

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

EVALUACIÓN DEL PRIMER RALEO COMERCIAL EN
PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L. f.) EN PETÉN

SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

HENSY FROILAN CAÁL CHAMÁM

CARNET 21822-08

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, NOVIEMBRE DE 2014

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

EVALUACIÓN DEL PRIMER RALEO COMERCIAL EN
PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L. f.) EN PETÉN

SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR

HENSY FROILAN CAÁL CHAMÁM

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN
EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, NOVIEMBRE DE 2014

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:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
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. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA

MGTR. MANUEL SABINO MOLLINEDO GARCÍA

ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

Guatemala, 21 de octubre de 2014.

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Hensy Froilan Caál Chamám, carné 21822-08, titulada: **“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”**.

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

Atentamente,

Ing. Agr. Edwin Estuardo Vaidés López, M.Sc.
Colegiado No. 2556
Cod. URL 9907



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06233-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante HENSY FROILAN CAÁL CHAMÁM, Carnet 21822-08 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. 06132-2014 de fecha 8 de noviembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL PRIMER RALEO COMERCIAL EN
PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L. f.) EN PETÉN

Previo a conferirsele el título de INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de noviembre del año 2014.


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



AGRADECIMIENTOS

- A Dios Por ser mi fortaleza y guiarme en el camino durante todos los años de vida y estudio.
- A mi asesor Ing. Edwin Estuardo Vaides López, M.Sc. por su valiosa asesoría, revisión y acompañamiento de la presente Sistematización de Práctica Profesional.
- Al operador forestal Administrador de las fincas propiedad de Forestal Ceibal, por permitirme realizar mi Práctica Profesional dentro de sus plantaciones y oficinas.
- A mis catedráticos Ing. Roberto Waldemar Moya Fernández, Ing. Manuel Sabino Mollinedo, Ing. Oscar Alejandro Ávalos Cabranes, Ing. Ricardo Ismael Ávila Folgar e Ing. Pablo Raúl Córdón Cabrera; por compartir sus conocimientos, experiencias y orientaciones que fueron una base de mi formación como profesional de las ciencias forestales.
- A Ing. Carlos Ernesto Archila Cardona, M.Sc. por sus valorados comentarios y recomendaciones.

DEDICATORIA

A

Dios: Por sus bendiciones al darme la oportunidad de obtener un logro más en mi vida personal y académica.

Mis Padres: Hector Froilan Caal Caal y María Magda Chamám Pacay, por todos los esfuerzos y sacrificios dados durante todos estos años de estudio que me permitieron poder llegar hasta este punto de mi vida.

Mis hermanos: Por su apoyo incondicional en todos los años compartidos en familia.

Tíos, tías, primos y primas: Por su cariño, amistad y momentos compartidos que me han brindado.

ÍNDICE

DESCRIPCIÓN	PÁGINA
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.1 Raleos	3
2.1.2 Estudios de raleos en Teca	7
2.1.3 Manejo forestal	9
2.1.4 Plantación	9
2.1.5 Edad de rotación	9
2.1.6 Densidad final	10
2.1.7 Descripción de la especie teca	10
2.1.8 Distribución y hábitat de la teca	12
2.1.9 Usos más comunes de la teca	14
2.1.10 Suelos y Topografía requeridos por la teca	15
2.1.11 Ciclo vital, reproducción y crecimiento inicial, flores y fruto de teca	15
2.2 LOCALIZACIÓN	17
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	18
2.3.1 Sectores de trabajo de la empresa	22
III. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA	31
IV. OBJETIVOS	33
4.1 GENERAL	33
4.2 ESPECÍFICOS	33
V. PLAN DE TRABAJO	34
5.1 PROGRAMA DESARROLLADO	34
5.1.1 Monitoreo de la ejecución de la actividad y metodología de marcaje para el primer raleo comercial	34

5.1.2 Evaluación de la corta de los árboles marcados en el primer raleo comercial	42
5.1.3 Restablecimiento de parcelas permanentes de monitoreo para el análisis de crecimiento y productividad posterior al primer raleo comercial	46
5.1.4 Evaluación de los costos del primer raleo comercial en plantaciones forestales de teca	49
5.1.5 Otras actividades	55
5.2 INDICADORES DE RESULTADOS	62
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
6.1 MONITOREO DE LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA DE MARCAJE PARA EL PRIMER RALEO COMERCIAL	64
6.1.1 Análisis de marcación de escenarios para raleo comercial	64
6.2 EVALUACIÓN DE LA CORTA DE LOS ÁRBOLES MARCADOS EN EL PRIMER RALEO COMERCIAL	68
6.2.1 Tabla de productos (trozas) para la proyección de materia prima a obtener por árbol, en relación a clases diametrales en las plantaciones	68
6.2.2 Análisis de productos obtenidos del primer raleo comercial en Teca	72
6.3 RESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO PARA EL ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD POSTERIOR AL PRIMER RALEO COMERCIAL	77
6.3.1 Inventario de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) año 2014	78
6.3.2 Análisis de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM), de los individuos remanentes posterior al primer raleo comercial	80
6.4 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DEL PRIMER RALEO COMERCIAL EN PLANTACIONES FORESTALES DE TECA	90
6.4.1 Costo del marqueo para el primer raleo comercial	91
6.4.2 Costo del inventario post-marqueo	100
6.4.3 Costo de la corta de los árboles	104
6.4.4 Costo del inventario de las Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)	115
VII. CONCLUSIONES	118
VIII. RECOMENDACIONES	121
IX. BIBLIOGRAFÍA	123
X. ANEXOS	125

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
Cuadro 1	Superficie administrada por el Operador Forestal	30
Cuadro 2	Área plantada por el Operador Forestal	30
Cuadro 3	Escenarios de densidades para primer raleo comercial de Teca.	36
Cuadro 4	Cajas de marcación para raleo comercial.	36
Cuadro 5	Cantidad de parcelas permanentes de monitoreo por finca.	46
Cuadro 6	Resultados de análisis de marcaje para el primer raleo comercial en Teca para el tratamiento de 550 árboles/ha.	138
Cuadro 7	Resultados de análisis de marcaje para el primer raleo comercial en Teca para el tratamiento de 450 árboles/ha.	138
Cuadro 8	Resultados de análisis de marcaje para el primer raleo comercial en Teca para el tratamiento de 400 árboles/ha.	139
Cuadro 9	Resumen final de la marcación para raleo comercial tratamiento de 550 árboles/ha, promediados por hectárea.	65
Cuadro 10	Resumen final de la marcación para raleo comercial tratamiento de 450 árboles/ha, promediados por hectárea.	66
Cuadro 11	Resumen final de la marcación para raleo comercial tratamiento de 400 árboles/ha, promediados por hectárea.	68
Cuadro 12	Tabla de productos (trozas) de <i>Tectona grandis</i> L.f. para comercializar por clase diametral, para exportación y para biomasa.	69
Cuadro 13	Resultados de productos obtenidos del primer raleo comercial en <i>Tectona grandis</i> L.f. para el tratamiento de 550 árboles/ha de la finca GM-9.	74
Cuadro 14	Resultados de productos obtenidos del primer raleo comercial en <i>Tectona grandis</i> L.f. para el tratamiento de 450 árboles/ha de la finca GM-3.	75
Cuadro 15	Resultados de productos obtenidos del primer raleo comercial en <i>Tectona grandis</i> L.f. para el tratamiento de 400 árboles/ha de la finca GM-19.	76

Cuadro 16	Resumen inventario de PPM correspondiente al año 2,014, mostrado por finca propuesta para intervención del primer raleo comercial.	78
Cuadro 17	Resultados de variables de crecimiento y productividad post-raleo comercial efectuado con distintos escenarios de intensidad de raleo.	81
Cuadro 18	Resultados de rendimiento de marqueo para los distintos escenarios de raleo comercial en <i>T. grandis</i> L.f.	91
Cuadro 19	Costo del marqueo del primer raleo comercial generado por día para cada uno de los escenarios prescritos.	94
Cuadro 20	Costo del marqueo del primer raleo comercial generado por hectárea para cada uno de los escenarios prescritos.	97
Cuadro 21	Costo del marqueo del primer raleo comercial generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.	99
Cuadro 22	Costo de inventario post-marqueo para raleo comercial, generado por día y por hectárea según parcelas realizadas para los tres escenarios prescritos.	100
Cuadro 23	Costo de inventario post-marqueo para raleo comercial, generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.	103
Cuadro 24	Rendimientos de corta y troceo por escenarios de raleo contabilizando los tiempos por hectárea trabajado y árboles raleados por hectárea.	105
Cuadro 25	Costo de la actividad de corta del primer raleo comercial generado por día para cada uno de los escenarios prescritos.	108
Cuadro 26	Costo de la actividad de corta del primer raleo comercial generado por hectárea para cada uno de los escenarios prescritos.	112
Cuadro 27	Costo de la actividad de corta del primer raleo comercial generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.	114
Cuadro 28	Costo de inventario de PPM para raleo comercial, generado por día y por hectárea según parcelas realizadas para los tres escenarios prescritos.	116
Cuadro 29	Costo de inventario de PPM para raleo comercial, generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
Figura 1	Ubicación geográfica de las plantaciones administradas por el Operador Forestal	19
Figura 2	Caja de marcación para una densidad final post-raleo de 450 árboles/ha.	37
Figura 3	Caja de marcación para una densidad final post-raleo de 550 árboles/ha.	38
Figura 4	Caja de marcación para una densidad final post-raleo de 400 árboles/ha.	40
Figura 5	Porcentaje de trozas comerciales obtenidas por árbol para exportación y para biomasa según clase diametral en <i>Tectona grandis</i> L.f.	70
Figura 6	Calidades de trozas obtenidas del muestreo del primer raleo comercial en <i>Tectona grandis</i> L.f.	71
Figura 7	Ecuación generada a través de muestreo de productos, para cálculo de volumen comercial por árbol en <i>Tectona grandis</i> L.f. a partir del DAP (cm).	72
Figura 8	Resultados de árboles por hectárea remanentes por clase diametral para los tres escenarios ejecutados en el primer raleo comercial de <i>Tectona grandis</i> L.f.	83
Figura 9	Porcentaje de volumen remanente por clase diametral para el escenario de raleo comercial a densidad final de 550 árboles/ha.	85
Figura 10	Porcentaje de volumen remanente por clase diametral para el escenario de raleo comercial a densidad final de 450 árboles/ha.	85
Figura 11	Porcentaje de volumen remanente por clase diametral para el escenario de raleo comercial a densidad final de 400 árboles/ha.	86
Figura 12	Comparación entre antes y después del primer raleo comercial, con respecto a las formas y defectos del fuste en <i>Tectona grandis</i> L.f., para el escenario de 550 árboles/ha.	87

Figura 13	Comparación entre antes y después del primer raleo comercial, con respecto a las formas y defectos del fuste en <i>Tectona grandis</i> L.f., para el escenario de 450 árboles/ha.	88
Figura 14	Comparación entre antes y después del primer raleo comercial, con respecto a las formas y defectos del fuste en <i>Tectona grandis</i> L.f., para el escenario de 400 árboles/ha.	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Descripción	Página
Anexo 1	Mapa de ubicación de las fincas intervenidas con el primer raleo comercial.	125
Anexo 2	Organigrama del Operador Forestal	126
Anexo 3	Proyección sectores de trabajo del Operador Forestal	127
Anexo 4	Proyección sector Sagrado Corazón y San Julián	129
Anexo 5	Proyección sector Cerritos	130
Anexo 6	Proyección sector Las Cruces	131
Anexo 7	Proyección sector La Colorada	132
Anexo 8	Programa ejecutado de actividades realizadas en la empresa	133
Anexo 9	Boleta de inventario post marcación de raleo comercial	134
Anexo 10	Boleta de medición de trozas provenientes del primer raleo comercial en teca.	135
Anexo 11	Boleta de medición de árboles en pie para parcelas permanentes de monitoreo, metodología MIRA-SILV.	136
Anexo 12	Bitácora de actividades para evaluación de rendimiento de marcaeo.	137
Anexo 13	Boleta de registro de rendimientos de corta y troceo de árboles.	138
Anexo 14	Cuadros de evaluación de marcación.	139
Anexo 15	Memoria fotográfica de las actividades realizadas en el primer raleo comercial de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.) a una edad de 7 años.	141

Evaluación del primer raleo comercial en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en Petén.

