

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

PRESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO RALEO EN PLANTACIONES

DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) EN LOS MUNICIPIOS

DE LA LIBERTAD Y LAS CRUCES, PETÉN

SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

**DILIA ESTHER LÓPEZ JUÁREZ**

CARNET 23014-08

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, JULIO DE 2015

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

PRESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO RALEO EN PLANTACIONES

DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) EN LOS MUNICIPIOS

DE LA LIBERTAD Y LAS CRUCES, PETÉN  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

**DILIA ESTHER LÓPEZ JUÁREZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN  
EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, JULIO DE 2015

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. EDWIN ESTUARDO VAIDES LÓPEZ

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. MANUEL SABINO MOLLINEDO GARCÍA  
ING. JOSÉ JAVIER CÓRDOVA MÉNDEZ  
ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**DIOS:** Por darme la vida, familia, amigos y permitirme cumplir esta meta.

**LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR:** Por ser la casa de estudios, que me permitió alcanzar esta meta.

**MI ASESOR:** MSc. Ing. Edwin Estuardo Vaides López por los conocimientos, apoyo incondicional y consejos brindados durante el transcurso de mi formación profesional.

**MIS CATEDRATICOS:** Por el apoyo y enseñanzas brindadas en mi formación personal y profesional.

**MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN:** Por el cariño, apoyo y todos los momentos de alegrías, tristezas y experiencias de vida que hemos compartido.

**MI CENTRO DE PRÁCTICA:** Por permitirme realizar PPS, siendo está base fundamental en mi formación. A las personas que laboran en la empresa por su apoyo y cariño.

**A LAS SIGUIENTES PERSONAS:** Ing. Julio Miranda, Irene Manrique, Richard Anderson, Higinio Ruano, José Manuel Segura, Nery Trujillo, Fernando Enríquez, por su apoyo y colaboración en el desarrollo de la práctica.

**LUIS ALEJANDRO MORALES** por todos los conocimientos compartidos, apoyo incondicional y consejos brindados como amigo y profesional en el desarrollo de la práctica.

## DEDICATORIA

**A:**

**DIOS:** Por ser lo más importante en mi vida, dándome amor, protección y sabiduría para poder luchar en la vida.

**MIS PADRES:** José Rubén López y María Albertina Juárez, por su amor, comprensión y credibilidad hacia mis proyectos. Por ser un ejemplo a seguir y dedico este triunfo con todo mi amor.

**MIS HERMANOS:** Gerson, Nallely y Mónica por su apoyo incondicional, cariño y por todos los momentos maravillosos que hemos compartido juntos.

**MIS SOBRINAS:** Por todo el cariño que me brindan. Este logro sea ejemplo para que puedan luchar por sus metas.

**MI FAMILIA EN GENERAL/AMIGOS:** Por su amor, apoyo y consejos brindados en el transcurso de mi vida.

Guatemala 09 de mayo de 2015

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Dilia Esther López Juárez, carné 23014-08, titulada: **PRESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO RALEO EN PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L.f.), EN LOS MUNICIPIOS DE LA LIBERTAD Y LAS CRUCES, PETÉN.**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



MSc. Ing. Edwin Estuardo Vaides López  
Colegiado No. 2556  
Código URL 9907



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06312-2015

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional de la estudiante DILIA ESTHER LÓPEZ JUÁREZ, Carnet 23014-08 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 0662-2015 de fecha 1 de junio de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PRESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO RALEO EN PLANTACIONES  
DE TECA (*Tectona grandis* L.f.) EN LOS MUNICIPIOS  
DE LA LIBERTAD Y LAS CRUCES, PETÉN

Previo a conferírsele el título de INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 30 días del mes de julio del año 2015.

  
\_\_\_\_\_  
ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar



# INDICE

RESUMEN .....	i
SUMARY .....	ii
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. ANTECEDENTES .....	11
2. 1 REVISIÓN DE LITERATURA .....	11
2.1.1 La Teca .....	11
2.1.2 Usos generales .....	13
2.1.3 Plantaciones .....	13
2.1.4 Labores culturales en plantaciones de teca .....	14
2.1.5 Actividades silviculturales .....	14
2.1.6 Métodos de raleo .....	17
2.1.7 Indicaciones para el Raleo .....	19
2.1.8 Raleos en teca .....	19
2.1.9 Estudios de raleos en Guatemala .....	20
2.1.10 Índice de Hart-Becking. ....	21
2.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE PRÁCTICA .....	22
2.2.1 Oficinas .....	22
2.2.2 Municipio de la libertad .....	22
2.2.3 Sector Sagrado Corazón y San Julián .....	24
2.2.4 Sector Cerritos .....	24
2.2.5 Municipio de Las Cruces .....	25
2.2.6 Municipio de Sayaxche .....	25
2.2.7 Sector La Colorada .....	26
2.3 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA .....	26
2.3.1 Misión .....	26
2.3.2 Visión .....	26
2.3.3 Objetivos .....	26
2.3.4 Antecedentes Generales de la empresa .....	27
2.3.5 Recurso Forestal .....	27
2.3.6 Oficinas .....	28
2.3.7 Relaciones con las comunidades .....	28



2.3.8 Establecimiento y manejo de plantaciones .....	29
2.3.9 Producción.....	29
2.3.10 Campamentos .....	29
2.3.11 Inventarios forestales .....	30
2.3.12 Medidas de monitoreo .....	30
2.3.13 Sanidad de Plantaciones .....	31
2.3.14 Auditorías de terreno .....	31
2.3.15 Actividades que se realizan en las fincas propiedad de la empresa .....	31
III. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA .....	35
IV. OBJETIVOS .....	37
4.1 General .....	37
4.2 Especificos .....	37
V. PLAN DE TRABAJO.....	38
5.1 PROGRAMA DESARROLLADO.....	38
5.1.1 Reconocimiento de áreas y ejecución del inventario post-marcaación del segundo raleo.....	38
5.1.2 Análisis y evaluación de datos obtenidos en el levantamiento de inventario post-marcaación de raleo.....	47
5.1.3 Planes operativos donde se realiza prescripción de raleo a fincas evaluadas....	49
5.1.4 Otras Actividades.....	52
5.2 INDICADORES DE RESULTADOS.....	52
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
6.1 Medición del Inventario Forestal Post-Marqueo del raleo comercial.....	53
6.1.1 Número de parcelas evaluadas por finca.....	53
6.1.2 Intensidad de muestreo obtenido por finca1.1 Número de parcelas evaluadas por finca.....	54
6.2 Análisis del Inventario Forestal Post-Marqueo del raleo comercial.....	55
6.2.1 Análisis estadístico por finca.....	55
6.2.2 Resumen de variables dasométricas principales por finca.....	57
6.2.3 Análisis de estimación de trozos comerciales a obtener por finca de los árboles raleados.....	59
6.2.4 Resúmenes de intensidades de raleo en densidad, área basal y volumen.....	62

6.2.5 Resumen del volumen obtenido utilizando la tabla de rendimientos propuesta por el operador forestal.....	64
6.2.6 Análisis de tendencia de Índice de Hart en el Raleo prescrito por el operador.....	69
6.2.7. Análisis de volúmenes por productos a obtener del raleo comercial.....	74
6.3 Elaboración de los planes operativos.....	75
6.3.1 Tiempo requerido para elaborar cada plan operativo.....	75
6.3.2 Tiempo requerido para la formación del expediente a presentar ante el CONAP...	76
6.3.3 Flujograma de tiempos y pasos para la presentación y aprobación de los planes operativos.....	76
6.3.4 Cuantificación del tiempo del proceso de aprobación de los raleos.....	78
6.4 Resultados obtenidos en otras actividades.....	79
VII. CONCLUSIONES.....	84
VIII. RECOMENDACIONES.....	86
IX. BILIOGRAFÍA.....	87
X. ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Clases de sitio según diferentes índices (metros de altura dominante a una edad base de 10 años) y diferente ( $m^3/ha/año$ de IMA en volumen total).	13
2	Esquema de raleos propuesto para <i>Tectona grandis</i> en Costa Rica.	20
3	Monitoreos que realiza el Operador Forestal la en las plantaciones de Teca.	30
4	Número de finca y área propuesta para segundo raleo, en plantaciones de teca establecidas en el año 2007.	38
5	Número de parcelas realizadas por finca en el inventario forestal.	40
6	Variables evaluadas en el inventario post-marcación de raleo 2.	41
7	Clases de calidades para la calificación de árboles en las plantaciones de teca.	43
8	Materiales y equipo utilizados en el inventario forestal.	44
9	Tabla de rendimientos en teca, propuesta por el operador forestal.	48
10	Área total y número de parcelas evaluadas por finca.	54
11	Intensidades de muestreo por finca.	54
12	Resumen estadístico hecho a cada una de las fincas evaluadas.	56
13	Variables dasométricas promedio, antes del raleo por finca.	58
14	Intensidades de raleo aplicadas a la plantación actual.	59
15	Número de trozas aproximadas a obtener en el raleo en cada una de las fincas por hectárea.	60
16	Número de trozas totales obtenidas por finca.	61
17	Intensidades de raleo aplicadas a las finca a intervenir en densidad, área basal y volumen por hectárea.	62
18	Resumen de densidad, área basal y volumen remanente después de aplicado el raleo.	64

19	Resumen del producto obtenido del raleo en cada una de las fincas utilizando la tabla de rendimientos en porcentajes.	65
20	Resumen de producto para raleo exportable obtenido por hectárea en cada una de las fincas	67
21	Resumen del producto remanente en cada una de las fincas utilizando la tabla de rendimientos en porcentajes.	68
22	Resumen del producto remanente exportable obtenido por hectárea en cada una de las fincas	69
23	Ejemplo de Índice de Hart-Becking para la finca No. 15	70
24	Resumen de datos obtenidos con el análisis realizado con el método del índice.	71
25	Resumen de datos de la densidad ideal que debería presentar cada una de las fincas.	73
26	Resumen de producto a obtener del segundo raleo comercial.	75
27	Tiempos para implementar raleo en un área de 45 hectáreas.	78
28	Tratamientos de fertilización aplicados a la plantación.	81
29	Tratamientos de cal aplicados a la plantación de teca.	82
30	Tratamientos aplicados a la plantación de eucalipto en la finca El Futuro.	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Mapa Ubicación de las Fincas.	23
2	Fincas evaluadas en los municipios de Las Cruces y La Libertad. Petén.	39
3	Parcela circular de 300 m <sup>2</sup> utilizada en el inventario forestal.	40
4	Ejemplificación de la red de distribución de parcelas.	43
5	Demostración grafica de una caja de raleo compuesta por diez árboles.	45
6	Demostración gráfica de la marcación utilizando cajas de diez árboles.	47
7	Error de muestreo en porcentaje para las fincas evaluadas.	60
8	Volumen obtenido por tipo de producto en cada una de las fincas.	70
9	Producto a obtener en las 15 fincas por hectárea.	70
10	Flujograma de tiempos y pasos requeridos para la aprobación del plan operativo.	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Descripción	Página
1	Mapa de ubicación de fincas sector Sagrado y San Julián.	91
2	Mapa de ubicación de fincas sector Cerritos.	92
3	Mapa de ubicación de fincas sector Las Cruces.	93
4	Mapa de ubicación de fincas sector la colorada.	94
5	Boleta de inventario post- marcación de raleo comercial.	95
6	Formato para la presentación de plan de raleo o plan operativo.	96
7	Flujograma para evaluación de solicitudes de autorización de licencias CONAP	101
8	Ecuaciones de regresión lineal para el cálculo de altura total.	102
9	Ecuaciones de regresión lineal para el cálculo de altura comercial.	103
10	Croquis ensayo de fertilización de boro y zinc en la finca 250.	104
11	Croquis, Ensayos 2013, Establecidos en Finca de Pilonos de Antigua, San Francisco, Peten.	105
12	Croquis ensayo de fertilización Post-raleo, en plantaciones de teca al año 3, finca 237, lote 0.	106
13	Croquis ensayos Finca El Futuro, Santa Ana, Petén.	107
14	Fotografías de las actividades realizadas en el inventarios de Post-marcación de raleo comercial en plantaciones de teca, Petén, Guatemala.	108

# **PRESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO RALEO EN PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L.f.), EN LOS MUNICIPIOS DE LA LIBERTAD Y LAS CRUCES, PETÉN.**

## **Resumen**

La Sistematización de Práctica Profesional Supervisada fue realizada en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.), con una edad de 7 años. Estas plantaciones se ubican en los municipios de Las Cruces y La Libertad, en el departamento de Petén, Guatemala. El estudio se llevó a cabo en los meses de julio a diciembre del 2014. El estudio consistió en la realización de inventarios forestales utilizando parcelas circulares de 300 m<sup>2</sup>, de los cuales fueron obtenidos datos cualitativos y cuantitativos, que fueron analizados y evaluados. Se elaboraron los planes operativos, que fueron presentados para obtener los diferentes permisos que se requieren para la intervención de las plantaciones. Los datos obtenidos fueron: DAP (cm), altura total (m), altura comercial (m), AB (m<sup>2</sup>/ha), Volumen total (m<sup>3</sup>/ha), densidad de las plantaciones y calidad de árboles. En total 15 fincas fueron evaluadas, de las cuales se obtuvo con la intensidad de muestreo de 0.8 a 1% un Error de Muestreo en promedio a 10% sobre el volumen total por parcela. Los inventarios forestales en total, estimaron 120.40 m<sup>3</sup>/ha de troza de exportación, 136.25 m<sup>3</sup>/ha de troza para biomasa y 19.33 m<sup>3</sup>/ha de volumen de punta de los árboles. Los planes operativos se elaboraron tomando como base los formatos del Manual de Manejo Forestal del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, teniendo como referencia un total de 15 planes ingresados. Los tiempos para la aprobación de los planes de raleo, se basaron en 69 días hábiles, los que incluyeron desde la planificación hasta la emisión de las guías de transporte por parte de CONAP.

# **PRESCRIPTION OF SECOND THINNING IN PLANTATIONS OF TEAK (*Tectona grandis* L.f.), IN MUNICIPALITIES OF LA LIBERTAD AND LAS CRUCES, PETÉN.**

## **Summary**

A supervised professional field training was carried out in 7 year old plantations of teak (*Tectona grandis* L.f.), located in the municipalities of Las Cruces and La Libertad, within the department of Petén, Guatemala. The study was conducted between July and December 2014. Forest inventory was done using 300 m<sup>2</sup> circular plots and the quantitative and qualitative data from this inventory was analyzed and evaluated. Operational plans were prepared and presented in order to obtain permission to intervene in the plantations studied. Data obtained included: DBH (cm), total height (m), commercial height (m), basal area (m<sup>2</sup>/ha), total volume (m<sup>3</sup>/ha), plantation density and stem quality. Fifteen farms were evaluated, obtaining a sample intensity between 0.8% and 1% and an average sample error of 10% when considering total volume per plot. Forest inventory estimated 120.40 m<sup>3</sup>/ha of exportable logs, 136.25 m<sup>3</sup>/ha biomass and 19.33 m<sup>3</sup>/ha of tops. Fifteen operational plans were elaborated using the format indicated in the Manual of Forest Management of the National Council of Protected Areas (CONAP) and submitted to this same institute, which then takes an average of 69 business days to approve these plans and issue transport permits.



## I. INTRODUCCIÓN

El auge que han tenido las plantaciones a nivel mundial ha sido notable, a causa de la creciente demanda de los productos provenientes de la madera, además del incremento poblacional a nivel mundial. Las especies de plantas utilizadas para la actividad forestal, son diversas y cada una es adaptada según las condiciones de desarrollo que requiera. La teca es una especie de importancia en los países tropicales, debido al desarrollo que presenta y el precio que tiene la madera en el mercado mundial, generando interés para la inversión en los diferentes sectores productivos de la región.

La alta demanda internacional de madera de teca se ha ampliado para incluir trozas de diámetro pequeño y de crecimiento rápido, producidos en plantaciones de América Latina y África (De camino, R y Pierre, J, 2013). Guatemala ha mostrado una tendencia creciente en plantaciones de teca. El programa de Incentivos Forestales (PINFOR), tiene a la teca como una de las especies prioritarias para plantación.

La especie *Tectona grandis*, presenta diversas exigencias para tener un buen desarrollo y crecimiento. Las prácticas silvícolas necesarias en el manejo de plantaciones de teca son: los deshijes, las podas y los raleos, principalmente, para garantizar el buen desarrollo y crecimiento de árboles con buena calidad. La falta de estas prácticas tiene un efecto negativo sobre la calidad de los productos, que es uno de los objetivos principales de este tipo de proyectos (Vaides, 2005).

El presente estudio incluye un análisis y prescripción del segundo raleo, que tuvo como finalidad la elaboración de los planes operativos, para ser presentados y aprobados por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, en las plantaciones de teca que cuentan con 7 años de edad, en fincas ubicadas en los municipios de Las Cruces y La Libertad, departamento de Petén.

## II. ANTECEDENTES

### 2. 1 REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1.1 La Teca

*Tectona grandis* L.f. es una especie latifoliada que pertenece a la familia Lamiaceae.

**Reino:** Vegetal,  
**Subreino:** Embrobyonta  
**División:** Magnoliophyta  
**Clase:** Magnoliopsida  
**Subclase:** Asteridae  
**Orden:** Lamiales  
**Familia:** Lamiaceae  
**Género:** *Tectona*  
**Especie:** *Tectona grandis* L.f.

Según Vaides, (2005) es una especie decidua, presenta fustes rectos y grandes, generalmente cuentan con dominancia apical; es marcadamente heliófita y muy susceptible a la competencia interespecífica en su fase inicial de crecimiento, puede alcanzar hasta 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen. En Guatemala, se han observado árboles que alcanzan hasta los 35 m de altura y 45 cm de diámetro a la altura del pecho –DAP- en los mejores sitios.

Esta especie presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, forma una gran cantidad de raíces laterales, las cuales se encuentran poco profundas, generalmente a menos de 30 cm de profundidad del suelo. Por estas características, necesita crecer en suelos bien drenados, debido a que las raíces son sensibles a las deficiencias de oxígeno y en los primeros 30 cm de profundidad del suelo, se encuentra alrededor del 75 % de la biomasa radical fina, encargada de la absorción de nutrimentos y agua del suelo. (Vaides, 2005).

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que defolia en placas grandes y delgadas (Fonseca, 2004). Continúa

agregando que los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas.

Según lo citado por Gutiérrez, (2008) las hojas son opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos, limbos membranáceos o subcoriáceos, nervios prominentes en ambas caras.

Inflorescencia en panículas erectas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Pedicelos de 1 a 4 mm de largo. Bracteas grandes foliáceas. Bractéolas numerosas, lineal-lanceoladas. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido. Ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas. (Benthall, 1933; López, 1977; FAO, 1975; Chaves et al. 1991; citado por Ávila, 2003).

Según lo citado por Vaides, (2005) los frutos son subglobosos, aplanados, presentan un exocarpo delgado, algo carnoso y tomentoso cuando fresco; el endocarpo es grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 ó 2 semillas. Las semillas son de 5 mm de largo en promedio, la producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y 20 años.

Continua agregando que la floración se da en los meses de junio a septiembre y la producción de frutos al inicio de la época seca, entre los meses de febrero a abril de cada año.

Lamprecht, (1990); citado por Gutiérrez, (2008) La madera posee una albura angosta, de tonalidad clara y bien delimitada del duramen. El duramen es de color dorado-marrón intenso y brillante y se torna oscura al aire libre. La densidad media es de  $0.64 \text{ g/cm}^3$ . La teca produce una de las mejores y más bellas maderas que existen, la cual es de excelente calidad. Presenta una extraordinaria durabilidad natural y resistencia al ataque de insectos y de hongos. Por naturaleza es resistente a las termitas, pero es relativamente susceptible a las brocas marinas.

### 2.1.2 Usos generales

La madera de teca se puede utilizar para los más diversos fines. Para construcción de embarcaciones, es extraordinariamente adecuada para construcciones terrestres y acuáticas, así como para acabados interiores de lujo y para mueblería de lujo. La madera contiene un aceite que impide la oxidación de los clavos. Es materia prima para la industria de chapas y de madera terciada. Y puede utilizarse para leña y carbón Lamprecht (1990) citado por Ávila (2003).

### 2.1.3 Plantaciones

Vaides, (2005) menciona que es una de las especies más utilizadas en la reforestación con fines comerciales de las zonas tropicales cálidas del mundo. Está ampliamente distribuida en Latinoamérica; Belice, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Venezuela, Cuba, Colombia, Haití, Puerto Rico, Ecuador, México, entre otros.

Continúa agregando el mismo autor que en una evaluación de plantaciones existentes, se definieron cuatro clases de sitio, basados en rangos de índice de sitio y rangos de productividad, como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clases de sitio según diferentes índices (metros de altura dominante a una edad base de 10 años) y diferente ( $m^3/ha/año$  de IMA en volumen total).

<b>CLASE</b>	<b>INDICE DE SITIO (metros)</b>	<b>PRODUCTIVIDAD (<math>m^3/ha/año</math>)</b>
<b>Bajo</b>	< 16	<5
<b>Medio</b>	16 a $\leq 20$	5 a $\leq 10$
<b>Alto</b>	20 a $\leq 24$	10 a $\leq 20$
<b>Excelente</b>	24 o más	20 o más

(Vaides, 2004)

#### **2.1.4 Labores culturales en plantaciones de teca**

Vaides, en el 2005, concluyo que estas actividades son importantes para el crecimiento inicial de la teca, debido a que es demandante de luz y no soporta la humedad. En plantaciones de Guatemala, se han encontrado los mejores crecimientos iniciales, cuando se efectúan 3 o más limpieas por año, en el primer año; dos limpieas en el segundo año y una limpia los siguientes años. Otra labor cultural importante es el plateo, que consiste en eliminar la competencia directa más cercana a la planta, alrededor del árbol. En Guatemala, se han observado plantaciones con plateo de 0.50 m de radio, con buenos resultados en crecimiento inicial.

#### **2.1.5 Actividades silviculturales**

En la actividad forestal, específicamente en el establecimiento y manejo de plantaciones para producción de madera para aserrío, la selección del sitio, la especie, el material vegetativo y la intensidad de manejo aplicada, así como el momento que se realicen las labores silviculturales, determinan el éxito o el fracaso, y la cuantía de estos normalmente se mide con la cantidad de dinero obtenida a final del ciclo de corta (Fonseca, 2004).

Vaides (2005), menciona la importancia que tienen las prácticas silvícolas necesarias en el manejo de plantaciones de teca, las cuales son: los deshijos, las podas y los raleos, principalmente, para garantizar el buen desarrollo y crecimiento de árboles con buena calidad. La falta de estas prácticas tiene un efecto negativo sobre la calidad de los productos, que es uno de los objetivos principales de este tipo de proyectos. El deshije y las podas de formación es necesario para contribuir al buen crecimiento, principalmente en aquellos sitios de alta y excelente productividad como prioridad uno. La presencia de ramas demasiado gruesas en los fustes de los árboles, disminuye la calidad de la plantación, en relación al producto esperado en la cosecha final.

##### **a. Deshija**

Esta práctica silvicultural, cuando sea necesaria, consiste en la selección del eje principal y se realiza cuando los brotes alcancen 50 cm de altura.

Es normal que los brotes en la base del árbol aparezcan varias veces durante los dos primeros años y se recomienda eliminarlos para disminuir la competencia (Fonseca, 2004).

#### **b. Podas**

Fonseca (2004) describe la importancia de las podas que se realizan a edades tempranas, cuando las ramas aún son delgadas. El objetivo es minimizar en cierto grado el tamaño de las copas y de las ramas laterales para mejorar la calidad y el aspecto de la madera y en consecuencia su valor, con madera libre de nudos para aserrío y chapa. La poda debe realizarse a ras del tronco, sin causar heridas u otros daños. Generalmente se hace con herramientas convencionales como machete y sierras manuales, actualmente se están usando motosierras y podadoras con varas telescópicas, especialmente útiles para ramas gruesas y cuando la poda debe realizarse a mayor altura.

#### **c. Control de plagas y enfermedades**

Según Fonseca (2004) La teca se encuentra relativamente libre de plagas y enfermedades, es considerada muy resistente al ataque de hongos e insectos.

#### **d. Raleos**

Vasquez (2001) comenta que cuando los árboles de una plantación crecen, cada individuo demanda mayor espacio de crecimiento. Se debe permitir que la copa del árbol se expanda individualmente, para de esta manera alimentar el fuste, el cual es cada vez más largo y de mayor diámetro, la cantidad de alimento que puede producir es proporcional al tamaño de la copa. La tasa de crecimiento del diámetro y por supuesto del área basal será determinada por el espacio de crecimiento de que dispone cada árbol. Los árboles compiten por espacio para las raíces y la copa. Si algunos árboles son removidos, los otros pueden extender su sistema radicular y aéreo consiguiendo así una mayor cantidad de agua y sales minerales.

Se denominan raleos o aclareos a los cortes realizados en un rodal en algún momento entre su establecimiento y su cosecha final, en los cuales los árboles eliminados son de la misma especie que los árboles favorecidos (Winter, 1977).

Otra explicación clara sobre raleos es la que hace Fondo Nacional del Ambiente-Perú FONAM (2007), Raleo es eliminar poco a poco algunos árboles para dar mayor espacio a los “árboles seleccionados” y mejorar sus condiciones de luz (aclareo del bosque), agua, nutrientes, etc.; y así poder estimular el crecimiento de los mejores árboles buscando incrementar sus dimensiones (grosor comercial) y mejorar a su vez la calidad de la madera en un menor tiempo.

