- **Estructural.-** El nutrimento forma parte de la molécula de uno o más compuestos orgánicos, e. g. Nitrógeno (N) en aminoácidos y proteínas, y fósforo (P) como parte integral de los nucleótidos y ácidos nucleicos
- **Constituyente de enzimas.-** El nutrimento forma parte de las enzimas y participan como activadores de numerosas reacciones enzimáticas, e. g. Cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc y níquel, que participan como activadores de numerosas reacciones enzimáticas
- **Transporte y regulación osmótica.-** El nutrimento forma enlaces iónicos con moléculas orgánicas de bajo peso molecular, para favorecer su movilidad de un órgano a otro. Se almacena en vacuola para procesos de osmorregulación, e. g. Potasio (K). (Álvarez, T. 2007)

3.8.2. Nitrógeno

Hay dos formas principales de Nitrógeno en el suelo que pueden ser utilizadas por los árboles. Son estas, el amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-). La mayor parte de las especies de árboles parecen aprovechar más eficientemente el (NH_4^+) amonio antes que el nitrato (NO_3^-). Esto es verdad en el caso de todos los pinos y la mayor parte de las especies latifoliadas que se han estudiado. La última fuente de nitrógeno es el N_2 nitrógeno de la atmósfera. Puede fijarse en las formas orgánicas solamente gracias a un pequeño grupo de microorganismos que incluyen bacterias especializadas, actinomicetes, y las algas azules verdosas. (Melgar, R. 2005)

3.8.2.1. Deficiencia de nitrógeno

Este elemento en el mundo es el más comúnmente deficiente en los suelos forestales, su sintomatología de deficiencia es la clorosis (color amarillento verdoso de las hojas o acículas). La fertilización operacional de los bosques con Nitrógeno se ha convertido en una práctica común en Europa, Norte América, Australia, Nueva Zelandia, Japón, Sur África. Se han hecho pruebas con resultados positivos en los Andes y en los llanos Orientales de Colombia. Todavía falta hacer los estudios económicos, pero la fertilización con nitrógeno de algunos suelos boscosos será casi económicamente favorable. (Rey, A. 2005)

3.8.3. Potasio

El único macronutrientes que no tiene un papel estructural en el árbol es el Potasio (K), sin embargo se necesita en cantidades relativamente grandes para cumplir con sus diversas funciones reguladoras. En el suelo y árbol, el potasio se encuentra como ión K^+ . Consecuentemente es altamente móvil en el árbol y puede ser lixiviado de las hojas por la lluvia. Se ha constatado que un buen suministro de K aumenta la resistencia del árbol a varios patógenos y que aumenta la resistencia del árbol a bajas temperaturas. (Alvin, P. 2012)

3.8.3.1. Deficiencia del potasio

Las deficiencias del potasio son raras en los bosques templados, pero algunos suelos llegan a presentarlas, en especial, suelos muy arenosos y turberas con drenaje generalmente tienen un contenido muy bajo de este elemento. Con frecuencia, la respuesta que muestran a la fertilización los suelos deficientes en este nutriente es muy amplia y persistente. (Barber, A. 2010)

3.8.4. Fósforo

Las plantas tienen un contenido en fósforo que varía entre el 0.1% y el 1.2%, estando al menos el 80% incorporado a compuestos orgánicos. Las plantas absorben el fósforo (P) en forma de fosfatos inorgánicos, principalmente como aniones H_2PO_4 y HPO_4^{2-} ; no obstante, la planta puede fosfatos de los compuestos orgánicos y posteriormente absorberlos. Este elemento, a diferencia del nitrógeno o el azufre, no es reducido en la planta al ser asimilado por ella, sino que es incorporado a los compuestos orgánicos en su mismo estado de oxidación. (Binkley, D. 2006)

Buena parte del fósforo en el suelo está presente en los compuestos de materia orgánica pero estos deben ser mineralizados por microorganismos para convertirlos en forma inorgánica para que el árbol los use. (Centeno, J. 2008)

3.8.4.1. Deficiencia de fósforo

El fósforo es el segundo elemento más comúnmente deficiente después del nitrógeno en los suelos forestales. Las plantas requieren casi del 10 al 15%, tanto del potasio como de nitrógeno. Una deficiencia de fósforo da como resultado un crecimiento lento en la mayor parte de las especies de los árboles. En algunos Pinos el único síntoma de deficiencia obvia es el de agujas primarias cortas. Sin embargo, en otros pinos y especialmente en los eucaliptos la producción del

pigmento antocianina se hace muy evidente y las hojas o agujas maduras se ponen bastante moradas. (Dávila, C. 2010)

3.8.5. Funciones de los micronutrientes

3.8.5.1. Cloro

Aunque este micronutrientes es obviamente esencial para el crecimiento del árbol, solamente se ha confirmado una función del cloro. Aumenta la tasa de la transferencia de electrones del agua a la clorofila durante la fotosíntesis. La formación de raicillas partidas en las puntas en plántulas deficientes en cloro sugiere que aún falta por descubrir otras funciones de los micronutrientes. No ha habido informes concretos sobre deficiencia de cloro en los bosques. (Domínguez, V. 2007)

3.8.5.2. Hierro

Los árboles que presentan deficiencias de hierro son bastante comunes pero la deficiencia está más fuertemente relacionada con especies de árboles o con la edad, que con la falta de este elemento en el suelo. La acidez del suelo también afecta la disponibilidad del hierro fuertemente. El hierro es muy inmóvil en el árbol, por tanto es el follaje nuevo el que muestra síntomas de deficiencia es la clorosis. Es esencial en la fotosíntesis, respiración, en el metabolismo del nitrógeno y catalizan la conversión de los peróxidos tóxicos en el agua y en el oxígeno. (Fuentes, L. 2009)

3.8.5.3. Boro

De los elementos menores el boro es el más comúnmente deficiente en los suelos forestales, es especialmente probable que haya deficiencia de boro en los suelos derivados de cenizas volcánicas, tales como los suelos de los Andes y en los suelos ácidos con bajo contenido de materia orgánica. Uno de los primeros

resultados de deficiencia de boro es la cesación de crecimiento de las puntas de las raíces. A esto le sigue el daño y a menudo la muerte de los meristemas apicales también se pone marrón la médula cercana del meristema.

La mayor parte del boro en el suelo está presente en la materia orgánica y se vuelve asequible para su absorción solo cuando los microorganismos lo mineralizan. (Hewitt, E. 2006)

La humedad aumenta la disponibilidad del boro, por tanto la sequía baja su disponibilidad en el suelo. Este nutriente es el único que se lo toma del suelo en forma desasociada, es tomado directamente como H_3BO_3 .

Es así como la aplicación del fósforo o potasio puede agravar el estado marginal del boro en el árbol. La corrección de un elemento puede ser la deficiencia de otro elemento. En los frutales la deficiencia de boro causa la agrietación de la corteza, aparece la gomosis y mal formación de los frutos. (Ingestad, T. 2009)

3.8.5.4. Magnesio

La mayor parte de los árboles toleran amplios rangos en el nivel de magnesio en sus tejidos. Sin embargo, se ha sabido de deficiencias y de toxicidad por manganeso en los árboles. La fotosíntesis, la respiración, la síntesis de ácidos grasos y síntesis de nucleótidos son activados por el manganeso. (Jacob, A.; Uexküll, H. 2006)

3.8.5.5. Zinc

En las plántulas la deficiencia de zinc se asemeja a la del boro. En los árboles de mayor edad esta deficiencia da como resultado un color bronceado en las hojas tiernas de las especies latifoliadas, y en los pinos se presenta la clorosis y enanismo en las agujas. El zinc activa varias enzimas. En los bosques nativos casi nunca hay deficiencia de zinc, pero en las plantaciones de especies introducidas se

han demostrado deficiencias en algunas localidades incluyendo a Colombia. (Fuentes, L. 2009)

3.8.5.6. Cobre

En las plántulas, la deficiencia de cobre se puede detectar por las caídas de las hojas, en los árboles de mayor tamaño las ramas se tuercen y se caen. Las yemas terminales de las coníferas pueden volverse torcidas. El cobre es esencial para la fotosíntesis, la respiración y la formación de por lo menos una hormona. (Jacob, A.; Hidalgo, V. 2004)

3.8.5.7. Molibdeno

De los nutrientes que el árbol necesita, el molibdeno es el que se requiere en menores cantidades. Su única función conocida es la reducción del nitrato. (Ludwick, A. 2002)

3.9. Los fertilizantes

La fertilidad de un suelo es la capacidad para abastecer de elementos nutritivos a las plantas. Para mantener la fertilidad a un nivel adecuado de producción es preciso que se repongan los elementos nutritivos que se pierden debido a extracciones de la cosecha, lavado, volatilización, etc. (Melgar, R. 2005)

Son sustancias que contienen elementos o compuestos químicos nutritivos para los vegetales, en forma tal que pueden ser absorbidos por las plantas. Se los utiliza para aumentar la producción, reponer y evitar deficiencias de nutrientes y propender al mejoramiento sanitario de las plantas. Algunos de los efectos perjudiciales de su uso son el aporte de nitratos a las capas de agua en las áreas de cultivos intensivos, concentraciones de pesticidas, bacterias y residuos agroquímicos. Por ello, deben seguir ajustándose las cantidades que se aplican a las necesidades de los cultivos, mejorar la composición de pesticidas y

fertilizantes y manejar las plagas en forma integral. Además, se deben respetar las precauciones indicadas en las etiquetas de los envases y productos. (Barber, S. 2012)

3.9.1. Estado físico y propiedades químicas

“El estado físico en que se presenta un abono, puede ser sólido, líquido y gaseoso. Juega un papel importante en las condiciones de utilización y la eficiencia del abono, ya que en tanto la homogeneidad de la distribución como su integración más o menos completa en el suelo, van a depender de dicha presentación.” (Mijael, R. 2008)

“Las propiedades químicas de los fertilizantes determinan tanto su comportamiento en el suelo como su manipulación y conservación. Destacándose las siguientes:

- **Solubilidad.** La solubilidad en agua o en muchos reactivos es determinante sobre el contenido o riqueza de cada elemento nutritivo en un fertilizante concreto.
- **Reacción** del fertilizante sobre el pH. del suelo. Viene determinada por el índice de acidez o basicidad del fertilizante que se corresponde con la cantidad de cal viva que es necesaria para equilibrar el incremento de acidez del suelo (fertilizante de reacción ácida) o producir un incremento de pH equivalente (fertilizante de reacción básica).
- **Higroscopicidad:** Capacidad de absorber agua de la atmósfera a partir de un determinado grado de humedad de la misma. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante. Generalmente, cuanto mayor es la solubilidad del fertilizante en agua, mayor es su higroscopicidad. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante.” (Rey, A. 2005)

Las propiedades químicas de los suelos dependen del clima en que se desarrollan. En zonas húmedas y muy húmedas bajan sus niveles nutritivos debido a la lixiviación de los nutrientes y por tanto son ácidos y desaturados en bases. (Weaver, L. 2008)

3.9.2. Cualidades de los fertilizantes

Se llama riqueza o concentración de elementos nutritivos que contienen por unidad de peso. En los elementos primarios de unidades fertilizantes se expresan así:

Anhídrido fosfórico = P_2O_5 .