RESUMEN

El presente documento se realizó con la finalidad de documentar el primer raleo comercial efectuado en plantaciones de teca, localizadas en los municipios de La Libertad y Las Cruces, del departamento de Peten; propiedad de Forestales Ceibal, S.A. y Chaklum, S.A. Dichas plantaciones fueron intervenidas a una edad de 7 años siendo evaluadas las actividades de raleo, con tres escenarios propuestos a densidades post-raleo de 550, 450 y 400 árboles por hectárea; se tomaron en cuenta las variables dasométricas (crecimiento y productividad) y cualitativas: DAP (cm), altura total (m), AB (m^2/ha), Volumen (m^3/ha), calidad del fuste y calidad de trozas. Se evaluó el marcaje en relación a las densidades remanentes de 527, 465 y 400 árboles por hectárea. La corta de los individuos a través de los productos obtenidos para biomasa y exportación con el 12.62%, 35.44% y 24.29% exportable según las densidades remanentes de cada escenario. Se generó una ecuación de volumen comercial a partir del DAP (cm). La medición de PPM (Parcelas Permanentes de Monitoreo) permitirá evaluar la respuesta de los tres escenarios analizados. Otra evaluación que se realizó fue el costo por hectárea de cada actividad del raleo en función del rendimiento obtenido en cada escenario, siendo estos Q. 89.27, Q. 103.33 y Q. 70.49 para marcaje; Q. 14.17 con parcelas circulares ($300 m^2$), Q. 11.33 con parcelas rectangulares ($1,000 m^2$) del inventario post-marcaje y Q. 493.74, Q. 701.99 y Q. 752.25 en la corta de los árboles; estos costos para los escenarios 550, 450 y 400 árboles por hectárea respectivamente.

Evaluation of first commercial thinning in plantations of Teak (*Tectona grandis* L.f.) in Petén.

SUMMARY

This document is based on the first commercial thinning of plantations of teak located in the municipalities of La Libertad and Las Cruces, in the department of Petén Guatemala; property of Forestal Ceibal, S.A. and Chaklum, S.A. The plantations studied were intervened at an age of 7 years utilizing 3 treatments with prescribed residual densities of 550, 450 and 400 trees per hectare; variables measured include DBH (cm), total height (m), Basal Area (m^2/ha), Volume (m^3/ha), stem quality and log quality. Inventory was done in marked stands with actual residual densities of 527, 465 y 400 trees per hectare. When cut, the percent of total commercial volume (exportable + biomass) represented by exportable logs was 12.62%, 35.44% and 24.29% respectively. An equation was then developed to estimate commercial volume based on DBH (cm). The establishment of permanent plots will permit the evaluation of plantation response to the three thinning treatments. Additionally, the costs of silvicultural activities associated with thinning were estimated based on productivity levels measured in the field. The resulting cost estimates in Guatemalan Quetzal (GTQ) were GTQ.89.27, GTQ.103.33 and GTQ.70.49 for marking; GTQ14.17 for post-marking inventory using 300 m^2 circular plots or GTQ11.33 using 1,000 m^2 rectangular plots and GTQ.493.74, GTQ.701.99 and GTQ.752.25 per hectare to cut the trees in each of the prescribed scenarios of 550, 450 and 400 trees per hectare respectively.

I. INTRODUCCIÓN

El sector forestal en Guatemala ha tenido grandes avances en las últimas décadas, desde la creación de la Ley Forestal Decreto Legislativo 101-96, que ha generado la creación del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y aún más importante la creación de los programas de incentivos forestales PINFOR y PINPEP actualmente.

Esto ha significado la regulación y gestión del aprovechamiento de los recursos forestales a través de un manejo forestal sostenible, lo cual en la actualidad según el Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012, (IARNA-URL, 2012) se expresa con una cobertura forestal al año 2010 en 3,772,595 ha, correspondientes a un 34.2% del territorio nacional.

La *Tectona grandis* L.f. es una de las especies mayormente usadas en la reforestación en las regiones tropicales (2,254,000 ha), debido a sus características de excelente crecimiento y rendimiento. La madera de teca se puede utilizar para los más diversos objetivos; se considera, justificadamente, como la mejor para la construcción de embarcaciones; es extraordinariamente adecuada para construcciones terrestres y acuáticas, así como para acabados interiores y mueblería de lujo (Gutiérrez, 2008).

La teca dada su condición biológica, es una especie que exige mucha luz, por lo que el raleo temprano y oportuno es necesario (Gutiérrez, 2008), y esta actividad debe ser llevada con un control constante durante y después de la actividad silvícola, para garantizar los mejores resultados en la producción final.

Con esta evaluación se pretende obtener datos relevantes para la toma de decisión en raleos comerciales para este tipo de plantaciones, a partir de una evaluación de tres escenarios con distinta intensidad de raleo en teca.

En el presente documento se evalúa el primer raleo comercial en plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis* L.f.) de siete años de edad, ubicadas en Petén, que

están siendo manejadas por un operador forestal. Esta evaluación comprende las actividades desde el monitoreo de las actividades de marcaje de los individuos, el análisis a través de parcelas de muestreo post marcaje, la corta y troceo de los árboles raleados y los costos incurridos en estas actividades.

II. ANTECEDENTES

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.1 Raleos

Evaluando la terminología de raleo, Gutiérrez (2008), menciona que “se denominan raleos o aclareos a los cortes realizados en un rodal en algún momento entre su establecimiento y cosecha final, en los cuales los árboles eliminados son de la misma especie que los árboles favorecidos” y estas son las actividades que se van a establecer dentro de la práctica.

Objetivos y propósitos de un raleo (Evans, 1982; citado por Gutiérrez, 2008)

- a) 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 y así alcanzarán un tamaño comercial más rápidamente.
- b) Sacar árboles de mala forma, torcidos, bifurcados, con ramas gruesas, etc. para que el incremento futuro se concentre en los mejores individuos.
- c) Eliminar árboles muertos o enfermos, o cualquier árbol que podría ser el foco de una infección.
- d) Favorecer a los árboles más vigorosos, con buena forma, los cuales se dejarán para la cosecha final.
- e) Cuando es factible, puede proveer de una fuente de ingresos durante el desarrollo del rodal.

Tipos de Raleo

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. Estos métodos de raleo se presentan a continuación:

- **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.
- **Raleo por lo alto:** 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.
- **Raleo selectivo:** aquí 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.
- **Raleo mecánico:** en el raleo mecánico no se toma en cuenta la clase de copa, la calidad o el carácter general de los árboles. 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 aclaradas. 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.

- **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. El método de raleo libre, en el sistema de cajas para la marcación de los árboles, fue utilizado en la finca Sexán Ixté, a un 50% de intensidad con base en una densidad inicial de 1,111 árboles/ha.

Marcación del raleo (Sistema de cajas para la marcación)

Según investigación realizada por Gutiérrez en el 2008 para ejecutar un raleo, primero hay que marcar los árboles que se eliminarán. Este paso es de mucha importancia, pues requiere tomar la decisión sobre cuales árboles eliminar y cuales dejar. Por lo tanto, este trabajo debe ser realizado solo por personas capacitadas. La marcación se hace más fácilmente con machete. La única desventaja de marcar con machete es que no hay como rectificar una marcación mal hecha.

Según experiencias en muchos países y menciona Gutiérrez (2008), una forma fácil de hacer la primera marcación y el raleo en plantaciones es con el sistema de cajas. El que emplea este sistema de cajas avanza por la plantación entre dos hileras de árboles. Teniendo definido previamente el porcentaje de árboles a eliminar (por ejemplo, 50%, 1 de 2 árboles).

Una metodología práctica y efectiva es trabajar con cajas de dos árboles. En Costa Rica y otros países se utiliza esta metodología con teca, melina, y otras especies latifoliadas (densidad inicial, 1,111 árboles/ha). Para eliminar 50% de los árboles en el primer raleo, se elimina uno de cada dos árboles en cada caja de dos. Si los dos son malos se pueden eliminar los dos, siempre y cuando se dejen los siguientes dos. Si los dos son buenos se pueden mantener los dos cuando se elimina la siguiente pareja. La idea es bajar la densidad en un 50% y a la vez lograr una distribución más o menos uniforme en el rodal. En casos de encontrar vacíos en las hileras el marcador puede considerar el árbol perdido como uno de los árboles a marcar (Gutiérrez, 2008).

Intensidad de los raleos

La intensidad de un raleo de acuerdo con Robles (2007), es el número de árboles o el área basal a extraer expresada en porcentaje, está determinada principalmente por el volumen para la corta final, que a su vez está relacionada con la calidad de sitio. Toda área, según la clase de edad de los árboles, tiene una capacidad máxima que puede soportar, dirigida a que los árboles puedan aprovechar de manera óptima el espacio radicular y aéreo para su crecimiento. Básicamente un número mayor de árboles de lo adecuado en una unidad de área, reduciría el rendimiento por árbol y un número menor de árboles por unidad de área, sub-utilizaría el sitio.

Índice de espaciamiento relativo de Hart (S%)

Un indicador de la densidad simple para masas regulares es el índice de distancia relativa (RS) que se calcula a partir de número de pies por ha N y la altura dominante H (Gadow, Sánchez & Álvarez, 2007).

Es así como podemos resumir 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 (H₀), expresada en tanto por cien, según la fórmula siguiente (Codina, 2003):

$$S = \frac{a}{H_0} \times 100$$

Así mismo indica Codina (2003), que el espaciamiento medio (a) se deduce de la densidad (N), existiendo distintos marcos de distribución uniforme (marco real o al tresbolillo), y la altura dominante (H₀) se define como la media de los 100 pies más gruesos por hectárea (Assman). De este modo, según los parámetros citados anteriormente, existen las siguientes fórmulas para el cálculo del espaciamiento medio (a) según la distribución:

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

Marco de distribución al tresbolillo $N = \frac{20000}{\sqrt{3}a^2}$

2.1.2 Estudios de raleos en Teca

Varios estudios sobre programas de plantaciones en América Central y en América del Sur, han demostrado que aunque existe un reconocimiento creciente de la necesidad de aplicar raleos en plantaciones, hay una falta de claridad sobre el momento oportuno, la intensidad y la frecuencia de esta operación (Gutiérrez, 2008).

Tectona grandis L.f. es una especie que exige mucha luz, por lo que el raleo temprano y oportuno es necesario (Gutiérrez, 2008), por lo cual debe ser llevado con un control constante durante y después de la actividad silvícola para garantizar los mejores resultados en la producción final.

Varios sistemas de aclareo han sido propuestos para teca, menciona Gutiérrez (2008) que están 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 según indica Gutiérrez (2008), 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 m²/ha y se corta hasta dejar 14-17 m²/ha.

Algunas experiencias exitosas mencionan dos momentos oportunos para efectuar el primer raleo en plantaciones forestales (Flores, 2006):

a) En plantaciones que se establecieron inicialmente a un distanciamiento de 2 x 2 metros (2,500 árboles/hectárea) se recomienda raleo el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance unos 4 a 5 metros de altura total promedio.

b) En plantaciones que se establecieron inicialmente a un distanciamiento de 3 x 3 metros (1,111 árboles/hectárea) se recomienda raleo el 50% de la plantación, cuando la plantación alcance los 6 a 8 metros de altura total promedio.