Los objetivos principales de un raleo son:

1. Reducir el número de árboles en un rodal para que los remanentes tengan más espacio para el desarrollo de sus raíces y copas, lo que favorece su crecimiento en diámetro. Así alcanzarán un tamaño comercial más rápidamente;
2. Sacar árboles de mala forma, torcidos, bifurcados, con ramas gruesas, etc. para que el incremento futuro se concentre en los mejores individuos con buenas perspectivas comerciales;
3. Eliminar árboles muertos o enfermos, o cualquier árbol que podría ser el foco de una infección;
4. Favorecer a los árboles más vigorosos, con buena forma, los cuales se dejarán para la cosecha final;
5. Cuando es factible, proveer de una fuente de ingresos durante el desarrollo del rodal (Evans, 1982, citado por Galloway, 2003). En el caso de teca, recientemente (2005) se han abierto mercados internacionales para productos de raleos.

El raleo es una operación realizada en una plantación de edad uniforme que consiste en la corta de árboles, su objetivo es redistribuir el potencial de crecimiento manteniendo el crecimiento en altura y en diámetro en niveles aceptables o mejorar la calidad de los árboles residuales. (Fonseca, 2004).

El silvicultor hace uso del raleo para evitar las consecuencias de la competencia excesiva y la permanencia (en el suelo) de individuos de mala forma (Fors y Reyes, 1947). La finalidad del raleo es concentrar la producción (el incremento) en los árboles que constituirán la cosecha final, o los que serán aprovechada en raleos comerciales en cortas intermedias. Vincent (1968) citado por Vásquez (2001).

Mediante los raleos el silvicultor puede “vertir el potencial productivo del sitio hacia los árboles de mayor valor comercial y evitar su disipación en individuos indeseables de menor valor”. Schulz (1968) citado por Vásquez (2001)

#### **2.1.6 Métodos de raleo**

El raleo no solo se hace en diferentes intensidades sino de diferentes formas. Es necesario especificar el raleo en términos cuantitativos y cualitativos. El aspecto cuantitativo consiste en la especificación del número de árboles o metros cuadrados de área basimétrica que debe dejarse a determinadas edades (en términos numéricos).

El aspecto cualitativo especifica qué clase de árboles deben dejarse en la masa forestal. (Vásquez, 2001).

Según Daniel et al (1982) citado por Gutiérrez (2008), existen cinco métodos clásicos de hacer un raleo: bajo, alto (copas), de selección, mecánico y libre. Este último es el método de mayor aplicación en nuestro medio y el que conlleva a mayor cuidado por parte de las personas encargadas de aplicarlo, ya que los árboles se cortan sin apegarse a ningún esquema, considerando la opinión del técnico sobre cómo debe desarrollarse el rodal, tomando en cuenta criterios como: clase de copa, vigor, espaciamiento, ramificación, forma, sanidad, entre otros.



**a) Raleo por lo bajo:** en el caso del raleo bajo, el objetivo fundamental es la liberación de los árboles dominantes y codominantes al eliminar las clases inferiores de copas. En raleos intensivos se puede cortar también parte o la totalidad de los árboles codominantes. (Vásquez, 2001)

**b) Raleo por lo alto:** Espinosa, en el 2000, encontró que el objetivo del raleo alto es liberar a los árboles útiles que están en posición dominante y codominante, para favorecer el crecimiento de la clase de árboles intermedios y de árboles oprimidos vigorosos. Se efectúa sobre todo en la clase de árboles codominantes.

**c) Raleo selectivo:** Espinosa (2000), indica que en este raleo se eliminan todos los árboles que pertenecen a la clase dominante de copas, de modo que se liberan los árboles que pertenecen a las clases codominantes e intermedios, las que se convertirán en los futuros árboles comerciales.

**d) Raleo mecánico:** en el raleo mecánico no se toma en cuenta la clase de copa, la calidad o el carácter general de los árboles. Según Vásquez (2001) Los árboles se cortan en hileras o por áreas establecidas. El raleo mecánico puede ser selectivo o no selectivo. En el raleo selectivo se dejan algunos de los mejores árboles en las hileras o áreas a ser aclareadas. En el raleo no selectivo se cortan todos los árboles en las hileras o áreas. El raleo mecánico se emplea sobre todo en rodales jóvenes y uniformes. Frecuentemente es utilizado para eliminar árboles que todavía no son comerciales.

**e) Raleo libre:** en el raleo libre como su nombre lo indica, los árboles se talan sin apearse a ninguno de los métodos mencionados. Los árboles individuales se eliminan de acuerdo a la opinión del técnico en cuanto a qué es lo mejor para el desarrollo del rodal. Los criterios utilizados para la selección de árboles, tanto de los que se talarán como de aquellos destinados a la producción comercial, incluyen la clase de la copa, vigor, espaciamiento, la forma y las características de la ramificación. . (Espinosa, 2000)

### 2.1.7 Indicaciones para el Raleo

El raleo debe iniciarse cuando los árboles empiezan a competir; esto se manifiesta cuando las copas se juntan y/o las raíces se entrecruzan. (FONAM, 2007)

Según FONAM (2007) de acuerdo a dos criterios básicos se pueden seleccionar los árboles a raleo:

- La calidad de los árboles: Se deben eliminar los árboles con características no deseadas con la finalidad de favorecer a los árboles con mejores características.
- El espaciamiento del árbol: El darle espacio al árbol es necesario para que la copa pueda alcanzar buena forma y tenga una buena disposición de ramas dentro de ella. Los árboles que no cumplan con este punto serán raleados.

### 2.1.8 Raleos en teca

*Tectona* responde bien a raleos fuertes sin que se afecte el crecimiento en altura y se favorece el incremento en diámetro. El programa de raleos depende de la densidad inicial, generalmente, el primero se debe realizar cuando las copas comienzan a entrar en contacto, aproximadamente a los 4 o 5 años de edad (Cuadro 2). En el caso de teca, no tolera la fricción de copas y es incapaz de mantener un dosel cerrado. (Fonseca, 2004).

Varios sistemas de aclareo han sido propuestos para teca basados en tres criterios: la altura de los árboles, el índice de espaciamiento relativo de Hart y el área basal. En el primer caso se propone realizar el primer aclareo cuando los árboles alcancen 8 metros de altura, cortando en forma semimecánica el 50% de los árboles y la segunda intervención cuando la altura alcance los 15 m dejando una densidad de 500 árboles/ha.

Algunos autores han utilizado el índice de espaciamiento relativo de Hart para prescribir aclareos en un rango de 20 a 28%. Cuando se utiliza el área basal como criterio para realizar los aclareos, se deja que la plantación alcance 20-25 m<sup>2</sup>/ha y se corta hasta dejar 14-17 m<sup>2</sup>/ha (Chaves y Fonseca, 1991)

Cuadro 2. Esquema de raleos propuesto para *Tectona grandis* en Costa Rica.

Opción	Raleos	Observaciones
1	<p><b>Raleo 1:</b> a los 5 años cortar el 50% de los árboles, extraer 7,8 m<sup>2</sup>/ha de área basal (el 41%)</p> <p>-----</p> <p><b>Raleo 2:</b> a los 9 años, cortar el 50% de los árboles, extraer 8,6 m<sup>2</sup>/ha de área basal (el 36%).</p> <p>-----</p> <p><b>Raleo 3:</b> a los 13 años, cortar el 33% de los árboles, extraer 7,11 m<sup>2</sup>/ha de área basal (el 29%).</p> <p>-----</p> <p><b>Raleo 4:</b> A los 18 años, cortar el 25% de los árboles, extraer 5,5 m<sup>2</sup>/ha de área basal (el 23 %).</p> <p>-----</p> <p><b>Raleo 5:</b> A los 23 años, cortar el 33% de los árboles, extraer 5,8 m<sup>2</sup>/ha de área basal (el 24%).</p>	<p>Una densidad inicial de 1111 Árboles/ha y la corta final de 125 árboles/ha, para obtener un volumen final de 328 m<sup>3</sup>/ha y 321,8 m<sup>3</sup>/ha en raleos.</p>
2	<p>Un primer raleo a los 4 o 5 años, eliminando el 40% de los árboles y los raleos posteriores cuando el área basal llegue a 21 m<sup>2</sup>/ha, eliminando 6 m<sup>2</sup>/ha.</p>	<p>Raleos hasta bajar el área basal a 17 m<sup>2</sup>/ha presentaron el mayor incremento en diámetro y altura.</p>
3	<p><b>Raleo 1:</b> al año 4, cortando aproximadamente un 40% de los árboles, dejando en pie 660.</p> <p>-----</p> <p><b>Raleo 2:</b> al año 8, cortando un 33% de los árboles, dejando en pie 440.</p> <p>-----</p> <p><b>Raleo 3:</b> al año 12, cortando un 33% de los árboles, dejando en pie 220 para la corta final aproximadamente a los 25 años.</p>	<p>Una densidad inicial de 1111 árboles/ha y 220 para la corta final.</p>

Fuente: Fonseca, 2004.

### 2.1.9 Estudios de raleos en Guatemala.

Gutiérrez (2008), en Guatemala, muy pocos son los estudios que se han realizado para evaluar el crecimiento y productividad de plantaciones forestales, especialmente evaluaciones posterior de la aplicación de actividades tales como podas y raleos.

El estudio realizado por Alfaro (1999), sobre “Evaluación inicial del efecto de tres intensidades de raleo y tres de poda en el crecimiento de una plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis, en Livingston Izabal”; para la evaluación del efecto de los tratamientos de raleo utilizó el Índice Hart (S%). Las intensidades utilizadas fueron las siguientes: S% = Actual (A), S% = 22 y S% = 28 para una densidad de 2,500 árboles por hectárea, debido a que el Índice de Hart establece que entre 20 y 30% del espaciamiento, una plantación puede crecer adecuadamente sin competencia, por lo que el evaluador utilizó valores extremos para determinar la respuesta de la plantación a dichos espaciamientos. (Gutiérrez, 2008).

### 2.1.10 Índice de Hart-Becking.

También se denomina coeficiente de espaciamiento de Hart-Becking a la expresión propuesta primero por HART (1928) y luego por BECKING (1952). Expresa la espesura en función de la separación media entre los pies y la altura de los mismos, a través de la tangente del ángulo que forma el fuste de un árbol y la línea trazada desde su cima hacia la base del pie situado a distancia equivalente al espaciamiento medio (Serrada, 2008).

Codina (2003) citado por Caal (2014) resume que el índice de Hart-Becking (S), también conocido como coeficiente de espaciamiento, se define como la relación entre el espaciamiento medio del arbolado (a) y su altura dominante (Ho), expresada en %, según la fórmula siguiente:

$$S\% = \frac{a}{H_o} * 100$$

Existen diferentes marcos de distribución uniforme (real o al tresbolillo). Según Codina (2008) citado por Caal (2014). Si suponemos una distribución a marco real o tresbolillo tendremos:

Marco de distribución real 
$$N = \frac{10000}{a^2}$$

Marco de distribución al tresbolillo

$$N = \frac{20000}{\sqrt{3}a}$$

## **2.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE PRÁCTICA**

Las plantaciones forestales de Teca, se encuentra en el departamento de Petén, Guatemala (Figura 1), estando ubicados principalmente en los municipios de La Libertad, Las Cruces y Sayaxche.

### **2.2.1 Oficinas**

Las oficinas centrales se encuentran ubicadas en Santa Elena De La Cruz, municipio de Flores y las oficinas técnicas están ubicadas en la comunidad de Josefinos, municipio de Las Cruces, departamento de Petén.

### **2.2.2 Municipio de la libertad**

La Cabecera del municipio de La Libertad se ubica con las coordenadas geográficas siguientes: 16° 47' 15" N y 90° 07' 00" E, a una altura de 190 msnm, administrativamente corresponde a la Región VIII, departamento de Petén. La cabecera municipal dista 38 km. de la departamental y a 532 km. de la ciudad de Guatemala. Está situado en la parte occidental del departamento, al Norte de Guatemala.



Figura 1. Mapa Ubicación de las Fincas, (Operador Forestal, 2014)

### **2.2.3 Sector Sagrado Corazón y San Julián**

#### **a. Ubicación Geográfica:**

El sector Sagrado Corazón y San Julián se encuentra ubicado en el municipio de La Libertad, departamento de Petén como se muestra en el anexo 1.

#### **b. Acceso principal:**

De la cabecera departamental, Flores, Petén, se conduce en carretera asfaltada hacia el municipio de La Libertad (38 km. aproximadamente), posteriormente se dirige hacia ruta el naranjo en carretera asfaltada específicamente en la comunidad Nuevo Edén (88 kms. aproximadamente), luego se entra a mano derecha en carretera de terracería hacia la comunidad de Sagrado Corazón (13 km. aproximadamente).

#### **c. Comunidades:**

El sector Sagrado Corazón y San Julián abarca las siguientes comunidades: Sagrado Corazón, El Sibal, San Julián, Los Ángeles, La Pista y La Limonada.

### **2.2.4 Sector Cerritos**

#### **a. Ubicación Geográfica:**

El sector Cerritos se encuentra ubicado en el municipio de La Libertad, departamento de Petén. En el anexo 2 se presenta el mapa de ubicación.

#### **b. Acceso principal:**

De la cabecera departamental, Flores, Petén, se conduce en carretera asfaltada hacia el municipio de La Libertad (38 km. aproximadamente), posteriormente se dirige hacia ruta el naranjo en carretera asfaltada específicamente adelante de la comunidad de Las Cuaches (35 km. aproximadamente), luego se entra a mano derecha en carretera de terracería hacia la comunidad de La Nueva Florida (31 km. aproximadamente).

#### **c. Comunidades:**

El sector Cerritos abarca las siguientes comunidades: Cerritos, Nueva Florida, La Leona, La Pista y Nueva Vista Hermosa.

## **2.2.5 Municipio de Las Cruces**

### **a. Ubicación Geográfica:**

Se encuentra ubicada en latitud 16° 38' 10" y longitud 90° 11' 02", aproximadamente a 130 msnm. En el anexo 3 se presenta el mapa de ubicación de las plantaciones.

### **b. Acceso principal:**

De la cabecera departamental, Flores, Petén, se conduce en carretera asfaltada hacia el municipio de La Libertad (38 km. aproximadamente), posteriormente se dirige hacia ruta el naranjo en carretera asfaltada específicamente hacia la comunidad de San Diego (45 km. aproximadamente), luego se entra a mano izquierda en carretera de terracería hacia la comunidad de La Nueva (14 km. aproximadamente).

En la otra vía de acceso se conduce en carretera asfaltada del municipio de La Libertad hacia el municipio de Las Cruces (37 km. aproximadamente), posteriormente se dirige hacia ruta Bethel en carretera de terracería específicamente hacia cruce el silencio antes de la comunidad de Palestina (11 km. aproximadamente), luego se entra a mano derecha en carretera de terracería hacia la comunidad de La Nueva (16 km. aproximadamente).

### **c. Comunidades:**

El municipio Las Cruces abarca las siguientes comunidades: La Nueva, El Buen Samaritano, Tierra Linda Zapotal, San Diego, Nueva Formación, Vista Hermosa, Los Manueles, Palestina, Josefinos, Las Cruces y Nuevo Progreso.

## **2.2.6 Municipio de Sayaxche**

La Cabecera del municipio de Sayaxche se ubica con las coordenadas geográficas siguientes: 16° 31' 46" N y 90° 11' 23" O, a una altura de 125 msnm, administrativamente corresponde a la Región VIII, departamento de El Petén. La cabecera municipal dista 50 Km. de la departamental y a 401 Km. de la ciudad de Guatemala. Está situado en la parte occidental del departamento, al Norte de Guatemala.



## **2.2.7 Sector La Colorada**

### **a. Ubicación Geográfica:**

El sector La Colorada se encuentra ubicado en el municipio de Sayaxche, departamento de Petén. En el anexo 4 se presenta el mapa con la ubicación de las fincas.

### **b. Acceso principal:**

De la cabecera departamental, Flores, Petén, se conduce en carretera asfaltada hacia el municipio de San Francisco (16 km. aproximadamente), posteriormente se dirige hacia ruta de San Valentín en carretera de terracería específicamente hacia la comunidad de Nueva Aurora (48 km. aproximadamente), luego se entra a mano derecha en carretera de terracería hasta la finca GM-85 (2 km. aproximadamente).

### **c. Comunidades:**

El sector La Colorada abarca las siguientes comunidades: Nueva Aurora y Herencia Maya.

## **2.3 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA**

### **2.3.1 Misión**

Reforestar y producir madera de teca con calidad óptima de exportación, para protección del medio ambiente y generar fuentes de trabajo.

### **2.3.2 Visión**

Crear un desarrollo forestal e industrial capaz de impactar la economía del país.

### **2.3.3 Objetivos**

El manejo forestal de la empresa persigue maximizar el Valor Presente Neto de la inversión, en un horizonte de largo plazo, y sujeto a restricciones estratégicas, operacionales, ambientales, sociales, de abastecimiento de mercados y de flujos de caja. Este manejo se encuentra enmarcado dentro de la legislación existente y en un contexto de respeto y armonía con el medio ambiente natural y social. El manejo se basa en el establecimiento, mantención, protección, manejo y cosecha de plantaciones forestales, esencialmente basado en la especie Teca (*Tectona grandis* L.f.). La empresa también

tiene como objetivo el cuidado de valores de conservación, como especies listadas oficialmente en categorías de conservación.

#### **2.3.4 Antecedentes Generales de la empresa**

El operador forestal tiene a cargo de la administración de Forestal Ceibal S.A. y Chaklum S.A., gestionando los asuntos relacionados con la adquisición de fincas, establecimiento de plantaciones, su manejo y comercialización de productos forestales. En su política general, la empresa reconoce como factores fundamentales dentro del desarrollo de todas y cada una de sus operaciones, los siguientes:

1. Velar por el cumplimiento de la legislación nacional vigente aplicable a las operaciones forestales, tanto general, como ambiental, social y de seguridad.
2. Mejorar la rentabilidad del negocio a través de buenas prácticas forestales que sean económicamente viables, ambientalmente amigables y socialmente responsables.
3. Procurar condiciones de trabajo seguras para todos sus colaboradores.
4. Evitar o minimizar los impactos ambientales adversos significativos.
5. Promover buenas relaciones con la comunidad y públicos de interés.
6. Promover el desarrollo local sostenible.
7. Promover la contratación de mano de obra local, que cumpla con las competencias requeridas para las actividades forestales.
8. Adoptar principios y criterios de manejo forestal internacionalmente reconocidos, tomando como referencia los del Forest Stewardship Council. (Operador Forestal)

#### **2.3.5 Recurso Forestal**

El patrimonio de la organización se encuentra en el departamento de Petén, principalmente en el municipio de La Libertad, Las cruces y una mínima parte en el municipio de Sayaxche.

### 2.3.6 Oficinas

Cuenta con 2 oficinas, las oficinas centrales se encuentran ubicadas en Santa Elena De La Cruz, municipio de Flores y las oficinas técnicas están ubicadas en la comunidad de Josefinos, municipio de Las Cruces, departamento de Petén.

### 2.3.7 Relaciones con las comunidades

Dentro del rol del operador forestal, está el tener una buena relación con vecinos y comunidades. La organización ha establecido una estrategia de relacionamiento, la cual contempla los siguientes pasos:

- **Canales de comunicación:** Los guardabosques son las personas que principalmente mantienen el contacto diario con vecinos y comunidades. Toda comunicación hacia y desde los vecinos debe pasar por el guardabosque.
- **Impacto negativo cero:** La organización planifica y ejecuta las operaciones forestales de modo de no causar impactos negativos importantes a los vecinos. Todos los impactos negativos son gestionados de modo que las molestias sean mínimas.
- **Acciones de beneficio mutuo:** Se acuerdan con vecinos acciones que generen beneficios para ambas partes. Se destaca en este ámbito el apoyo que ha dado la organización a la realización de quemas controladas en propiedad de los vecinos. De este modo se han evitado incendios sin control, que han causado históricamente cuantiosos daños, tanto a la empresa como a otros vecinos.
- **Apoyo al desarrollo local:** La organización apoya el desarrollo de las comunidades vecinas a través de programas específicos y requeridos por alguna comunidad.

Desde el año 2,004 han generado más de 2,000 puestos de trabajo en el departamento de Petén, posee 158.06 Has de bosques de alto valor de conservación (BAVC), han rehabilitado más de 100 km. de carreteras en distintas comunidades, han construido 3 pozos de agua para comunidades, además les proveen de agua a comunidades que en tiempo de verano no cuentan con el vital líquido. Cuentan con una escuela ubicada en Tierra Linda Zapotal, municipio de Las Cruces.

### **2.3.8 Establecimiento y manejo de plantaciones**

El establecimiento de las plantaciones de teca es a partir de material genético altamente mejorado y producido en vivero según estrictas prescripciones técnicas. Se usan plantas obtenidas a partir de semillas (Peñas blancas, Hacienda Río sis), así como por reproducción vegetativa (Clones BT-61 y BT-68). Todas las plantas son producidas en un vivero externo propiedad de Pilonos de Antigua S.A., ubicado cerca de San Francisco, Petén.

Las plantaciones son manejadas para obtener rollizos con madera libre de nudos. Por lo tanto, se realizan podas y raleos. Las podas van dando la forma al árbol y generan la madera libre de nudos. Los raleos promueven el desarrollo en diámetro del árbol, para maximizar el volumen de madera libre de nudos. Las cosechas se realizarán cuando las plantaciones tengan unos 20 a 25 años de edad.

### **2.3.9 Producción**

Como las plantaciones son relativamente jóvenes, aún no se está en edad de cosecha. Sin embargo a partir del año 2010 se iniciaron los primeros raleos.

### **2.3.10 Campamentos**

Para lograr las metas de establecimiento, mantenimiento y manejo de las plantaciones, la empresa ha privilegiado la contratación de mano de obra local a través de sus contratistas.

Sin embargo, ha sido necesario complementar la dotación con trabajadores de sectores más alejados. Para ellos, la empresa ha construido 6 campamentos con comodidades para:

- Buen Descanso
- Baños y duchas con agua corriendo
- Alimentación diaria en base a una minuta balanceada y variada. En parte de los campamentos, la alimentación es proporcionada por una empresa especializada (INALSA PETÉN), que distribuye más de 300 raciones tres veces al día.

Hay 4 campamentos en las regiones de la aldea Las Cruces A y B, uno en la región de Sagrado Corazón y otro en la región de Cerritos.

### 2.3.11 Inventarios forestales

Desde la evaluación para compra de fincas hasta el manejo de las plantaciones, se realizan una serie de inventarios:

- a) Inventario de Vegetación Nativa
- b) Control de Plantación
- c) Prendimiento
- d) Inventario de Prescripción de Manejo
- e) Inventario Post Raleo/Poda
- f) Inventario de existencia de producto (4 años antes de la cosecha)
- g) Inventario de precosecha
- h) Inventario Continuo (establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo)

### 2.3.12 Medidas de monitoreo

El Operador Forestal, como responsable de las actividades forestales en Forestal Ceibal S.A. y Chaklum S.A., tiene una permanente supervisión sobre las actividades que ejecutan los contratistas, así como del desarrollo de las plantaciones. Los principales monitoreos que se hacen en forma periódica y se presentan en el cuadro 3:

Cuadro 3. Monitoreos que realiza el Operador Forestal la en las plantaciones de Teca.

N°	Monitoreo	Oportunidad
1	Supervisión de Faenas	Permanente
2	Inventarios Forestales	Según estado de desarrollo o manejo de la plantación
3	Sanidad de las Plantaciones	Permanente
4	Auditorías de terreno a Faenas Forestales	Semanal
5	Estadísticas de accidentalidad	Semanal
6	Avance faenas silvícolas y caminos	Mensual
7	Cumplimiento laboral	Mensual
8	Flora y Fauna	Según programa
9	Bosques de Alto Valor de Conservación	Según plan de monitoreo de cada BAVC
10	Investigación y Desarrollo	Según programa

Fuente: Operador Forestal, 2010

### **2.3.13 Sanidad de Plantaciones**

A través de las visitas periódicas de guardabosques y técnicos forestales, se evalúa la sanidad de las plantaciones y se programan controles de acuerdo al nivel de daño que se encuentre.

Existe un Manual de Plagas que describe las plagas más importantes y las formas de control. El control de plagas está inserto en una estrategia de control integrado, usando técnicas mecánicas, biológicas y químicas, dependiendo de la plaga y el nivel de daño. Actualmente se han encontrado daños por plagas en las plantaciones de Teca ocasionados por Zompopos (*Atta* sp.), taltuzas (*Orthogeomys* sp.) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp.). En enfermedades se ha detectado la Quema de los brotes (*Phomopsis* sp.) y la Roya (*Olivea tectonea*).

### **2.3.14 Auditorías de terreno**

Dentro del Sistema de Gestión Integrado que maneja la empresa, se realizan auditorías internas a las empresas de servicio. Estas auditorías buscan verificar el cumplimiento legal de las operaciones, así como los estándares de seguridad y ambientales definidos en los Procedimientos de Trabajo. Estas auditorías son el pilar que permite el mejoramiento continuo de las empresas de servicio y de las operaciones forestales en general.

Las auditorías a empresas forestales fueron incorporadas en la gestión de la empresa a partir de febrero de 2010. En la medida que se detecten incumplimientos, se acuerda un plan de acción para resolverlos.

### **2.3.15 Actividades que se realizan en las fincas propiedad de la empresa**

**a. Preparación de sitio:** Actividades que tienen relación con habilitar un terreno para que se encuentre apto para plantar. Los mecanismos de habilitación deben considerar minimizar los impactos ambientales, especialmente aquellos derivados del uso de maquinaria y fuego.