Oxido de Potásico = K_2O .

Oxido de Cálculo = CaO .

Oxido Mangánico = MgO . (Mijael, R. 2008)

En los abonos compuestos, la riqueza de los elementos se expresa mediante tres cifras, que indican, respectivamente, la riqueza en nitrógeno, fósforo y potasio. Así, por ejemplo, la fórmula 10 - 30 - 10 significa que el abono contiene 10 por 100 de nitrógeno, 30 por 100 de P_2O_5 y 10 por 100 de K_2O .

Cuando el abono contiene, además, otros elementos se expresan a continuación las cifras correspondientes a estos elementos. Por ejemplo, la fórmula 8 - 24 - 16 - 2 Mg - 0,2 B. (Melgar, R. 2005)

La riqueza o concentración total de un abono compuesto es el contenido total de elementos nutritivos. El abono de fórmula 8 - 24 - 16 tiene una concentración de $8 + 24 + 16 = 48$ por 100 elementos nutritivos.

El equilibrio de una fórmula se refiere a la relación en que se encuentran los elementos primarios, tanto como referencia su riqueza en nitrógeno. Por ejemplo, la fórmula 8 – 24 - 16 tiene un equilibrio 1: 3: 2. (Jacob, A.; Hidalgo, V. 2004)

3.9.3. Métodos de aplicación del fertilizante

“En fertilización forestal existe varias formas de aplicación. En hoyos antes de la plantación, mezclando el fertilizante 15 días antes de la plantación. En hileras el fertilizante se aplica en bandas a un lado del suelo a trasplantar. Al voleo el fertilizante es dispersado manual o mecánicamente en toda la superficie del suelo de manera uniforme. Mediante agua de riego, mezclando con fungicidas o tratamientos para las plantas, mediante aviones, en polvo, grano y agua.” (Ingestad, T. 2009)

En los árboles jóvenes la fertilización a menudo se lo hace manualmente colocando en ranuras al lado del árbol. Las personas encargadas de la plantación pueden usar una bolsa o un saco en donde pueden llevar el fertilizante y un balde o una taza con medida para dar el correcto peso del fertilizante por árbol. Se hace un hoyo de alrededor de 15 cm. a cada lado del árbol y se coloca el fertilizante. Los fertilizantes que han sido colocados muy cerca, en terrenos con pendientes, o redondeando el árbol pueden causar la muerte de la planta. Si el fertilizante es simplemente esparcido sobre la superficie, gran parte de esto se puede desperdiciar por la volatilización o por la simple desaparición o por la competencia de maleza. (Hewitt, E. 2006)

Previamente a la plantación y si la topografía lo permite, los fertilizantes deben ser aplicados durante la plantación mecánica o a través del uso de aspersores con base en el suelo usados en agricultura. Cuando los árboles han alcanzado una altura considerable, un sistema aéreo a menudo puede ser utilizado. Los helicópteros son los más efectivos, cuando éstos son combinados con sistemas de guía electrónicos para asegurar una distribución uniforme. (Fuentes, L. 2009)

3.10. Medición de árboles y masas forestal

La medición de árboles y masas forestales abarcan una serie de principios aplicables en todos los aspectos del bosque o plantación. La medición de variables básicas en plantaciones provee al administrador de la misma, con información cuantitativa que es necesaria para la buena plantación y manejo, sin embargo, la medición extensiva de la plantación es muy costosa. Por lo anterior es necesario el desarrollar métodos precisos para tomar mediciones, que sean sencillas de aplicar, que impliquen bajo costo y de las cuales se puedan derivar estimaciones para la plantación. (Chave, J. 2010)

El termino medición como la determinación de tamaño en relación con un estándar observado. Para que una medición sea confiable, debe de ser cuidadosamente tomada y de una forma estadística aceptable. Por eso antes de una medición es importante definir claramente el problema y establecer que se necesita medir, explorar diferentes formas de hacer la medición, diseñar las técnicas de medición y muestreo; y, probar las técnicas en el campo, verificando que sean eficaces y eficientes. (Torres, J.; Magaña, O. 2009)

3.10.1. Medición de características individuales

De manera general, un árbol se puede dividir en tres partes: tronco, copa y raíces, cada una de las cuales puede ser medida con mayor o menor detalle dependiendo del objetivo de la medición. (Aguirre, Z. 2006)

3.10.2. Medición de diámetros

Es conocido que el diámetro de un árbol disminuye conforme se acerca a la punta del mismo. La convención universal es medir el diámetro a una altura sobre el suelo llamada “altura de pecho” que es a 1,3 metros. Otros países que usan esta medida son: los países del continente europeo, el Reino Unido, Australia, México,

y los países latinoamericanos, por otro lado, países como Estados Unidos, Nueva Zelanda, Burma, India, Malasia y Sudáfrica. (Lencinasa, J.; Mohr, D. 2007)

Las tres fuentes posibles de error al medir diámetros son provocados por el árbol, el instrumento de medición o por la persona que toma el dato. Los instrumentos más frecuentemente usados para medir el diámetro de un árbol en pie son la forcípula y la cinta diamétrica. (Madsen, J.; Balslev, H. 2010)

Los errores vinculados con el árbol se relacionan principalmente a su forma; los errores relacionados con el instrumento de medición dependen del material con que están fabricadas así, en las cintas diamétricas metálicas el error es imperceptible, en las cintas hechas con tela o fibra de vidrio, puede existir cierto error dependiendo del uso continuo y del estiramiento al que son sometidas, este error se puede evitar verificando las cintas contra una medida estándar y en el caso de las forcípulas están sujetas a tener más errores que las cintas ya que se pueden dañar fácilmente. (Romahn, C. et, al. 2008)

3.10.3. Medición de altura

La altura de árbol se define como la distancia vertical del suelo a la punta más alta del árbol. La altura de los árboles es una variable de fundamental importancia porque es usada para describir tanto la cantidad como la calidad de crecimiento de los árboles de un bosque o una plantación. La altura de los árboles puede ser medida mediante métodos directos e indirectos. Los métodos directos son los más precisos y exactos pero no son usados por sus costos y poco prácticos. Los métodos directos más usados son: trepar hasta la punta del árbol y medirlo con una cinta y el uso de postes graduados. Este último método es el más práctico para medir árboles de pequeña altura. (Santillán, J. 2011)

Los métodos indirectos son los más usados en mediciones forestales debido a las limitantes que presentan en la práctica los métodos directos. Los instrumentos de medición están basados en principios geométricos o trigonométricos; actualmente,

los instrumentos basados en principios geométricos han sido desplazados por los trigonométricos por su baja exactitud.

La altura de los árboles se puede medir con cualquier aparato que permita medir ángulos verticales o pendientes, entre los instrumentos más comunes para la medición de altura se encuentran: el clinómetro, clinómetro electrónico, hipsómetro, pistola de Blume - Leiss, el relascopio y la pistola haga. Un problema potencial que se tiene al medir la altura de un árbol es que no se toma en cuenta la inclinación del mismo. (Torres, J.; Magaña, O. 2009)

3.10.3.1. Altura total

La altura total de los árboles es la comprendida entre el nivel del suelo y la yema terminal del tallo o tronco. (GUÍA PRÁCTICA HERBARIO N° 5. 2004).

La medición de la altura requiere que tanto la base como el ápice del árbol sean claramente visibles. Esto último puede ser difícil en arboles de copa globosa, caso en que tendera a sobreestimarse la altura total. Otra causa de error en la medición de alturas es la inclinación del árbol en relación al plano vertical. Estos errores de medición se reducen al aumentar la distancia entre el observador y el árbol. (Santillán, J. 1986, citado por Chango. J.; Fernández. L. 2013)

3.10.3.2. Altura comercial

La altura comercial de los arboles depende de su aplicación en la industria así para productos aserrados se requiere una longitud comprendida entre el nivel del suelo hasta el punto donde el tallo es utilizable, esto es un mínimo de 20 cm de diámetro en el extremo superior del tronco, para productos laminados, la longitud óptica es la que alcanza hasta un mínimo de 40 cm, de diámetro en el extremo superior del árbol y para tableros aglomerados y/o pulpa un mínimo de 10 cm, de diámetro. (Linares-Palomino, R.; Ponce, A. 2005)

Para las mediciones precisas de la altura hay instrumentos ópticos llamados hipsómetros ópticos, el mismo autor hace referencia que para saber la edad de un árbol, se toma de los registros, los mismos que contienen las fechas de plantación de las plantadas.

La edad y crecimiento de los árboles es mediante registros, los mismos que contienen las fechas de plantaciones de las especies forestales. El crecimiento depende de las especies de su edad y calidad del sitio, la altitud en la cual crecen. También depende del suelo y otros factores como la precipitación la relación entre estos factores y el crecimiento se expresa en curvas de calidad del sitio. (Santillán, J. 2011)

3.10.4. Medición de área basal

La estimación del área basal se usa generalmente en los estudios forestales, puesto que con otros parámetros, como la densidad y altura, brindan un estimado del rendimiento maderable de un determinado lugar. Cuando se tiene el DAP, el área basal.

El área basal se puede estimar, rápidamente, mediante un releiscopio o un prisma; mismo que se puede construir con una vara de 1 m de largo y una pieza transversal colocada al extremo de ésta.