Las densidades resultantes de una intervención de raleo, pueden ser mencionadas como post-raleo que significa posterior al raleo, no importando la intensidad del raleo o la remanencia, ya que solo expresa el momento al que se está refiriendo.

2.1.3 Manejo forestal

El manejo forestal se define como el aprovechamiento sostenible de los productos deseados y de los servicios ambientales que provee el bosque, sin reducir sus valores inherentes ni su productividad futura. En términos simples, el manejo forestal se puede definir como la planificación y ejecución del aprovechamiento, recuperación y protección del bosque (Robles, 2007).

2.1.4 Plantación

Según la FAO, citada por Robles (2007), las plantaciones forestales se definen como rodales establecidos mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación.

Es el establecimiento de un bosque mediante plantas que previamente han sido cuidadas en vivero (Galindo et. al., 2002; citados por Robles, 2007). De acuerdo con la Ley Forestal (1996), es una masa arbórea; son bosques establecidos por siembra directa o indirecta de especies forestales. Estos pueden ser voluntarios u obligatorios.

2.1.5 Edad de rotación

Se define como el tiempo que transcurre entre el establecimiento de la regeneración natural o la plantación, hasta el aprovechamiento de corta final; este corresponde a la edad de corte de los árboles, es decir, el tiempo que les tome en alcanzar su madurez (Robles, 2007).

2.1.6 Densidad final

Corresponde al número de árboles por hectárea que el silvicultor desea tener al final de la edad de rotación. En estos árboles se espera que se haya concentrado el potencial de producción del sitio. El problema radica en determinar con la mayor precisión, cuál debería ser la mayor densidad final para cada especie y calidad de sitio (Robles, 2007).

2.1.7 Descripción de la especie teca

La teca (*Tectona grandis* L.f.) es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural del Sudeste de Asia, en donde alcanza 45 m de altura. Fuente de una de las maderas tropicales más valiosas y mejor conocidas, ha sido plantada extensamente para la producción de madera para la construcción naviera, muebles y carpintería en general (Juárez, 2011).

Nombres comunes

En la mayoría de los países donde se ha introducido es conocida como teca o teak (en inglés), sin embargo, sus nombres varían según el país o región. Por ejemplo, en India se le denomina sagun, sagon, saguan, skhu, toak, shilp tru, o indian oak, o teck (como se le conoce también en Francia, Inglaterra y Holanda). En Indonesia se le llama jati, deleg y kulidawa. En Birmania es conocida como kyun, y en Laos y Tailandia se le llama sak y mai-sak, respectivamente (González, 2007).

Descripción botánica

Tectona grandis L.f. es una especie latifoliada que pertenece actualmente a la familia Lamiaceae. Los árboles de esta especie decidua alcanzan alturas de 25 a 35 m (raras veces más de 45 m), DAP de 100 cm y más (Gutiérrez, 2008).

Según Gonzáles (2007), *T. grandis* es un árbol de fuste recto que presenta dominancia apical, la cual se pierde con la madurez o al florecer a edades tempranas, produciendo una copa más amplia con numerosas ramas. Respecto a su corteza, es áspera y delgada (12 mm), fisurada, de color café claro y defolia en placas grandes y delgadas, sin olor o sabor característico. Esta especie cuenta con una raíz pivotante gruesa y larga que puede desaparecer o persistir en su desarrollo, sin embargo, produce muchas raíces laterales fuertes sensibles a la deficiencia de oxígeno, por lo que se encuentran a poca profundidad (aproximadamente 30 cm) y crecen en suelos bien drenados.

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. Brácteas 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 bifido. Ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (Gutiérrez, 2008).

Según Vaides (2005), menciona que los frutos de teca son subglobosos, aplanados, presentan un exocarpo delgado, algo carnoso y tomentoso¹ 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.

¹ Cubierto de pelos simples o ramificados, cortos y dispuestos muy densamente.

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.

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 g/cm^3 . El olor de la madera fresca es parecido al del cuero. 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 (Gutiérrez, 2008).

Clasificación botánica de la teca (Fonseca, 2004)

Tectona grandis L. f	
Reino:	Plantas
Filum:	Spermatophyta
Subphylum:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledonae
Orden:	Lamiales
Familia:	Lamiaceae

2.1.8 Distribución y hábitat de la teca

Recientemente se ha visto un crecimiento importante en las plantaciones de dicha madera en la región centroamericana. A pesar que dichos volúmenes son significativamente inferiores, los mismos están siendo manejados con altos estándares de calidad y certificaciones forestales. Esta situación tiene un gran valor estratégico si se toma en consideración que en un futuro se mantengan las restricciones a nivel de producción de las plantaciones asiáticas (Girón, 2012).

Según menciona Gutiérrez (2008), en general la teca en su distribución natural requiere una precipitación entre 760 mm con 5 a 7 meses secos en India y 2500 mm con 3 a 4 meses secos en Java. La temperatura anual media varía entre 21 y 28°C con temperaturas mínimas absolutas de 2°C y temperaturas máximas absolutas de aproximadamente 45°C. La experiencia en América Central recomienda, sin embargo, dos límites térmicos observados en Honduras, el primero clasificado como bueno esta entre 25 y 28°C y el segundo clasificado como malo entre 20 y 25°C porque fuera de estas condiciones no prospera adecuadamente la especie.

Por otra parte, Girón (2012), menciona que entre las maderas de calidad para viviendas y mobiliario, la teca ocupa en India el primer lugar. Pero las severas restricciones en la explotación de estos bosques naturales, introducidos en 1997, han limitado la oferta nacional. Pese a ser India uno de los mayores productores de teca en el mundo, tiene que importar grandes cantidades de madera para satisfacer la demanda interna de la industria de chapas y contrachapados. Las plantaciones de teca son ahora importantes para salvar el desnivel de la demanda y la oferta de madera.

Crece de manera natural desde la latitud 23° a la 10° N, aproximadamente, en el Sudeste de Asia, en un área que comprende la mayoría de la India Peninsular. Según se menciona en la caracterización de Vaides (2005), hoy en día esta especie se ha naturalizado en varios países y plantaciones bien establecidas se extienden ahora desde la latitud 28° N a la 18° S, en el sudeste de Asia, Australia, África y Latinoamérica. La teca es originaria de los bosques deciduos húmedos y secos del trópico de la India, Laos, Birmania y Tailandia, entre las latitudes 12 y 25 grados norte y las longitudes 73 y 104 grados este. Requiere de una estación seca bien definida, que comprende de 3 a 7 meses, con una precipitación media anual que va de 760 a 5,000 mm y una temperatura media anual entre 21°C y 28°C.

Sin embargo, estudios más recientes en Costa Rica indican que los mejores crecimientos de teca se obtuvieron entre los 26 y 27°C de temperatura media anual. Para Guatemala se menciona que los sitios con los mayores valores de crecimiento y productividad se presentan en un rango de precipitación promedio anual entre 1940 y 2850 mm y temperaturas medias anuales cercanas a 26°C (Gutiérrez, 2008).

2.1.9 Usos más comunes de la teca

González (2007) menciona que la madera de la teca tiene buena durabilidad y estabilidad dimensional, además, no produce corrosión al estar en contacto con metal, debido a aceites naturales antisépticos, los cuales también le dan la resistencia ante termitas y hongos, como se mencionó anteriormente. Esta madera es apta para el cepillado, moldurado, atornillado, clavado, lijado y perforación, sus condiciones de trabajabilidad son buenas, es fácil de aplicarle acabados, así como de encolar y recibe bien el barniz, las pinturas, los tintes y los selladores.

La madera de teca se puede utilizar para los más diversos usos. Se considera, justificadamente, como la mejor para la construcción de embarcaciones, es extraordinariamente adecuada para construcciones terrestres y acuáticas, así como para fines decorativos (interiores y mueblería de lujo), leña y carbonización (Gutiérrez, 2008).

También es importante mencionar que se han realizado estudios preliminares para evaluar la posibilidad de producir papel a partir de *T. grandis*, con resultados positivos. Además, a partir de la corteza se pueden obtener compuestos de importancia industrial como el ácido oxálico y sus taninos, que también están en las hojas y se pueden utilizar para teñir la seda y una vez cocinadas las hojas se usan como tratamiento en contra de desórdenes y hemorragias menstruales, así como enjuague bucal, esto según lo investigado por (González, 2007).

2.1.10 Suelos y Topografía requeridos por la teca

Crece en áreas entre el nivel del mar, hasta una altitud de 1,200 m en el centro de la India. Se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH mayor a 5.5. Tolera condiciones de suelo muy extremas, siempre que exista un drenaje adecuado (Juárez, 2011).

Según Vaides (2005), los factores limitantes más importantes en cuanto a los suelos son la poca profundidad, las capas duras, las condiciones anegadas, los suelos compactados o arcillas densas con un bajo contenido de Ca o Mg. Se ha demostrado también que la teca es sensible a la deficiencia de fosfatos. Las pendientes escarpadas, el drenaje pobre y las altitudes de más de 1000 m también influyen el crecimiento de una forma negativa.

Los mejores sitios para la plantación de la especie se encuentran en terrenos con altitudes que van por debajo de los 220 metros sobre el nivel del mar (msnm), se determinó con base a la distribución de las PPM (Parcelas permanentes de monitoreo) que se encontraron distribuidas desde 20 hasta 800 msnm. Las plantaciones presentan crecimientos y productividades altas y excelentes en estas elevaciones (Vaides, 2005).

2.1.11 Ciclo vital, reproducción y crecimiento inicial, flores y fruto de teca

El crecimiento de una plantación depende de un sinnúmero de variables. Dada la imposibilidad práctica y económica de considerar a todas las variables independientemente, los forestales han agrupado a estas variables en un pequeño grupo de indicadores que reflejen en forma genérica los elementos que contribuyen al crecimiento de un rodal. Estos indicadores son: la capacidad productiva del sitio, la densidad o espacio disponible para el crecimiento y la

composición en tamaño de individuos y diversidad de especies (Torres y Magaña, 2001; citados por Chub, 2011).

Las flores monoicas aparecen en panículas erectas y ramificadas terminalmente, de 45 a 60 cm de largo y anchas. Las flores perfectas, cubiertas de vellos finos, tienen un cáliz acampanado de color gris y con seis lóbulos. La teca es principalmente una especie de polinización cruzada. La incompatibilidad con sí misma es alta. La fruta, una drupa de color pardo claro y con vellos finos, tiene un endocarpio duro con cuatro semillas o menos, cada una de aproximadamente 0.6 cm de largo (Gutiérrez, 2008).

En el área centroamericana, inicia la floración entre los cinco y los ocho años, a partir de esta fecha comienza a producir semilla fértil, la cual generalmente presenta latencia, por lo que requiere de tratamientos de escarificación (Muralles, 2008).

Para Gonzáles (2007), el fruto consiste en una drupa subglobosa de cuatro lóbulos, parda y con finas vellosidades, presenta un endocarpio duro con cuatro semillas o menos y presenta una cavidad central que da la apariencia de una quinta célula. Cada una de las semillas mide 0.6 cm de largo aproximadamente y su madurez se evidencia cuando el involucro cambia su color de verde a café.

La investigación de Muralles (2008), menciona que la madera posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos; por sus excelentes características, se considera como una de las más valiosas del mundo.

La regeneración artificial de esta especie se puede efectuar mediante la siembra directa de semillas, la plantación en bolsas o la plantación de tocones. La siembra directa de semillas, el método más antiguo, se caracteriza por una alta mortalidad y un crecimiento lento. Según menciona Gutiérrez (2008), la plantación en bolsas produce plántulas con un sistema radical apropiado en un

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

Menciona Gonzáles (2007), que a pesar de su tolerancia a gran variedad de climas, *T. grandis* crece mejor en condiciones moderadamente húmedas y calientes, siendo la cantidad de lluvia óptima para esta especie en el rango de 1500 a 2000 mm por año, sin embargo, puede tolerar rangos entre los 500 y 5100 mm por año. Las sequías extremas pueden disminuir severamente las poblaciones de esta especie, mientras que condiciones muy húmedas pueden provocar mayor crecimiento y producción de madera de menor calidad, debido a un porcentaje mayor de albura, una textura pobre, color menos atractivo, así como por la pérdida de fuerza y una densidad menor.