**b. Actividades principales en la preparación de sitio:**

**1) Desguamilado:** Consiste en eliminar todo tipo de material vegetal que obstaculice la práctica de labores culturales y silviculturales dentro del área donde se va a establecer una plantación sin dañar la capa superficial del suelo (horizonte A)

**2) Subsolado:** Romper la compactación del suelo a una profundidad de al menos de 60 cm para tener una mayor aireación y drenaje, mejorando la profundidad efectiva. Con una tolerancia de hasta 50 centímetros de profundidad.

**3) Tomahawk:** Es un arado de tres discos que penetra de 20 a 30 centímetros en el suelo formando un camellón de un metro de ancho con condiciones óptimas para el desarrollo de raíces. Mejora las características físicas del suelo (drenaje, aireación, profundidad efectiva, etc.) también es el trazo de la plantación.

**4) Control químico de malezas pre plantación:** Consiste en aplicar herbicidas para eliminar malezas que se han establecido después de la preparación del sitio sin haber llegado al momento del establecimiento de la plantación.

**c. Plantación:** Establecer plantaciones de alta calidad con plantas sanas, vigorosas, a un distanciamiento adecuado, erectas verticalmente, con alto porcentaje de sobrevivencia, en el momento oportuno.

Esta actividad se realiza de forma manual, la cual consiste en hacer un agujero del tamaño del pilón a un distanciamiento de 2.5 metros entre plantas al centro del camellón. Se coloca la planta de forma erecta realizando una compactación manual al contorno de la misma para eliminar bolsas de aire que puedan ocasionar problemas en la raíz.

**d. Fertilización:** Actividad que se realiza con el objetivo de suplir las exigencias nutricionales de las plantas de teca de acuerdo al análisis de suelo, realizándose a partir de 5 días después de haber plantado. Se puede utilizar fertilizante químico u orgánico, se aplica a 10 cm de la planta.

**e. Control de malezas**

**a) Plateo-corredor:** Actividad que se realiza para limitar la competencia entre la maleza y la plantación, logrando un mejor desarrollo de la misma debe realizarse cuando la plantación lo requiera de forma manual para no ocasionar daños, eliminando la maleza al ras del suelo.

**b) Chapeo de calle:** Consiste en la eliminación de toda la maleza que se encuentra dentro de la plantación.

**c) Chapeo Surco más calle:** Esta actividad consiste en la eliminación total de la maleza en toda el área de plantación esta actividad se practica en plantación de 2 años de edad.

**d) Desbejuado:** Consiste en la eliminación de todos los bejucos que ocasionan daños, deformación e impiden el desarrollo adecuado de las plantas de teca.

**e) Control químico de malezas:** Consiste en aplicar herbicida para eliminar malezas que se han establecido después de que se ha realizado una actividad de control mecánico. De la cual el principal objetivo es el control de gramíneas debido a que son las que más daño le ocasionan a las plantas de teca.

**f) Recepa:** Se realiza con el objetivo de eliminar toda aquella planta de teca que se encuentre infectada por alguna enfermedad (*Phomopsis sp.*), o malformación por daños físicos. Pueden ser ocasionados por bejucos.

**g) Podas:** La poda es la actividad silvicultural que consiste en eliminar la ramificación de un sector del fuste del árbol. Es determinante para el desarrollo de un fuste libre de nudos que pueda producir madera de grado de alta calidad. Una poda correctamente realizada influye significativamente en mejorar el desarrollo del árbol.

**h) Deshije:** Actividad silvicultural que consiste en la eliminación de todos los brotes que se ubican en la base del tallo de las plantas. El objetivo es mantener el tallo principal



libre de competencias de nutrientes dentro de la misma planta, lo cual reduce en el desarrollo normal de la planta.

- i) **Raleo:** Esta actividad se realiza cuando el objetivo es liberar espacios en áreas donde se cuente con una recesión de copas, permitir una mayor penetración de luz solar y disminuir la competencia de nutrientes entre árboles mejorando el crecimiento dimétrico.
  
- j) **Quema controlada:** Tiene como objetivo reducir el combustible que se ha generado en la actividad de desguamilado, la cual se deberá asegurar de que la misma no afecte a vecinos o a comunidades, que al momento de realizarla debemos considerar las siguientes condiciones climáticas: el viento, la humedad y temperatura. Otras consideraciones técnicas tales como: la pendiente, el volumen de biomasa, el horario adecuado para realizar la quema.
  
- k) **Control de plagas y enfermedades:** Se considera plaga o enfermedad cuando el ataque sobrepasa el umbral de daño económico, de las plantaciones de Teca. Entre las principales plagas y enfermedades encontradas por el departamento de protección forestal están las siguientes: zompopo (*Atta sp.*), taltuza (*Orthogeomys sp.*), (*Phomopsis sp.*), Roya (*Olivea tectonea.*) y Gallina ciega (*Phyllophaga spp.*).

### III. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA

Las plantaciones forestales son actualmente una vía segura de inversión económica, que ha generado que muchas personas y empresas se dediquen a la plantación de diferentes especies de rápido crecimiento. Una de las especies más utilizadas en el país es la teca.

La práctica profesional supervisada fue desarrollada en el departamento de Petén, en el cual se encuentran las plantaciones. Actualmente la empresa tiene a su cargo un aproximado de 407 fincas, haciendo un área total de 14,453 hectáreas (321 caballerías) plantadas con la especie teca, estas se encuentran ubicadas en 3 municipios diferentes, siendo estos Las Cruces, La Libertad y Sayaxche.

El objetivo principal del operador forestal es el establecimiento, mantenimiento, protección, manejo y cosecha de teca, obteniendo un producto de calidad y con los estándares necesarios para la comercialización de los mismos. El manejo silvicultural que se le realiza a las plantaciones es de gran importancia para el crecimiento y buen desarrollo de las plantas, logrando con ello obtener un producto final deseado. Una de las operaciones realizadas y de gran importancia son los raleos. Los raleos son aplicados con el fin de brindarle a los árboles el espacio que requieren para poder obtener los nutrientes necesarios para un buen crecimiento y desarrollo, estos son aplicados en diferentes edades de la plantación.

De esta manera surge la necesidad de evaluar las plantaciones y prescribir los planes de raleo a fincas que actualmente tienen la edad de 7 años y se les aplicara el segundo raleo comercial. La empresa cuenta con un departamento encargado de llevar a cabo los inventarios que son necesarios para obtener los datos en campo, que posteriormente son analizados y evaluados, y dan a conocer el estado en el que se encuentran las plantaciones y el producto que será obtenido en la aplicación del raleo.

Con los datos que se obtienen del inventario se realizan las diferentes proyecciones para la comercialización y, que son base fundamental para obtener los permisos que son

requeridos en las diferentes entidades encargadas de velar por el buen manejo forestal. En el caso de las fincas evaluadas los planes fueron presentados ante el CONAP, puesto que las plantaciones se encuentran en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera Maya, siendo esta un área protegida.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Elaborar los planes de prescripción del segundo raleo, en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.), ubicadas en los municipios de La Libertad y Las Cruces, en el Departamento de Petén.

### **4.2 ESPECIFICOS**

- ✓ Ejecutar el inventario de post-marcación de raleo comercial, en las plantaciones que son objeto de manejo durante los meses de Julio a Diciembre 2014.
- ✓ Analizar y evaluar los resultados del Inventario forestal post-marcación de raleo comercial, en base al inventario realizado.
- ✓ Elaborar los planes operativos, para la aprobación del raleo comercial, ante el Consejo Nacional de Áreas Protegidas en el departamento de Petén.

## **V. PLAN DE TRABAJO**

### **5.1 PROGRAMA DESARROLLADO**

La realización de la práctica profesional supervisada, tuvo como base la ejecución de 3 etapas distintas, cada una fue desarrollada con un mismo fin, obtener los permisos para la realización del segundo raleo, en fincas que cuentan con plantaciones de teca con una edad de 7 años. La primera etapa desarrollada fue el reconocimiento de las áreas y la ejecución del inventario post-marcación que se realiza una vez finalizada la marcación del raleo y tiene como objetivo controlar la adecuada ejecución de la marcación y cuantificar los datos de volumen a extraer y del rodal remanente (Operador Forestal, 2014). La segunda etapa desarrollada consistió en el análisis y evaluación de los datos obtenidos en la realización del inventario y como última etapa se realizó el plan operativo, donde se detalla la prescripción del raleo para cada una de las áreas evaluadas. A continuación se describe cada una de las etapas ejecutadas.

#### **5.1.1 Reconocimiento de áreas y ejecución del inventario post-marcación del segundo raleo.**

##### **a) Áreas evaluadas para la prescripción del raleo:**

Toda plantación con un buen manejo forestal, necesita la aplicación de diferentes tratamientos silviculturales que harán que su desarrollo sea más efectivo. Existen áreas que presentan un buen desarrollo en teca y que se encuentran en constante competencia por los nutrientes que se encuentran en el sitio, esto es observable, lo cual hace necesario la aplicación de raleo.

Estas plantaciones se encuentran actualmente en la edad de 7 años, presentando en el cuadro 4 el listado de las fincas a intervenir. En la figura 2 se presenta el mapa con la ubicación de las diferentes fincas.

Cuadro 4. Número de finca y área propuesta para segundo raleo, en plantaciones de teca establecidas en el año 2007.

No.	FINCA	Área (ha)	No.	FINCA	Área (ha)	No.	FINCA	Área (ha)
1	15	18.04	6	32	31.92	11	48	37.23
2	17	17.22	7	33	38.89	12	50	8.74
3	20	18.83	8	34	14.93	13	57	10.74
4	22	22.95	9	42	44.99	14	58	14.29
5	23	17.44	10	43	20.52	15	59	26.23

Fuente: elaboración propia (2,015)

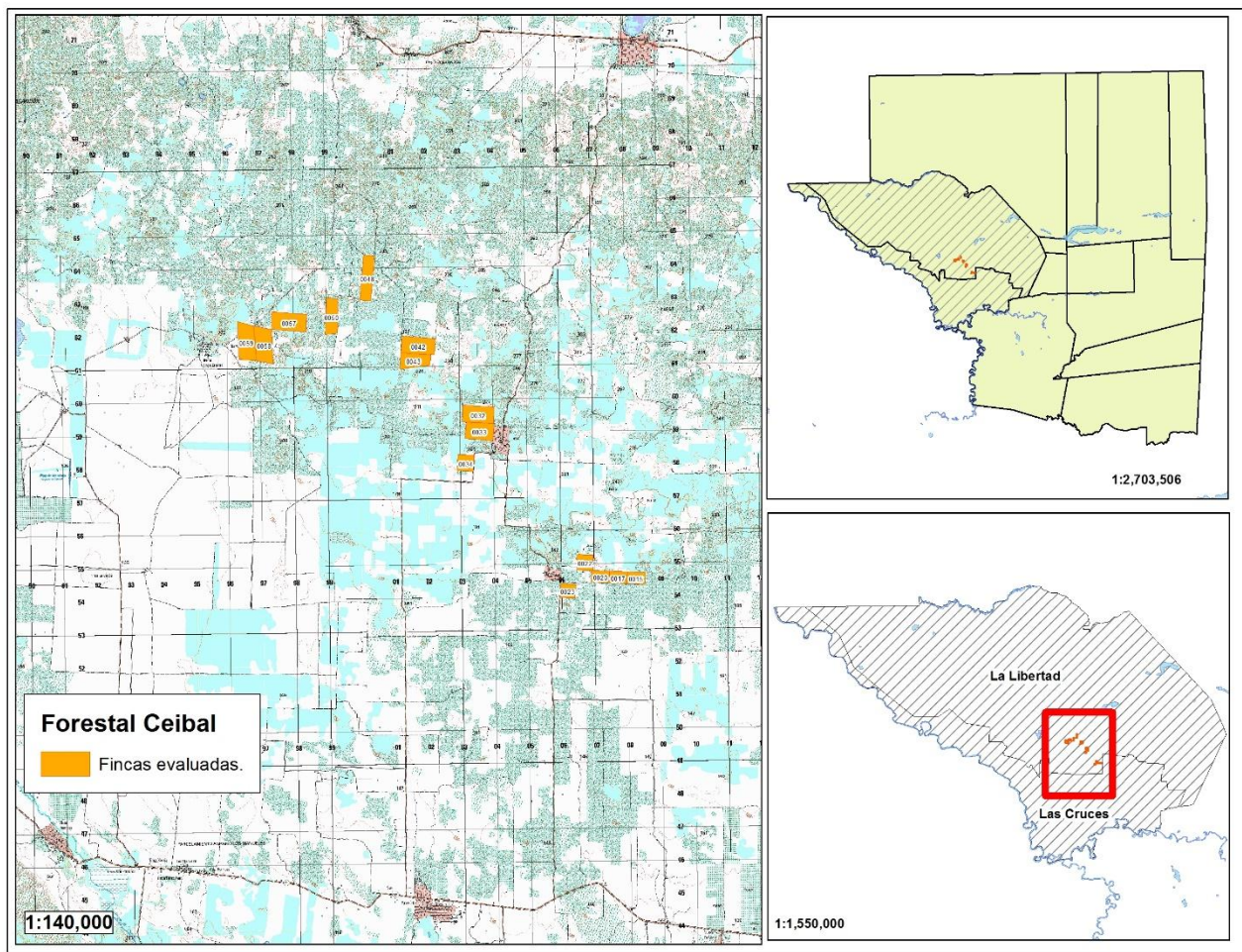


Figura 2. Fincas evaluadas en los municipios de Las Cruces y La Libertad, Petén. (Operador Forestal, 2014)

### **b) Unidades de muestreo del Inventario Forestal (parcelas):**

A través del software ARGIS se definió la ubicación de las parcelas en cada una de las fincas, distribuyéndolas de manera sistemática, con el fin de obtener una mejor cobertura del muestreo en la población. Los datos que se obtienen nos dan información del estado en el cual se encuentran las plantaciones en términos cualitativos y cuantitativos.

La cantidad de unidades de muestreo (parcelas) está en función del área de la finca y el tamaño en función de la edad de la plantación, tomando como referencia la homogeneidad de las plantaciones. En el cuadro 5 se muestra la cantidad de parcelas a realizadas en cada una de las fincas evaluadas.

Cuadro 5. Número de parcelas realizadas por finca en el inventario forestal.

No.	FINCA	Parcelas	No.	FINCA	Parcelas	No.	FINCA	Parcelas
1	15	6	6	32	9	11	48	10
2	17	6	7	33	10	12	50	3
3	20	6	8	34	4	13	57	3
4	22	6	9	42	12	14	58	4
5	23	5	10	43	6	15	59	7

Fuente: elaboración propia (2,015)

### **c) Tamaño y forma de las parcelas**

Según la metodología de inventario forestal definida por el operador forestal, las parcelas establecidas fueron de forma circular con un tamaño de 300 m<sup>2</sup> que equivale a un radio de 9.77m. La cantidad promedio de árboles medidos por parcela fue de 23.

Se definió la utilización de estas parcelas por ser las adecuadas tomando en cuenta la edad de la plantación. La figura 3 muestra la representación gráfica de las parcelas utilizadas.

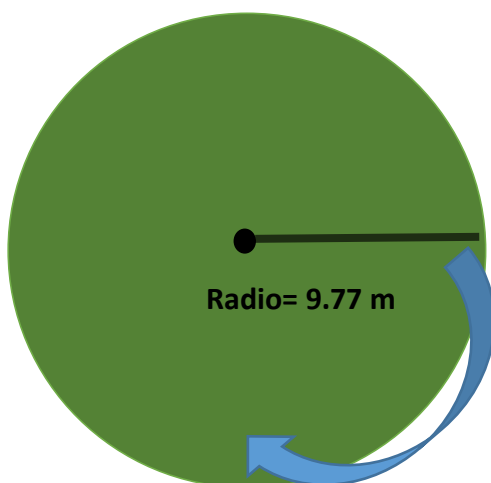


Figura 3. Parcela circular de 300 m<sup>2</sup> utilizada en el inventario forestal.

#### d) Variables evaluadas

Para poder evaluar el estado de las plantaciones, volúmenes a extraer en el raleo y volúmenes y calidades de los arboles remanentes se tomaron en cuenta las variables que se describen en el cuadro 6.

Cuadro 6. Variables evaluadas en el inventario post-marcación de raleo 2.

Variable	Descripción
NUMERO DE PLANTA	Número entero que se utiliza para llevar un registro de las plantas en el inventario.
DAP	Diámetro a la Altura del Pecho(1.30m) y se mide en cm.
ALTURA TOTAL	Medida total de la planta en metros.
ALTURA COMERCIAL	Medida desde el suelo hasta donde se obtiene producto para exportación, la medida es en metros.
CALIDAD	Se utilizó una escala de 1 a 4 según el estado del árbol.

Fuente: Elaboración propia (2,015)



### **Número de plantas**

Al realizar el inventario forestal se llevó control de los datos tomados, utilizando un número entero como referencia del número de plantas que se evaluó por parcela.

Las plantas evaluadas corresponden a arboles marcados y remanentes después de ejecutado el raleo.

### **DAP (Diámetro a la Altura del Pecho)**

Para la toma del DAP se utilizó una cinta diamétrica, la cual se ubicó de manera ajustada al árbol y los datos obtenidos fueron anotados en la boleta de campo utilizada.

Se debe tomar en cuenta en la medición de los diámetros la forma del árbol, puesto que en campo ellos varían y si presentan algún defecto este no se debe pasar por alto al realizar la medición y de esta manera cometer lo menos posible de error al medir.

Entre los defectos que se pueden presentar tenemos:

- Rama gruesa
- Muñón
- Verticilo
- Heridas

### **Altura Total**

Esta medición se realizó de la base hasta el ápice del árbol que se midió. Se realizó utilizando un hipsómetro Suunto. Para realizar la medición la persona se ubicó a una distancia aproximada de 15 m de la base del árbol. La altura se le tomó a los cinco árboles representativos de la parcela, tomando en cuenta el DAP, la forma y calidad en la que se encontraban los árboles.

De los cinco árboles a los que se les realizó la medición de la altura, tres de ellos se encontraban marcados para raleo y los dos restantes son árboles remanentes a los cuales se les seguirá dando el manejo necesario para que desarrollen de la mejor manera y así obtener los mejores individuos para la cosecha final.

### **Altura comercial**

Esta medición se le realizó a la parte aprovechable del fuste que será comercial. La medición se hizo desde el tocón hasta donde se inició la copa o donde el árbol presentó algún defecto en el fuste, daño o el diámetro que presento fue menor a 12 centímetros. Esta medición se realizó a los cinco árboles representativos de cada una de las parcelas que se realizaron en las diferentes fincas.

La medición de hizo con una vara telescópica la cual tiene la medida en metros, dando un máximo de medición de 7.62 m. Con esta altura se obtuvo el dato de la cantidad de producto que se va a tener para exportación. Lo que le es muy útil a la empresa para tener los volúmenes aproximados de comercialización.

### **Calidad de los árboles**

Esta variable fue verificada en los árboles que componían la parcela para poder obtener un dato cualitativo de la plantación y de esta manera se pudo tener una aproximación de la calidad de madera que se obtendrá del raleo y la que quedará para un posterior aprovechamiento. En el cuadro 7. Se encuentran plasmadas las calidades que el operador forestal a definido para poder realizar la calificación de los árboles

Cuadro 7. Clases de calidades para la calificación de árboles en las plantaciones de teca.

<p><b><u>Calidad 1</u></b>: árbol dominante, de fuste recto sin defectos graves</p> <p><b><u>Calidad 2</u></b>: dominante o codominante, con algún (algunos) defectos menores (muchas ramas, ramas gruesas, propensión a hijuelos abundantes, curvaturas).</p> <p><b><u>Calidad 3</u></b>: dominantes, y codominantes con defecto descalificadorio. Todos los árboles suprimidos. Defectos descalificadorios son bifurcación grave, quebradura, deformaciones graves, enfermedades.</p> <p><b><u>Calidad 4</u></b>: Árboles muertos y moribundos, quebrados a poca altura (sin valor comercial), presencia de plagas y enfermedades</p>
---

Fuente: Procedimientos para inventarios forestales, operador forestal, Petén, Guatemala (2,014).

### e) Intensidad de muestro y distribución de las parcelas

La distribución de las parcelas se realizó en fase de gabinete por el departamento de cartografía, utilizando el programa ARCGIS. Las parcelas se realizaron a cada 4 hectáreas distribuidas sistemáticamente, en la figura 4 se ejemplifica la distribución realizada en las fincas a evaluar, con una intensidad de muestro del 0.75%, lo que es menor a 10% de error permitido en un inventario forestal según la metodología de Inventarios Forestales, del operador forestal.

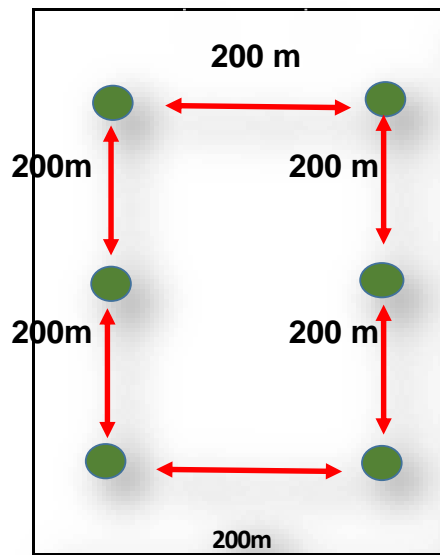


Figura 4. Ejemplificación de la red de distribución de parcelas.

Con la intensidad de muestreo aplicada, se pudo obtener un área representativa de toda la plantación a intervenir.

La localización de las parcelas se realizó a través de un GPS Garmin, en este se ingresaron las coordenadas de ubicación para cada parcela para posteriormente buscar los puntos en campo. Se inició con la línea de parcelas próximas a la ubicación del operador encargado de los inventarios, siguiendo un orden diferente en cada uno de las fincas prescritas. En el cuadro 8 se presentan los materiales y equipo utilizados en la toma de datos del inventario.

Cuadro 8. Materiales y equipo utilizados en el inventario forestal.

Materiales	Equipo
Boleta de campo Lápiz Mapas de las fincas Borrador Lazo de 9.77 m	Vara telescópica Hipsómetro Suunto Gps Garmin Cinta diamétrica Chaleco refractivo Polainas Metro

Fuente: Elaboración propia (2014)

#### **f) Boleta utilizada en campo**

La boleta que se utilizó, contiene los datos que fueron necesarios ser tomados en campo para llevar a cabo el inventario de post-marcación del segundo raleo. Esta boleta está definida por el operador forestal, en el documento Procedimientos para Inventarios Forestales, en el anexo 5 se presenta la boleta que fue utilizada en la toma de los datos requeridos en el inventario forestal.

#### **g) Levantamiento de parcelas**

Con las coordenadas establecidas se procedió a la ubicación de las parcelas en campo. El tamaño de la finca fue de importancia para determinar el número de parcelas a levantar en cada una, tomando en cuenta que se levantó 1 parcela de 300 metros cuadrados por cada 4 hectáreas. Para esto fue importante la utilización del GPS y mapa de la finca. Para realizar el levantamiento de la parcela, una persona se ubicó en el centro de una caja de cuatro árboles y utilizando un lazo calibrado con la medida de 9.77 m, se procedió a la toma de datos de los árboles que ingresaron dentro del radio definido.

#### **h) Método de Raleo**

El método de raleo utilizado se conoce como raleo en cajas y consiste en elegir una caja compuesta de diez árboles, la figura 5 ejemplifica las cajas utilizadas en el inventario de post- marcación de raleo.

En este método se elige una caja de forma sistemática y se marcan los árboles a cortar de forma selectiva dentro de la caja. Tomando en cuenta enfermedades, formas y defectos de los mismos.

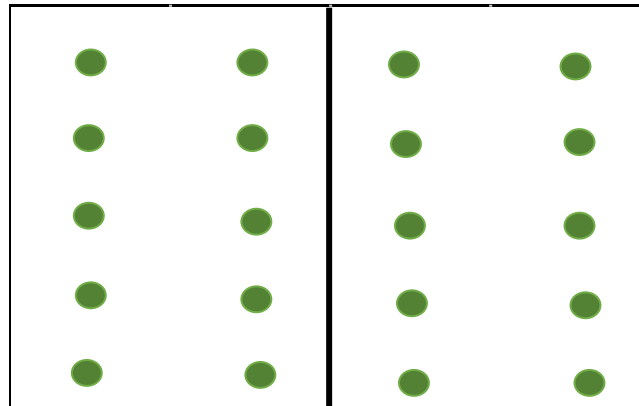


Figura 5. Demostración grafica de una caja de raleo compuesta por diez árboles.

### **i) Marcación de Árboles**

La correcta marcación de los árboles, en el segundo raleo fue importante debido a que influye en diferentes aspectos, uno de ellos es la realización del inventario de post-marcación de raleo, ya que con la realización de este se pueden obtener datos aproximados del volumen que se extraerá en las plantaciones y el volumen remanente que quedará. Otra importancia es el momento cuando se realice la tumba de los árboles, la marcación es un indicador de importancia para que los operadores puedan llevar a cabo una buena práctica en la corta de los mismos.

El operador forestal de las plantaciones tiene definidas las características que se deben tomar en cuenta para realizar la marcación de los árboles, siendo estas:

1. Estado fitosanitario: se elimina aquel árbol que tenga problemas de plagas, enfermedades, cola de zorro, descopado por el viento o descortezado por roedores. Esto debido a que es uno de los problemas más graves de una plantación y puede ser el inicio de la pérdida total de esta.
2. Rectitud del tronco: si no tuviéramos árboles enfermos o plagados, dentro de los diez a elegir, tendríamos que definir, como siguiente criterio, los árboles torcidos o

bifurcados, o que presenten cualquier otra deformación que disminuya la calidad general de la plantación.