El observador sujeta la vara, con la pieza transversal en el extremo opuesto, y mira cada tronco situado alrededor del punto escogido de observación. Se lleva la cuenta de todos los árboles cuyo fuste se observa en la mira y cuyo diámetro excede el ancho de la pieza transversal del relascopio. (Figueroa, C. 2010)

Para determinar el área basal se aplica la siguiente fórmula matemática:

$$AB = (DAP)^2 \times 0.7854; \text{ donde:}$$

AB = Área Basal

DAP = Diámetro Altura Pecho en m²

0,7854 = Valor constante. (Quesada, R. 2010)

3.10.5. Medición de copa

Las funciones de la copa de un árbol son el exponer sus hojas a la energía radiante de la forma más eficiente, para la fotosíntesis y proveer al árbol nuevas hojas. El tamaño de la copa tiene un marcado efecto, y gran correlación, con el crecimiento del árbol y cada una de las partes. (Petit, J. 2010)

El diámetro de la copa es el parámetro más comúnmente medido. Al igual que pasa con el diámetro del árbol se pueden tener problemas al medirlo debido a que su forma no es exactamente circular. Se mide directamente mediante la proyección vertical al suelo de los dos lados opuestos del árbol, marcándolos en el terreno y midiendo la distancia que hay entre estos dos puntos de manera directa con una cinta. Esta medición se puede repetir más de una vez, dependiendo de qué tan irregular sea la forma de la copa. Una vez que se tiene todas las mediciones, estas se suman y el resultado se promedia. (Santillán, J. 2011)

Los diámetros de copa pueden ser también calculados de manera directa mediante el uso de fotografías aéreas, aunque aquí la precisión del cálculo dependerá de la escala de la foto, la resolución del film, el ángulo con que fue tomada la foto y la experiencia del fotointérprete. (Pinelo, G. 2010)

Las mediciones de los diámetros de las copas de un rodal sirven para conocer el factor de competencia de copas, que es una medida de la densidad del rodal. Este factor es potencialmente útil en estudios de crecimiento y para el cálculo de cosecha, debido a que es un valor independiente de la edad y del sitio. (Torres, J., y Magaña, O. 2009)

3.10.6. Medición de volumen

El Volumen, es en definitiva, el resultante más importante, como indicador del potencial o capacidad de producción del bosque, su cálculo se establece en base al área resultante del DAP, multiplicado por la altura comercial. (Quesada, R. 2010)

3.10.6.1. Volumen total

Se refiere al total de madera que se encuentra en el bosque por unidad de superficie o para el área total, se refiere únicamente a la madera que puede ser aprovechada, descontándose los defectos o volúmenes irreversibles. (López, C. 2011)

Para calcular el volumen total de madera, se utilizará los datos de la altura total y área basal obteniendo el volumen de un cilindro, por razón de forma cónica del árbol el volumen será corregido por un factor de corrección ($F= 0,70$) o coeficiente de forma.

Para determinar el volumen total de un árbol de los rodales, se utilizará la siguiente fórmula:

$$V = F \times AB \times L$$

Dónde:

V = Volumen del árbol en pie en m^3

F = Factor de corrección (0,70)

AB = Área basal en m^2

L = Longitud o altura total del árbol en metros. (Pinelo, G. 2010)

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación de la investigación

Cantón	Ventanas
Provincia	Los Ríos
Parroquia	Ventanas
Lugar	Gramalote

4.1.2. Situación geográfica y climática

Parámetros	
Altitud	153 msnm
Latitud	01° 28' 029" S
Longitud	79°21'41.3'' W
Temperatura máxima	31°C
Temperatura mínima	17°C
Temperatura media anual	26.3°C
Precipitación media anual	2160
Humedad relativa (%)	81%

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ventanas. 2015

4.1.3. Zona de vida

La zona de vida donde se realizó la investigación corresponde al piso bosque tropical seco (bt-S). (Holdridge, L. 1979)

4.1.4. Material experimental

Plantas de teca

Fertilizantes N-P-K

4.1.5. Materiales de campo

Flexómetro, cinta métrica, clinómetro digital, cinta plástica, piola, escarbadora, pala, fundas de papel, cámara fotográfica, GPS, podadora de altura, machetes, calibrador de vernier, regla, fertilizantes N-P-K, insecticida, fungicida, bomba a motor de 20 litros, rótulos, libreta de campo, lápiz.

4.1.6. Materiales de oficina

Borrador, libreta de campo, calculadora, hojas de papel boom, flash memory, computadora, impresora, esferos, lápices.

4.2. Métodos

4.2.1. Factores en estudio:

Fertilización en base a N-P-K

4.2.2. Tratamientos

N° Trat.	Detalle
T ₁	Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K
T ₂	Teca + 400, 200 y 300 g de N-P-K
T ₃	Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K

4.2.3. Tipo de diseño:

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar

4.2.4. Procedimiento:

- Localidad 1
- Tratamientos 3
- Repeticiones 4
- Número de unidades investigativas 12
- Área total del ensayo 4800 m²
- Total de plantas de tecla 300
- Distancia de plantación 4 x 4
- Área de cada parcela 900 m²
- Número total de plantas por parcela 60
- Número de plantas a evaluar por bloque 9

4.2.5. Tipos de análisis

Análisis de varianza (ADEVA), según el siguiente detalle:

Fuentes de Variación	Grados de libertad	CME*
Total (r x t-1)	11	
Bloques (r-1)	3	$f^2e + 4 f^2$
Tratamientos (t-1)	2	$f^2e + 30\delta^2t$
Error (r-1)(t-1)	6	f^2e

* Cuadrados Medios Esperados. Modelo Fijo. Tratamientos Seleccionados por los Investigadores.

- Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis económico costo/tratamiento.

4.3. Métodos de evaluación y datos tomados

4.3.1. Altura total del árbol (ATA)

Variable que se evaluó al inicio de la investigación y a los 120 días, en 9 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental, para lo cual se utilizó un clinómetro digital, se midió desde el nivel del suelo hasta la yema apical, y su medida se expresó en metros.

4.3.2. Altura comercial (AC)

Dato que se registró al inicio de la investigación a los 120 días, en 9 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental, para ello se utilizó un clinómetro digital, midiendo desde la base del árbol hasta la inserción de la primera rama y su medida se expresó en metros.

4.3.3. Diámetro Altura Pecho (DAP)

Variable que fue evaluada en 9 plantas seleccionadas al azar de cada unidad investigativa, al inicio de la investigación, a los 120 días, con la ayuda de una cinta métrica, midiendo la circunferencia del árbol a la altura pecho (DAP a 1.30 m), este valor, se dividió para π , obteniéndose el diámetro y su resultado se expresó en centímetros.

4.3.4. Largo del limbo (LL)

Dato que fue evaluado en 9 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental al inicio de la investigación, a los 120 días, con la ayuda de un flexómetro, se midió desde la base de la inserción del limbo con el pecíolo hasta el ápice terminal de una hoja baja, media y alta y su medida se expresó en cm.

4.3.5. Ancho ecuatorial de la hoja (AEH)

Variable que fue tomada con la ayuda de una regla, midiendo el ancho en la parte media de la longitud de las hojas y su medida fue expresada en cm, de una hoja de la parte baja, medio y tercio superior, al inicio de la investigación, a los 120 días, en 9 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental.

4.3.6. Número de hojas (NH)

Dato que se registró contando directamente el número de hojas de las 9 plantas seleccionadas al azar, de cada unidad experimental, al inicio de la investigación, a los 120 días.

4.3.7. Número de ramas (NR)

Variable que se obtuvo al inicio de la investigación, a los 120 días, mediante un conteo directo de las ramas, en 9 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental.

4.4. Manejo del experimento en el campo

4.4.1. Análisis físico químico del suelo

Al inicio y al final de la investigación se recogieron muestras de suelo, mismos que fueron enviados al laboratorio del INIAP en la ciudad de Quevedo, para sus respectivos análisis.

4.4.2. Distribución de las unidades experimentales

Se realizó el trazado de las unidades experimentales y se ubicó las 9 plantas seleccionadas al azar, las mismas que sirvieron para recolectar los datos en la

plantación de teca, cada una de ellas serán etiquetadas de acuerdo a los tratamientos.

4.4.3. Preparación del fertilizante N-P-K

Se preparó el fertilizante de la siguiente forma; N = Urea al 46%, P = Súper fosfato triple al 46% y K = Muriato de potasio al 60%, dichos porcentajes sirvieron para obtener las siguientes dosis y tratamientos; T₁: 300 - 200 - 300 g de N-P-K, para obtener esta dosis se utilizó 48 Kg de Urea; 64,00 Kg de Súper fosfato triple y 80 Kg de Muriato de K; T₂: 400 - 200 - 300 g de N-P-K, para lo que se empleó 64 Kg de Urea; 32,00 Kg de Súper fosfato triple y 48 Kg de Muriato de K y T₃: 500 - 150 - 300 g de N-P-K, para lo que se usó 80 Kg de Urea; 24,00 Kg de Súper fosfato triple y 48 Kg de Muriato de K; una vez realizado la mezcla de los fertilizantes, se aplicó en la plantación de teca.

4.4.4. Aplicación del fertilizante N-P-K

El fertilizante N-P-K, se aplicó al voleo, dispersado de forma manual y uniforme, a una distancia de 50 cm de la base del tallo de cada planta, se realizó dos aplicaciones la primera al inicio de la investigación, donde se suministró el 50% de la dosis en cada tratamiento; es decir T₁: 24 Kg de Urea; 32,00 Kg de Súper fosfato triple y 40 Kg de Muriato de K; T₂: 32 Kg de Urea; 16,00 Kg de Súper fosfato triple y 24 Kg de Muriato de K y T₃: 40 Kg de Urea; 12,00 Kg de Súper fosfato triple y 24 Kg de Muriato de K; la segunda aplicación se hizo a los 60 días, donde se aplicó el 50% restante de N-P-K, con lo que completo las dosis establecidas en cada tratamiento.

4.4.5. Control de malezas

Una vez establecidas las parcelas, el control se realizó de forma manual con la ayuda de un machete, de acuerdo a la presencia de malezas.