2.2 LOCALIZACIÓN

Ubicación geográfica y colindancias de los municipios de La Libertad y Las Cruces, del departamento de Petén:

El departamento de Petén situado su extremo con dirección al norte, limita al norte con México; al sur con los departamentos de Izabal y Alta Verapaz; al este con Belice; y al oeste con México. Posee una extensión territorial de 35,854 km², lo que lo convierte en el departamento más extenso de Guatemala, así como en la entidad subnacional más grande de Centroamérica. Flores, la cabecera departamental, se encuentra aproximadamente a 488 km de la capital nacional.

El municipio de La Libertad se ubicada en las coordenadas geográficas siguientes: 16° 47' 15" N y 90° 07' 00" E, a una altura de 190 msnm, administrativamente, el municipio de La Libertad corresponde a la Región VIII, departamento de Petén.

Este municipio dista 38 km de la cabecera departamental y a 532 km de la ciudad de Guatemala. Está situado en la parte occidental del departamento, al norte de Guatemala. Colinda con México (en su parte superior izquierda) y los municipios de San Andrés, San Benito y San Francisco (en un pequeño vértice con éste último); al este con San Francisco, San Benito, parte de San Andrés y parte de Sayaxché; al sur con éste último y San Francisco en una pequeña franja; al oeste con los estados mexicanos de Chiapas y Tabasco (Juárez, 2011).

La evaluación del primer raleo comercial en teca se realizó en plantaciones forestales administradas por el operador forestal, específicamente en las fincas 3, 9 y 19, en el municipio de Las Cruces, departamento de Petén (Ver anexo 1). El operador forestal cuenta con plantaciones de gran importancia en los municipios de La Libertad y Las Cruces.

La ubicación de los proyectos de reforestación se pueden observar en la figura 1, teniendo como referencia la región de Centro América.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

El Operador Forestal, en comparación con otras empresas forestales, es el encargado de supervisar las actividades de preparación del suelo como lo es el desguamilado, luego el subsolado que consiste en romper la compactación del suelo a una profundidad de al menos 60 cm para tener una mayor aireación y drenaje, mejorando la profundidad efectiva y posteriormente pasar el tomahawk, que consiste en 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, también es el trazo de la plantación y es en dónde se van a sembrar las plantas de teca (*Tectona grandis* L.f.) (Juárez, 2011).

El operador forestal está a cargo de las administraciones Forestales 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. La organización de la empresa está constituida por varios departamentos como una unidad funcional para todas las actividades que se realizan (Ver anexo 2).

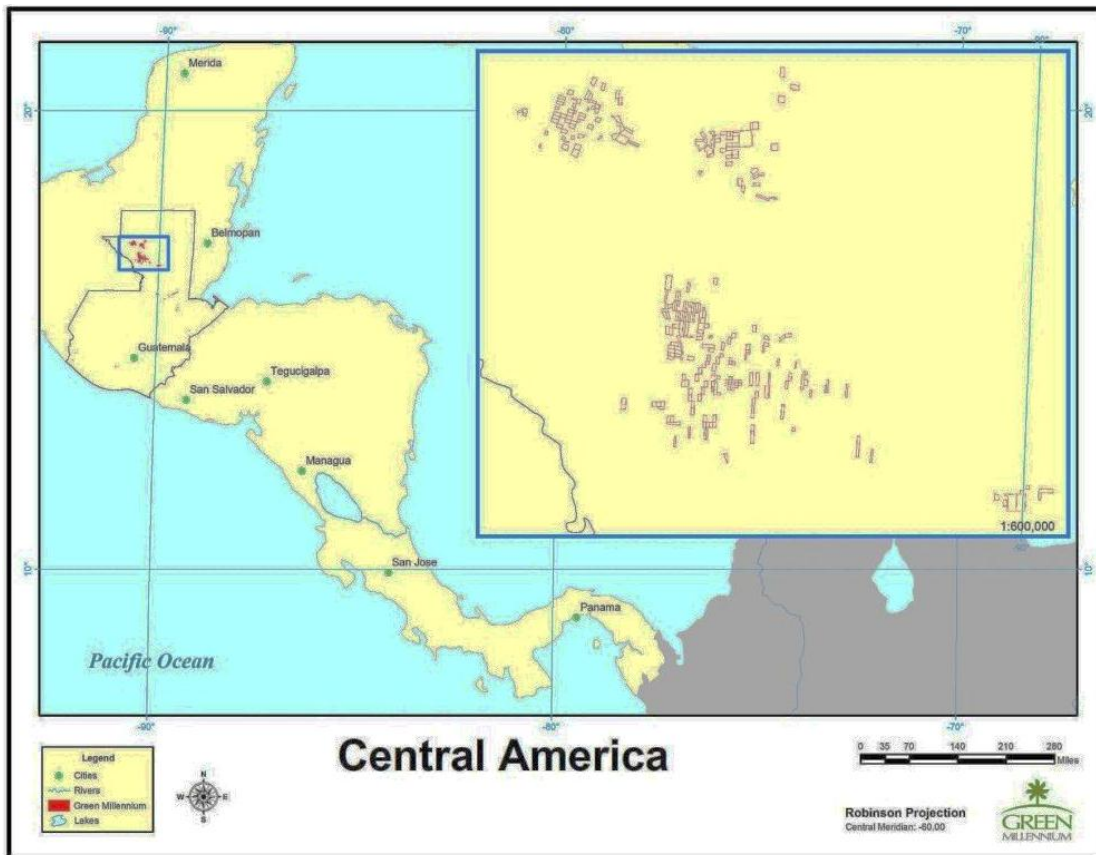


Figura 1. Ubicación geográfica de las plantaciones administradas por el Operador Forestal

Fuente: Operador Forestal 2010

En su política general, la empresa reconoce como factores fundamentales dentro del desarrollo de todas y cada una de sus operaciones, los siguientes:

- a) Velar por el cumplimiento de la legislación nacional vigente aplicable a las operaciones forestales, tanto general, como ambiental, social y de seguridad.

- b) Mejorar la rentabilidad del negocio a través de buenas prácticas forestales que sean económicamente viables, ambientalmente amigables y socialmente responsables.
- c) Procurar condiciones de trabajo seguras para todos sus colaboradores.
- d) Evitar o minimizar los impactos ambientales adversos significativos.
- e) Promover buenas relaciones con la comunidad y públicos de interés.
- f) Promover el desarrollo local sostenible.
- g) Promover la contratación de mano de obra local, que cumpla con las competencias requeridas para las actividades forestales.
- h) Adoptar principios y criterios de manejo forestal internacionalmente reconocidos, tomando como referencia los del Forest Stewardship Council.

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.

Dentro de este contexto, la empresa debe cumplir con su principal rol, el cual es generar valor a la inversión. En tal sentido, la empresa no es una institución de beneficencia que deba resolver los problemas de la comunidad; es una organización que sí puede ayudar a que se resuelvan los problemas.

Desde el año 2004 el operador forestal ha generado más de 2,000 puestos de trabajo en el departamento de Petén, posee 158.06 ha 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. Inauguró una escuela en la comunidad de Tierra Linda Zapotal, Sector Las Cruces.

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 del municipio Las Cruces A y B, uno en la región de Sagrado Corazón y otro en la región de Cerritos. (Ver anexo 3).

2.3.1 Sectores de trabajo de la empresa

Según indica Juárez (2011), el operador forestal realiza la administración de las plantaciones de teca por sectores de trabajo los cuales se mencionan a continuación:

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 (Ver anexo 4).

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 km aproximadamente), luego se entra a mano derecha en carretera de terracería hacia la comunidad de Sagrado Corazón (13 km aproximadamente).

c) Área plantada

3,043.98 ha (67.64 caballerías) plantadas hasta el año 2011 con la especie teca (*Tectona grandis* L.f.).

d) 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.

e) Uso actual

En el sector Sagrado Corazón y San Julián predomina el uso agropecuario (maíz, frijol, pepitoria, ajonjolí y ganadería), bosque latifoliado bajo a alto, humedales y cuerpos de agua.

f) Tipos de suelos

El tipo de suelo predominante es el Quinil (QI), son áreas de karts aplanado, arcillados con drenaje lento, con residuos de caliza, también se encuentra en menor cantidad el tipo de suelo Jojlá (Jo), son terrazas y planicies kársticas, relieve plano o ligeramente ondulado.

g) Zonas de vida

La zona de vida predominante según Holdridge es Bosque húmedo subtropical cálido Bh-S(c).

h) Temperatura promedio anual

La temperatura promedio anual predominante se encuentra entre el rango de 23-25 °C y en menor cantidad 25-28 °C.

i) Precipitación promedio anual

La precipitación promedio anual predominante se encuentra en el rango de 577-2,665 mm.

j) Pendiente promedio

La pendiente promedio predominante se encuentra entre el rango de 0-5%, también se encuentran áreas con rango de pendiente entre 5-25% y 25-50% pero en menor cantidad.

k) Áreas protegidas

Se encuentra en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Maya.

Cerritos

a) Ubicación geográfica

El sector Cerritos se encuentra ubicado en el municipio de La Libertad, departamento de Petén (Ver anexo 5).

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) Área plantada

1,394.96 ha (30.99 caballerías) plantadas hasta el año 2011 con la especie teca (*Tectona grandis* L.f.).

d) Comunidades

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

e) Uso actual

En el sector Cerritos predomina el uso agropecuario (maíz, frijol, pepitoria, ajonjolí y ganadería), bosque latifoliado bajo a alto, humedales y cuerpos de agua.

f) Tipos de suelos

El tipo de suelo predominante es el Jojlá (Jo), son terrazas y planicies kársticas, relieve plano o ligeramente ondulado, también se encuentra en menor cantidad el tipo de suelo Quinil (Ql), son áreas de karts aplanado, arcillados con drenaje lento con residuos de caliza, el tipo de suelo Sacpuy (Sp) suelo ácido, llamados bajos, es pobre en nutrientes, desarrollados en las depresiones y el tipo de suelo Yaxhá (Yx), son terrazas y planicies kársticas, relieve plano o ligeramente ondulado.

g) Zonas de vida

La zona de vida predominante, según Holdridge, es Bosque húmedo subtropical cálido Bh-S(c) y en menor cantidad, Bosque muy húmedo subtropical cálido Bmh-S(c).

h) Temperatura promedio anual

La temperatura promedio anual predominante se encuentra entre el rango de 23-25 °C y en menor cantidad en el rango de 25-28 °C.

i) Precipitación promedio anual

La precipitación promedio anual predominante se encuentra entre el rango de 577-2,665 mm y en una mínima cantidad en el rango de 0-577 mm.

j) Pendiente promedio

La pendiente promedio predominante se encuentra entre el rango de 0-5%, también se encuentran áreas con rango de pendiente entre 5-25% y 25-50% pero en menor cantidad.

k) Áreas protegidas

La mayoría de las fincas se encuentran en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Maya y una mínima parte fuera de áreas protegidas.

Las Cruces

a) Ubicación geográfica

El sector Las Cruces se encuentra ubicado en el municipio de Las Cruces, departamento de Petén (Ver anexo 6).

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 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) Área plantada

7,350.65 ha (163.35 caballerías) plantadas hasta el año 2011 con la especie teca (*Tectona grandis* L.f.).

d) Comunidades

El sector 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.

e) Uso actual

En el sector Las Cruces predomina el uso agropecuario (maíz, frijol, pepitoria, ajonjolí y ganadería), bosque latifoliado bajo a alto, humedales y cuerpos de agua.

f) Tipos de suelos

El tipo de suelo predominante es el Quinil (QI), son áreas de karts aplanado, arcillados con drenaje lento con residuos de caliza, también se encuentra en menor cantidad el tipo de suelo Chacalté (Cha), suelo con alto contenido de karts cónico y el tipo de suelo Sotz (Sz), suelo fértil, drenado lento, rico en nutrientes, propio para la agricultura.