3. Diámetro: si dentro de los diez árboles, no tuviéramos, árboles enfermos, ni mal conformados, la decisión va dirigida a favorecer los árboles de mayor diámetro, marcando los más pequeños del cuadro.
4. Altura: Si hubiera que elegir entre dos árboles de buena forma y similar diámetro, se deja el árbol más alto, debido a su potencial y a la ubicación que este tiene en el dosel general de la plantación.

Cada una de ellas son indicadores de elección al momento de realizar la marcación correspondiente de los árboles que serán los raleados.

La marcación de los árboles se realizó utilizando el método de cajas y se utilizó cajas de 10 árboles, esto se hizo con el fin de aplicar un raleo al 50% de la plantación inicial siendo esta de 1,000 plantas por hectárea.

De los diez árboles que se tienen por cada caja se marcan 5 de ellos, si existiera un espacio en el cual hace falta un árbol por diferentes motivos como la aplicación del raleo de desecho o un árbol muerto se toma en cuenta.

Al momento de iniciar la marcación la persona encargada de realizarla se ubica en una esquina de la plantación entre los primeros dos surcos. Luego procede a ubicarse en la primera caja de diez árboles escogiendo los cinco peores árboles para ser marcados y se continúa de la misma manera hasta terminar la primera hilera y regresar con los siguientes dos surcos, en la figura 6 se muestra gráficamente la manera en que se realiza la marcación.

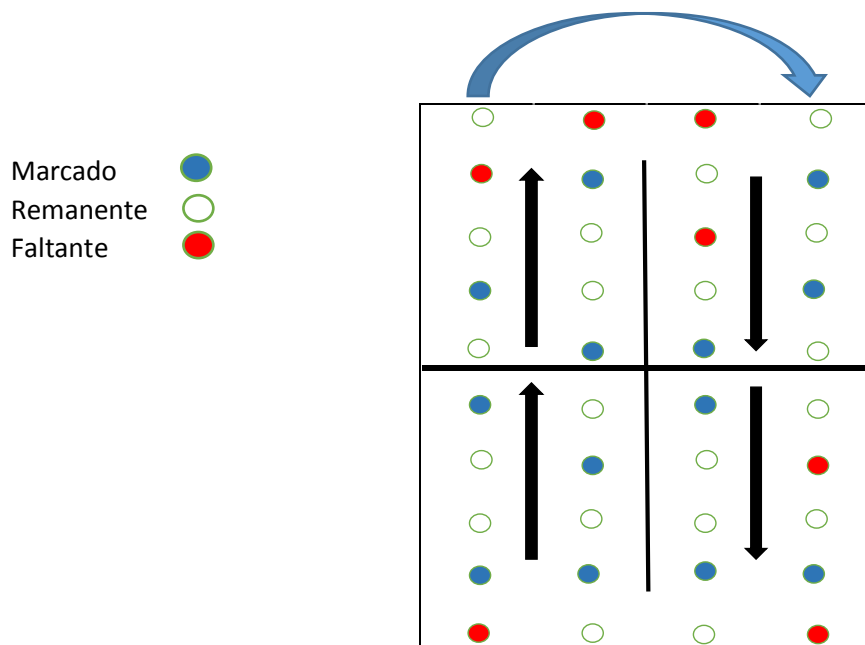


Figura 6. Demostración gráfica de la marcación utilizando cajas de diez árboles.

### 5.1.2 Análisis y evaluación de datos obtenidos en el levantamiento de inventario post-marcación de raleo.

#### a) Tabulación de datos

Después de realizada la fase de campo en la cual se recopilieron los datos necesarios para poder analizar la plantación en su estado cualitativo y cuantitativo, se procedió a la tabulación de los mismos utilizando una hoja Excel 2013.

#### b) Regresión Lineal

Se creó una base de datos los cuales fueron obtenidos en campo. Se tomaron cinco árboles representativos de diferentes clases diametrales en cada una de las parcelas a los que se les midió altura, posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal utilizando como X el DAP y Y la altura total para el cálculo de las alturas faltantes en la parcela.

Se toma en cuenta que se realizó una regresión de alturas para cada finca.

#### c) Área Basal y Volumen:

El área basal se calculó utilizando las medidas de DAP obtenidas en campo, ya con el cálculo de esta variable se procedió a obtener el dato del volumen por árbol para poder realizar el análisis total de las parcelas y luego se proyectó por hectárea. Con los datos

obtenidos por hectárea se procedió a realizar la proyección del producto a obtener por finca. Los datos fueron analizados para árboles que se les aplicará raleo y para los árboles remanentes de cada finca. Para tener una mejor proyección del tipo de producto a obtener en cada una de las fincas se utilizó la tabla de rendimientos propuesta por el operador forestal de las plantaciones, la cual se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Tabla de rendimientos en teca, propuesta por el operador forestal.

CLASE DAP	% EXPORTACION	% BIOMASA	% PUNTA
6 – 8	0.0%	78.4%	21.6%
9 – 11	0.0%	91.1%	8.9%
12 – 14	31.7%	61.0%	7.3%
15 – 17	59.1%	35.3%	5.6%
18 – 20	73.4%	20.2%	6.4%

Fuente: Operador Forestal, Petén, Guatemala

### 5.1.3 Planes operativos donde se realiza prescripción de raleo a fincas evaluadas.

Para poder realizar los raleos en las diferentes plantaciones se realizó un plan operativo para cada finca en el cual se realiza la prescripción general del raleo que se aplicara en las mismas.

#### a) Elaboración de planes dirigidos a CONAP

Después de haber llevado a cabo el análisis para cada finca en la cual se obtuvo la cantidad de volumen a extraer por finca, se procedió a la realización de los planes en los cuales se solicita a la institución CONAP (si el área a intervenir se encuentra en zona de área protegida), que dé el permiso necesario para poder realizar el raleo respectivo en las plantaciones.

En este plan se justifica que se le está realizando un buen manejo a las plantaciones, cumpliendo con cada una de las intervenciones silviculturales que necesita para la edad de rotación propuesta.



**b) Documentación Legal solicitada:**

- El usuario deberá presentar solicitud autenticada en la que se detalle claramente el o los objetivos de la actividad a desarrollar, indicando la dirección exacta del solicitante para recibir notificaciones, número telefónico, número de fax y/o correo electrónico.
- Fotocopia legalizada del DPI o documento personal de identificación del solicitante o del representante legal y copia legalizada del documento que acredite la representación debidamente registrada, si así fuera el caso.
- Acta constitutiva de la empresa.
- Patente de sociedad
- Patente de comercio
- Fotocopia del DPI del representante legal
- Fotocopia del RTU (Registro tributario Único) de la empresa.
- Fotocopia del acta del nombramiento del representante legal.
- Fotocopia del EIA (Estudio de Impacto Ambiental) autorizado por el MARN.
- Fotocopia legalizada de la constancia de inscripción en el Registro Nacional de Regentes Forestales del CONAP, de la persona responsable de asistir técnicamente en la elaboración de la propuesta e implementación del plan de manejo.
- Fotocopia del registro del regente forestal, elaborador de planes de manejo y elaborador de ECUT, ante el registro forestal nacional.
- Fotocopia legalizada del DPI o documento de identificación personal del regente forestal.
- Plantaciones voluntarias ya establecidas, presentar el certificado, original o copia legalizada de inscripción ante el Registro Nacional Forestal del INAB del sistema agroforestal o plantación voluntaria propuesta a aprovechamiento o manejo.
- Plan de manejo a realizar. (CONAP, 2012)

### **c) Documentación Técnica**

- Presentar la solicitud de autorización con base en el formato que aplique según los objetivos comerciales del proyecto ó plan de manejo forestal, el mismo lo deberá elaborar un regente forestal debidamente inscrito en el Registro Nacional de Regentes Forestales del CONAP, basado en los lineamientos técnicos contenidos en el presente manual (se exceptúa la participación de un regente para las solicitudes de autorización de proyectos de reforestación y/o establecimiento de sistemas agroforestales menores a 5 hectáreas).
- Se presenta un resumen del plan operativo anual con los siguiente datos: rodal, área en hectáreas, especie, tratamiento silvicultural, número de árboles a extraer por hectárea, área basal a extraer en  $m^2/ha$ , volumen a extraer en  $m^3/ha$  y volumen total a extraer en  $m^3/ha$ .
- Se da un resumen del inventario realizado que incluye los siguientes datos: rodal, área en hectárea, especie, DAP promedio en cm, altura total promedio en m, árboles totales/ha, área basal total  $m^2/ha$ , volumen total  $m^3/ha$  y volumen total  $m^3/rodal$ , también se incluye el dato de la forma y defectos del fuste en número de árboles por hectáreas y porcentaje, y el estado fitosanitario en número de árboles por hectárea y porcentaje.
- Se presentan los datos de la planificación del manejo en base al tratamiento silvicultural en el que se resumen los datos de: año de plantación, rodal, área en hectárea, especie, tratamiento silvicultural, volumen a extraer en  $m^3/rodal$  y el volumen remanente en  $m^3/rodal$ .
- Se realiza un resumen con la justificación
- Mapas de ubicación general de la finca, infraestructura, rodales a intervenir, fuentes hídricas, mapa de área a intervenir en coordenadas GTM.
- Copia electrónica del plan de manejo y los mapas (archivos \*.shp).

El formato utilizado es propuesto por la entidad, en el cual solicitan la información necesaria para poder llevar control de la intervención que se realizará. En el anexo 6 se presenta el formato que se utilizó para la elaboración de los diferentes planes.

Como análisis de este objetivo se generó un flujo de procedimientos para obtener la aprobación de los planes operativos y poder ejecutar los raleos por el Operador Forestal. En el anexo 7 se presenta el flujograma por parte de CONAP.

#### 5.1.4 Otras Actividades

La empresa cuenta con diversas necesidades en el ámbito de investigación forestal, durante el transcurso de la práctica se realizaron actividades de apoyo en la instalación y medición de diferentes ensayos, que se realizan con la finalidad de obtener datos que serán de gran importancia para el buen desarrollo de los árboles y que posteriormente se puedan aplicar los tratamientos a las plantaciones, mejorando el crecimiento y rendimiento del producto que se espera obtener.

Las actividades fueron ejecutadas en las diferentes fincas ubicadas en los municipios de La Libertad y Las Cruces, en los cuales se encuentran las plantaciones.

#### 5.2 INDICADORES DE RESULTADOS

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos durante el transcurso de la práctica existen diferentes variables que fueron tomadas en cuenta y que fueron de importancia para poder obtener los resultados requeridos. Estos indicadores de resultados fueron:

- ✚ Número de parcelas de 300 metros cuadrados por finca evaluada,
- ✚ Intensidad de muestreo por finca,
- ✚ Número de parcelas de 300 metros cuadrados evaluadas por día,
- ✚ Para todos los árboles: densidad, DAP, altura total, área basal, volumen total
- ✚ Para los árboles marcados o a raleo: árboles a raleo por ha, DAP, altura total, área basal, volumen total a raleo
- ✚ Para los árboles remanentes: árboles que quedan por ha, DAP, altura total, área basal, volumen total remanente
- ✚ Productos a obtener del raleo: volumen ( $m^3/ha$ ) de los productos troza, trocilla y leña, distribuidos en clases diametrales.
- ✚ Análisis estadístico de los resultados de volumen total por finca, basado en el muestreo efectuado.
- ✚ Número de planes operativos de prescripción de raleo presentados ante el CONAP, para la aprobación de los mismos y poder ejecutar los respectivos raleos en el año 2015.

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el proceso de la práctica profesional supervisada, se obtuvieron diferentes datos en fase de campo y de gabinete, los cuales fueron de importancia para el cumplimiento de los diferentes objetivos que se definieron llevar a cabo en las plantaciones de teca, ubicadas en los municipios de Las Cruces y La Libertad, departamento de Petén. Cada resultado obtenido en las diferentes etapas de la práctica, fue analizado y descrito en el presente documento.

### **6.1 Medición del Inventario Forestal Post-Marqueo del raleo comercial**

Se llevó a cabo la evaluación de las diferentes fincas a través del inventario realizado, en el cual se recabaron datos que fueron de importancia para determinar el estado en el cual se encuentran las plantaciones y obtener los datos del producto al momento de realizar el raleo en cada una de las fincas.

Para poder llevar a cabo las parcelas del inventario se requirió que las fincas estuvieran debidamente marcadas. Este proceso de marcación se realiza con el fin de seleccionar los árboles que serán extraídos en el raleo, los cuales son marcados utilizando diferentes indicadores definidos por el operador forestal.

#### **6.1.1 Número de parcelas evaluadas por finca**

La medición de parcelas se llevó a cabo en 15 diferentes fincas. Para poder definir el número de parcelas se tomó en cuenta el área que tiene la finca, ya que el operador forestal definió que quería obtener un error de muestreo no mayor al 10%, con una intensidad de muestreo de al menos 0.75%. En el cuadro 10 se presenta la cantidad de parcelas y área evaluada para cada una de las fincas. La decisión de la intensidad de muestreo prescrita por el operador, está en función del costo de implementar el inventario forestal.

Fueron realizadas 97 parcelas en un área total de 339.34 hectáreas. El tiempo requerido para la medición de todas las parcelas en días hábiles sería de 8 días, tomando en cuenta

que al día se puede realizar 12 parcelas como promedio. Pero se debe tomar en cuenta que el operador forestal contaba con una programación por lo cual las fechas estaban establecidas y según el mismo era la cantidad de área que se muestreaba, variando el número de parcelas por día.

Cuadro 10. Área total y número de parcelas evaluadas por finca.

Finca No.	Número de parcelas realizadas	Área de la finca en hectáreas	Finca No.	Número de parcelas realizadas	Área de la finca en hectáreas	Finca No.	Número de parcelas realizadas	Área de la finca en hectáreas
15	6	18.04	32	9	28.30	48	10	37.23
17	6	17.22	33	10	38.89	50	3	8.74
20	6	18.83	34	4	14.93	57	3	10.74
22	6	22.95	42	12	44.99	58	4	14.29
23	5	17.44	43	6	20.52	59	7	26.23

Fuente: Elaboración propia (2,015)

### 6.1.2 Intensidad de muestreo obtenido por finca

Cada una de las fincas evaluadas tuvo diferente intensidad de muestreo, como se presenta en el cuadro número 11. Esta diferencia se debe al número de parcelas realizadas en las fincas ya que en algunas se establecieron más parcelas, tomando en cuenta la propuesta del operador forestal de instalar al menos una parcela cada 4 hectáreas de plantación.

El porcentaje se encuentra entre un 0.80 y 1 por ciento de área muestreada por finca, cumpliendo con lo propuesto por el operador forestal, por lo que se esperaría que el área muestreada sea la adecuada para cada una de las fincas evaluadas.

Cuadro 11. Intensidades de muestreo por finca.

Finca	Intensidad de muestro %	Finca	Intensidad de muestro %	Finca	Intensidad de muestro %
15	1.00	32	0.95	48	0.81
17	1.05	33	0.77	50	1.03
20	0.96	34	0.80	57	0.84
22	0.78	42	0.80	58	0.84
23	0.86	43	0.88	59	0.80

Fuente: Elaboración propia (2,015)

## **6.2 Análisis del Inventario Forestal Post-Marqueo del raleo comercial**

Todos los datos obtenidos en campo fueron tabulados y analizados, fase importante previo a ser presentados al CONAP, con el fin de obtener los permisos que se requieren para poder realizar el raleo.

Cada análisis hecho dio una referencia del estado en el que se encuentran las plantaciones y el aproximado de producto que se obtendrá al aplicar el raleo en cada una de las fincas.

### **6.2.1 Análisis estadístico por finca**

A cada una de las fincas evaluadas se le hizo el análisis estadístico respectivo para poder comparar el error de muestreo obtenido, con el 10% como máximo, propuesto por el operador forestal.

Para el análisis, se utilizó el software INFOSTAT®, en el que se encontraron todas las herramientas necesarias para poder evaluar los datos obtenidos en campo. Los resultados son presentados en el cuadro 12, en el que se muestra un resumen, por finca, de los datos obtenidos en los inventarios post-marqueo.

Con los datos obtenidos en el análisis estadístico, se puede notar que no todas las fincas cumplen con el error de muestreo propuesto por el operador forestal. La mayoría de ellas se encuentra por arriba del 10% de error propuesto, como se presenta en la figura 7.

Las fincas 15, 17, 34, 43 y 58 son las que presentan el más alto error de muestreo entre un rango de 26 a 40 %. De las 15 fincas evaluadas, las que presentan un error de muestreo medio entre 12 a 18%, son la 20, 23, 33, 42, 48, 50, 57 y 59. Únicamente dos de las fincas están en el rango aceptable de error de muestreo propuesto por el operador forestal, siendo estas las fincas 22 y 32 con un error de muestreo de 7%.

La heterogeneidad que se presenta en las plantaciones se da por diversos motivos, los cuales hacen que el error de muestreo sea más alto, entre ellas podemos mencionar el bajo crecimiento que se da debido a los sitios en los cuales se encuentran establecidas,

pudiendo observar mucha pedregosidad, y poco drenaje lo que hace que no encuentren los nutrientes que ellas requieren para su buen desarrollo en diámetro como en altura, también se puede hacer notar que en las 15 fincas que serán intervenidas el manejo realizado fue muy poco y sin la aplicación de tecnología que ahora se utiliza en las plantaciones. Otra causa de variabilidad en el error de muestro lo podemos encontrar en la ubicación de las diferentes parcelas ya que debido a los raleos aplicados anteriormente existen claros los cuales hacen que los datos varíen.

Cuadro 12. Resumen estadístico hecho a cada una de las fincas evaluadas.

Finca	n	Media	Desviación Estandar	varianza	Error Estandar	Coefficiente de Variación	T Student	Error de Muestreo	Error de Muestreo en %
15	6	84.11	29.14	849.25	11.9	34.65	2.571	30.59	36.375
17	6	70.45	19.35	374.35	7.9	27.46	2.571	20.31	28.83
20	6	84.45	14.67	215.15	5.99	17.37	2.571	15.40	18.24
22	6	92.17	6.18	38.17	2.52	6.7	2.571	6.48	7.03
23	5	84.2	11.61	134.7	5.19	13.78	2.776	14.41	17.11
32	9	97.59	9.44	89.06	3.15	9.67	2.306	7.26	7.44
33	10	75.07	15.43	238.11	4.88	20.56	2.262	11.04	14.70
34	4	101.5	17.15	294.13	8.58	16.9	3.182	27.30	26.90
42	12	68.11	14.21	201.8	4.1	20.86	2.201	9.02	13.25
43	6	87.39	22.56	509.14	9.21	25.82	2.571	23.68	27.10
48	10	71.07	15.15	229.58	4.79	21.32	2.262	10.83	15.25
50	3	83.45	4.34	18.83	2.51	5.2	4.303	10.80	12.94
57	3	86.56	4.44	19.72	2.56	5.13	4.303	11.02	12.73
58	4	70.58	18.02	324.66	9.01	25.53	3.182	28.67	40.62
59	7	91.81	15.52	240.99	5.87	16.91	2.447	14.36	15.65

Fuente: Elaboración propia (2,015)

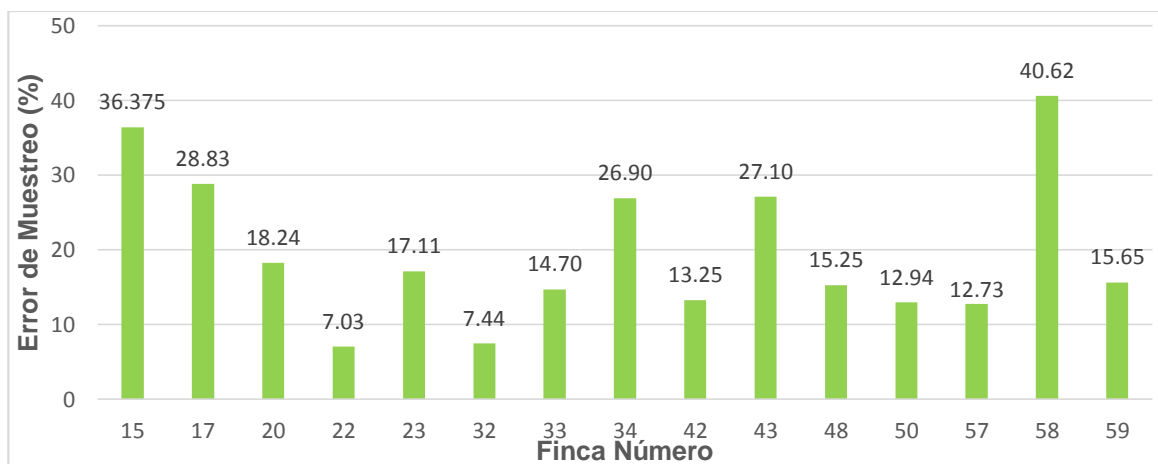


Figura 7. Error de muestreo en porcentaje para las fincas evaluadas.

### **6.2.2 Resumen de variables dasométricas principales por finca**

Luego de las mediciones hechas en campo, los datos se procedieron a tabular y analizar. En el cuadro 13 se presenta el resumen obtenido por finca, de las variables dasométricas principales que fueron utilizadas para saber el estado en el que se encuentran las plantaciones.

La densidad de las fincas es variada, porque el primer raleo ejecutado se hizo en las fincas 15, 17, 20, 22, 34, 42, 48, 50 y 57 con una intensidad del 33%, dejando un aproximado de 667 árboles por hectárea y en las fincas 23, 32, 33, 43, 58 y 59 se aplicó el raleo a una intensidad del 25% quedando aproximadamente 750 árboles por hectárea, tomando en cuenta que en la plantación inicial se establecieron 1,000 plantas/ha.

La variable DAP fue evaluada en las 15 fincas de las cuales 6 presentaron un diámetro promedio de 14 centímetros, 6 fincas con un promedio de 15 centímetros, 2 fincas con un promedio de 16 centímetros y una finca con el crecimiento en DAP de 17 centímetros. El rango en diámetro no es de mucha variabilidad de una finca a otra.

El promedio de altura total obtenido por finca se encuentra en un rango mínimo de 13 metros a uno máximo de 15 metros, presentando al igual que el DAP poca variación, tomando en cuenta que los sitios en los que se desarrollan las plantaciones son distintos. En el anexo 8 se presenta el listado de fórmulas obtenidas con la regresión lineal para el cálculo de altura en las diferentes fincas.

El área basal presenta una diferencia más marcada en las fincas, esto se debe a las condiciones propias de los sitios, donde se encuentran las plantaciones, debido que cada finca tiene un potencial de soporte de  $m^2/ha$ .

En la variable obtenida de volumen se observa, que la finca número 42 es la que presenta el más bajo volumen con  $68.17 m^3/ha$ ; las fincas 17, 33, 48 y 58 presentan un volumen entre el rango de 70 a  $75 m^3/ha$ ; las fincas 15, 20, 23, 43 y 50 cuentan con un volumen entre 83 a  $87 m^3/ha$ ; las fincas que presentaron mayor volumen son la 22, 32, 57 y 59



con un rango de 91 a 97 m<sup>3</sup>/ha y la finca número 34 con un volumen de 110.53 m<sup>3</sup>/ha siendo esta la que presenta mayor volumen. Esta variable también está asociada al sitio y no así a la densidad, por la edad de las plantaciones, por lo que las que presentan las diferencias en volumen no están relacionadas a la intensidad del primer raleo.

Cuadro 13. Variables dasométricas promedio, antes del raleo por finca.

Finca	Densidad Actual(arb/ha)	DAP(Cm)	Htot(m)	Hdom(m)	AB(m <sup>2</sup> /ha)	Vol(m <sup>3</sup> /ha)
15	656	15.3	13.71	16.51	12.82	84.16
17	639	14.8	13.07	15.46	11	70.54
20	650	15.75	14.06	16.09	13.45	84.62
22	689	16.38	13.88	14.86	16.2	93.4
23	747	14.73	13.93	15.63	13.11	84.26
32	726	15.52	14.76	16.71	14.28	97.67
33	713	14.34	13.12	15.65	12	75.12
34	625	17.35	15.74	17.53	15.22	110.53
42	619	15.14	12.37	14.11	12	68.17
43	728	15.2	12.72	16.62	14.04	87.48
48	673	14.56	13.07	15.24	11.66	71
50	689	15.46	13.66	15.89	13.24	83.48
57	689	16.12	14.44	15.85	15	96
58	758	14.03	12.07	14.22	12	70.59
59	743	14.88	14.24	17.75	13.53	91.92

Fuente: Elaboración propia (2,015)

Con la el segundo raleo que se hará en las plantaciones, se pretende homogeneizar la densidad por hectárea, dejando en promedio 500 árboles en cada una de las fincas, lo que corresponde a una intensidad de raleo del 50% en función de la plantación inicial.

En el cuadro 14 se presenta la intensidad de raleo que será aplicada a las plantaciones, utilizando el número actual de plantas que tiene cada una de las fincas.

Existen variaciones aceptables en el número de árboles que quedarán esto debido al método de marqueo que se está utilizando y es el método en cajas propuesto por el operador forestal. Con este método se seleccionan cajas de 10 posiciones de árboles

iniciales y de ellos 5 tienen que quedar como remanentes, marcando los árboles restantes que quedan en pie para ser cortados en el raleo.

Cuadro 14. Intensidades de raleo aplicadas a la plantación actual.