4.4.6. Control de plagas

Para el control de plagas como lepidópteros devoradores de hojas, barrenadores de tallo y mosca blanca, se aplicó por aspersión un regulador de insectos orgánico Burner - JL, en una dosis de 50 cc en una bomba de 20 litros. Se realizó dos aplicaciones, la primera a los 30 días, y, la segunda a los 90 días después de iniciada la investigación.

4.4.7. Control de enfermedades

Para el control de enfermedades que atacan a la teca como corona de agallas, quema de brotes y roya de la teca se aplicó dos controles a base de Oxithane, en una dosis de 200 g en una bomba a motor de 20 litros. La primera aplicación fue a los 30 días y la segunda a los 90 días después de iniciada la investigación

4.4.8. Poda

Labor que consistió en eliminar las ramas inferiores con el propósito de producir madera de excelente calidad sin nudos, para ello se utilizó un serrucho de pértiga de podar.

4.4.9. Riegos

El riego se aplicó una vez por semana, durante las épocas secas, labor que se realizó con la ayuda de una moto bomba.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura total del árbol (ATA en m); Altura comercial (AC en m); Diámetro Altura Pecho (DAP en cm); Largo del limbo (LL en cm); Ancho ecuatorial de la hoja (AEH en cm); Número de hojas (NH) y Número de ramas (NR) al inicio de la investigación y a los 120 días.

Cuadro No. 1. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable ATA en m; AC en m; DAP en cm; LL en cm; AEH en cm; NH y NR al inicio de la investigación y los 120 días.

Altura de plantas		Altura comercial		Diámetro altura pecho		Largo del limbo		Ancho ecuatorial de la hoja		Número de hojas		Número de ramas	
Inicio (NS)	120 días (*)	Inicio (NS)	120 días (*)	Inicio (NS)	120 días (*)	Inicio (NS)	120 días (*)	Inicio (NS)	120 días (**)	Inicio (*)	120 días (**)	Inicio (*)	120 días (**)
T ₁	T ₃	T ₁	T ₃	T ₃	T ₃	T ₂	T ₃	T ₂	T ₂	T ₁	T ₃	T ₁	T ₃
9,08 A	11,86 A	6,31 A	7,94 A	7,94 A	8,68 A	57,56 A	64,39 A	38,22 A	49,81 A	154,00 A	236,00 A	11,00 A	12,00 A
T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂
9,03 A	10,93 A	5,78 A	7,31 AB	7,91 A	8,44 A	54,81 A	61,39 AB	36,06 A	43,68 B	152,00 AB	175,00 B	10,00 A	10,00 B
T ₃	T ₂	T ₃	T ₂	T ₁	T ₁	T ₃	T ₁	T ₃	T ₃	T ₃	T ₁	T ₃	T ₁
8,98 A	10,88 A	5,68 A	6,07 B	7,88 A	8,39 A	54,31 A	57,4 B	34,53 A	41,36 B	126,00 B	146,00 C	9,00 B	7,00 C
MG: 9,03	11,22	5,92	7,11	7,91	8,50	55,56	61,06	36,27	44,95	144,00	187,00	10,00	10,00
CV%: 7,07	6,43	7,40	11,15	6,74	6,16	4,17	4,28	6,37	3,63	3,07	1,84,00	9,29	10,50

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

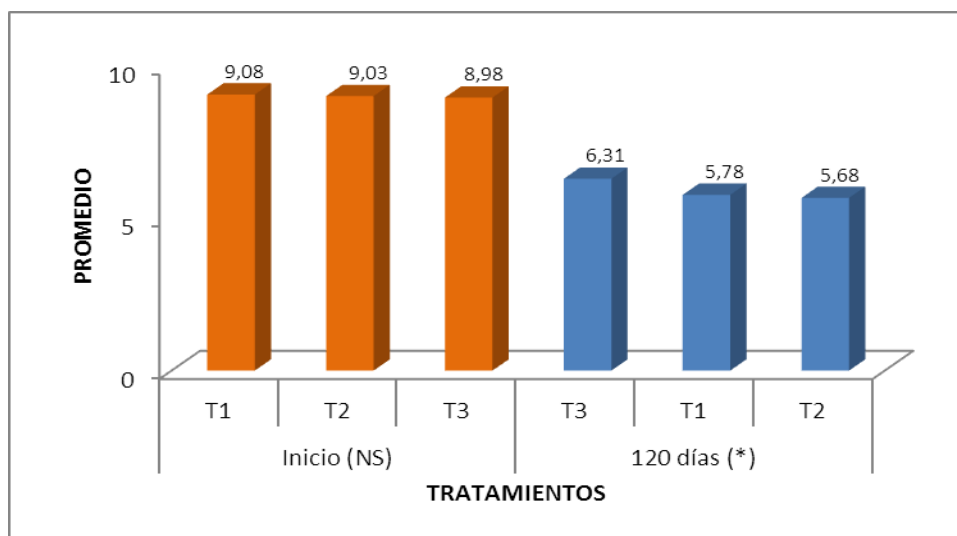
TRATAMIENTOS

Al inicio de la investigación no se determinaron diferencias estadísticas significativas como efecto de los tratamientos en cuanto a las variables altura total y comercial de los árboles, diámetro altura pecho, largo del limbo y ancho ecuatorial de la hoja. Mientras que para el número de hojas y ramas se tuvo una respuesta significativa. (Cuadro No. 1)

Esta respuesta es lógica, porque al inicio de la investigación aún no se aplicó ningún tipo de fertilizante, por ende estas variables no fueron influenciadas por el material experimental a ser aplicado.

A los 120 días de haber iniciado a la investigación, se determinaron diferencias estadísticas significativas y altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a las variables altura total y comercial de los árboles de teca; largo del limbo; ancho ecuatorial de la hoja, número de hojas y número de ramas por planta de teca. Sin embargo para el diámetro altura pecho se calculó un efecto no significativo entre los tratamientos (Cuadro No. 1).

Gráfico No. 1. Tratamientos en la variable altura total de las plantas al inicio de la investigación y a los 120 días.



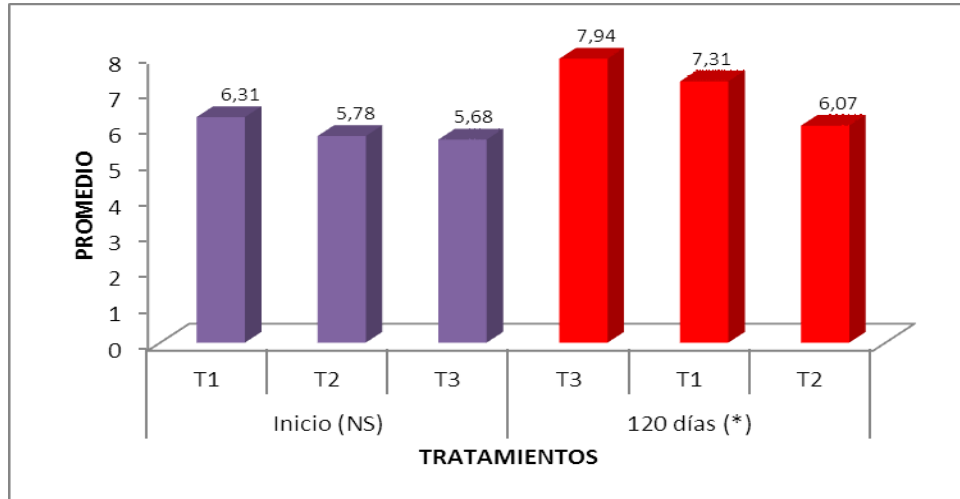
Con la prueba de Tukey al 5%, para comparar los promedios de tratamientos para la altura total de las plantas de Teca, al inicio se registró un promedio general de 9,03 m. El promedio más alto para la altura total de las plantas, se evaluó en el T₁ (Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K) con 9,08 m de altura total. La menor altura total de los árboles de Teca se tuvo en el tratamiento T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con 8,98 m (Cuadro No. 1 y gráfico No. 1).

A los 120 días de haber aplicado las tres dosis de fertilización en la plantación establecida, se registró un media general de 11,22 m; teniéndose la mayor altura total de los árboles de teca al aplicar 500, 150 y 300 g de N-P-K (T₃) con 11,86 m. Mientras que el promedio más bajo se dio en el tratamiento T₂: Teca + 400, 200 y 300 g de N-P-K con 10,88 m de altura total (Cuadro No. 1 y gráfico No. 2)

Esta respuesta es lógica, ya que los resultados del análisis de suelo realizado al inicio de la investigación, presento un contenido bajo para nitrógeno, teniendo que suministrar a la plantación fertilización complementaria al suelo mediante la actividad de corona.

Lo que coincide a lo señalado por Melgar, R. 2005, las plantas pueden obtener nitrógeno del suelo en forma de amonio (NH₄⁺) y de la atmósfera en forma de nitrato (NO₃⁻). La mayoría de los vegetales aprovechan de mejor manera el nitrógeno que se encuentra en el suelo.

Gráfico No. 2. Tratamientos en la variable altura comercial de las plantas al inicio de la investigación y a los 120 días.