Se encuentra en un relieve relativamente plano de rocas sedimentarias de las planicies bajas de Petén. Se describieron y observaron seis perfiles de color pardo-rojizo profundos arcillosos, en algunos casos con problemas de drenaje interno y al menos en uno con acumulación de calcio en el horizonte B. La mayoría de suelos se clasificaron como Alfisoles: Humic Haplustalf, Typic Rhodustalf, Vertic Calciustalf, Typic Haplustept y Typic Endoaquept.

g) Zonas de vida

La zona de vida predominante, según Holdridge, es Bosque muy húmedo subtropical cálido Bmh-S(c) y en menor cantidad Bosque húmedo subtropical cálido Bh-S(c).

h) Temperatura promedio anual

La temperatura promedio anual predominante se encuentra en el rango de 23-25 °C.

i) Precipitación promedio anual

La precipitación promedio anual predominante se encuentra en el rango de 577-2,665 mm.

j) Pendiente promedio

La pendiente promedio predominante se encuentra entre el rango de 0-5%, también se encuentran áreas con rango de pendiente entre 5-25% y 25-50% pero en menor cantidad.

k) Áreas protegidas

La mayoría de las fincas se encuentran en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Maya y una pequeña parte fuera de áreas protegidas.

La Colorada

a) Ubicación geográfica

El sector La Colorada se encuentra en un área no protegida, ubicado en el municipio de Sayaxché, departamento de Petén (Ver anexo 7).

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) Área plantada

610.72 ha (13.57 caballerías) plantadas hasta el año 2011 con las especies teca (*Tectona grandis* L.f.) y matilisguate (*Tabebuia roseae*).

d) Comunidades

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

e) Uso actual

En el sector La Colorada predomina el uso agropecuario (maíz, frijol y ganadería), bosque latifoliado bajo a alto, humedales y cuerpos de agua.

f) Tipos de suelos

El tipo de suelo predominante es el Jojlá (Jo), son terrazas y planicies kársticas, relieve plano o ligeramente ondulado, también se encuentra en menor cantidad el tipo de suelo Sotz (Sz), suelo fértil, drenado lento, rico en nutrientes, propio para la agricultura.

g) Zonas de vida

La zona de vida predominante, según Holdridge, es Bosque muy húmedo subtropical cálido Bmh-S(c).

h) Temperatura promedio anual

La temperatura promedio anual predominante se encuentra en el rango de 23-25 °C.

i) Precipitación promedio anual

La precipitación promedio anual predominante se encuentra en el rango de 577-2,665 mm.

j) Pendiente promedio

La pendiente promedio predominante se encuentra entre el rango de 0-5%, también se encuentran áreas con rango de pendiente entre 5-25% y 25-50% pero en menor cantidad.

Superficie Administrada

Cuadro 1. Superficie administrada por el Operador Forestal

Empresa	No. Fincas	Superficie (ha)		
		Plantada	Otros usos	TOTAL
F. Ceibal	233	9,868.90	3,651.25	13,520.15
F. Chaklum	96	4,642.74	1,090.22	5,732.96
TOTAL	329	14,511.64	4,741.47	19,253.11

Fuente: Operador Forestal 2014

Para la superficie mencionada como otros usos, se incluyen bosques de protección, bosques de alto valor de conservación (BAVC), lagunas, montañas y áreas desérticas.

Área plantada por año

Cuadro 2. Área plantada por el Operador Forestal

AÑO	Superficie (ha)		
	FORESTAL CEIBAL	FORESTAL CHAKLUM	TOTAL
2004	88.90	0.00	88.90
2005	89.88	0.00	89.88
2006	236.78	0.00	236.78
2007	1,625.90	0.00	1,625.90
2008	1,763.04	0.00	1,763.04
2009	1,684.06	1,118.97	2,803.03
2010	1,824.27	1,243.77	3,068.04
2011	1,677.71	1,028.52	2,706.23
2012	878.36	657.39	1,535.75
2013	0.00	594.09	594.09
TOTAL	9,868.90	4,642.74	14,511.64

Fuente: Operador Forestal 2014

III. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA

Durante los últimos años el sector forestal en el Peten, ha ido recuperando áreas con vocación forestal (26,595.77 ha reforestadas al año 2012), así como aumentando las plantaciones forestales, entre las cuales se encuentran las plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.).

El operador forestal administra alrededor de 329 fincas, con aproximadamente 14,511.64 ha (322.48 caballerías) reforestadas con la especie teca, esto según datos hasta el año 2013. El manejo forestal de las plantaciones se basa en el establecimiento, mantenimiento, protección, manejo y cosecha, el producto principal a obtener es el rollizo basal libre de nudos, también rollizos aserrables con nudos y rollizos pulpables para exportación, pero si las condiciones lo permiten se podrá considerar el mercado local para el producto final y los productos que se obtengan en los raleos, debido a las normas de calidad y sanidad que debe cumplir el producto para exportación y la gran extensión de área reforestada que posee la empresa.

El operador forestal cuenta con plantaciones de teca desde el año 2004, en grandes extensiones de diferentes lugares en Petén, es por ello que se tiene la necesidad de contar con personal altamente calificado y sobre todo con conocimientos específicos en materia forestal, para fortalecer el manejo de dichas plantaciones forestales, en donde es necesario evaluar las plantaciones, estimar la dinámica de crecimiento, establecer y medir ensayos investigativos y estudios de campo, así como el control y evaluación de las actividades silvícolas, como es el raleo como tal, que está dirigido a optimizar la producción del recurso maderable, específicamente en esta especie forestal.

Es así como el operador forestal tuvo la necesidad de que se evaluara mediante tres escenarios, el primer raleo comercial de sus plantaciones que ya tenían siete años de edad, esto con el fin de evaluar el crecimiento y productividad que determinaron la cantidad, calidad y sanidad de los individuos forestales remanentes, luego de realizado el primer raleo comercial, lo cual se evaluó mediante esta práctica profesional.

Por otra parte, es fundamental el apoyo técnico y profesional dentro de las áreas de plantaciones, por lo que también fue necesidad de esta empresa la práctica realizada como dicho apoyo, para el buen desarrollo de todas las actividades que se llevaron a cabo, con el objetivo de eficientar los recursos basándonos en la toma de decisiones; dichas decisiones en el tema forestal son de suma importancia por el largo tiempo empleado para el crecimiento de las plantaciones.

Es así como la práctica se justifica como apoyo profesional para el manejo de las plantaciones a través del monitoreo de actividades silvícolas, específicamente la evaluación del primer raleo comercial de la especie *T. grandis* L.f., con una edad de siete años, con el fin de que dicha actividad forestal se lleve a cabo eficientemente y posterior a ello poder obtener datos relevantes que den un aporte significativo para continuar ejecutando de la mejor manera el manejo de las plantaciones.

Esto debido a que existe un mercado internacional como demanda, al cual es posible abastecer aunque sea en pequeñas cantidades, pero para el operador forestal es importante aprender a hacer raleos ya que la especie como tal requiere de un manejo “a tiempo” que lo beneficiara para los posteriores manejos y raleos.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Evaluar el primer raleo comercial en plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis* L.f.) de siete años de edad, como práctica silvicultural, enfatizando en el crecimiento, rendimiento y calidades del producto.

4.2 ESPECÍFICOS

- Monitorear la ejecución de la actividad y metodología de marcaje empleada para el primer raleo comercial en una plantación de teca de siete años de edad.
- Evaluar la ejecución y productos de la corta de árboles del primer raleo comercial de teca, de los individuos marcados como no deseados, con una edad de siete años.
- Restablecer parcelas permanentes de monitoreo para el análisis del crecimiento y la productividad, que determinen la cantidad, calidad y sanidad de los individuos remanentes en las plantaciones forestales de teca, posterior al primer raleo comercial.
- Evaluar los costos del primer raleo comercial en las plantaciones forestales de teca a una edad de siete años, que incluya todas las actividades a realizarse durante la etapa del raleo comercial.

V. PLAN DE TRABAJO

5.1 PROGRAMA DESARROLLADO

La ejecución de las actividades de la práctica profesional supervisada fueron divididas en 4 etapas, que fueron dirigidas a una misma actividad forestal, la cual es el primer raleo comercial para *Tectona grandis* L.f. En la primera etapa se monitoreó la actividad de marcaje de los árboles a ralear, la segunda etapa fue la evaluación de la ejecución y productos de la corta de los árboles marcados como no deseados, seguido de la tercera etapa en la cual se restablecieron parcelas de monitoreo dirigidas al análisis de crecimiento y productividad post-raleo comercial, en donde estas primeras tres etapas son evaluadas al mismo tiempo según el momento de cada actividad. La cuarta etapa que es la evaluación de los costos del primer raleo comercial desde la marcación hasta la corta de los árboles marcados. Estas actividades fueron desarrolladas según el programa de ejecución (Ver anexo 8), las cuales que se describen a continuación:

5.1.1 Monitoreo de la ejecución de la actividad y metodología de marcaje para el primer raleo comercial

Para la ejecución de una actividad silvicultural como lo es el raleo, se debe de efectuar una adecuada marcación de los individuos con características no deseadas (enfermos, plagados, con malas formas, de poco diámetro o poca altura), los cuales son objeto de corta, esto para eliminarlos de la población que cuenta con mejores características, que cumplen con los objetivos del producto final que requiere la empresa.

Para esto la empresa cuenta con prioridades para la elección de los árboles a marcar y que son la referencia para la eliminación de los árboles raleados, las cuales son:

- a) Estado fitosanitario: se elimina aquel árbol que tenga problemas de plagas, enfermedades, 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.

- b) Rectitud del tronco: si no tuviéramos árboles enfermos o plagados, dentro de los árboles 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.
- c) Diámetro: si dentro de los árboles de la caja de marcación, no tuviéramos, árboles enfermos, ni mal conformados, la decisión va dirigida a favorecer los árboles de mayor diámetro, marcando los más pequeños de la caja.
- d) 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.
- e) Es importante hacer la aclaración de que los árboles muertos o faltantes se consideran raleados.

Como prescripción del segundo raleo comercial, el operador forestal propuso, según sus necesidades, ejecutar y evaluar el primer raleo comercial de las plantaciones con una edad de siete años aproximadamente, anticipando el raleo comercial, por medio de 3 tratamientos de diferentes densidades post-raleo efectuadas en diferentes fincas.

Las densidades post-raleo propuestas fueron definidas en base a la prescripción de manejo establecida al inicio del proyecto, para efectuar el primer raleo comercial en teca, la cual era de 500 árboles por hectárea, evaluando así los extremos de esta prescripción con diferencias de 50 árboles de remanencia, por encima y por debajo de lo prescrito, así también un tercer escenario de 100 árboles de remanencia menor a lo prescrito; para la elección de fincas, fue determinada por aquellas en donde se lograra

la aprobación institucional de la intervención; con lo cual se tienen las densidades por escenario presentadas en el cuadro 3.

Cuadro 3. Escenarios de densidades para primer raleo comercial de Teca.

Escenario	Finca	Área (ha)	% Área	Densidad Post-raleo
1	GM-9	44.19	55.33	550 Árboles/ha
2	GM-3	16.15	20.22	450 Árboles/ha
3	GM-19	19.53	24.45	400 Árboles/ha
	TOTAL	79.87	100.00	

Para estos tratamientos de raleo que fueron definidos por la empresa, se utilizó el método de marcación por cajas, las cuales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Cajas de marcación para raleo comercial.