Finca	Árboles por hectárea			Intensidad de Raleo (%)
	Actuales	A Ralear	Remanentes	
15	656	161	495	24.54
17	639	156	483	24.41
20	650	200	450	30.77
22	689	256	433	37.16
23	747	240	507	32.13
32	726	237	489	32.64
33	713	233	480	32.68
34	625	158	467	25.28
42	619	172	447	27.79
43	728	178	550	24.45
48	673	177	496	26.30
50	689	200	489	29.03
57	689	178	511	25.83
58	758	283	475	37.34
59	743	238	505	32.03

Fuente: Elaboración propia (2,015)

### 6.2.3 Análisis de estimación de trozos comerciales a obtener por finca de los árboles raleados

La altura comercial fue una variable analizada en el inventario de post- marcación de raleo comercial. Está fue medida utilizando una vara telescópica, con la que se tomaron los datos de 5 árboles representativos de cada parcela. La medición se llevó a cabo hasta 7.62 metros que es el máximo que permite medir la vara.

Con los datos obtenidos por finca se procedió a realizar una regresión de alturas, utilizando en “X” el DAP y en “Y” la altura comercial, obteniendo las diferentes ecuaciones

utilizadas para el cálculo de las alturas restantes. En el anexo 9 se presentan las ecuaciones utilizadas para el cálculo de alturas comerciales.

Para poder obtener el número de trozos comerciales aproximados que se tendrán cuando sean aplicados los raleos, se tomó como medida base que cada uno medirá 2.25 metros de largo y se distribuyeron a través de clases diametrales de 3 centímetros en 3 centímetros, las clases diametrales fueron tomadas en base a la tabla de rendimientos de teca propuesta por el operador forestal. La distribución en clases diametrales se realiza con el fin de tener un panorama del producto que se obtendrá, tomando en cuenta que la comercialización de las trozas se realiza según las diversas exigencias que tenga el comprador y al mercado al cual sean dirigidas. En el cuadro 15 se presenta el producto que se estima poder obtener de trozas por hectárea en cada una de las fincas a intervenir por clase de DAP del árbol.

Las fincas que presentan trozas en árboles de clases diametrales menores, son la 33, 42, 58 y 59, esto se debe al bajo crecimientos que estas plantaciones presentan.

Cuadro 15. Número de trozas aproximadas a obtener en el raleo en cada una de las fincas por hectárea.

Trozas a obtener del raleo por hectárea									
Clase diametral	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26	Total
Finca									
15	0	6	33	78	44	0	0	0	161
17	0	17	44	39	50	6	0	0	156
20	0	0	28	83	78	6	6	0	200
22	0	0	22	117	100	17	0	0	256
23	0	7	20	87	93	27	7	0	240
32	0	19	48	107	44	15	4	0	237
33	7	27	93	77	30	0	0	0	233
34	0	0	0	50	67	25	0	8	150
42	6	8	47	58	39	8	6	0	172
43	0	33	44	67	28	6	0	0	178
48	0	20	50	83	23	0	0	0	177
50	0	0	11	178	0	11	0	0	200
57	0	0	22	89	33	33	0	0	178
58	17	50	67	83	58	8	0	0	283
59	10	24	76	62	62	5	0	0	238

Fuente: Elaboración propia (2,015)

10 de las 15 fincas analizadas darán trozas de mayor dimensión, por estar en clases de DAP de 6 a 8 cm, tomando en cuenta que las plantaciones tienen la edad de 7 años, se define que presentan un bajo crecimiento en estas fincas, debido a los diferentes sitios en que se encuentran las plantaciones. En las clases diametrales de 9-11, 12-14 y 15-17 se concentra el mayor número de trozas que se obtendrá por finca.

Con la clase de DAP 21 a 23 cm, únicamente 4 fincas darán producto, siendo estas la 20, 23, 32 y 42, en cada una de ellas se tendrán trozas pero en mínima cantidad, tomando en cuenta que son de los mejores diámetros que se obtendrán y de los cuales con seguridad serán exportables. La finca 34 es la única que presentara árboles con clases de DAP de 24 a 26 cm, siendo estos los diámetros mayores obtenidos en todo el análisis realizado de estimación de número de trozas comerciales en el raleo comercial que será aplicado.

En el cuadro 16 se presenta un resumen total por finca del número de trozas que se obtendrá. La comercialización se realizará desde los diámetros menores que son utilizados como leña hasta los mayores que son exportados.

Cuadro 16. Número de trozas totales obtenidas por finca.

Trozas a obtener del raleo por finca									
Clase diametral	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26	Total
Finca									
15	0	100	601	1403	802	0	0	0	2906
17	0	287	765	670	861	96	0	0	2679
20	0	0	523	1569	1465	105	105	0	3766
22	0	0	510	2678	2295	383	0	0	5865
23	0	116	349	1511	1628	465	116	0	4186
32	0	604	1571	3504	1450	483	121	0	7732
33	259	1037	3630	2982	1167	0	0	0	9074
34	0	0	0	747	995	373	0	124	2240
42	250	375	2125	2624	1750	375	250	0	7748
43	0	684	912	1368	570	114	0	0	3648
48	0	745	1862	3103	869	0	0	0	6577
50	0	0	97	1554	0	97	0	0	1748
57	0	0	239	955	358	358	0	0	1909
58	238	715	953	1191	834	119	0	0	4049
59	250	625	1998	1624	1624	125	0	0	6245

Fuente: Elaboración propia (2,015)

#### 6.2.4 Resúmenes de intensidades de raleo en densidad, área basal y volumen

El raleo comercial que se le aplicará a la plantación de teca tiene como objetivo la extracción de árboles con el fin de brindarle más espacio a las plantas y que puedan desarrollar de una mejor manera, encontrando menos competencia por la adquisición de nutrientes necesarios para su crecimiento.

En el cuadro 17 se da a conocer las intensidades de raleo que se aplicarán en densidad, volumen y área basal en cada una de las fincas a intervenir. La cantidad de árboles que se extraerán en cada una de las fincas es variable, podemos observar, que va desde un mínimo de 156 árboles por hectárea hasta un máximo de 283. Las fincas de las que se extraerá la menor cantidad de árboles son la 15, 17, 34, 42, 43, 48 y 57 estando entre un rango de 156 hasta 178. Los porcentajes de intensidad aplicados (con respecto del número de árboles) se encuentran entre un mínimo 24.3% a un máximo de 37.4% de la densidad actual.

Cuadro 17. Intensidades de raleo aplicadas a las finca a intervenir en densidad, área basal y volumen por hectárea.

Finca	Árboles a ralear/ha	IR% DENSIDAD	AB a ralearm <sup>2</sup> /ha	IR% AB	Volumen raleo m <sup>3</sup> /ha	IR% VOL
15	161	24.6%	2.29	17.9%	13.88	16.5%
17	156	24.3%	2.19	19.1%	12.73	18.0%
20	200	30.8%	3.40	26.1%	21.10	24.9%
22	256	37.1%	4.37	27.0%	26.66	28.5%
23	240	32.1%	4.53	34.5%	29.64	35.2%
32	237	32.7%	3.49	24.4%	22.86	23.4%
33	233	32.7%	2.61	21.5%	14.76	19.6%
34	158	25.3%	3.31	21.7%	23.39	21.2%
42	172	27.8%	2.46	21.0%	13.61	20.0%
43	178	24.4%	2.17	15.4%	11.64	13.3%
48	177	26.2%	2.17	18.6%	12.22	17.2%
50	200	29.0%	3.02	22.8%	17.69	21.2%
57	178	25.8%	3.05	21.0%	19.13	19.9%
58	283	37.4%	3.26	26.3%	17.43	24.7%
59	238	32.1%	3.16	23.4%	19.22	20.9%

Fuente: Elaboración Propia (2,015)

El área basal a extraer por finca está en un rango de porcentaje de 17.9% a 34.5% por hectárea, la variación que existe se encuentra en función del sitio, ya que estos influyen en el crecimiento que los árboles están presentando.

En la variable volumen de las fincas de las que se extraerá la menor cantidad en porcentaje por hectárea son la 15, 17, 33, 43, 48 y 57 estas en comparación con las demás fincas a intervenir están en un promedio bajo entre 13.3 a 19.9 por ciento.

Las fincas 20, 22, 32, 34, 42, 50 y 58 definidas técnicamente, en comparación al total del análisis realizado en un promedio de volumen a obtener medio entre el rango de 20 a 28.5 por ciento por hectárea. La finca 23 es la que mayor porcentaje de volumen por hectárea presenta con un 35.2 por ciento.

Luego de aplicado el raleo, quedará en cada una de las fincas una intensidad del 50% de la plantaciones inicial, con un área basal en el cual se le permite a las plantas poder obtener más espacio para que puedan desarrollarse y por ende se tendrá un aumento en volumen. En el cuadro 18 se presenta el resumen por finca de la densidad, área basal y volumen que quedará.

La densidad de los árboles remanentes estará entre 433 a 550, presentando una variación de aproximadamente 117 árboles entre la finca que tendrá menor densidad con la que tiene mayor densidad.

El área basal se encuentra entre una mínima de 9.12 m<sup>2</sup> a una máxima de 11.91 m<sup>2</sup> por hectárea. Esperando obtener los mejores crecimientos en diámetro para las próximas intervenciones silviculturales que se le aplicaran a cada una de las fincas.

Cuadro 18. Resumen de densidad, área basal y volumen remanente después de aplicado el raleo.

Finca	Densidad árboles/Ha	AB m <sup>2</sup> /Ha	Volumen m <sup>3</sup> /Ha
15	494	10.52	70.28
17	483	9.24	57.81
20	450	9.61	63.52
22	433	11.83	66.74
23	507	8.60	54.62
32	489	10.80	74.81
33	480	9.51	60.36
34	467	11.91	87.14
42	447	9.25	54.56
43	550	11.87	75.84
48	497	9.49	58.82
50	489	10.23	65.79
57	511	11.50	77.23
58	475	9.12	53.16
59	505	10.37	72.69

Fuente: Elaboración Propia. (2,015)

La variable volumen en la plantación remanente muestra un bajo crecimiento en las fincas 17, 23, 42, 48 y 58 con un volumen de 53.16 m<sup>3</sup> a 58.82m<sup>3</sup> por hectárea, con la aplicación del raleo se espera poder tener un incremento en el crecimiento de las plantaciones. Las fincas 20, 22, 33 y 50, presentan un volumen medio entre 60.33 m<sup>3</sup> a 66.74 m<sup>3</sup> por hectárea. Las fincas con volumen alto son la 15, 32,34, 43, 57 y 59 con un volumen mínimo de 70.28m<sup>3</sup> a un máximo de 87.14 m<sup>3</sup> por hectárea. Siendo la finca 34 la que presenta el mejor crecimiento en diámetros.

#### **6.2.5 Resumen del volumen obtenido utilizando la tabla de rendimientos propuesta por el operador forestal.**

Con el análisis hecho a cada una de las fincas se obtuvieron los datos del volumen que será extraído al momento de aplicar el raleo y también el volumen de la plantación remanente. El volumen fue distribuido según porcentajes que se encuentran prescritos en la tabla de rendimiento propuesta por el operador forestal.

La tabla de rendimientos divide el volumen en tres productos a obtener como lo son: el volumen exportable, la biomasa y punta. De la misma forma se encuentra dividida en clases diametrales, por lo que el volumen exportable se obtiene de las clases diametrales de 12 centímetros a más de 20 centímetros, la biomasa y la punta son obtenidos de las clases diametrales de 6 centímetros a más de 20 centímetros de diámetro. El porcentaje obtenido varía según la clase diametral en la que se encuentre. En el cuadro 19 se presenta un resumen del producto obtenido por finca.

En la figura 8 podemos observar que las fincas que presentan un menor volumen exportable son la 15, 17, 33, 42, 43, 48, 50, 58 y 59, con un volumen de 3.76 m<sup>3</sup> a 7.53 m<sup>3</sup> por hectárea plantada. Las fincas 20, 22, 23, 32, 34 y 57 serán las que mayor volumen exportable darán con un rango entre 9.13 m<sup>3</sup> a 16.03 m<sup>3</sup> por hectárea.

Cuadro 19. Resumen del producto obtenido del raleo en cada una de las fincas utilizando la tabla de rendimientos en porcentajes.

Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/Ha	Volumen m <sup>3</sup> de biomasa/Ha	Volumen m <sup>3</sup> de punta/Ha	Volumen m <sup>3</sup> exportable/Finca	Volumen m <sup>3</sup> de biomasa/Finca	Volumen m <sup>3</sup> de punta/Finca
15	5.59	7.34	0.95	100.82	132.47	17.13
17	5.48	6.36	0.90	94.31	109.46	15.48
20	10.22	9.53	1.36	192.35	179.36	25.58
22	12.67	12.26	1.73	290.73	281.42	39.76
23	16.03	11.71	1.90	279.50	204.16	33.20
32	9.66	11.56	1.64	273.30	327.28	46.48
33	4.11	9.47	1.18	159.89	368.12	45.90
34	13.48	8.44	1.47	201.19	126.07	21.99
42	5.95	6.70	0.96	267.75	301.56	42.98
43	4.29	6.47	0.89	88.04	132.68	18.19
48	3.76	7.51	0.95	140.02	279.61	35.45
50	6.32	10.08	1.28	55.25	88.13	11.23
57	9.13	8.70	1.30	98.06	93.48	13.96
58	6.197	9.810	1.427	88.55	140.19	20.39
59	7.53	10.31	1.38	197.62	270.38	36.24

Fuente: elaboración propia (2,015)



Se realizó la comparación general del tipo de producto que se obtendrá en las 15 fincas analizadas, en la figura 9 se muestra la cantidad de volumen que se obtendrá, notando que la diferencia entre producto exportable y biomasa es mínima. La diferencia del producto a obtener en punta, con los otros productos si es marcada a nivel general en todas las fincas. Los totales presentados en la gráfica fueron obtenidos, sumando los volúmenes por hectáreas, dividido dentro del área total de las 15 fincas.

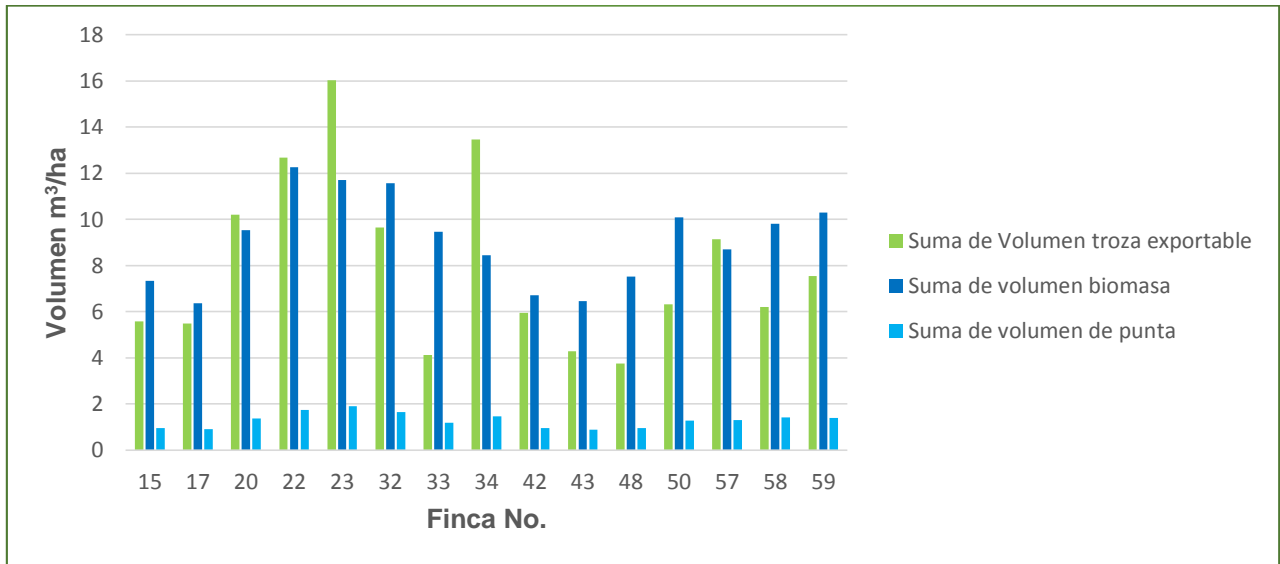


Figura 8. Volumen obtenido por tipo de producto en cada una de las fincas.

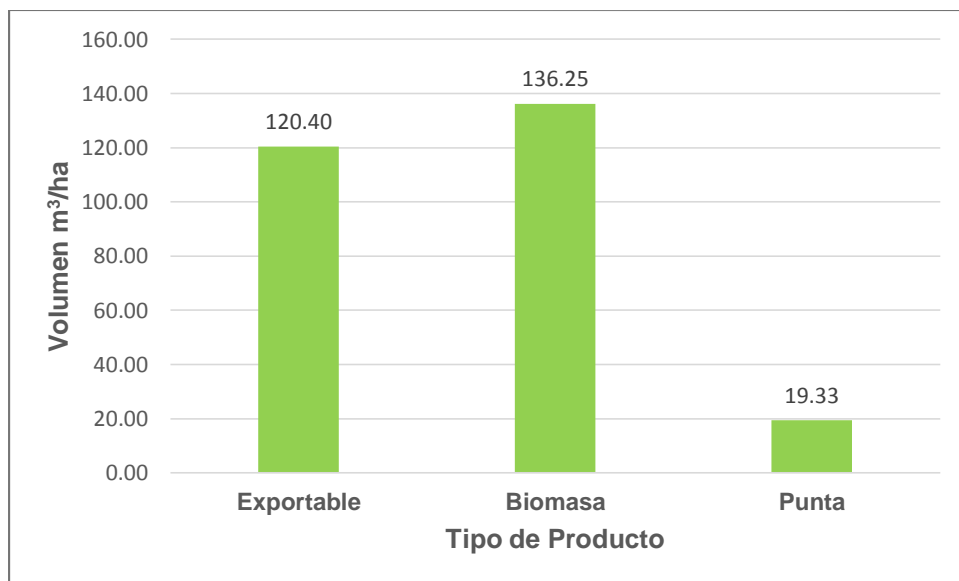


Figura 9. Producto a obtener en las 15 fincas por hectárea.

Existe una diferencia notable en la cantidad de producto obtenido por hectárea en cada una de las fincas evaluadas. En el cuadro 20 se presenta un resumen con el producto exportable donde podemos observar que el rango en que se encuentra es un mínimo de 3.76 m<sup>3</sup>/ha a un máximo de 16.03 m<sup>3</sup>/ha.

Cuadro 20. Resumen de producto exportable obtenido por finca.

Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/ha	Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/ha	Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/ha
48	3.76	42	5.95	32	9.66
33	4.11	58	6.197	20	10.22
43	4.29	50	6.32	22	12.67
17	5.48	59	7.53	34	13.48
15	5.59	57	9.13	23	16.03

Fuente: Elaboración propia (2015)

El análisis también fue realizado a la plantación que quedará remanente, dándole al operador forestal datos del producto que actualmente se tiene y sobre el cual se trabajara para que presente mejor desarrollo en las próximas mediciones y por ende mayor volumen en las intervenciones silviculturales que se le aplicarán. En el cuadro 21 se presenta un resumen del producto remanente con el que se cuenta según la tabla de rendimientos.

La finca que presenta el menor volumen es la finca 23 con 25.24 m<sup>3</sup> por hectárea, el beneficio del raleo se verá reflejado en esta finca durante los próximos inventarios llevados a cabo en la empresa. La finca con mayor volumen por hectárea es la finca 34 con 57.42 m<sup>3</sup>. Se debe tomar en cuenta que esta finca ha sido la que mejores crecimientos en diámetro y volumen ha presentado. En el cuadro 22 se presenta un resumen con el producto exportable que se obtendrá por hectárea en cada una de las fincas pudiendo observar que existe variabilidad en el producto que será obtenido.

Cuadro 21. Resumen del producto remanente en cada una de las fincas utilizando la tabla de rendimientos en porcentajes.

Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/Ha	Volumen m <sup>3</sup> de biomasa/Ha	Volumen m <sup>3</sup> de punta/Ha	Volumen m <sup>3</sup> exportable/Finca	Volumen m <sup>3</sup> de biomasa/Finca	Volumen m <sup>3</sup> de punta/Finca
15	43.63	22.11	4.54	787.08	398.89	787.08
17	31.37	22.74	3.70	540.13	391.59	63.73
20	37.39	22.16	3.97	704.06	417.32	74.69
22	42.87	19.90	3.97	983.89	456.61	91.16
23	25.24	25.79	3.60	477.95	488.48	68.14
32	45.42	24.73	4.66	1285.33	699.86	131.88
33	34.04	22.51	3.82	1323.69	875.28	148.59
34	57.42	24.26	5.46	857.21	362.24	81.48
42	31.62	19.42	3.52	1422.76	873.85	158.16
43	45.92	25.07	4.85	942.36	514.41	99.45
48	31.70	23.36	3.76	1180.25	869.60	140.07
50	37.36	24.40	4.04	326.51	213.25	35.27
57	46.41	26.01	4.81	498.45	279.32	51.70
58	28.318	21.462	3.377	404.67	306.69	48.26
59	42.37	25.79	4.54	1111.25	676.55	118.96

Fuente: elaboración propia (2,015)

Los datos presentados en el cuadro 21 irán variando en el tiempo, hasta el momento de la cosecha final. Este es el segundo raleo aplicado a las plantaciones. Según la propuesta del operador se aplicarán próximos raleos, para el mejor desarrollo de las mismas y la obtención del producto deseado.

Cuadro 22. Resumen del producto remanente exportable obtenido por hectárea en cada una de las fincas.

Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/ha	Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/ha	Finca	Volumen m <sup>3</sup> exportable/ha
23	25.24	33	34.04	15	43.63
58	28.318	50	37.36	32	45.42
17	31.37	20	37.39	43	45.92
42	31.62	59	42.37	57	46.41
48	31.70	22	42.87	34	57.42

Fuente: Elaboración propia (2015)

### 6.2.6 Análisis de tendencia de Índice de Hart en el Raleo prescrito por el operador

El índice de Hart-Becking expresa espesura, el cual es la relación entre la altura dominante de un rodal uniforme y el espaciamiento entre árboles, con estos datos supone que relaciona la calidad y la densidad. Con el análisis realizado se obtuvieron datos del estado actual de la plantación y se realizó una comparación, con el ideal que deben tener las plantaciones después de aplicado el raleo.

La altura dominante fue obtenida de los 100 árboles más altos por hectárea. En el cuadro 24 se muestra el resumen de los datos que fueron obtenidos con el método de Hart-Becking. Con el índice de Hart el valor mínimo para efectuar un raleo en teca es cuando la plantación se encuentra entre un rango de 20-28%. Entonces si el valor se encuentra arriba de este rango se dice que los árboles tienen el suficiente espacio para un crecimiento adecuado y menor competencia con lo que se obtendrá mayores diámetros de las trozas.

A continuación se presenta la manera en la que se aplicó en la finca No.15 el índice de Hart-Becking para poder darle a la fórmula una mayor comprensión. En el cuadro 23 se presenta el resumen de datos obtenidos para la finca analizada.

Cuadro 23. Ejemplo de Índice de Hart-Becking para la finca No. 15

Finca	Densidad Actual	Altura Dominante	R m <sup>2</sup> /planta	Espaciamiento Promedio	IH% Antes del raleo	Arboles a ralear	Densidad despues	R m <sup>2</sup> /planta	Espaciamiento Promedio	IH% Despues del raleo
15	656	16.51	15.24	3.19	19.31	161	495	20.20	3.67	22.23

Fuente: Elaboración propia (2015)

Llevando a cabo la medición de los árboles se obtuvieron datos de altura en cada una de las parcelas, los cuales fueron proyectados para poder obtener la altura de los 100 árboles más altos por hectárea y de estos el promedio siendo está la altura dominante, para la finca No. 15 se obtuvo una altura dominante de 16.51 m. con la altura dominante se procedió a obtener el dato del área que cada una de las plantas utiliza antes de aplicado el raleo, esto se hizo dividiendo el área de una hectárea dentro de la densidad actual dando como resultado 15.24 m<sup>2</sup>/ planta. El espaciamento promedio de Hart se obtuvo sacando la raíz cuadrada del área por planta (m<sup>2</sup>/planta) por 2 dividido la raíz cuadrada de 3, dando un resultado de 3.19. Para poder obtener el dato del Índice de Hart en porcentaje antes del raleo se dividió el espaciamento promedio dentro de la altura dominante por cien obteniendo como resultado el 19.31% de Índice lo que mostraba la necesidad que tiene la plantación en la aplicación del raleo.

Se puede observar en el cuadro 24 que la remanencia actual está entre 639 a 747 árboles por hectárea. El promedio de la altura dominante se encuentra entre el rango de 14.11 a 17.53 metros. El área que cada planta utiliza antes de aplicado el raleo se encuentra entre 13.19 a 16.16 metros cuadrados. El espaciamento promedio que existe entre planta se encuentra entre 2.97 a 3.28 metros.

Podemos observar que antes de aplicado el raleo el índice de Hart-Becking se encuentra entre un rango de 16.88% a 23.26%. La finca que presenta el índice más bajo es la número 59 con 16.88% y la finca 42 presenta el porcentaje más alto con 23.26%. El rango de porcentaje en el que se encuentran las plantaciones que serán intervenidas según este método, confirman al operador forestal la necesidad que se tiene de aplicar el raleo.

Cuadro 24. Resumen de datos obtenidos con el análisis realizado con el método del índice.