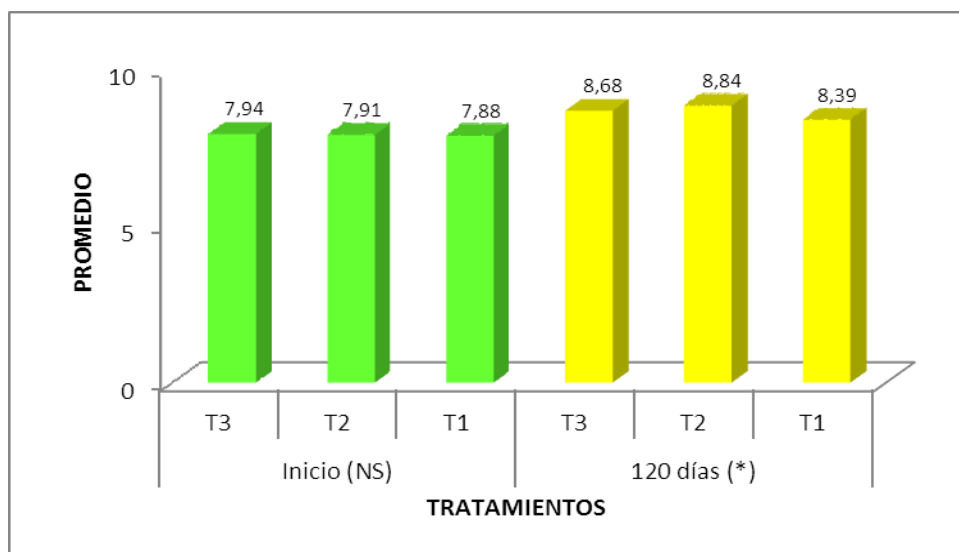
Con la prueba de Tukey al 5% al inicio de la investigación, la mayor altura comercial se evaluó en las plantas de Teca asignadas para el T₁ (Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K) con 6,31 m. El promedio más bajo de esta variable se tuvo en los árboles de Teca designadas para el tratamiento T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con 5,68 m. En promedio general se tuvo 5,92 m de altura comercial (Cuadro No. 1 y gráfico No. 2)

La mayor altura comercial de las plantas de Teca a los 120 días de iniciada la investigación se registró en la dosis 500, 150 y 300 g de N-P-K (T₃) con 7,94 m. Los promedios más bajos se tuvo en el tratamiento T₂: Teca + 400, 200 y 300 g de N-P-K con 6,07 m. La media general de esta variable fue de 7,11 m (Cuadro No. 1 y gráfico No. 2)

La diferencia de la altura total y comercial de las plantas de teca, fue influenciada por el contenido de macro y micro nutrientes del suelo, que de acuerdo al análisis que se realizó una vez concluida la investigación presentó un contenido bajo para materia orgánica con el 1,6%; medio para nitrógeno, fósforo, magnesio, azufre, cobre, zinc y boro. Un contenido alto para potasio, calcio, cobre, hierro y manganeso, con un pH de 0,72 Neutro (INIAP. 2016).

Estos resultados concuerdan con los expuesto por Wylie, R. 2007. La fertilización produce varios cambios en la fisiología de los árboles que resultan en un mayor crecimiento del fuste. Las hojas aumentan su actividad fotosintética cuando aumentan los niveles de clorofila, los árboles pueden expandir su dosel, o bien pueden cambiar la distribución de los productos fotosintéticos.

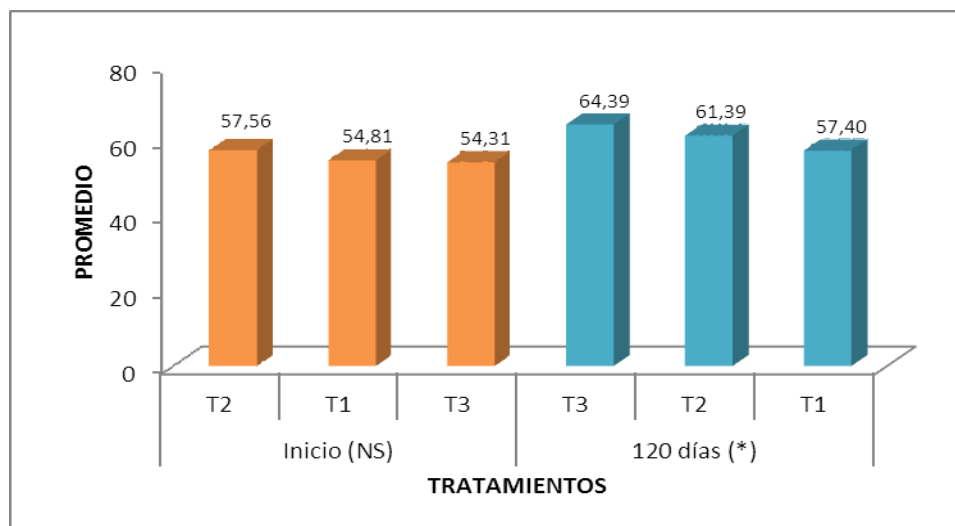
Gráfico No. 3. Tratamientos en la variable diámetro altura pecho al inicio de la investigación y a los 120 días.



Al inicio de la investigación el promedio general del diámetro altura pecho fue de 7,91 cm. De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey al 5%, el mayor diámetro altura pecho se evaluó en el tratamiento T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con 7,94 cm; el menor DAP se registró en el T₁: Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K con 7,88 cm (Cuadro No. 1 y gráfico No. 3).

A los 120 días la media general calculada para esta variable fue de 8,50 cm, el tratamiento con el promedio más alto del DAP, fue el T₃: (Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K) con 8,68 cm del DAP. En tanto que el promedio más bajo se registró al aplicar 300, 200 y 300 g de N-P-K (T₁) con 8,39 cm (Cuadro No. 1 y gráfico No. 3).

Gráfico No. 4. Tratamientos en la variable largo del limbo al inicio de la investigación y a los 120 días.



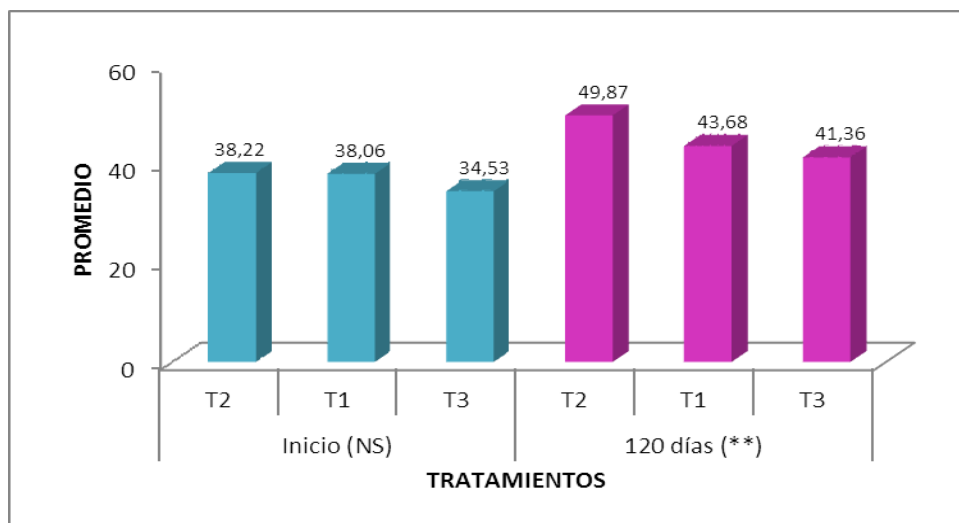
Con la prueba de Tukey al 5%, al inicio de la investigación, el promedio más alto del largo del limbo, se tuvo en las plantas de Teca asignadas al tratamiento T₂ (Teca + 400, 200 y 300 g de N-P-K) con 57,56 cm. Mientras que el promedio menor se evaluó en el tratamiento T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con 54,31 cm; el promedio general del largo del limbo fue 55,56 cm (Cuadro No. 1 y gráfico No. 4)

En tanto que a los 120 días en promedio general se tuvo 61,06 cm; el promedio más alto para el largo del limbo se calculó en el tratamiento T₃: (Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K) con 64,39 cm. El promedio más bajo, se registró al aplicar 300, 200 y 300 gr de N-P-K (T₁) con 57,40 cm de longitud del limbo (Cuadro No. 1 y gráfico No. 4).

Como se infirió anteriormente los suelos donde existe plantaciones forestales, el nitrógeno es el macro elemento comúnmente más deficiente, teniendo que ser suministrado a la plantación mediante fertilización complementaria al suelo mediante la actividad de corona.

Una vez concluida la investigación el análisis de suelo, reportó un contenido bajo para materia orgánica con el 1,6%; medio para nitrógeno, fósforo, magnesio, azufre, cobre, zinc y boro. Un contenido alto para potasio, calcio, cobre, hierro y manganeso, con un pH de 0,72 neutro (INIAP. 2016).

Gráfico No. 5. Tratamientos en la variable ancho ecuatorial de la hoja al inicio de la investigación y a los 120 días.



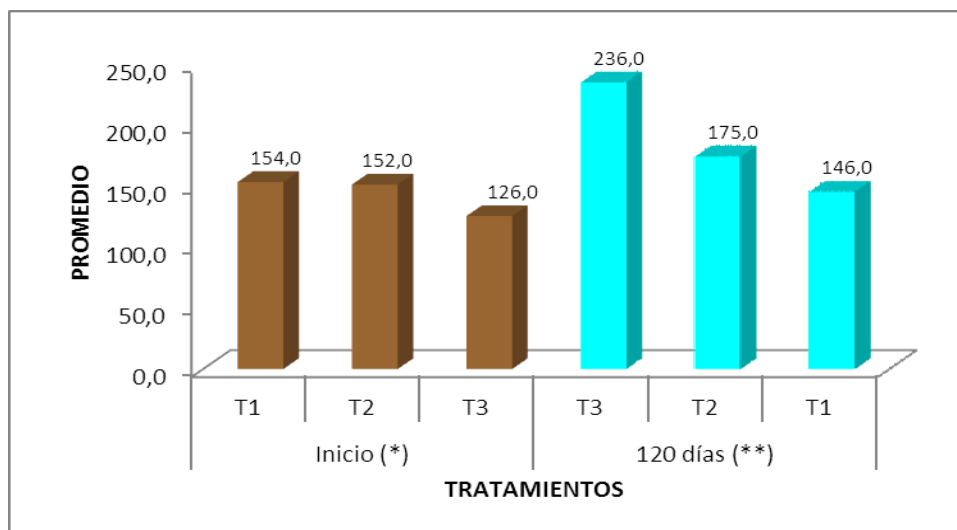
Al inicio de la investigación el promedio más alto para el ancho ecuatorial de la hoja se registró en el T₂: Teca + 400, 200 y 300 g de N-P-K con 38,22 cm. El ancho ecuatorial menor se evaluó en la dosis 500, 150 y 300 g de N-P-K a las plantas de Teca (T₃) con 34,53 cm. La media general para el AEH fue de 36,27 cm (Cuadro No. 1 y gráfico No. 5).