Escenario	Densidad Post-raleo	Caja de marcación		
		No. de árboles iniciales	No. árboles a ralear	No. árboles remanentes
1	550 Árboles/ha	20	9	11
2	450 Árboles/ha	20	11	9
3	400 Árboles/ha	10	6	4

Las cajas de marcación para raleo comercial se definen a partir de la relación del número de árboles remanentes, número de individuos que son evaluados por cada caja y número de individuos que quedan después del raleo por cada caja. Es así como se definen las cajas de marcaje para cada uno de los tratamientos propuestos por la empresa.

- a) Para la prescripción de 450 árboles/ha como densidad post-raleo, se inició evaluando la caja de marcación en dos pares de surcos paralelos, en donde cada caja es evaluada por un marcador, desde la parte frontal de la finca hasta la parte trasera de la misma y regresando en los dos pares de surcos siguientes;

por cada par de surcos se evaluaron 10 individuos con lo cual se evaluaron en total 20 individuos, es decir 5 individuos por cada surco (aquí se incluyen los espacios donde debería de haber un árbol aunque este no se encuentre, ya sea por haber salido anteriormente por el raleo sanitario o por muerte del individuo en los años que lleva la plantación).

De estos 20 árboles evaluados el marcador por caja seleccionó los mejores 5 que quedaron como remanentes y los demás fueron marcados para raleo, tomando en cuenta que los espacios de ausencia del árbol son contados dentro de estos 5 para raleo, además para poder llegar a la densidad requerida, entre los dos marcadores que llevan un caja de marcación cada uno, definen cual es el peor de los 10 mejores dejados como remanentes para marcar y ser raleado, y luego continuar con la evaluación de la siguiente caja doble de marcación, se puede visualizar la caja de marcación en la figura 2.

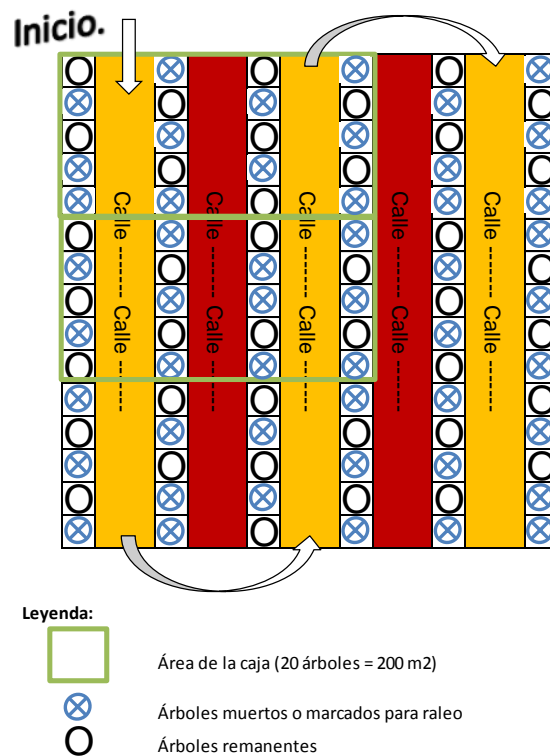


Figura 2. Caja de marcación para una densidad final post-raleo de 450 árboles/ha.

Fuente: Elaboración propia.

b) Para la prescripción de 550 árboles/ha como densidad post-raleo, también se inició evaluando la caja de marcación en dos pares de surcos paralelos, en donde cada caja es evaluada por un marcador, desde la parte frontal de la finca hasta la parte trasera de la misma y regresando en los dos pares de surcos siguientes; por cada par de surcos se evaluaron 10 individuos con lo cual se evaluaron en total 20 individuos, es decir 5 individuos por cada surco (aquí se incluyen los espacios donde debería de haber un árbol aunque este no se encuentre, ya sea por haber salido anteriormente por el raleo sanitario o por muerte del individuo en los años que lleva la plantación), se puede visualizar la caja de marcación en la figura 3.

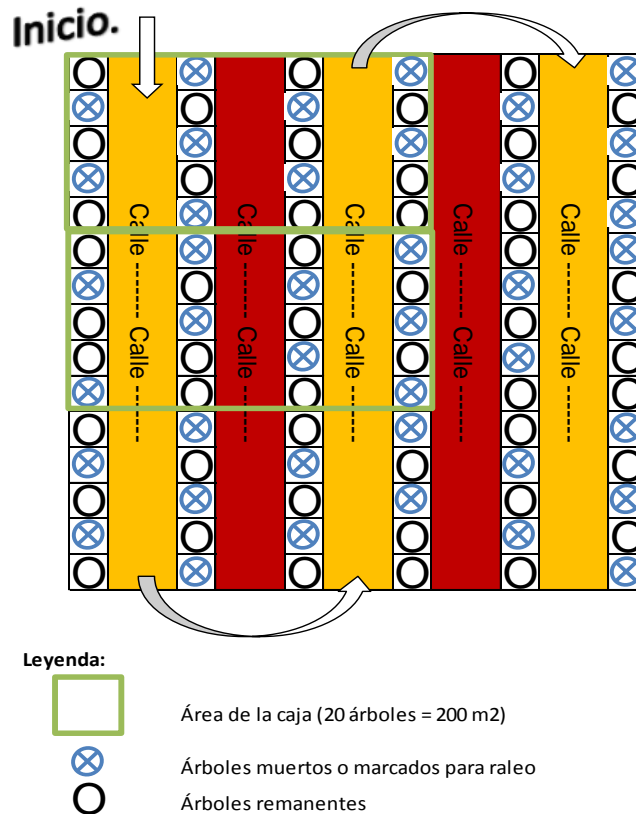


Figura 3. Caja de marcación para una densidad final post-raleo de 550 árboles/ha.

Fuente: Elaboración propia.

De estos 20 árboles evaluados el marcador por caja seleccionó los mejores 6 que quedaron como remanentes y los demás fueron marcados para raleo,

tomando en cuenta que los espacios de ausencia del árbol son contados dentro de estos 4 para raleo, además para poder llegar a la densidad requerida, entre los dos marcadores que llevan un caja de marcación cada uno, definen cual es el peor de los 12 mejores dejados como remanentes para marcar y ser raleado, y luego continuar con la evaluación de la siguiente caja doble de marcación.

- c) Para la prescripción de 400 árboles/ha como densidad post-raleo, la evaluación se realizó en dos surcos paralelos por marcadores individuales, desde la parte frontal de la finca hasta la parte trasera de la misma y regresando en los dos surcos siguientes; por cada par de surcos se evaluaron 10 árboles siendo 5 árboles por surco evaluados (aquí se incluyen los espacios donde debería de haber un árbol aunque este no se encuentre, ya sea por haber salido anteriormente por el raleo sanitario o por muerte del individuo en los años que lleva la plantación).

De estos 10 individuos evaluados el marcador por caja seleccionó los mejores 6 que quedaron como remanentes y los demás fueron marcados para raleo, tomando en cuenta que los espacios de ausencia del árbol son contados dentro de estos 4 para raleo, y para este escenario con la marcación anterior se llega a la densidad requerida para luego continuar con la evaluación de la siguiente caja de marcación, se puede visualizar la caja de marcación en la figura 4.

La mejor forma de realizar la marcación fue que cada marcador se colocara al centro del inicio de la caja de marcación, para poder observar de la mejor posición los árboles objeto del tratamiento de raleo comercial, evaluando así los árboles a raleo y como los remanentes.

Primero se apoyó en una capacitación en el lugar de las fincas donde se establecieron los distintos tratamientos propuestos, en la cual se dio a conocer la densidad final requerida, el método de cajas a utilizar, el tamaño de cada una de las cajas y la manera

adecuada de determinar cuáles serían los árboles a marcar como los menos convenientes para quedar en las plantaciones, después del primer raleo comercial.

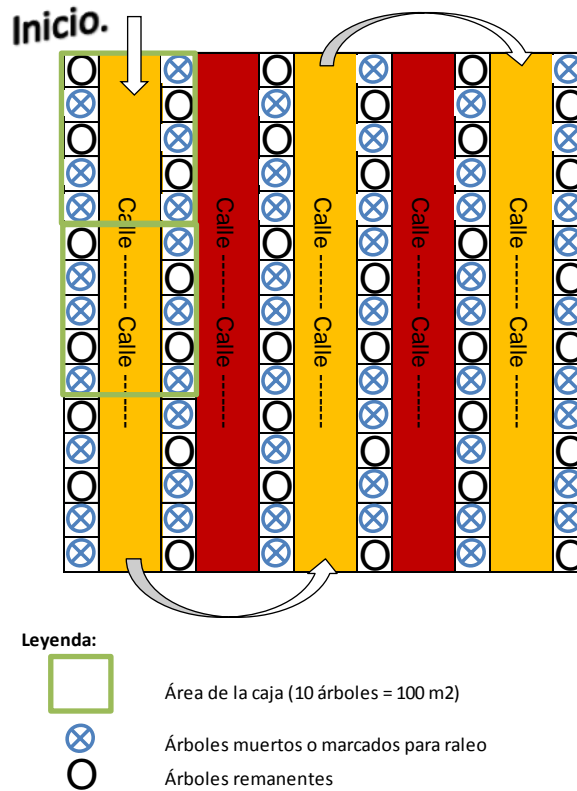


Figura 4. Caja de marcación para una densidad final post-raleo de 400 árboles/ha.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la capacitación se monitoreó la actividad de marcado, previo al raleo a través de acompañamiento dirigido, a las personas encargadas de llevar a cabo esta actividad, así como establecimiento de parcelas de muestreo con las que se evaluó esta actividad; Se verificó que la ejecución de la marcación fuera adecuada; además se verificó que la marcación se llevara a cabo lo suficientemente visible para que otras personas como los motosierristas encargados de la actividad directa de ralear puedan observarla claramente, siendo esta marca a una altura de aproximadamente 1.30 m, y del lado interno de las calles por donde caminarán los cortadores.

Por otra parte, se verificó que marcaran la cantidad exacta de los individuos prescritos por cada caja marcada, para poder obtener al final la densidad necesaria planificada con los árboles remanentes.

Se monitoreó que el equipo, instrumento y material de las personas encargadas de marcar los individuos fuera el correcto, siendo estos, pistolas para pintura en buen estado sin problemas de pérdida de pintura, implementos de protección para todo el grupo de marcadores y pintura de color azul especificada por la empresa.

Después de finalizada la marcación del raleo, se ejecutó el inventario de post marcación de raleo comercial, en donde se controló la correcta ejecución de la actividad de marcaje y la cantidad adecuada de individuos marcados para obtener la densidad necesaria prescrita anteriormente. Para esto se establecieron parcelas circulares de 300 m² que se realizaron con un radio de 9.77 m, estas parcelas fueron llevadas con una intensidad de muestreo de 0.75% equivalente a una parcela por cada 4 ha, distribuidas de forma sistemática en la plantación. En las parcelas se evaluaron los datos dasométricos, los que posteriormente se analizaron para obtener datos de volumen a extraer y remanente.

El inventario también fue de utilidad para conocer la densidad actual en la que se encontraba cada una de las fincas propuestas a ralear. Con los individuos marcados se proyectó la densidad final a la que quedaría la finca luego de ser intervenida por el raleo comercial, evaluando si ésta densidad es acorde a la propuesta para densidades post-raleo comercial para cada una de las fincas, que serán objeto de evaluación para la empresa.

Para el inventario post marcación de raleo comercial se utilizó una boleta de campo elaborada por la empresa (Ver anexo 9).

Los parámetros que fueron medidos son:

- a) DAP de todos los árboles (tanto los árboles marcados para ser dejados en pie como aquellos que saldrán en el raleo) este dato en centímetros con un decimal.
- b) Altura de 5 árboles representativos cercanos al centro de la parcela, estos datos en metros con aproximación cada 0.25 metros.
- c) Clase de calidad de todos los árboles.

En las observaciones de cada individuo se refirió si correspondía a un árbol raleado o remanente, además de su estado fitosanitario.