Finca	Densidad Actual	Altura Dominante	R m <sup>2</sup> /planta	Espaciamiento Promedio	IH% Antes del raleo	Densidad después	R m <sup>2</sup> /planta	Espaciamiento Promedio	IH% Después del raleo
15	656	16.51	15.24	3.19	19.31	495	20.20	3.67	22.23
17	639	15.46	15.65	3.23	20.89	483	20.70	3.72	24.03
20	650	16.09	15.38	3.20	19.90	450	22.22	3.85	23.92
22	689	14.86	14.51	3.11	20.93	433	23.09	3.92	26.41
23	747	15.63	13.39	2.99	19.11	507	19.72	3.63	23.20
32	726	16.71	13.77	3.03	18.13	489	20.45	3.69	22.10
33	713	15.65	14.03	3.06	19.54	480	20.83	3.73	23.81
34	625	17.53	16.00	3.27	18.63	467	21.41	3.78	21.55
42	619	14.11	16.16	3.28	23.26	447	22.37	3.86	27.37
43	728	16.62	13.74	3.03	18.21	550	18.18	3.48	20.95
48	673	15.24	14.86	3.15	20.65	496	20.16	3.67	24.06
50	689	15.89	14.51	3.11	19.58	489	20.45	3.69	23.24
57	689	15.85	14.51	3.11	19.63	511	19.57	3.61	22.79
58	758	14.22	13.19	2.97	20.86	475	21.05	3.75	26.35
59	743	17.75	13.46	3.00	16.88	505	19.80	3.63	20.47

\*La densidad esta trabajada con un 28% de densidad ideal

Fuente: Elaboración Propia (2,015)

La densidad de la plantación luego de aplicado el raleo estará en un intervalo de 433 a 550 árboles por hectárea. El área ocupada por cada una de las plantas se encuentra entre 18.18 a 23.09 metros cuadrados, mostrando un incremento en el espacio disponible para las plantas, que es el objetivo con la aplicación de este tratamiento silvicultural. El espaciamiento promedio que se encuentra en un rango de 3.61 a 3.92 metros, no presenta mucha variación, pero cabe notar que se homogenizan los datos.

El índice de Hart-Becking después de aplicado el raleo se encuentra por abajo del recomendado para que las plantaciones tengan el suficiente espacio, se puede notar que el espacio promedio se encuentra entre los porcentajes de 20.95% a 27.37%. La finca que presenta el menor índice es la número 43 y la que tiene mayor promedio de espacio es la finca 42.

Según el método de Hart, con los datos que se obtuvieron, todas las fincas necesitan que el raleo que será aplicado sea con una mayor intensidad, porque se encuentran bajo el mínimo recomendado para que la plantación se pueda desarrollar de la mejor manera. Este método permite realizar la operación invirtiendo la fórmula propuesta para poder obtener la densidad ideal que deberían tener las plantaciones. El cuadro 25 presenta un resumen de los datos obtenidos de la densidad que debería tener cada una de las fincas.

El área en metros cuadrados ideal para las plantaciones se encuentra en un promedio de 23.41 a 36.14 metros cuadrados, haciendo la comparación con la que se dejara existe variación, ya que la ideal para la mayoría de las fincas se encuentra arriba de 25 metros cuadrados y en las plantaciones remanentes estará por debajo de los 25 metros cuadrados de espacio para cada una de las plantas, por lo que demuestra la necesidad de espacio requerido según este método.

El distanciamiento ideal entre planta según el índice de Hart se encuentra entre 4 metros, realizando la comparación con la plantación remanente que quedará después de

aplicado el raleo, este distanciamiento está aproximadamente entre 3 metros, habiendo una diferencia significativa de 1 metro.

Cuadro 25. Resumen de datos de la densidad ideal que debería presentar cada una de las fincas.

Finca	Altura Dominante (m)	Distancia entre planta (m <sup>2</sup> )	R m <sup>2</sup> /planta	Densidad Ideal	Densidad después	DIFERENCIA
15	16.51	4.62	32.06	312	495	183
17	15.46	4.33	28.11	356	483	127
20	16.09	4.51	30.45	328	450	122
22	14.86	4.16	25.97	385	433	48
23	15.63	4.38	28.73	348	507	159
32	16.71	4.68	32.84	305	489	184
33	15.65	4.38	28.80	347	480	133
34	17.53	4.91	36.14	277	467	190
42	14.11	3.95	23.41	427	447	20
43	16.62	4.65	32.48	308	550	242
48	15.24	4.27	27.31	366	496	130
50	15.89	4.45	29.69	337	489	152
57	15.85	4.44	29.54	338	511	173
58	14.22	3.98	23.78	421	475	54
59	17.75	4.97	37.05	270	505	235

Fuente: Elaboración propia (2,015)

La densidad ideal propuesta por el método de Hart-Becking para las plantaciones a intervenir se encuentra entre un promedio de un mínimo de 270 árboles a un máximo ideal de 427 árboles por hectárea. La finca que presenta el menor número de árboles es la número 59, la de mayor remanencia en la propuesta del índice ideal es la finca 42.

Realizando la comparación con la densidad que se dejará luego de aplicado el raleo podemos notar que las fincas en su mayoría estará con una remanencia por arriba de los 450 árboles por hectárea y la propuesta del índice de Hart en la mayoría de las fincas se encuentra por debajo de los 400 árboles por hectárea. Encontrando una diferencia significativa en la propuesta de intensidad del operador forestal, con el método de Hart.



De las 15 fincas únicamente 3 son las que se encuentran más próximas al índice ideal de Hart-Becking, siendo estas la 22 con una diferencia de árboles de 48 árboles, la finca 42 con una diferencia de 20 árboles y la finca 58 con una diferencia de 54 árboles, a pesar de ser las más cercanas a la propuesta del índice ideal, todavía existe una diferencia marcada en el número de árboles que deberían ser raleados.

El índice ideal de Hart propuesto fue de un espacio promedio para crecer de 28% para todas las fincas a las cuales se les aplicara raleo, este fue tomado de diversas bibliografías en las cuales hacen referencia del dato. La diferencia se encuentra bien marcada con los datos que se obtuvieron y que serán aplicados a las plantaciones.

#### **6.2.7. Análisis de volúmenes por productos a obtener del raleo comercial**

Con el propósito de obtener un dato aproximado del volumen que será comercializado, este lo dividen en dos: trocillo y leña. El trocillo se obtuvo del volumen exportable más el 50 por ciento de la biomasa, y la leña fue obtenida del 50 por ciento de la biomasa, datos explicados anteriormente en el documento. En el cuadro 26 se presenta un resumen del producto que se obtendrá en cada una de las fincas a intervenir.

En la tabla podemos observar que las fincas 50 y 57 son las que menos volumen presentan para ser extraído para la comercialización con 143.38 m<sup>3</sup>/finca para la primera y 191.53 m<sup>3</sup>/finca para la segunda. De las fincas 15, 17, 43 y 58 se extraerá aproximada entre 203.77 m<sup>3</sup>/ finca a 233.29 m<sup>3</sup>/ finca. Las fincas 20, 34, 48 y 59 darán en volumen la cantidad aproximada de 327.26 m<sup>3</sup>/ finca a 468.01 m<sup>3</sup>/ finca. Las fincas de las cuales se extraerá la mayor cantidad de volumen para la comercialización que hará la empresa son la 22, 23, 32, 33 y 42 con un rango de 528.01 m<sup>3</sup>/ finca a 600.58 m<sup>3</sup>/ finca.

Los datos obtenidos fueron la base para la prescripción del raleo y de esa manera obtener los permisos correspondientes ante el CONAP. Que es la entidad encarga de la autorización de los planes de raleo para las 15 fincas que serán intervenidas.

Cuadro 26. Resumen de producto a obtener del segundo raleo comercial.

Finca	Trocilla m <sup>3</sup> /ha	Leña m <sup>3</sup> /ha	Total/ha	Trocilla m <sup>3</sup> /finca	Leña m <sup>3</sup> /finca	Total/finca
15	9.26	3.67	12.93	167.05	66.24	233.29
17	8.65	3.18	11.83	149.04	54.73	203.77
20	14.98	4.76	19.74	282.03	89.68	371.71
22	18.80	6.13	24.93	431.44	140.71	572.15
23	21.88	5.85	27.73	414.40	110.86	525.26
32	15.44	5.78	21.22	436.94	163.64	600.58
33	8.84	4.73	13.58	343.95	184.06	528.01
34	17.70	4.22	21.92	264.23	63.04	327.26
42	9.30	3.35	12.65	418.53	150.78	569.31
43	7.52	3.23	10.76	154.38	66.34	220.72
48	7.52	3.76	11.27	279.82	139.81	419.63
50	11.36	5.04	16.41	99.32	44.06	143.38
57	13.48	4.35	17.83	144.80	46.74	191.53
58	11.10	4.91	16.01	158.65	70.09	228.74
59	12.69	5.15	17.84	332.82	135.19	468.01

Fuente: Elaboración propia (2,015)

### 6.3 Elaboración de los planes operativos

El plan operativo es el documento en el que se plasman los objetivos y directrices que se deben cumplir al realizar la aplicación del raleo y con esto obtener los permisos que se requieran para poder realizar las diferentes intervenciones en las plantaciones. En el caso de las quince fincas a las que se les aplicará el raleo, se encuentran en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Maya, por lo que la entidad encargada de verificar el status de las plantaciones es el CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), dirigiendo todos los planes hacia esta entidad.

#### 6.3.1 Tiempo requerido para elaborar cada plan operativo

El tiempo aproximado para la elaboración de cada plan operativo fue de 2 días, en los cuales incluye el análisis de los datos de inventario, la elaboración de los distintos mapas

solicitados por la entidad encargada y llenar el formato de plan con un resumen de datos principales obtenidos en campo con los cuales realizan la verificación en campo, esto este proceso de verificación lo lleva cabo el CONAP.

### **6.3.2 Tiempo requerido para la formación del expediente a presentar ante el CONAP.**

Para poder tener todos los requisitos que requiere el CONAP en la entrega del plan operativo de raleo, lleva aproximadamente una semana. En este lapso de tiempo se incluye la realización del plan operativo con datos técnicos y el complemento del expediente con diferentes documentos legales que se requieren y firma del representante legal de la empresa.

### **6.3.3 Flujograma de tiempos y pasos para la presentación y aprobación de los planes operativos.**

El proceso para la aprobación de los planes de raleo se torna extenso, los tiempos aproximados que se requieren son como mínimo dos meses, en los cuales se lleva a cabo la revisión de todos los documentos técnicos y legales solicitados. Luego de las respectivas revisiones realizadas por el CONAP, y si así fuera necesario se realizan las diferentes enmiendas solicitadas por la entidad.

Cuando se obtienen las aprobaciones de los planes de raleo, la empresa procede a realizar el raleo según el cronograma propuesto durante el año. En los cuales el CONAP es el encargado de emitir las notas de envío requeridas para la comercialización del producto. En la figura 10 se presenta el proceso que se realiza ante el CONAP y los tiempos aproximados requeridos para la aprobación de cada uno de los planes.

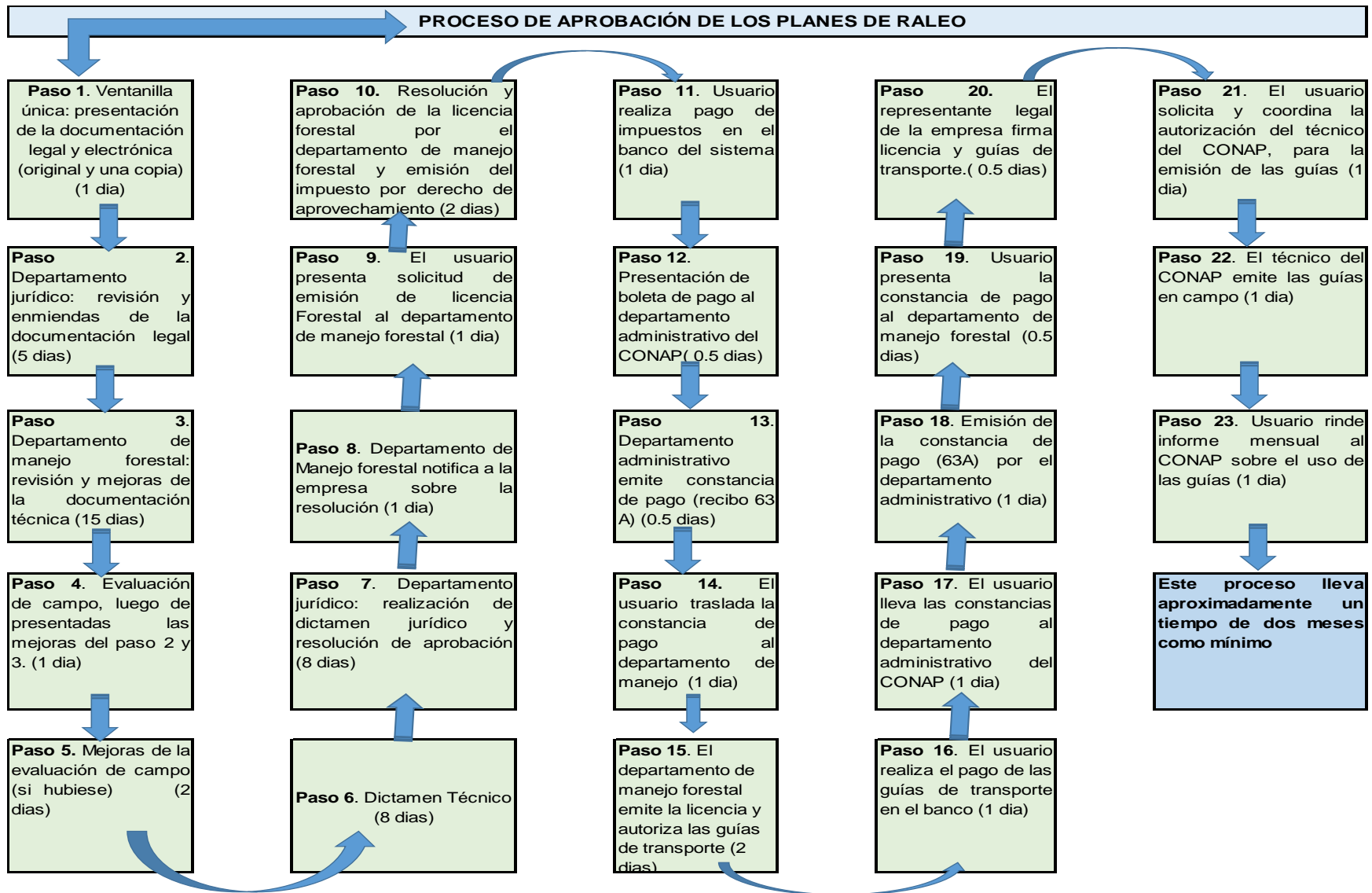


Figura 10. Flujograma de tiempos y pasos requeridos para la aprobación del plan operativo.

### 6.3.4 Cuantificación del tiempo del proceso de aprobación de los raleos

El proceso que se lleva a cabo para la planificación, levantamiento, análisis y evaluación del inventario; la realización y aprobación de los planes operativos, requiere de diferentes tiempos para ejecutarlos y presentarlos para su respectiva aprobación. En el cuadro 27 se presenta el resumen de los tiempos utilizados para llevar a cabo un raleo, en un área de 45 hectáreas.

Cuadro 27. Tiempos para implementar raleo en un área de 45 hectáreas.

ACTIVIDAD		DIAS	DIAS ACUMULADOS
<b>Inventario Forestal</b>	Planificación	1	1
	Medición de parcelas	1.5	2.5
<b>Análisis de información</b>	Generar base de datos	0.5	3
	Análisis y evaluación de datos	1	4
<b>Plan operativo</b>	Realización de mapas	1	5
	llenado de formato	0.5	5.5
	formación de expediente	3.5	9
<b>Autorización del plan</b>	Revisión y presentación de documentación	10	19
	Evaluación de campo	5	24
	Resolución y aprobación de licencia forestal	15	39
	Pago de impuestos y emisión de boletas de pago	15	54
	Emisión de licencia y autorización de guías de transporte	10	64
	solicitud y coordinación de la autorización por parte de CONAP para la emisión de guías	5	69

Fuente: Elaboración Propia (2,015)

En el cuadro podemos observar que en total se requieren 69 días hábiles, desde la planificación hasta la autorización de guías por parte del CONAP. Del total de tiempo para la aprobación del raleo, CONAP se tarda aproximadamente 60 días, siendo esto el 87% del tiempo total, en el que incluye el proceso de revisión de los documentos legales, documentos técnicos, la evaluación de campo, los diferentes pagos de impuesto que se realizan, la emisión y autorización de las licencias y la autorización de guías por parte del CONAP y de esta manera poder llevar a cabo la comercialización del producto obtenido del raleo.

#### **6.4 Resultados obtenidos en otras actividades**

Los diferentes ensayos en los cuales se realizaron mediciones diferentes mediciones se presentan a continuación:

##### **a) Fertilización con boro y zinc en plantaciones de teca con 2 años de edad**

Se realizó la instalación de 13 tratamientos, en la finca definida con el número 250. El área de la unidad experimental utilizada fue de 60 metros cuadrados (6 plantas). Para poder realizar una comparación con las diferentes aplicaciones de fertilizante, se instalaron dos parcelas testigo en la finca denominada 112. Haciendo un total de 13 parcelas para este ensayo.

Este ensayo se realizó con el fin de evaluar la respuesta a la aplicación de boro y zinc en plantación de teca de 2 años de edad, con tres dosis diferentes de cada elemento comercial (Acuabor, boro al 21%; Sulfato de cinc, cinc al 22%). Las aplicaciones fueron realizadas con las plantaciones limpias y a finales de la época seca.

Cada una de las parcelas estaba compuesta por 40 plantas, siendo esta la parcela bruta. Posteriormente se llevó a cabo la medición de la parcela neta estando está compuesta por 18 plantas, tomando en cuenta que se dejó borde en cada parcela. Este mismo procedimiento fue realizado para los siguientes tratamientos aplicados en el área intervenida. A cada una de las plantas se les realizó la medición de DAP en centímetros y altura total en metros, y se clasificó el tipo de planta que era (clon o semilla). Esta fue la primera medición realizada al experimento, posteriormente se le realizarán otras mediciones para ir obteniendo los resultados de la aplicación del fertilizante y poder definir la rentabilidad que este representa para la empresa.

Los datos obtenidos en campo, fueron tabulados y entregados al departamento de investigación forestal para que se realizara el respectivo análisis. En el anexo 10 se puede observar el croquis del ensayo realizado en campo.

## **b) Medición de ensayos ubicados en finca Tierra Maya, Pilonos de Antigua, San Francisco Petén.**

En la finca Tierra Maya la empresa cuenta con diferentes ensayos a los cuales se les está dando seguimiento en el proceso de crecimiento que estas plantaciones están teniendo. Siendo los siguientes:

- ✚ Ensayo con diferentes niveles de cal ( $\text{CaCO}_3$ ) en plantaciones de teca: Este experimento cuenta con cuatro tratamientos en cada uno de ellos se realizó una parcela y se midieron las variables dasométricas de DAP y altura total.
- ✚ Ensayo de procedencias de clones de teca: se tienen 26 procedencias de clones a los cuales se les realizó medición para poder comparar cuál de ellos muestra mejores crecimientos. Las variables medidas fueron el DAP y la altura total, y se llevó un registro de la calidad de la planta.
- ✚ Ensayo de procedencias de clones de eucalipto: se llevó a cabo la medición de DAP y altura total en 4 diferentes procedencias de clones.
- ✚ Ensayo densidades con eucalipto 966: se realizó la medición de DAP y altura total en tres diferentes densidades siendo estas 1 metro entre planta por tres entre surco, 1.5 entre planta por tres entre surco y 2 metros entre planta por 3 entre surco.
- ✚ En la finca tienen plantación de cedro y caoba. En cada una de las plantaciones se procedió a instalar dos parcelas permanentes, el tamaño de la parcela fue de 500 metros. A cada parcela se le tomaron datos de DAP, altura total y calidad de la planta y se realizó la georreferenciación de cada una de las parcelas.

Los datos que fueron obtenidos en campo, se tabularon y se entregaron a la oficina de investigación forestal. En el anexo 11 se muestra el croquis de los diferentes ensayos ubicados en la finca Tierra Maya.

## **c) Ensayo de fertilización post-raleo, en plantaciones de teca de 3 años de edad**

Las plantas necesitan de diversos nutrientes, los cuales en su mayoría son absorbidos del suelo. Algunos de los sitios en los que se encuentran las plantaciones cuentan con diferentes deficiencias de nutrientes que son de importancia para el buen desarrollo de las mismas. Al momento de establecer la plantación se realiza una fertilización, que hace

que las plantas tengan disponibles los nutrientes que necesitan para un buen desarrollo inicial.

En la finca 237 se instaló el ensayo de fertilización post-raleo, con el objetivo de monitorear el crecimiento que la plantación presente al aplicarle una segunda fertilización, después de realizado el primer raleo.

Se realizó la primera medición de los diferentes tratamientos aplicados, obteniendo datos de diámetro, altura y tipo de planta (clon o semilla), estos datos serán utilizados para la comparación de las próximas mediciones que se realizaran. El ensayo cuenta con 4 tratamientos diferentes, que se muestran en el cuadro 28.

Cuadro 28. Tratamientos de fertilización aplicados a la plantación.

No. Tratamiento	Fertilizante (g /plan)	Área de parcela(m <sup>2</sup> )
T0	0 (Testigo).	500
T1	100	
T2	200	
T3	300	

Fuente: Operador Forestal, Petén, Guatemala

Para la aplicación de ellos se establecieron 12 parcelas, divididas en tres repeticiones distintas, a las cuales se les dejó borde, tomándole datos a 24 árboles.

El tamaño de la unidad experimental fue de 500 metros cuadrados, llevando a cabo la medición de la parcela neta siendo esta de 240 metros cuadrados. Los datos obtenidos en la medición fueron tabulados y entregados al director de desarrollo forestal para el respectivo análisis. En el anexo 12 se muestra el croquis de los tratamientos aplicados en la plantación.



#### **d) Mediciones realizadas en la Finca El Futuro, Santa Ana, Petén**

##### **✚ Medición de plantación de teca en suelos con enmienda de cal(CaO)**

Como parte del apoyo brindado a la empresa se realizó la medición del ensayo ubicado en la finca El Futuro, Santa Ana, Petén.

Este fue instalado con el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y fenología de los árboles como respuesta a la aplicación de diferentes dosis de óxido de calcio al suelo, al momento del establecimiento de la plantación con clones de teca (Operador Forestal). En el cuadro 29 se presentan las aplicaciones de cal realizadas a la plantación de teca con suelos ácidos, según estudio realizado a los mismos anteriormente.

Cuadro 29. Tratamientos de cal aplicados a la plantación de teca.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción del Tratamiento</b>
T0	Tratamiento testigo, sin cal.
T1	Dosis de 900 Kg de CaO / ha.
T2	Dosis de 600 Kg de CaO / ha.
T3	Dosis de 300 Kg de CaO / ha.

Fuente: Operador Forestal, Petén, Guatemala

A cada uno de los tratamientos se les realizó la medición de DAP en centímetros y altura total en metros, de igual manera se anotó el estado en el que se encontraba cada una de las plantas. Los datos obtenidos en campo fueron tabulados y entregados al Director de Desarrollo Forestal de la empresa. En el anexo 13 se presenta el croquis del ensayo medido.

##### **✚ Plantación de eucalipto a distintos distanciamientos entre planta**

Esta plantación fue establecida en el año 2,013, con el objetivo de evaluar el crecimiento y desarrollo que presenten los árboles a diferentes distanciamientos entre planta con clones. La plantación cuenta con tres tratamientos distintos, que se muestran en el cuadro 30.

Cuadro 30. Tratamientos aplicados a la plantación de eucalipto en la finca El Futuro.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción del Tratamiento</b>
T1	3 metros entre surco y 1 metro entre planta.
T2	3 metros entre surco y 1.5 metros entre planta.
T3	3 metros entre surco y 2 metros entre planta.

Fuente: Operador Forestal, Petén, Guatemala

A cada tratamiento se le realizó la medición de DAP en centímetros y altura total, los datos que fueron obtenidos en campo fueron tabulados y se entregaron al Director de Investigación Forestal, a los cuales se les realizó en análisis comparando resultados con mediciones efectuadas anteriormente. En el anexo 13 se muestra en croquis del ensayo medido en la finca El Futuro, Santa Ana, Peten.

## VII. CONCLUSIONES

1. En las 15 fincas a intervenir se realizaron en total de 97 parcelas de 300 metros cuadrados cada una, siendo un área total muestreada de 339.34 hectáreas, con una intensidad de muestreo planificada de 0.75%. El porcentaje de muestreo en las fincas quedó entre 0.80 y 1 % de área muestreada, cumpliendo con lo propuesto por el operador forestal al estar por arriba de lo prescrito.
2. La mayoría de las fincas evaluadas presentan un error de muestreo por arriba del propuesto por el operador forestal, únicamente dos de las fincas se encuentran por abajo del error propuesto que es de 10%.

El volumen a obtener del raleo en las fincas a intervenir se encuentra entre un rango de 68.17 m<sup>3</sup>/ha a 110.53 m<sup>3</sup>/ha. La extracción de árboles se encuentra entre el rango de 156 a 283 por hectárea. Los diámetros obtenidos se encuentran entre 14 a 17 centímetros. El promedio de altura se encuentra en un rango de 13 a 15 metros. Las diferentes variaciones que presentan los promedios de los datos obtenidos, se deben al crecimiento que cada una de las fincas presenta, cada una de ellas se encuentra en diferentes sitios.

En el análisis realizado a la altura comercial se obtuvo que en las clases diametrales de 9-11,12-14 y 15-17 se concentran el mayor número de trozas que se obtendrán en el segundo raleo comercial que se le aplicara a las plantaciones. Del total de área que será intervenida 136.25 m<sup>3</sup>/ha son de biomasa, 120.40 m<sup>3</sup>/ha de volumen exportable y 19.33 m<sup>3</sup>/ha de punta.