A los 120 días, el mayor ancho ecuatorial de la hoja, se evaluó al aplicar a las plantas de Teca 400, 200 y 300 g de N-P-K (T₂) con 49,81 cm y el menor ancho ecuatorial de la hoja se tuvo en el T₃: (Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K) con 41,36 cm. Se calculó un promedio general de 44,95 cm (Cuadro No. 1 y gráfico No. 5).

Estos resultados son lógicos, ya que la teca requiere de grandes cantidades de potasio para cumplir con sus diversas funciones reguladoras en el tratamiento T₂ es donde se aplicó la mayor cantidad de potasio con 200 g/planta, a lo que se suma que el potasio es altamente móvil en el árbol y puede ser lixiviado de las hojas por la lluvia.

Se ha constatado que un buen suministro de K aumenta la resistencia del árbol a varios patógenos, incrementando la resistencia del árbol a cambios bruscos temperaturas. (Alvin, P. 2012).

Gráfico No. 6. Tratamientos en la variable número de hojas al inicio de la investigación y a los 120 días



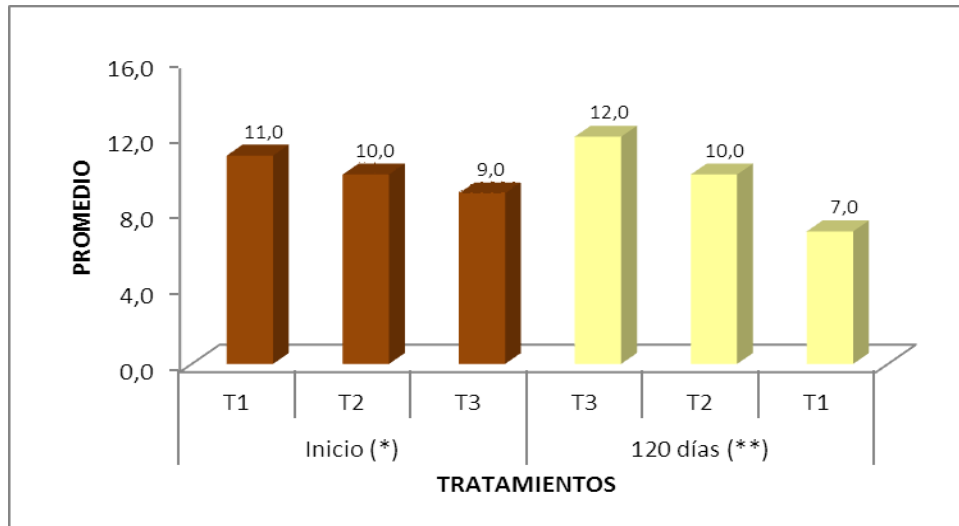
Al inicio de la investigación el mayor número de hojas por planta de Teca se tuvo en las plantas asignadas al tratamiento T₁: Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K con 154,00 hojas/planta. En tanto que el promedio más bajo se registró en el T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con 126,00 hojas/planta. La media general fue de 144,00 hojas (Cuadro No. 1 y gráfico No. 6).

Al concluir la investigación, se determinó un valor para la media general de 187,00 hojas/planta. El mayor número de hojas/planta se evaluó en el tratamiento

T₃ (Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K) con 236,00 hojas, y el menor número de hojas se registró al aplicar 300, 200 y 300 g de N-P-K (T₁) con 146,00 hojas/planta (Cuadro No. 1 y gráfico No. 6).

Los resultados obtenidos al inicio de la investigación son de tipo varietal que mantienen una fuerte interacción genotipo - ambiente, y están influenciadas directamente por las condiciones edáficas como el contenido de macro y micronutrientes del suelo; que de acuerdo a los resultados del análisis demuestra un contenido bajo para Materia Orgánica con el 1,40% y nitrógeno; medio para fósforo, magnesio, azufre, cobre y zinc, y boro. Un contenido alto para potasio, calcio, cobre, hierro y manganeso, con un pH de 5,80 medianamente ácido (INIAP. 2016).

Gráfico No. 7. Tratamientos en la variable número de ramas al inicio de la investigación y a los 120 días.



Al inicio de la investigación, se determinó un valor promedio de 10 ramas/planta; el mayor número de ramas/planta de Teca se tuvo en las plantas designadas al tratamiento T₁: Teca + 300, 200 y 300 g de N-P-K con 11,00 ramas/planta. El menor número de ramas se registró en el T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con 9,00 ramas/planta (Cuadro No. 1 y gráfico No. 7)

Al concluir la investigación (120 días), se tuvo en promedio general de las tres dosis de fertilización de 10,00 ramas/planta. El mayor número de ramas se registró en el tratamiento T₃: (Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K) con 12,00 ramas/planta. El promedio más bajo para esta variable, se tuvo al aplicar 500, 150 y 300 g de N-P-K (T₁) con 7,00 ramas/planta (Cuadro No. 1 y gráfico No. 7).

Los resultados obtenidos al inicio de la investigación son de tipo varietal que mantienen una fuerte interacción genotipo - ambiente, y están influenciadas directamente por las condiciones edáficas como el contenido de macro y micronutrientes del suelo; que de acuerdo a los resultados del análisis demuestra un contenido bajo para materia orgánica con el 1,40% y nitrógeno; medio para fósforo, magnesio, azufre, cobre y zinc, y boro. Un contenido alto para potasio, calcio, cobre, hierro y manganeso, con un pH de 5,80 medianamente ácido (INIAP. 2016).

5.2. Análisis de correlación y regresión lineal

Cuadro No. 2. Análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre las plantas de teca a los 120 días, aplicando Fertilizantes N-P-K

Variables independientes (Xs) Componentes de la altura comercial de las plantas de teca	Coefficiente de Correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R ² %)
Altura total a los 120 días	0,643 **	7,2820 **	41
Ancho ecuatorial de la hoja a los 120 días	0,588 *	31,829 *	35
Número de hojas a los 120 días	0,576 *	11,824 *	33

Coefficiente de correlación (r)

En esta investigación se determinaron correlaciones positivas significativas y altamente significativas de las variables altura total de las plantas a los 120 días, ancho ecuatorial de la hoja a los 120 días y número de hojas a los 120 días versus la altura comercial de las plantas de teca evaluada en metros (Cuadro No. 2).

Coefficiente de regresión (b)

En este ensayo las variables independientes que incrementaron la altura comercial de las plantas de teca fueron altura total de las plantas a los 120 días, ancho ecuatorial de la hoja a los 120 días y número de hojas a los 120 días por presentaron los promedios más elevados (Cuadro No. 2).

Coefficiente de determinación (R² %)

En esta investigación el 41% del incremento de la altura comercial de las plantas de teca, fue debido a valores más altos de la variable independiente altura total de las plantas de teca a los 120 días (Cuadro No. 2).

5.3. Análisis económico costo/tratamiento

Para realizar este análisis y determinar el costo/tratamiento, se tomó en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento, que para este caso son los fertilizantes N-P-K.

Cuadro No. 3. Costos por tratamiento en las plantas de teca de 5 años de edad aplicando N-P-K, en el sector Gramalote cantón Ventanas, provincia Los Ríos, Año 2016.

Tratamiento No.	Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Valor parcial \$
T ₁ : 300, 200 y 300 g de N-P-K	Urea	Kg	48,00	0,42	20,16
	Súper fosfato triple	Kg	64,00	0,76	48,64
	Muriato de potasio	Kg	80,00	0,46	36,80
T ₂ : 400, 200 y 300 g de N-P-K	Urea	Kg	64,00	0,42	26,88
	Súper fosfato triple	Kg	32,00	0,76	24,32
	Muriato de potasio	Kg	48,00	0,46	22,08
T ₃ : 500, 150 y 300 g de N-P-K	Urea	Kg	80,00	0,42	33,60
	Súper fosfato triple	Kg	24,00	0,76	18,24
	Muriato de potasio	Kg	48,00	0,46	20,08

Cuadro No. 4. Análisis económico costo/tratamiento de las plantas de teca de 5 años de edad aplicando N-P-K, en el sector Gramalote cantón Ventanas, provincia Los Ríos, Año 2016.

VARIABLES	TRATAMIENTOS		
	T ₁	T ₂	T ₃
Costos que varían en cada tratamiento \$/ha			
Urea al 46%	20,16	26,88	33,60
Súper fosfato triple al 46%	48,64	24,32	18,24
Muriato de potasio al 60%,	36,80	22,08	20,08
Total costos que varían \$/ha	105,60	73,28	71,92

✓ **Costo/tratamiento**

Comparando los indicadores del análisis económico costo/tratamiento, considerando únicamente lo económico, el menor costo/tratamiento se evaluó en el T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con \$. 71,92; el T₂: 400, 200 y 300 g de N-P-K alcanzó un costo de \$. 73,28; el mayor costo/tratamiento se registró en el T₁: 300, 200 y 300 g de N-P-K con \$. 105,60 (Cuadro No. 4).

VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos a los 120 días en esta investigación, se acepta la hipótesis alterna, por cuanto las características agronómicas y morfológicas que presentan las plantas de teca, son diferentes en cada nivel de fertilización.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Realizado y concluido con los análisis agronómicos, estadísticos y económicos, se concluye:

- La aplicación de N - P - K, incidió significativamente en los componentes agronómicos y principalmente en la altura comercial de las plantas de teca evaluado en m.
- La mayor altura comercial de las plantas de teca se evaluó al aplicar 500, 150 y 300 g de N-P-K (T₃) con dos aplicaciones, una al inicio de la investigación y otra a los 60 días con 7,94 m.
- Las variables independientes que incrementaron la altura comercial de las plantas de teca fueron altura total de las plantas a los 120 días, ancho ecuatorial de la hoja a los 120 días y número de hojas a los 120 días.
- El menor costo/tratamiento se tuvo en el tratamiento T₃: Teca + 500, 150 y 300 g de N-P-K con \$. 71,92; mientras que el mayor costo se registró en el T₁: 300, 200 y 300 g de N-P-K con \$. 105,60.
- Este proyecto investigativo, permitió mejorar significativamente la producción y productividad de las plantas de teca al validar el uso y la dosis apropiada de N – P – K como fertilización complementaria para el cultivo en esta zona agro ecológica.