5.1.2 Evaluación de la corta de los árboles marcados en el primer raleo comercial

Es de suma importancia, evaluar una actividad silvicultural como el raleo comercial, ya que de éste dependen los productos que se obtengan para comercializar, en donde se puede aprovechar al máximo cada individuo raleado, de los cuales se pueden obtener productos de calidades distintas y que en relación a estas calidades, así será el ingreso económico que se obtenga; se evaluaron las siguientes:

- a) Equipo de corta
- b) Equipo de protección personal
- c) Precauciones a tomar en cuenta para cortar árboles
- d) Cortar los árboles marcados
- e) Metodología para cortar los árboles
- f) Corta de trozos y copa

Para evaluar la actividad de corta de los árboles marcados, en el primer raleo comercial, se inició con la evaluación y verificación del equipo de corta, que consiste en la motosierra, la cual debe contar con todos sus implementos o partes en óptimas condiciones y siendo estos funcionales; más las herramientas necesarias que se necesitan cuando se utiliza una motosierra, estas son, lima para afilar los dientes de la

cadena, llaves para poder desarmar la motosierra por cualquier desperfecto mecánico, repuestos que más desgaste tienen y que se deben de cambiar a cierto tiempo corto, como lo son collarín, cinta de freno, cuerda, grasa grafitada, entre otros; también los aceites, lubricantes y combustible, que deben estar separados en distintos recipientes, así como bien identificados para no confundirlos.

Luego de haber evaluado el equipo de corta, se procedió a evaluar el equipo de protección personal, que es parte de los implementos que un motosierrista y ayudante deben de contar. Al momento de realizar la actividad de corta de los árboles, estos implementos son: casco con protector auditivo, botas punta de acero, traje para motosierrista el cual lo protege de cualquier situación de desviación de la motosierra hacia la persona que está ejecutando la actividad, guantes especiales para motosierristas, lentes de protección (esto en caso de que el casco no traiga su propia protección de careta), polainas y chaleco reflectivo, entre otros.

La evaluación de estos equipos de corta y protección personal, se llevaron a cabo con el personal del operador forestal, especializado en el control de equipos e implementos que se utilizan en las actividades forestales llevadas a cabo dentro de las plantaciones de Teca. La finalidad de esta actividad es que el personal que ejecuta estas actividades cuente con el equipo e implementos necesarios en buen estado, lo cual está incluido como requisito al ejecutar las actividades forestales de la empresa.

Así como el equipo e implementos tienen su importancia, se deben de tomar en cuenta precauciones para realizar la corta de árboles, las cuales son de suma importancia, para nuestro caso en plantaciones con una edad de siete años aproximadamente; es así como se recomienda estar pendiente del árbol o árboles que se estén cortando o en disposición a ser cortados, esto para poder ubicarse en un lugar adecuado y no en el lugar de caída del árbol; también se debe evitar, en lo absoluto, la distracción por equipos auditivos, teléfonos celulares, u otra forma de distracción que se encuentre en el momento de corta de los árboles.

Es importante hacer énfasis en realizar un análisis visual del tamaño del árbol y la distribución espacial en el entorno del individuo que será cortado, para poder definir la dirección de caída del árbol, para hacer el menor daño posible a los individuos que quedaran en pie después del raleo y sin dejar que el árbol a cortar vaya a tener interrupción en su caída por otro árbol o ramas de otro árbol.

Para la corta, se procede a cortar el árbol a no más de 15 cm del suelo para que el tocón sea lo más pequeño posible, en caso de árboles de gran grosor se recomienda realizar un primer corte como cuña que servirá para dirigir la caída del árbol, para después realizar el segundo corte en la parte posterior al primero completando con este segundo la corta del individuo, aunado a este corte el ayudante del motosierrista con ayuda de una barra de metal en forma de tridente, podrá apoyar en direccionar y asegurar la caída del árbol; la forma de cortar los árboles es dirigiendo la caída en forma de espina de pescado, hacia el centro de los surcos, esto en el mejor de los casos.

Con el árbol tumbado en el suelo, se procedió a efectuar el troceo, comenzando con corregir la rectitud del corte transversal (esto cuando se hayan efectuado dos cortes en la base del árbol), luego se corta el árbol en trozos con una dimensión de 2.25 m de largo (medida requerida por el mercado actual), este troceo se lleva hasta la parte del fuste del individuo que tenga el mínimo de 3 pulgadas aproximadamente de diámetro, aquí la cantidad y grosor de las trozas varía según el individuo que fue cortado.

También se evaluó que en casos especiales donde la base de alguna troza este demasiado torcida o defecto de forma, en este se debe de efectuar un saneamiento de troza, el cual consiste en cortar la parte de la base de la troza que esta defectuosa, para poder contar con una troza de mayor calidad, aunque esto no se debe de hacer si el defecto se distribuye en gran parte de la troza ya que se estaría perdiendo el producto de mayor diámetro, lo cual no compensaría el saneamiento.

Así mismo se deben de dejar las trozas sin ninguna rama adherida, aquí se evaluó que el motosierrista realizara el desramado de todas trozas obtenidas por individuo, en donde el corte debe de hacerse al ras del fuste, para conseguir trozas libres de ramas, sin hacerle daño al producto maderable.

Al finalizar el troceo, se debe de dejar la copa cortada en el campo, en donde haya caído la misma, primero para no tener copas completas que obstaculicen la actividad de carga del producto, por el tractor que transite en las calles de las plantaciones u obstaculizar alguna otra actividad que se llegue a realizar a la plantación.

Para la evaluación del primer raleo comercial en *Tectona grandis* L.f., se realizó el acompañamiento del motosierrista y ayudante, donde fueron evaluadas visualmente cada una de las actividades mencionadas. Para esta evaluación se utilizaron calles donde por cada surco de lado y lado se contabilizaron 50 árboles para que la evaluación fuera de 100 individuos, tomando en cuenta los espacios en donde se encontraban árboles faltantes, esto sea porque salieron en el primer raleo de saneamiento y/o murieron en la etapa de prendimiento post-plantación. Las variables contabilizadas son el número de individuos raleados dentro de la muestra y otros parámetros que se mencionaran más adelante.

Se evaluaron los productos del raleo comercial, mediante una muestra de individuos que fueron raleados por cada una de las fincas, tomando en cuenta que esta muestra no debía ser menor a 30 árboles distribuidos en toda la finca, para poder tener una muestra representativa de los productos obtenidos en cada árbol. A través de dichos individuos muestreados, se obtuvieron los datos de trozas cortadas por árbol, circunferencias de trozas, largo de trozas y calidad de las mismas; esto se realizó por medio de una boleta de medición de trozas (Ver anexo 10).

Los resultados de trozas obtenidos de estos individuos muestreados, fueron utilizados para proyectar el promedio de trozas que saldrían después del raleo en la totalidad de

la finca, así como el porcentaje de trozas por cada calidad del producto, y con esto poder cuantificar los productos por calidad y dimensión.

También, se generó, a partir de estos resultados una tabla de productos (trozas), con la que se puede proyectar, la cantidad de trozas que se obtienen, por clase diametral.

5.1.3 Restablecimiento de parcelas permanentes de monitoreo para el análisis de crecimiento y productividad posterior al primer raleo comercial

Para este análisis de crecimiento y productividad post-raleo comercial, se utilizaron PPM (Parcelas Permanentes de Monitoreo) ya establecidas por la empresa, dentro de cada una de las fincas que fueron objeto de estudio y de intervención del primer raleo comercial, para lo cual estas parcelas fueron la base para generar los datos que se necesitan analizar. La cantidad de PPM restablecidas por cada una de las fincas se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Cantidad de parcelas permanentes de monitoreo por finca.

No.	Finca	Área (ha)	% Área	PPM establecidas
1	GM-9	44.19	55.33	4
2	GM-3	16.15	20.22	2
3	GM-19	19.53	24.45	2
	TOTAL	79.87	100.00	

Estas parcelas permanentes de monitoreo fueron establecidas en base a la metodología de MIRASILV, el cual es un programa específico para establecer, analizar y proyectar datos obtenidos de dichas parcelas, con lo cual se pueden obtener datos más precisos sobre el crecimiento y productividad de plantaciones forestales. La cantidad de PPM son definidas por el área de la finca, siendo establecida 1 PPM (1,000 m²) por cada 10 hectáreas, equivalentes a 1% del total del área.

La metodología de MIRASILV para establecer las parcelas mencionadas, adaptada a los criterios de la empresa, quedó de la siguiente manera:

- a) Primero se deben definir la cantidad de PPM por finca, dependiendo de los estratos (naturales y/o compuestos por la empresa) en que se divida la finca, la forma de cada estrato y el tamaño de los mismos.
- b) Segundo, distribuir las PPM representativamente en cada uno de los estratos que presenta cada finca, tratando de dirigir las con el objetivo de contar con cada una de las condiciones que pueda presentar cada estrato.
- c) Posteriormente se definen las coordenadas de cada una de las parcelas desde gabinete, así como el tamaño, forma y distribución del espaciamiento que se utilizara en campo.
- d) Ya definidas las PPM con coordenadas, tamaño y espaciamiento de las mismas, se procede a dirigir el proceso a campo, en donde se establecen, comenzando con la búsqueda de las parcelas y verificando su adecuada ubicación (no debe de caer en un claro, ruma, o espacio donde no se encuentre plantado), en caso contrario reubicarlas lo más cercano posible y tomar nota de las nuevas coordenadas para actualizarlas.
- e) Ubicados en el punto de la PPM, se establece tomando diez surcos de la plantación, que equivalen a 40 metros lineales, por diez árboles a lo largo del surco, que equivales a 25 metros lineales, equivalente en total de la parcela a 1,000 m²; aquí se delimitan las cuatro esquinas de la parcela, marcando los tres árboles cercanos a cada esquina como bordes, pintando un doble anillo con pintura de color rojo. Para identificar los árboles dentro de las parcelas, se numeran los primeros dos individuos y los últimos dos individuos de cada surco, numerándolos continuamente avanzando del inicio del primer surco al final del mismo y avanzando al posterior surco y sucesivamente hasta el final de la parcela.

Es así como en campo se encontraron las PPM con las siguientes características dimensionales:

- El tamaño de las parcelas es de 1,000 m².
- La forma de las parcelas es rectangular.
- Las dimensiones de las parcelas es de 40 m de ancho por 25 m de largo.

Con estas parcelas permanentes de monitoreo se efectuó la medición del año 2014, antes del primer raleo comercial, con lo cual se obtuvieron los datos dasométricos de los árboles previo a la intervención de raleo. Esta actividad se ejecutó con el objetivo de volver a realizar la medición de individuos en el año 2015 y evaluar la respuesta del crecimiento obtenido por cada una de los escenarios de raleo comercial establecidos por finca.

Las variables que fueron medidas son las siguientes:

- DAP de todos los árboles (en milímetros)
- Altura de 30 árboles representativos cercanos al centro de la parcela (en decímetros con aproximación cada 2.5 dm)
- Códigos para forma y defectos del fuste.
- Códigos para posición del individuo en el dosel.
- Códigos de sanidad del individuo.

Todas las variables dasométricas y cualitativas que fueron medidas se recopilaron por medio de boletas para medición de árboles en pie (Ver anexo 11), generados por cada una de las parcelas permanentes de monitoreo establecidas a través del sistema MIRASILV.

Posterior a realizar la toma de datos en campo de las PPM establecidas por finca, se llevó la actividad, a fase de gabinete, en donde se tabularon todos los datos para actualizar la base de datos de estas PPM con la información del año 2014.