Utilizando el Índice de Hart-Becking, se realizó una comparación en las plantaciones teniendo como referencia la densidad propuesta por el operador forestal. Se tomó en cuenta que para realizar un raleo en teca con este método, el porcentaje de Hart se tiene que encontrar en un rango de 20 a 28%. Antes de aplicado el raleo a las diferentes fincas, el Índice de Hart se encuentra entre 16.88% a 23.26% con lo que

se confirmó que las plantaciones necesitan que se les realice el raleo prescrito. El análisis del Índice de Hart se realizó de igual manera a la plantación con la densidad que quedará después de aplicado el raleo obteniendo que se encuentra en un rango de 20.95% a 27.37%, estos porcentajes muestran que quedarán por debajo del recomendado según el método.

3. En el periodo de la Práctica Profesional Supervisada, fueron elaborados 15 planes de prescripción del segundo raleo en plantaciones de teca con una edad de 7 años, en fincas ubicadas en Las Cruces y La Libertad, municipios del departamento de Petén. Todos los planes fueron dirigidos a la entidad del CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), ya que las fincas a intervenir se encuentran en zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Maya. El proceso de ingreso de expedientes para la aprobación del raleo se realizó en las oficinas de CONAP ubicadas en el municipio de Santa Elena, Petén.

El proceso de aprobación de raleos lleva un tiempo de 69 días hábiles en los que incluye 9 días para la planificación, medición del inventario, análisis de los datos obtenidos, llenado de formato y formación de expediente. Los 60 días restantes son utilizados para la aprobación del plan operativo por parte del CONAP.

4. Dentro de la empresa se participó como apoyo en diferentes actividades, en las que destacan las del área de investigación y desarrollo. se llevó a cabo la instalación y medición de diferentes ensayos, haciendo un total de 9. Los datos son recabados y se lleva un historial durante el transcurso de tiempo que sean programados, para obtener resultados con el fin de mejorar el desarrollo y calidad de las plantaciones.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar una estratificación por sitios en las diferentes fincas, para poder obtener datos más homogeneizados en los inventarios que se llevan a cabo. De esta manera evitar que el error de muestreo en las plantaciones sea alto y obtener datos más cercanos a la realidad del producto que se obtendrá en las intervenciones.
2. Tener un mejor control al momento de realizar la plantación, para que en la medida posible la distancia entre plantas sea lo más ajustado a lo planificado, debido que esto influye al momento de realizar las cajas de marcación para raleo, haciendo que la densidad sea variada.
3. Realizar una tabla de rendimientos para volumen comercial, de esta manera poder realizar una proyección del número de trozas que se obtendrá de un árbol, clasificadas según clases diametrales. Se debiera tomar en cuenta también en esta tabla la calidad de los árboles. Para la realización de la tabla se recomienda hacerla de manera estratificada en base a los diferentes sitios en los que se encuentran las plantaciones de esta manera poder tener los datos más aproximados a la realidad del producto comercial que se tendrá de cada uno de los raleos aplicados.
4. Establecer un ensayo de raleo utilizando el Índice de Hart-Becking, para obtener datos del comportamiento de la plantación con el espacio ideal que según el método es recomendable.
5. Capacitar a más personal para la realización de la actividad de marcaje, de esta forma evitar el retraso en la programación propuesta por el operador forestal.
6. Se recomienda medir de forma adecuada la distancia del observador al árbol, para la medición de alturas, para tener con mayor exactitud la distancia requerida en la utilización del hipsómetro SUUNTO o utilizar un hipsómetro digital.

## IX. BILIOGRAFÍA

Ávila, R. (2003). Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (Pinus maximinoi H.E. Moore, Pinus caribaea, Pinus oocarpa Schiede y Tectona grandis L.f.), del Programa de Incentivos Forestales en la region 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. CATIE. 176 p.

Alfaro, M. (1999). Evaluación inicial del efecto de tres intensidades de raleo y tres de poda en el crecimiento de una plantación de Pinus caribaea Morelet var. hondurensis, Livingston, Izaba, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 124 p.

Alvarado, A. (s.f.). Nutrición y fertilización de la teca. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Caal, H. (2014). Evaluación del Primer Raleo Comercial en Plantaciones Forestales de Teca (Tectona grandis L.f.) de Siete Años de Edad en el Departamento del Petén, Guatemala. Sistematización de Práctica Profesional. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala.

Chaves, E. y Fonseca, W. (1991). Teca: Tectona grandis L.F.; especie de árbol de uso múltiple en América Central. Proyecto Madeleña CATIE-ROCAP. Serie técnica, Informe técnico 179. 47p.

Codina, J. (2003). El índice de Hart-Becking y su justa medida, 50-52.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2012). Manual para la Administración Forestal en Áreas Protegidas. Guatemala, Guatemala. 338 p.

De camino, R. y Pierre, J. (2013). Las Plantaciones de Teca en América Latina: Mitos y Realidades. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) División de Investigación y Desarrollo. Turrialba, Costa Rica.

Espinosa M. (2000). Silvicultura Aplicada I, Apuntes de clase. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, concepción.

Fonseca González, W. (2004). Manual para productores de teca (Tectona grandis L. f) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica.

FONAM, (2007). Proyecto Piloto para la Reforestación Asociada a la Conservación del Agua y Protección del Suelo en Áreas Cercanas a Zonas Afectadas por los Pasivos Ambientales Mineros en la Provincia de Hualgayoc Cajamarca. Lima, Perú.

Galloway, G. (2003). El manejo forestal: la poda, el raleo y el manejo de rebrotes. Notas del curso de Silvicultura de Plantaciones. Costa Rica. 31 p.

Gutiérrez Rosa, B. J. (2008). Evaluación de la respuesta del crecimiento, productividad y calidad de una plantación de Teca (Tectona Grandis L.F. Verbenaceae), con un raleo prescrito al 50%, en tres clases de sitio, en la finca Sexán Ixte, Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Forestal Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala.

Juárez Carrera, M.R. (2011). Diagnóstico final de la empresa Green Millennium S.A. Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén. Guatemala.

Juárez Carrera, M.R. (2012). “Diagnóstico e informe de servicios prestados en la empresa Green Millennium S.A. y financieras Forestal Ceibal S.A, Forestal Chaklum S.A, en el Sector las Cruces, municipio de La Libertad, departamento de Petén”. Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén. Guatemala.

Lampretch, H. (1990). Silvicultura en los trópicos. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn. 335p. Morataya, R.; Galloway, G. 1998. Relaciones entre el follaje y la albura en *Tectona grandis* L.F. y *Gmelina arborea* Roxb.: aplicación de la teoría del modelo vascular e implicaciones en el manejo. Revista Forestal Centroamericana.

Mollinedo, M. (2003). Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona oeste, cuenca del canal de Panamá. Tesis M. Sc. Turrialba, CR. CATIE.

Morales, A. (2009). Contribución al Sector Forestal de Guatemala a través de la cuantificación de biomasa en cuatro plantaciones de teca *Tectona grandis* Linn F. para determinar el aporte económico de la venta de carbono en el mercado voluntario y actividades realizadas durante el ejercicio profesional supervisado en geocurso S.A. Tesis Ing. En Agronomía. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.

Montero, M. (1999). Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. F. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica. Valdivia, Chile.

Operador Forestal (2014). Procedimientos para Inventarios Forestales, Petén, Guatemala. 35 p.

Pérez y Kanninen. (s.f.). Hacia el manejo intensivo de la Teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica.

Pérez, L.; Ugalde, L. Kanninen, Markku. (s.f.) Desarrollo de escenarios de crecimiento para plantaciones de teca (*Tectona grandis*). Costa Rica.

Serrada, R. (2008). Apuntes de Silvicultura. Madrid. 30 p.



Sima, S. (2010). Relación del suelo con el crecimiento inicial y contenido foliar de teca (Tectona grandis), y adaptación de leguminosas para control de arvenses bajo un sistema fertirriego en Campeche, México. Turrialba, Costa Rica.

Vaides, E. (2004). Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de Teca (Tectona grandis L.f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis Ms. For. Turrialba CR, CATIE. 95 p.

Vaides, E. (2005). Selección de sitios para el establecimiento de Teca en Guatemala. Documento Técnico No. 1. Ciudad de Guatemala.

Vásquez, W. y Ugalde A. (1995). Rendimiento y calidad de sitio para Gmelina arborea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Pinus caribaea en Guanacaste. CATIE, Costa Rica.

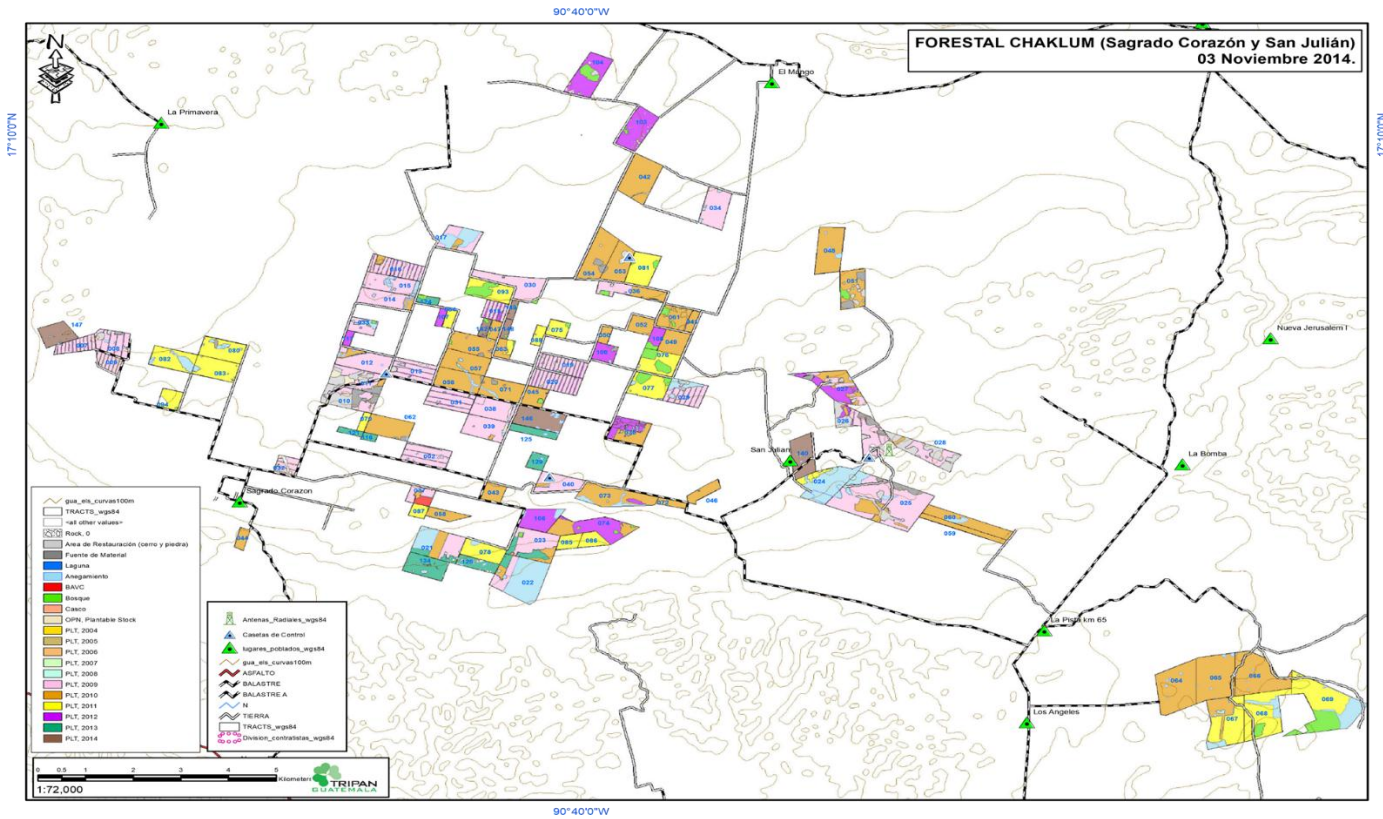
Vásquez A. (2001). Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué-Tolima.

Vaides, E., Ugalde, L. y Galloway, G. (2006). Crecimiento y productividad de teca en plantaciones forestales jóvenes en Guatemala.

# X. ANEXOS

## ANEXO 1

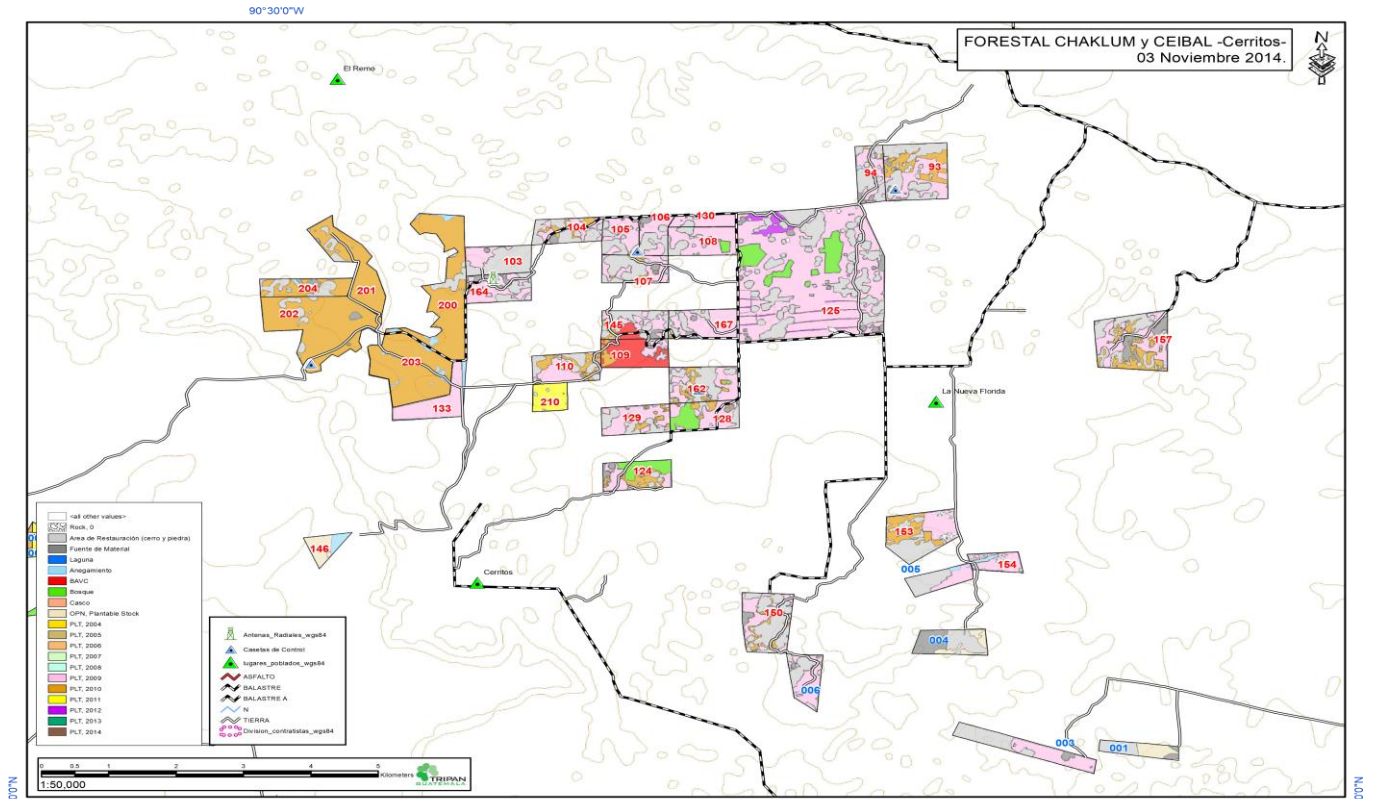
### MAPA DE UBICACIÓN DE FINCAS SECTOR SAGRADO Y SAN JULIAN



Fuente: Operador Forestal

## ANEXO 2

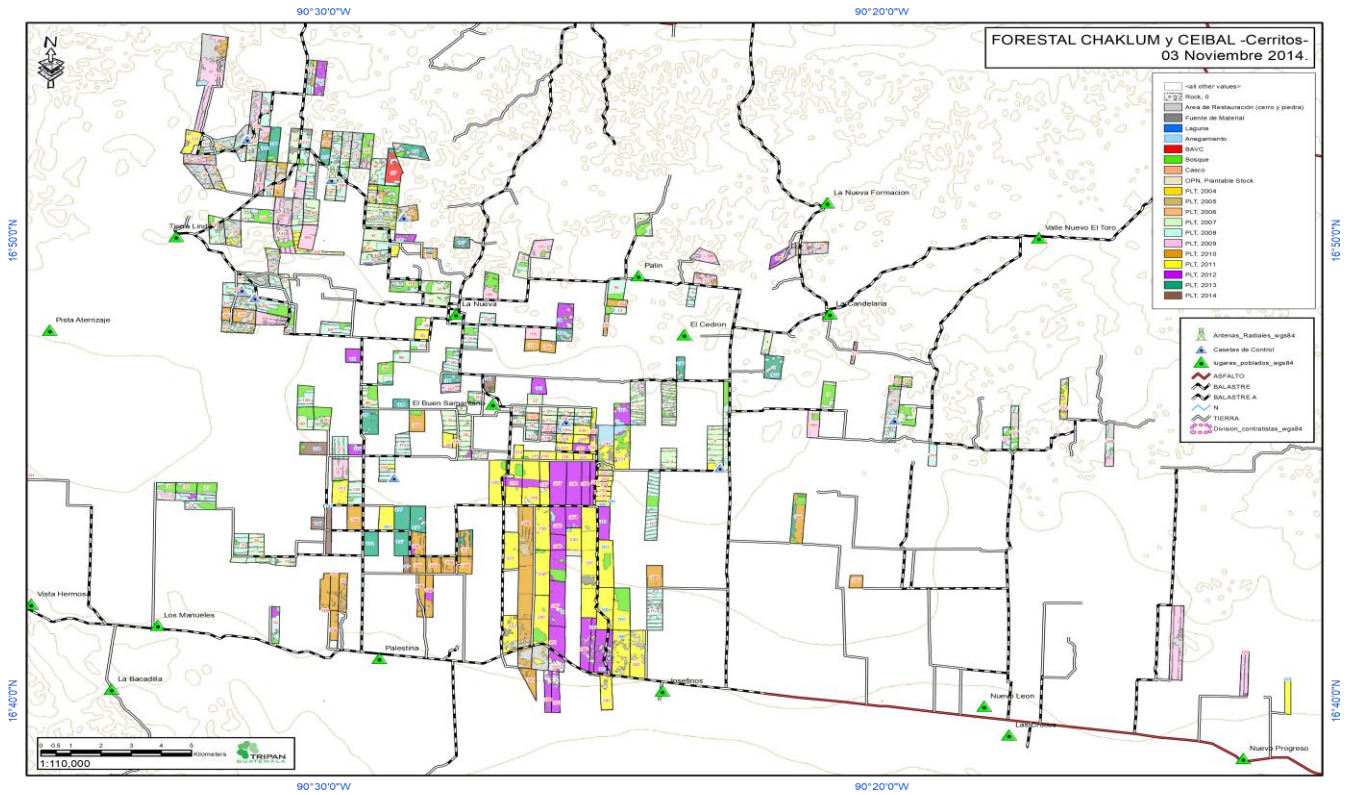
### MAPA DE UBICACIÓN DE FINCAS SECTOR CERRITOS



Fuente: Operador Forestal

## ANEXO 3

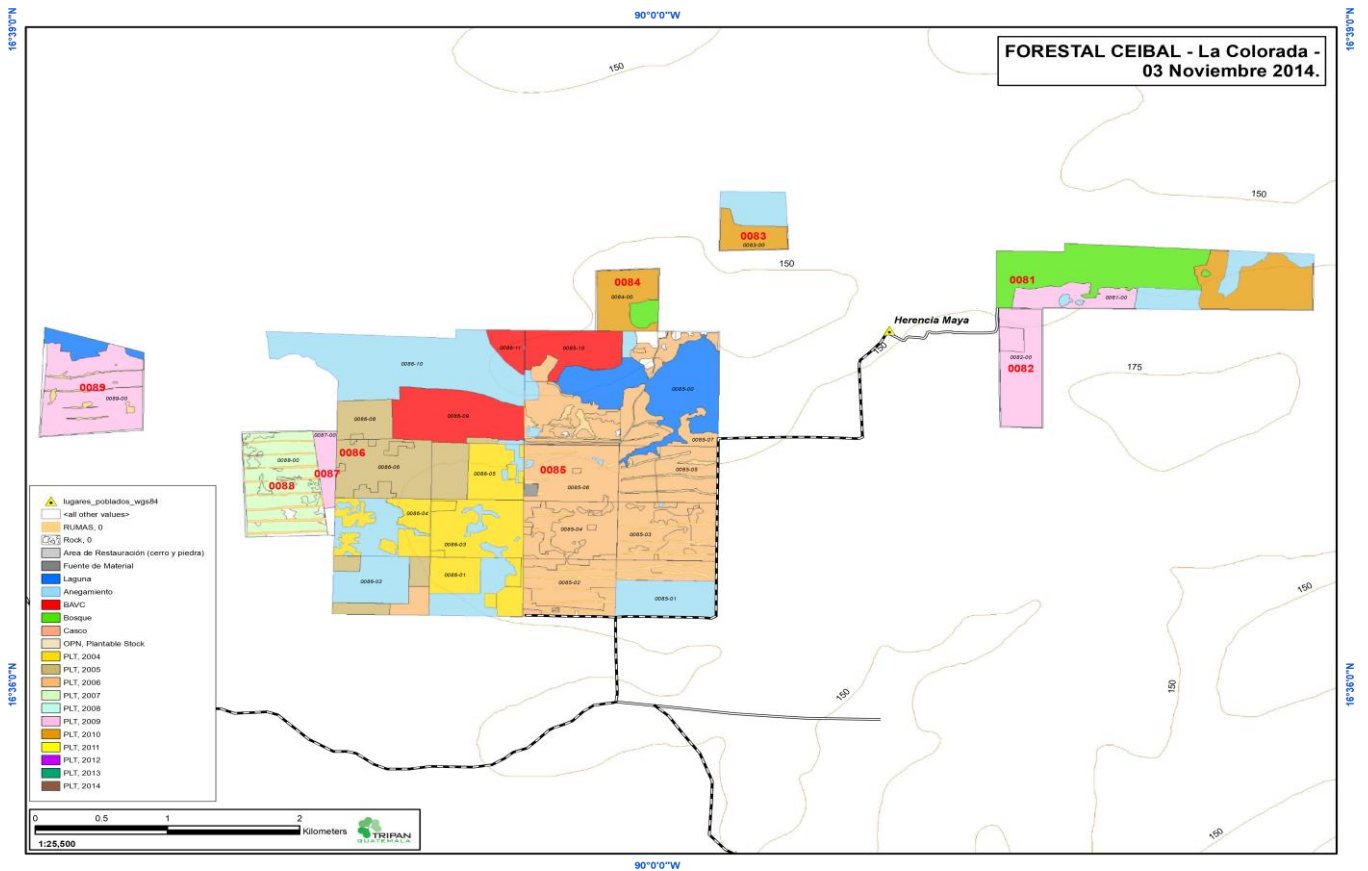
### MAPA DE UBICACIÓN DE FINCAS SECTOR LAS CRUCES



Fuente: Operador Forestal

## ANEXO 4

### MAPA DE UBICACIÓN DE FINCAS SECTOR LA COLORADA



## ANEXO 5

### BOLETA DE INVENTARIO POST MARCACION DE RALEO COMERCIAL

Finca No.	GM -
Rodal	
Superficie	Ha

Parcela No	
Área de la parcela	m <sup>2</sup>
Responsable	
Fecha de medición	

No. Planta	DAP (cm)	HT (m)	Hc (m)	Raleo (9 o 0)	Calidad	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

**Observaciones:**

Variables: **DAP**: Diámetro a la altura del pecho (1.30 m de altura del fuste); **HT**: Altura total del árbol; **Hc**: Altura comercial; **Raleo**: Asignar si Sale "0" (cero) o Queda "9" en el Raleo. Calidad de la plantación: **CALIDAD 1**: árbol dominante, de fuste recto sin defectos graves; **CALIDAD 2**: dominante o codominante, con algún (algunos) defectos menores (muchas ramas, ramas gruesas, propensión a hijuelos abundantes, curvaturas); **CALIDAD 3**: árbol dominante o codominante con defecto descalificatorio. Todos los suprimidos y enfermos o dañados; **CALIDAD 4**: árbol muerto o moribundo, quebrados a poca altura. Plagados y enfermos.