7.2. Recomendaciones:

En función de los resultados obtenidos en esta investigación para esta zona agroecológica se recomienda:

- Para la zona agroecológica del cantón Ventanas, en plantaciones de teca a partir de los cinco años de vida, se recomienda el uso de 500, 150 y 300 g de N-P-K por planta con un intervalo de dos aplicaciones, por su mayor efectividad en la altura comercial de la plantación.
- La Universidad Estatal de Bolívar a través del Departamento de Investigación y Vinculación con la Colectividad, validar y transferir esta tecnología, a las zonas agroecológicas de la provincia Los Ríos y Guayas dedicadas al cultivo de teca.
- Validar la aplicación de dosis de fertilización 500, 150 y 300 g de N-P-K en plantaciones de teca con menos de cinco años.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, Z. 2006. Biodiversidad Ecuatoriana. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal, Loja, Ec. P. 73.
2. Álvarez, T. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi - Prensa México y Colegio de Postgraduados, Méx. P. 204.
3. Alvin, P. 2012. Factors affecting flowering of forest species. In “Genes, Enzymes and Popularity” (A. M. Srb, ed). VI. 2. Pp. 190 -199.
4. Arévalo, A. 2008. Cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonia Peruana - Instituto de cultivos tropicales - ICT, P. 37
5. Barber, A. 2010. A diffusion and mass flow concept of soil nutrient availability. Soil Science 93. Pp. 39 - 49.
6. Barber, S. 2012. Nutrición de cultivos. Mundi – Prensa México y Colegio de Postgraduados, Méx. P. 438.
7. Binkley, D. 2006. Nutrición Forestal, Prácticas de Manejo. Versión en español Manuel Guzmán Ortiz, México. Edición N° 2. P. 105.
8. Brako, L. 2005. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanic Garden. St. Louis, Missouri, EE. W. Pp.70- 86.
9. Cannon, P. 2011. Breve Historia de la Fertilización en el Mundo y en Colombia. Investigación Forestal. Octavo Informe anual. Cartón de Colombia S.A. Cali, Colombia. P. 14.
10. Centeno, J. 2008. Documento de Internet. Efecto de Plantaciones en el Trópico Ecoturismo Internacional de Nicaragua S.A. “Follow-on Update #2” Merida, Venezuela. P. 145.
11. CONAFOR. 2007. Comisión Nacional Forestal. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Tercera Edición. Zapopan, Jalisco, México. P. 298.
12. CONIF. 2008. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y Refocosta. Propagación por semilla de la teca *Tectona grandis L* para la Costa Atlántica Colombiana, Bogotá, Colombia. P. 32.

13. CORMADERA (Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador, EC). 2004. Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el Litoral ecuatoriano. Proyecto piloto para la reforestación y rehabilitación de tierras forestales degradadas en el Ecuador. PD 17/97. Rev. 3 (F). Quito. Pp. 1-35.
14. Chango, J, y Fernández, L. 2013. Identificación y caracterización morfológica de las especies arbóreas y arbustivas en el rodal la merced, cantón Echeandía, provincia Bolívar. Tesis de grado. Ingeniero Agroforestal. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda Ecuador. P. 114.
15. Chave, J. 2010. Medición de densidad de madera en árboles tropicales manual de campo. P. 85.
16. Dávila, C. 2010. Crecimiento de los árboles y los elementos nutrientes esenciales. Universidad del Estado de Carolina del Norte, octavo informe anual para Cartón de Colombia S.A. Cali – Colombia. P. 13.
17. Domínguez, V. 2007. Tratado de la fertilización. Mundial Prensa. Madrid, España. Pp. 42 - 47.
18. Francis, K. 2010. Part ii species descriptions: *Tectona grandis L.* Usda forest Service. Estados Unidos de América. P. 747.
19. Ferias, J. 2010. Ensayo corporativo de 5 métodos de plantación, en la teca *Tectona grandis L* y acabo *Sewietenia macrophylla*, Guayas. Ecuador. P. 36.
20. Fonseca, W. 2010. Teca, *Tectona grandis L* especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, C.R. CATIE. (Serie Técnica. Informe técnico). P. 60.
21. Fuentes, L. 2009. El Suelo y los Fertilizantes. Edición de prensa. Madrid, España. Revista. P. 54.
22. García, J. 2008. Restauración de las zonas y Ecosistemas de degradación, hojas divulgativas N° 13 Valencia. Pp. 9 - 11.
23. Holdridge, L. 1979. Sistema de clasificación de zonas de vida.
24. Hewitt, E. 2006. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical communication N°. 22. Commonwealth Agricultural Bureaux. England. P. 547.

25. Ingestad, T. 2009. Mineral nutrient requirements of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiol. Plant.* Pp. 373 - 380.
26. Jacob, A.; Uexküll, H. 2006. Fertilizer use -nutrition and manuring of tropical crops. *Fertilización. Ediciones Euroamericanas, Méx.* P. 626.
27. Jacob, A.; Hidalgo, V. 2004. *Vexhul. Fertilización. Edición Revolucionaria. La Habana.* P. 61.
28. Ledesma, V.; Moya, R. 2009. Efecto del espaciamiento de plantación sobre el porcentaje de duramen en la Madera de teca *Tectona grandis L.* *Boletín Kuru. ITCR, Costa Rica.* P. 31.
29. Lencinasa, J., y Mohr, D. 2007. Estimación de clases de edad de las plantaciones de la provincia de Corrientes Argentina con base en datos satelitales Landsat. *Bosque.* P. 118.
30. Linares-Palomino, R. y Ponce, A. 2005. Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera, Tumbes, Perú. *Forest Ecology and Management.* P. 272.
31. López, C. 2011. *Dasometría. Asignatura para la titulación de Ingeniero Técnico Forestal. Universidad Politécnica de Madrid, España.* Disponible en <http://ocw.upm.es.html>.
32. Ludwick, A. 2002. *Agricultura de las Américas. Principios de la Fertigación. Una publicación de Keller Internacional. Año 51. No. 4. P. 15.*
33. *Manual de Agropecuaria. 2004. Impreso en Colombia. P. 37*
34. Madsen, J., y Balslev, H. 2010. *Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical island. Aarhus University Press, Aarhus. P. 289.*
35. Melgar, R. 2005. *Fertilización orgánica de cultivos tropicales. Impreso en Colombia. Pp. 43 - 49.*
36. Mijael, R. 2008. *Fertilización en plantaciones forestales. Biblioteca Nacional del Perú. Pp. 45 - 53.*
37. *Ministerio del Ambiente. Dirección Nacional Forestal. 2006. Plan Nacional de Forestación y Reforestación (Versión ajustada). (En línea). Disponible en:
ww.ambiente.gov.ec/páginas_español/4ecuador/docs/Planforestación.*

38. Morales, M. 2010. Estado actual de las investigaciones de la Teca *Tectona grandis L* en el Valle de Sacta, Cochabamba, Bolivia. Vol. 3. P. 89.
39. PDOTV. 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del Cantón Ventanas.
40. Petit, J. 2010. Tema 2. Clasificación, estructura y composición de los bosques. Asignatura silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes, Merida, Venezuela. P. 109.
41. Pinedo, M. 2009. Escritor para informe técnico N° 12. Programa de Investigación en cultivos Tropicales INIA Lima. P. 19.
42. Pinelo, G. 2010. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Serie técnica 4. Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. P. 44.
43. Quesada, R. 2010. Estudio poblacional de especies forestales en el Área de Conservación Tempisque, Cantones de Nicoya, Hoyanca y Nandayure. Área de Conservación Tempisque. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Ministerio del Ambiente y Energía. Perú. P. 192.
44. Rey, A. 2005. Evaluación Nutricional y Predicción de la Respuesta Aplicando el Modelo CNCPS en el Ensilaje de Sambucus Peruviana. H.B.K. Acacia decurrens Willd y Avena sativa L. CORPOICA – UNIAGRARIA. P. 183.
45. Romahn C. 2008. Relascopeía. Una técnica de medición forestal. 2ª. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. P. 136.
46. Santillán J. 2011. Elementos de dasonomía. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. P. 347.
47. Terranova, M. 2006. Producción Agrícola N° 2 Enciclopedia Terranova. Editorial Terranova, Bogotá Colombia. P. 512.
48. Torres, J., y Magaña, O. 2009. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa S.A. México D.F. P. 472.
49. Villachica, H. 2007. Cultivo de la teca de la selva. Revista del Agro. Fundeagro, Lima Perú. P. 22.


50. Weaver, L. 2008. ***Tectona grandis*** L. f. Teak. SO-ITF-SM-64. New Orleans, LA: U:S: Department of Agricultura, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. P. 18.
51. Wylie, R. 2007. Actualidad Forestal Tropical. Las Plantaciones Avanzan. Boletín de la Organización Internacional de las maderas Tropicales (OIMT). Volumen 9. N° 3. P. 32.
52. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream//2009_1.html.

ANEXOS

Anexo N° 1. Mapa ubicación del proyecto investigativo



Anexo N° 2. Resultados del análisis de suelo antes de iniciar la investigación



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD					PARA USO DEL LABORATORIO				
Nombre :	Aguirre Sixto				Nombre :	María Esther				Cultivo Actual :	Teca			
Dirección :					Provincia :	Los Ríos				N° de Reporte :	0414			
Ciudad :	Ventanas				Cantón :	Ventanas				Fecha de Muestreo :	09/05/2016			
Teléfono :					Parroquia :					Fecha de Ingreso :	09/05/2016			
Fax :					Ubicación :	Sitio Gramalote				Fecha de Salida :	19/05/2016			

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural	
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
78732					1,4	B	8,5	3,39	32,20	19,59			40	42	18	Franco


INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl		C.E.		C.E.	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	C.E.	= Conductividad Eléctrica	C.E.	= Conductímetro
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	M.O.	= Materia Orgánica	M.O.	= Titulación de Welkley /Blac
T = Tóxico			A = Alto	RAS	= Relación de Adsorción de Sodio	Al+H	= Titulación con NaOH

x W. Aguirre Sixto

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

+ C. J. J. J.

RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre :	Aguirre Sixto			Nombre :	María Esther			Cultivo Actual :	Teca		
Dirección :				Provincia :	Los Ríos			N° Reporte :	0414		
Ciudad :	Ventanas			Cantón :	Ventanas			Fecha de Muestreo :	09/05/2016		
Teléfono :				Parroquia :				Fecha de Ingreso :	09/05/2016		
Fax :				Ubicación :	Sitio Gramalote			Fecha de Salida :	19/05/2016		

N° Muest.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm																
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B												
78732	Muestra 1		5,8	McAc	19	B	16	M	0,59	A	17	A	2,0	M	11	M	4,5	M	13,4	A	126	A	48,8	A	0,62	M

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH	Elementos: de N a B			pH			
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	= Suelo: agua (1:2.5)		Olsen Modificado
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	N.P.B = Colorimetría		N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	S = Turbidimetría		Fosfato de Calcio Monobásico
					K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica		B.S


x W. Aguirre Sixto

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

+ C. J. J. J.

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo N° 3. Resultados del análisis de suelo después de concluida la investigación



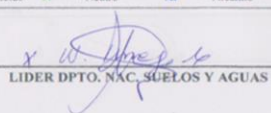
ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

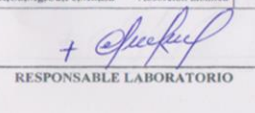
DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre :	Aguirre Sixto		Nombre :	María Esther		Cultivo Actual :	Teca	
Dirección :			Provincia :	Los Ríos		N° Reporte :	0614	
Ciudad :	Ventanas		Cantón :	Ventanas		Fecha de Muestreo :	16/09/2016	
Teléfono :			Parroquia :			Fecha de Ingreso :	16/09/2016	
Fax :			Ubicación :	Sitio Gramalote		Fecha de Salida :	29/09/2016	

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
78787	Muestra 1		0,72 N	51 M	21 M	0,71 A	18 A	2,1 M	12 M	4,6 M	13,6 A	128 A	48,8 A	0,64 M	


INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				Elementos de N a B		pH = Suelo: agua (1:2,5)	
MAc = Muy Acido	LAe = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	N,P,B = Colorimetría	Obten Modificado	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	S = Turbidimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	Fosfato de Calcio Monobásico	
						BS	



LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO



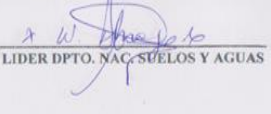
ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

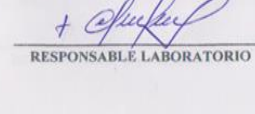
DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre :	Aguirre Sixto		Nombre :	María Esther		Cultivo Actual :	Teca	
Dirección :			Provincia :	Los Ríos		N° Reporte :	0614	
Ciudad :	Ventanas		Cantón :	Ventanas		Fecha de Muestreo :	16/09/2016	
Teléfono :			Parroquia :			Fecha de Ingreso :	16/09/2016	
Fax :			Ubicación :	Sitio Gramalote		Fecha de Salida :	29/09/2016	

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l) ^{1/2}	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na									C.E.	M.O.	Mg	
78778					1,6 B	8,5	3,39	32,20	19,59			40	42	18	Franco

INTERPRETACION						ABREVIATURAS			METODOLOGIA USADA		
Al+H, Al y Na		C.E.		M.O. y Cl		C.E. = Conductividad Eléctrica			C.E. = Conductímetro		
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo			M.O. = Materia Orgánica			M.O. = Titulación de Welkley Blac		
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio			RAS = Relación de Adsorción de Sodio			Al+H = Titulación con NaOH		
T = Tóxico			A = Alto								



LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo N° 4. Base de datos

1. Tratamientos (Trat)	2. Repeticiones (Rep)	3. Altura total (ATA)
4. Altura comercial (AC)	5. Diámetro altura pecho (DAP)	6. Largo del limbo (LL)
7. Ancho ecuatorial (AE)	8. Número de hojas (NH)	9. Número de ramas (NR)

Datos tomados al inicio de la investigación									Datos tomados a los 120 días de iniciado la investigación						
Trat	Rep	ATA	AC	DAP	LL	AE	NH	NR	ATA	AC	DAP	LL	AE	NH	NR
T1	R1	9,36	6,07	7,57	55,33	31,22	155,0	8,00	10,89	6,56	7,93	56,56	45,65	241,0	11,56
T2	R1	9,21	5,44	8,24	60,67	40,89	124,0	9,00	11,29	7,38	8,84	60,56	50,78	172,0	9,00
T3	R1	8,57	5,35	7,60	55,00	37,56	154,0	11,00	11,87	5,14	8,56	63,56	42,33	146,0	6,00
T1	R2	9,53	6,88	7,89	54,11	36,11	152,0	8,00	11,27	6,33	8,52	57,25	43,75	236,0	10,11
T2	R2	8,63	5,13	6,83	59,33	38,56	125,0	9,00	10,22	7,66	7,46	64,44	48,78	168,0	7,00
T3	R2	9,84	5,58	8,56	52,56	34,00	148,0	12,00	12,36	6,88	9,37	61,56	39,56	153,0	8,00
T1	R3	8,77	6,04	7,89	55,80	36,56	158,0	9,00	11,39	8,28	8,56	61,67	44,33	237,0	10,56
T2	R3	9,82	6,24	7,89	52,44	34,44	128,0	10,00	11,67	8,76	8,56	59,89	50,56	179,0	12,00
T3	R3	9,44	6,03	7,78	56,00	37,22	151,0	10,00	12,58	6,04	8,67	67,56	40,22	147,0	6,00
T1	R4	8,65	6,23	8,17	54,00	34,22	152,0	11,00	10,17	8,07	8,56	54,11	41,00	230,0	13,89
T2	R4	8,45	6,30	8,66	57,78	39,00	126,0	10,00	10,33	7,94	8,91	60,67	49,11	180,0	12,00
T3	R4	8,07	5,74	7,82	53,67	35,44	155,0	12,00	10,64	6,23	8,1	64,87	43,33	137,0	8,00

Anexo N°. 5. Fotografías del manejo de la investigación

<p>Herramientas e instrumentos utilizados</p>	<p>Eliminación de malezas de la plantación de teca</p>
	
<p>Delimitación del ensayo</p>	<p>Etiquetado de plantas</p>
	

Mezcla de fertilizantes previo al ensayo



Mezcla lista para los tres tratamientos



Aplicación de fertilizante a la plantación



Aplicación de riego a la plantación



Evaluación de altura total y comercial de las plantas de teca a los 120 días



Evaluación del diámetro altura pecho a los 120 días



Evaluación del largo del limbo a los 120 días



Visita del tribunal de calificación del proyecto de grado



Anexo N° 6. Glosario de términos técnicos

Abonos Orgánicos.- Sustancia o mezcla de productos en descomposición, de origen natural (estiércol), que se incorpora en el suelo para aumentar la fertilidad de este y contribuir al restablecimiento de su estructura.

Amoniaco.- Gas incoloro de olor desagradable, compuesto de hidrógeno y nitrógeno y muy soluble en agua, que sirve de base para la formación de distintas sales; se emplea en la fabricación de abonos y productos de limpieza o de refrigeración.

Análisis de suelo.- Es una serie de pruebas que se realiza sobre una muestra representativa de un lote, a fin de determinar el contenido de nutrientes y recomendar formulaciones en caso de deficiencia o exceso de cualquiera de estos.

Azar.- Cuando se dan casos de incertidumbre cuando un experimento o problema carece de certeza pero se puede predecir o explicar dentro de ciertos márgenes determinados por ecuaciones probabilísticas.

Enfermedades.- Las enfermedades de las plantas son las respuestas de las células y tejidos vegetales a los microorganismos patogénicos o a factores ambientales que determinan un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta y puedan conducir a una incapacidad parcial o total.

Enmienda.- Es el aporte de un producto fertilizante o de materiales destinados a mejorar la calidad de los suelos (en términos de estructura y composición, ajustando sus nutrientes, su pH (acidez o basicidad).

Fertilidad.- Capacidad de los suelos para producir abundantes cosechas y frutos y que ayudan a incrementar la producción.

Fertilización.- Tipo de sustancia o mezcla química, natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal.

Fitosanitario.- Procesos de control de plagas y enfermedades, que se realiza en cultivos o plantas.

Fósforo.- El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima.

Forestal.- Actualmente el término se refiere a terrenos no cultivados, poblados por especies arbóreas, matorral o herbáceas.

Homogéneas.- Perteneciente o relativo a un mismo género, poseedor de iguales caracteres. Dicho de una sustancia o de una mezcla de varias.

Macro nutrientes.- Estos son en general constituyentes de biomoléculas estructurales (proteínas, lípidos, carbohidratos) y se encuentran en mayor concentración en las plantas; en este grupo se incluyen: N P K.

Meristema.- Son los responsables del crecimiento vegetal. Sus células son pequeñas, tienen forma poliédrica, paredes finas, vacuolas pequeñas y abundantes. Se caracteriza por mantenerse siempre joven y poco diferenciado.

Microelementos.- Estos son en general constituyentes enzimáticos y se caracterizan por presentarse en bajas concentraciones en las plantas.: F, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Cl.

Mineral.- Es una sustancia natural, representable por una fórmula química, normalmente sólido e inorgánico, y que tiene una cierta estructura cristalina.

Nitrógeno.- Es un elemento primario de las plantas. Se puede encontrar en los aminoácidos; por tanto, forma parte de las proteínas, las amidas, la clorofila, hormonas (auxinas y citoquininas, nucleótidos, vitaminas, alcaloides y ácidos nucleicos).

Nutrientes.- Elemento disponible en el suelo para ser tomado por las plantas para su normal funcionamiento.

Potasio.- Es el tercero de tres nutrientes primarios, El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales más importantes para las plantas y se requiere en cantidades comparativamente grandes.

Productividad.- Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos.

pH.- Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, el pH indica la concentración de iones hidrogeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones.

Raíz axonomorfa.- Es la raíz que crece verticalmente hacia abajo. Forma un centro del cual otras raíces pueden brotar lateralmente.

Raleo.- Consiste en la eliminación de árboles dentro de la plantación, con la finalidad de manejar las condiciones de competencia mediante la regulación del distanciamiento entre los individuos.

Tratamiento.- El término tratamiento hace referencia a la forma o los medios que se utilizan para llegar a la esencia de algo, bien porque ésta no se conozca o porque se encuentra alterada por otros elementos.