## ANEXO 6



### CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS DEPARTAMENTO DE MANEJO FORESTAL

#### FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PLAN DE RALEO O PLAN OPERATIVO

##### I. INFORMACIÓN GENERAL

Nombre de la Finca: \_\_\_\_\_

Ubicación exacta de la Finca: Aldea: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Documento de propiedad: Finca No. \_\_\_\_\_ Folio \_\_\_\_\_ Libro \_\_\_\_\_

Coordenadas (GTM): X: \_\_\_\_\_ Y: \_\_\_\_\_ Nombre del Propietario: \_\_\_\_\_

Nombre del representante Legal: \_\_\_\_\_ Área total de la Finca: \_\_\_\_\_

Área con bosque: \_\_\_\_\_ Especies plantadas: \_\_\_\_\_

Área efectiva de manejo forestal: \_\_\_\_\_ Área de Protección Forestal: \_\_\_\_\_

Área Protegida: \_\_\_\_\_ Zonificación: \_\_\_\_\_

Duración del Plan de Manejo (ciclo de Corta): \_\_\_\_\_

Nombre del Elaborador del Plan de Manejo y número de registro ante el RNF \_\_\_\_\_

Nombre del Regente Forestal y número de registro ante el RNF \_\_\_\_\_

Número de Registro del Regente Forestal ante el CONAP \_\_\_\_\_

##### I. UBICACIÓN GENERAL DE LA FINCA



CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS

DEPARTAMENTO DE MANEJO FORESTAL



I. RESUMEN DEL PLAN OPERATIVO ANUAL

Rodal	Área (ha.)	Especie (s)	Tratamiento Silvicultural	Número de Árboles a Extraer	Área Basal a Extraer (m <sup>2</sup> /ha.)	Volumen a Extraer Troza (m <sup>3</sup> )	Volumen a Extraer Leña (m <sup>3</sup> )	Volumen a Extraer Otros (especificar) (m <sup>3</sup> )	Volumen Total a Extraer (m <sup>3</sup> )
<b>TOTAL</b>									

II. INVENTARIO FORESTAL

Rodal	Área (Ha.)	Especie	DAP (cm.)	Altura Total (m.)	Densidad		Volumen (m <sup>3</sup> )	
					Arb./ha.	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha.)	m <sup>3</sup> /ha.	m <sup>3</sup> /rodal
<b>TOTAL</b>								

Rodal	Área (Ha.)	Especie	Forma y Defectos del fuste en número de Árboles por hectárea y porcentajes*			Estado Fitosanitario en número de Árboles por hectárea y porcentajes**	
			%	%	%	%	%
			1	2	3	1	2
<b>TOTAL</b>							

\*Códigos de forma y defectos del fuste:

**CALIDAD 1:** Árbol Dominante, de fuste recto sin defectos graves. **CALIDAD 2:** Dominante o Codominante, con algún (algunos) defectos menores (muchas ramas, ramas gruesas, propensión a hijuelos abundantes, curvaturas). **CALIDAD 3:** Árbol Dominante o Codominante con defecto descalificatorio (todos los suprimidos y enfermos o dañados).

\*\* Estado Fitosanitario

1- Sano

2- Enfermo

Tipo de muestreo: \_\_\_\_\_ Intensidad de muestreo: \_\_\_\_\_ Tamaño de las parcelas: \_\_\_\_\_ Forma de las parcelas: \_\_\_\_\_





CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS

DEPARTAMENTO DE MANEJO FORESTAL

V. PLANIFICACIÓN DEL MANEJO CON BASE EN LOS TRATAMIENTOS SILVICULTURALES

Año	Rodal	Área (Ha.)	Especies	Tratamiento Silvicultural	Volumen a Extraer (m <sup>3</sup> /rodal)			Volumen Remanente (m <sup>3</sup> /rodal)		
					Troza	Leña	Total	Troza	Leña	Total
<b>TOTAL</b>										

JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA



**CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS**

**DEPARTAMENTO DE MANEJO FORESTAL**

**VI. ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN FORESTAL A LA REMANENCIA**

Rodal	Actividad*	Descripción de la actividad	Unidad de medida**	Cantidad

**VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Rodal	Actividad	Mes					
		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
	Silviculturales						
	Infraestructura						
	Protección Forestal						
	Otras que apliquen						



**CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS**  
**DEPARTAMENTO DE MANEJO FORESTAL**

**IX. MAPAS**

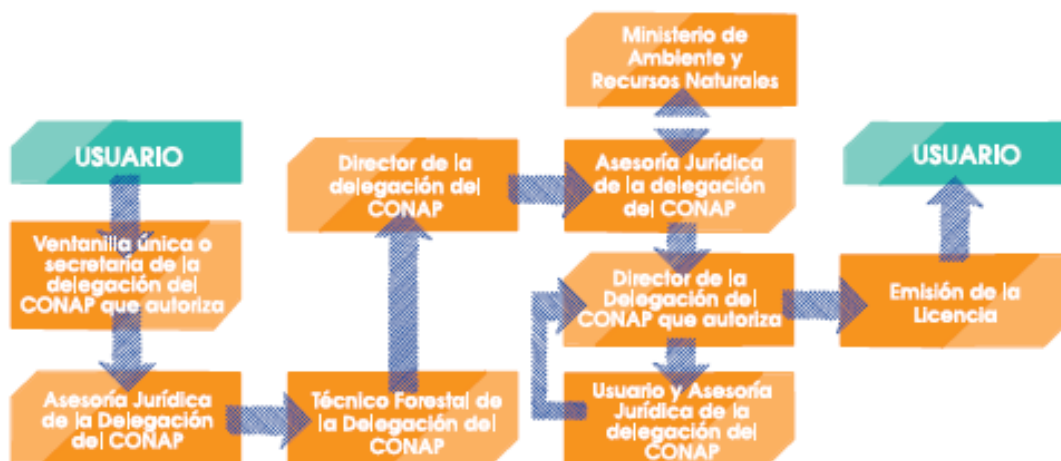
Anexo se presentan los siguientes mapas:

1. UBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA
2. RODALES A SER INTERVENIDOS

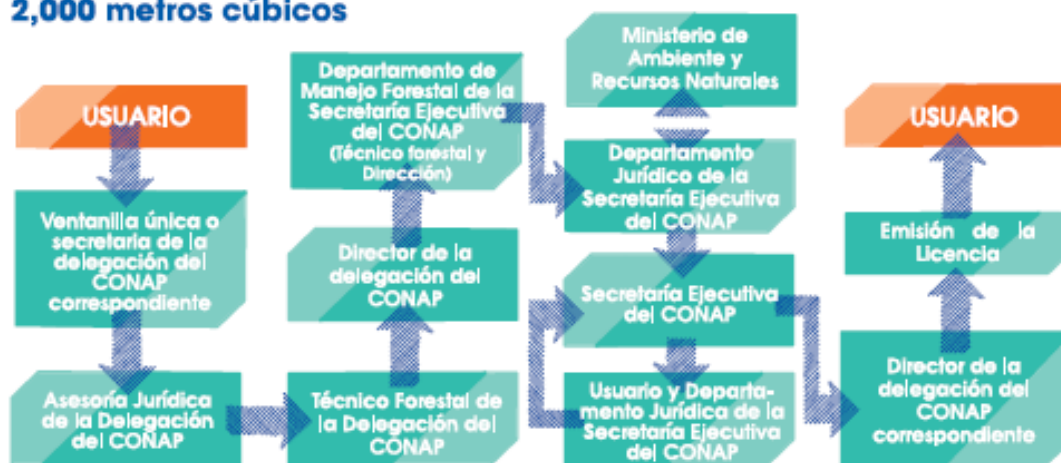
Fuente: CONAP, 2012

## ANEXO 7

### Flujograma para evaluación de solicitudes de autorización de licencias



**Figura 1. Flujograma para la evaluación de las solicitudes de autorización de licencias de planes de manejo forestal comercial hasta 2,000 metros cúbicos**



**Figura 2. Flujograma para la evaluación de las solicitudes de autorización de licencias de planes de manejo forestal comercial mayor a 2,000 y menor o igual a 5,000 metros cúbicos.**

## ANEXO 8

### Ecuaciones de regresión lineal para el cálculo de altura total

Finca	Ecuación de regresión para HT	R <sup>2</sup>
15	Altura total= 0.4879(DAP)+6.3076	0.7519
17	Altura total =0.5913(DAP)+4.3907	<b>0.7604</b>
20	Altura total =0.5103(DAP)+6.1101	0.8653
22	Altura total =0.2606(DAP)+9.5764	0.7064
23	Altura total =0.4238(DAP)+7.7804	0.7299
32	Altura total =0.374(DAP)+8.9367	0.7061
33	Altura total =0.501(DAP)+5.9165	0.7356
34	Altura total =0.4118(DAP)+8.5363	0.8376
42	Altura total =0.3155(DAP)+7.7897	0.7501
43	Altura total = 0.6237(DAP)+3.2432	0.801
48	Altura total = 0.432(DAP)+ 6.838	0.6911
50	Altura total = 0.6018(DAP)+ 4.5358	0.8506
57	Altura total =0.2555(DAP)+10.379	0.7947
58	Altura total =0.4396(DAP)+5.8976	0.7098
59	Altura total =0.7091(DAP)+3.8113	0.713

\*La altura total se presenta en m y el DAP en cm

## ANEXO 9

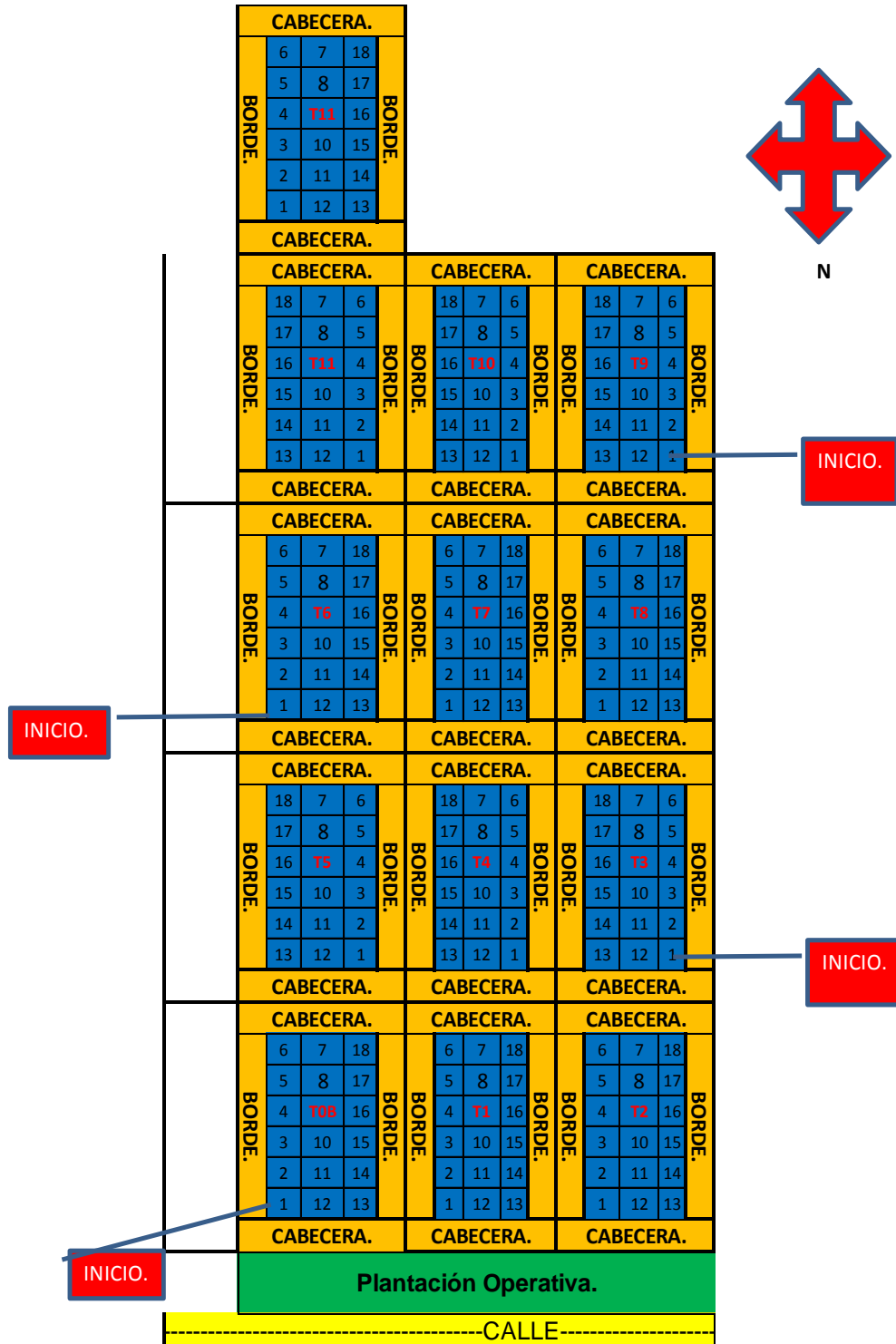
### Ecuaciones de regresión lineal para el cálculo de altura comercial

Finca	Ecuación de regresión para Altura Comercial	R <sup>2</sup>
15	Altura comercial= 0.2539x + 2.6251	0.5168
17	Altura comercial=0.4143x + 0.5674	0.6267
20	Altura comercial=0.3124x + 2.0311	0.5224
22	Altura comercial=0.2606x + 9.5764	0.7064
23	Altura comercial= 0.3631x + 0.4004	0.5678
32	Altura comercial= 0.2307x + 3.1406	0.3376
33	Altura comercial=0.281x + 1.9413	0.5641
34	Altura comercial=0.1305x + 5.0357	0.4946
42	Altura comercial=0.1989x + 3.5772	0.3057
43	Altura comercial=0.2987x + 0.3006	0.5753
48	Altura comercial=0.3786x - 1.4704	0.69
50	Altura comercial= 0.3154x - 0.2013	0.7014
57	Altura comercial=0.2161x + 2.9968	0.6117
58	Altura comercial=0.3491x - 0.8596	0.611
59	Altura comercial=0.4467x - 1.7194	0.6492

\*La altura comercial se presenta en m y el DAP en cm

## ANEXO 10

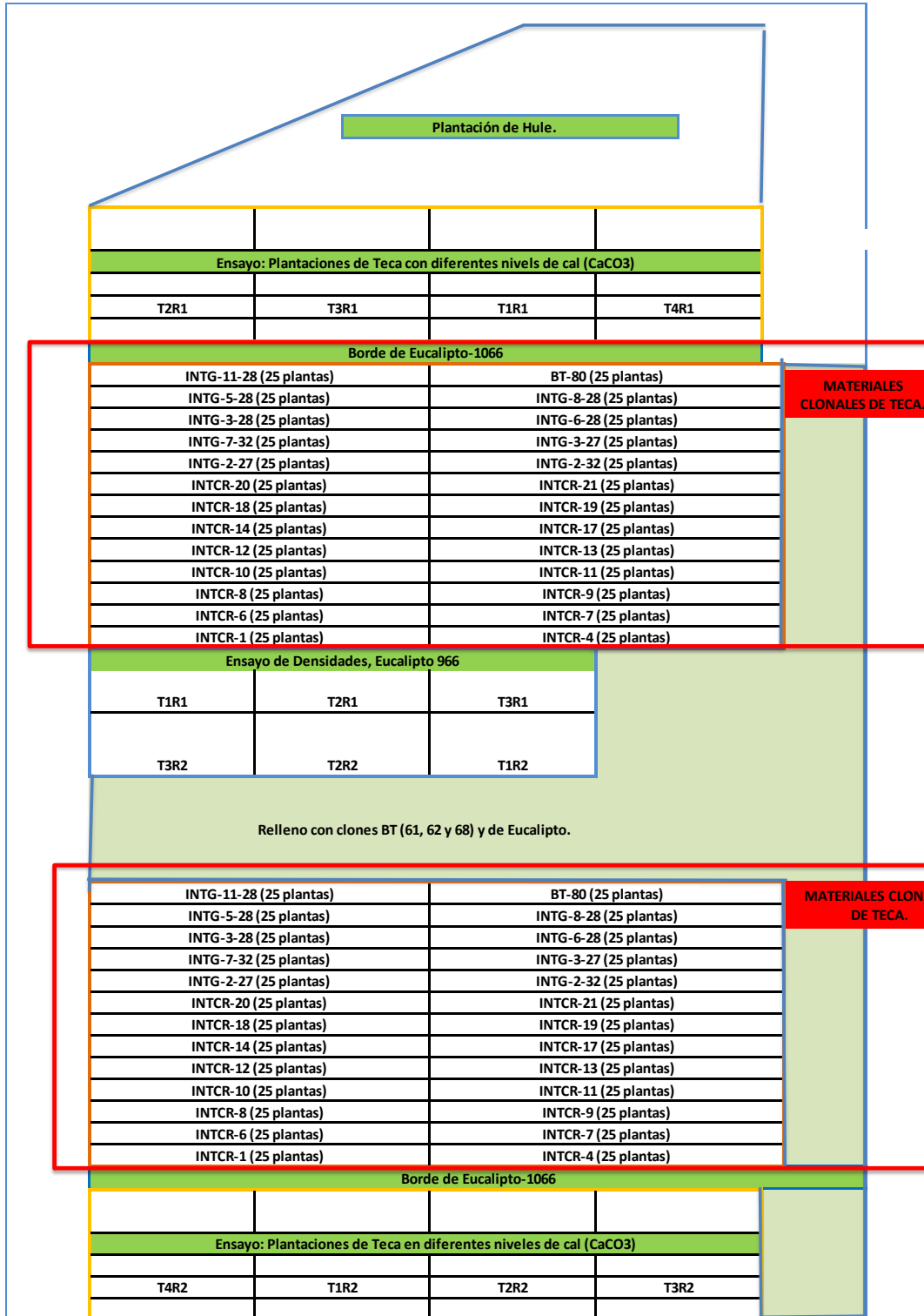
### Croquis ensayo de fertilización de boro y zinc en la finca 250



Fuente: Operador Forestal

## ANEXO 11

### Croquis, Ensayos 2013, Establecidos en Finca de Pilonos de Antigua, San Francisco, Peten.



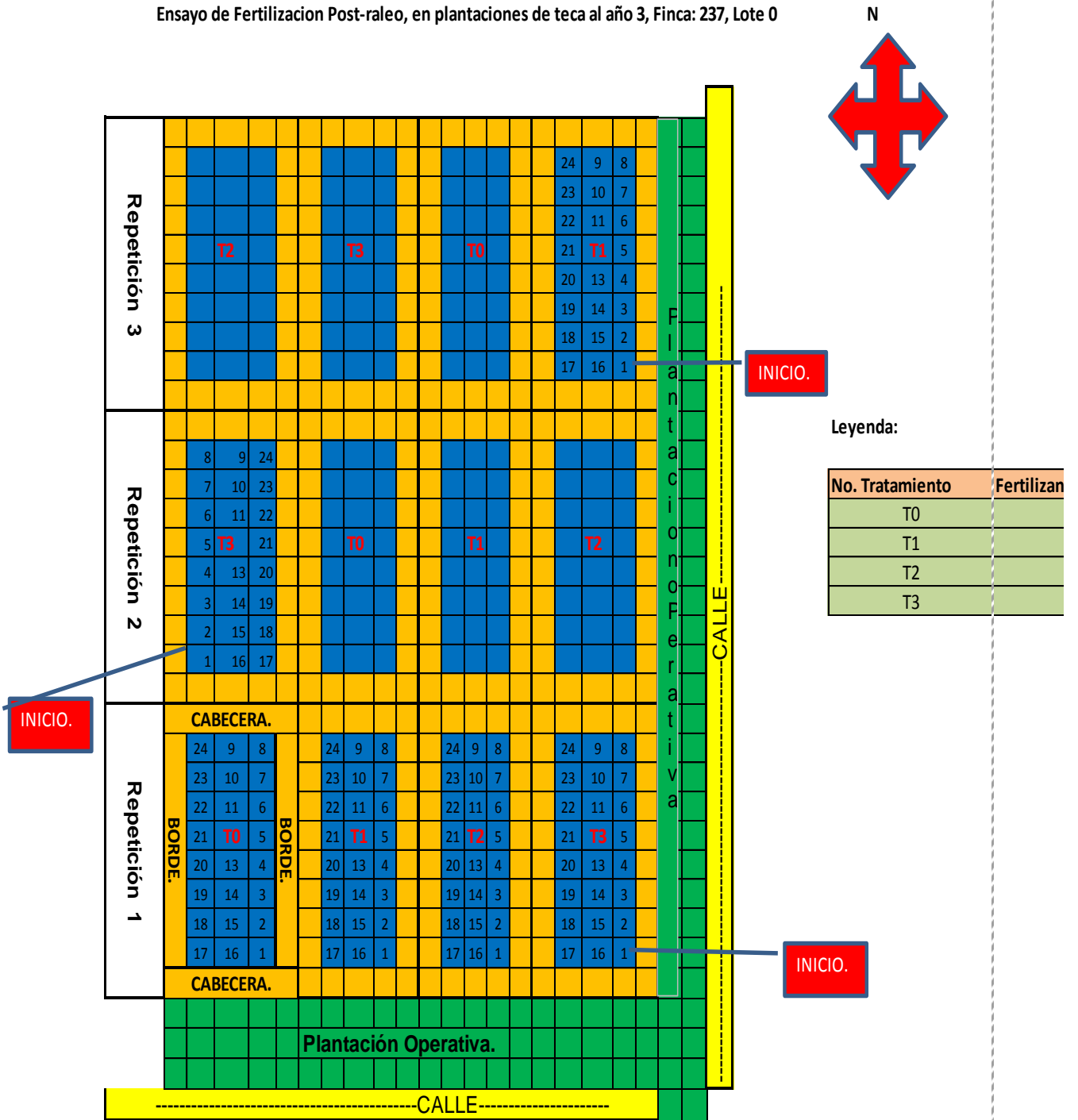
Fuente: Operador Forestal



## ANEXO 12

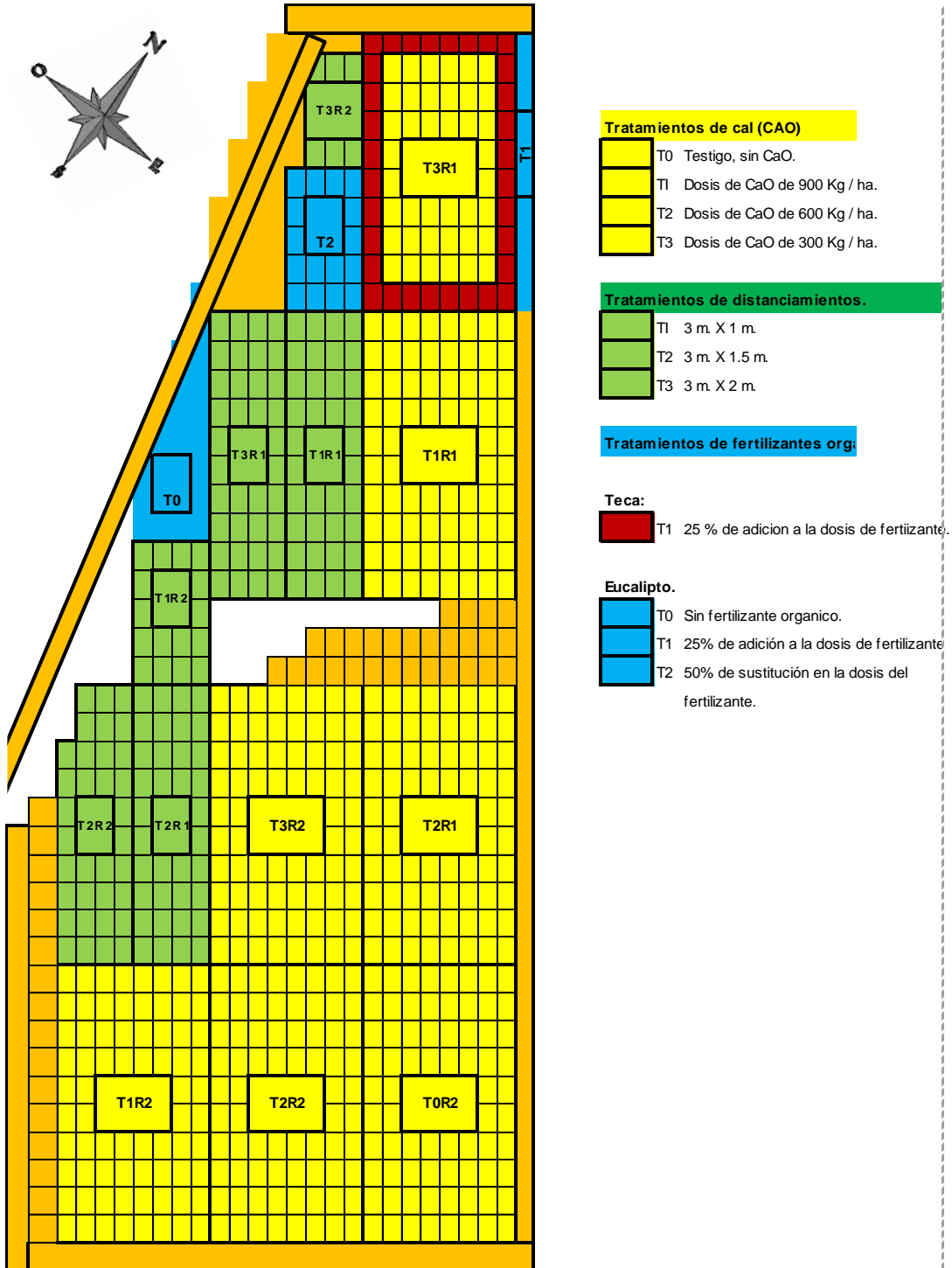
Investigación y Desarrollo Forestal

Ensayo de Fertilización Post-raleo, en plantaciones de teca al año 3, Finca: 237, Lote 0



## ANEXO 13

### Croquis ensayos Finca El Futuro, Santa Ana, Petén



Fuente: Operador Forestal

**ANEXO 14**

**Fotografías de las actividades realizadas en el inventarios de post- marcación de raleo comercial en plantaciones de teca, Petén, Guatemala.**

**Marcaje en plantaciones de 7 años de edad**



**Mediciones realizadas a las plantaciones de teca**





**Otras actividades realizadas en la empresa**



**Fertilización en plantaciones de 3 años de edad**



**Medición PPM en Cedro**





**Medición ensayo de eucalipto**



**Poda en plantación de clones de teca**



**Fertilización después de la siembra**



**inventario de prendimiento**