5.1.4 Evaluación de los costos del primer raleo comercial en plantaciones forestales de teca

Para todo tipo de inversión es necesario poder establecer los costos que genera realizar una actividad específica, en el ramo forestal no es una excepción, por el tiempo de retorno de los costos que genera cada actividad.

a) Costo del marcaeo para el primer raleo comercial

Se evaluaron los rendimientos del mismo en función a la forma y tamaño de la marca, la cual tiene que ser visible para otras personas que busquen estos individuos marcados, la altura y orientación de la marca fue monitoreada con el mismo fin de que sea visible para otros dentro del espacio del bloque, en donde un motosierrista pueda observar y ejecutar el raleo de los individuos marcados.

Así también se evaluó el rendimiento en tiempo de marcación, por medio de muestras en algunos días de la marcación, con el apoyo de una bitácora de actividades (Ver anexo 12), en donde se registraron los tiempos de la marcación por cada escenario, esto por cada par de surcos marcados a lo largo de la finca; en la misma actividad, se evaluó la cantidad de pintura utilizada para marcar el par de surcos a lo largo de la finca, para posteriormente proyectar estos rendimientos al total de área de la finca.

Los costos de la actividad de marcaeo para raleo comercial, son un conjunto de herramientas, equipo de protección, materiales y personal, entre otros que fueron necesarios.

Las herramientas y/o equipo que se utilizó para esta actividad de marcaeo para raleo comercial fueron los siguientes:

- 5 Bombas de pulverizador para marcación
- 5 Termos para alimentos

- 5 Cascos de protección
- 5 Chalecos
- 5 Pares de Polainas
- 5 pares de guantes
- Pintura latex de color azul
- Lubricantes
- 1 Vehículo tipo Pick-up

La actividad de marcaje para raleo comercial, fue ejecutada por 5 personas capacitadas para dicha actividad, en donde una persona como supervisor es el encargado de la coordinación y control de la calidad en la marcación, tomando en cuenta todas las variables que se les fue detalladas en la capacitación para el primer raleo comercial, las otras cuatro personas, son los marcadores de raleo, encargados directamente de ejecutar la marcación de los árboles.

Estos costos varían según la cantidad de insumos que se necesitaron para realizar la marcación de una finca, así como el tiempo en días que fue requerido para poder terminar dicha marcación; esto en base al tratamiento de raleo que se propuso para cada una de las fincas, del cual se obtiene la cantidad de árboles que serán marcados y en relación a esta cantidad, así será la cantidad de insumos y días laborales requeridos para la actividad del marcado para el primer raleo comercial, por cada escenario ejecutado.

b) Costo del inventario post-marqueo

Un inventario conlleva distintas herramientas necesarias para poder ser efectuado según los objetivos para el que se haga dicho inventario, y para ello se necesita efectuar una parte de trabajo en gabinete, para poder tener todas las herramientas necesarias para llegar a obtener lo que se está buscando.

Es así como se enlistan las herramientas y/o equipo necesario que se utilizó para realizar el inventario post-marqueo en las plantaciones de interés para el primer raleo comercial de *Tectona grandis* L.f., y los cuales son:

- Mapa de ubicación de fincas del operador forestal
- Navegador GPSmap 60CSx
- Cinta diamétrica
- Hipsómetro SUUNTO
- Laso de 9.77 metros de largo
- Cinta reflectiva
- Boleta de toma de datos
- Estacas de madera
- 2 termos para alimentos

También se utilizó como transporte una motocicleta para movilizarse a las fincas, la cual entra dentro del equipo utilizado, mas todos los insumos que necesita este transporte para que su funcionamiento sea eficiente; en dicho transporte nos movilizamos dos personas encargadas de realizar el inventario, que al igual que todo lo anterior son parte del costo para realizar dicha actividad.

El costo de esta actividad se llegó a establecer por medio del número de parcelas que fueron realizadas, por cada una de las fincas propuestas para el raleo comercial; otro factor que se tomó en cuenta fue la cantidad de personas necesarias para realizar las parcelas y los días que se tomaron para poder terminar el inventario post-marqueo de cada finca.

El rendimiento de esta actividad, varía según el tamaño de la finca que se intervino, ya que en relación a este tamaño, así fue el número de parcelas que se efectuaron dentro de la finca, lo cual genera que sean proporcionalmente los días trabajados en el inventario post-marqueo para raleo comercial.

En base a estos rendimientos por finca, se cuantificaron los costos reales de la actividad de inventario post-marqueo para el primer raleo comercial, relacionando los rendimientos obtenidos con el material, equipo y transporte utilizado para realizar con éxito la actividad.

c) Costo de la corta de los árboles

La actividad de raleo (corta) se ejecutó apegado a las normas estándares internacionales, que son verificadas por FSC (Forest Stewardship Council) que es en español es el Consejo de Administración Forestal, por lo cual se utilizaron equipos y herramientas necesarias para realizar esta actividad de raleo comercial.

Para esto se enlistan los equipos y herramientas que se utilizaron, los cuales son:

- Pantalón anticorte
- Casco para motosierrista con protector auditivo
- Botas con protección en la punta
- Guantes
- Polainas
- chaleco reflectivo
- Silvato
- Venda
- Motosierra (Husqvarna 365)
- Cadena
- Espada 38 cm
- Gasolina regular
- Aceite 2 tiempos
- Aceite 40 para cadena

Así mismo, otros como repuestos que son necesarios en algunas ocasiones mas no en toda la actividad del raleo, como lo son el collarín, lima, cinta de freno, cuerda y grasa grafitada; también se utilizó un vehículo tipo pick-up para el transporte de personal, toldo, mesa y sillas plásticas para el descanso.

El primer raleo comercial fue ejecutado por 4 grupos de raleo, en donde cada grupo estaba conformado por un motosierrista y un ayudante, para lo cual cada persona, tenía el equipo de protección completo, más el equipo de corta necesario por grupo; lo cual sumado es el total de equipo y herramientas utilizadas para la actividad, y el costo del mismo es proyectado por hectárea raleada, por cada una de las fincas.

El costo de esta actividad se llegó a establecer por medio del número de árboles que fueron raleados, por cada una de las fincas propuestas para el raleo comercial; otro factor que se tomó en cuenta fue la cantidad de personas necesarias para realizar la actividad de raleo y los días que se tomaron para poder terminar dicha actividad por cada finca.

El rendimiento de esta actividad, se evaluó mediante boleta de registro de rendimientos (Ver anexo 13), varía según el tamaño de la finca que se intervino, ya que en relación a este tamaño, así fue la cantidad de individuos raleados dentro de cada una de las fincas, lo cual genera que sean proporcionalmente los días trabajados en el primer raleo comercial.

En base a estos rendimientos por finca, se cuantificaron los costos reales de la actividad de ejecución del raleo comercial, relacionando los rendimientos obtenidos con el material, equipo y transporte utilizado para realizar con éxito la actividad.

d) Costo del inventario de las Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)

Así como fue ejecutado el inventario post-marqueo gran parte de esa metodología fue ejecutada para realizar el inventario de las PPM, para ello las herramientas y/o equipo necesario que se utilizó para realizar este inventario en las plantaciones de interés del primer raleo comercial de *Tectona grandis* L.f., son los siguientes:

- Mapa de ubicación de fincas del operador forestal
- Navegador GPSmap 60CSx
- Cinta diamétrica
- Hipsómetro SUNTO
- Boleta de toma de datos (MIRASILV)
- Pintura en aerosol
- 2 termos para alimentos

Aquí también se utilizó como transporte una motocicleta para movilizarse a las fincas, la cual entra dentro del equipo utilizado, mas todos los insumos que necesita este transporte para que su funcionamiento sea eficiente; en dicho transporte nos movilizamos dos personas encargadas de realizar el inventario, que al igual que todo lo anterior son parte del costo para realizar dicha actividad.

El costo de esta actividad se llegó a establecer por medio del número de PPM que fueron realizadas, por cada una de las fincas propuestas para el raleo comercial; otro factor que se tomó en cuenta fue la cantidad de personas necesarias para realizar las parcelas y los días que se tomaron para poder terminar el inventario de PPM por cada finca. Finalmente a través de la cantidad de pintura en aerosol que se utilizó por cada una de las fincas se obtuvo el costo de este insumo que varía según la cantidad de PPM que se encontraron por cada una de las fincas; en esta parte el tratamiento que se le haya asignada, a

las distintas fincas para raleo comercial, no es influyente, ya que la cantidad de PPM no varía ni el número de árboles a remarcar.

El rendimiento de esta actividad, varía según el tamaño de la finca que se intervino, ya que en relación a este tamaño, así fue el número de PPM que se encontraron dentro de la finca, lo cual genera que sean proporcionalmente los días trabajados en el inventario de PPM para raleo comercial.

En base a estos rendimientos por finca, se cuantificaron los costos reales de la actividad de inventario de PPM para el primer raleo comercial, relacionando los rendimientos obtenidos con el material, equipo y transporte utilizado para realizar con éxito la actividad.

5.1.5 Otras actividades

Como parte de la práctica profesional supervisada, también se llevaron a cabo distintas actividades en apoyo a las necesidades de la empresa, las cuales fueron ejecutadas durante el transcurso de la práctica en la empresa; todas estas actividades fueron del ámbito forestal, como practicas silviculturales a las plantaciones de teca.

Las actividades se llevaron a cabo en distintas fincas ubicadas en los municipios de Las Cruces, La libertad y Sayaxché, en las aldeas de La Nueva, El Buen Samaritano, Palestina y La Colorada; así como en finca Tierra Maya en San Francisco, Peten y finca El Futuro, Santa Ana, Peten.

Las actividades realizadas en apoyo a la empresa, son las siguientes:

a) Investigación y Desarrollo Forestal

Se apoyó en el establecimiento en campo, de nuevos ensayos en teca, que fueron propuestos por la empresa en bien de sus necesidades, podemos mencionar los siguientes ensayos:

- Ensayo para tratamientos en densidades y años de raleo,
- Ensayo de plántulas de teca tratadas con T-22²,
- Ensayo de eliminación de malezas y testigo sin tratamiento,
- Tratamientos y ensayo de podas y raleos,
- Ensayo de fertilización en plantaciones 2008,
- Ensayo de diferentes procedencias de Eucalipto y Teca

Cada ensayo tuvo distintas modalidades de establecerse, iniciando con la definición de la cantidad de tratamientos que se evalúan y en el caso de la plantación, agregada la cantidad de bloques que se establecieron.

Es importante mencionar que todos los experimentos tienen el tratamiento 0, que en el caso de los ensayos es el testigo, contra el cual se evalúan las diferencias con respecto de los demás tratamientos.

El apoyo en el establecimiento de estos ensayos, consistió en la definición de un tamaño similar para cada tratamiento, en el área plantada de la finca, así mismo el delimitar cada uno de los límites y esquineros de los tratamientos propuestos, la distribución al azar de estos tratamientos en los bloques definidos, la identificación en campo de cada uno de los tratamientos y el geo posicionamiento de los puntos que delimitan un tratamiento del otro para generar el mapa del ensayo.

² Cepa de *Trichoderma harzianum*

Para el ensayo de plantación de teca, además de lo anterior también se apoyó directamente con el establecimiento de los individuos por tratamiento, dejando el ensayo ejecutado para posteriores mediciones y análisis.

En el caso de algunos experimentos se realizó el establecimiento de la actividad del ensayo, tomando los datos obtenidos luego del establecimiento del mismo, con lo cual se generó una base de datos, de los resultados actuales de la plantación, con lo cual se tiene la primera medición del tiempo en que se evaluó el ensayo, y con lo cual será evaluada la respuesta de la plantación al crecimiento por cada experimento.

b) Medición y mantenimiento de ensayo de plantación de teca y eucalipto establecidos en suelos ácidos tratados con CaO y medición de ensayo de dosis de CaCO₃ en teca

Se apoyó en la medición dasométrica en ensayo de teca y eucalipto, ubicado en la finca El Futuro, Santa Ana, Peten; aquí se tenía ya establecido el ensayo en un área de una hectárea, donde parte del ensayo es de plantas de teca, y otra parte plantado de eucalipto, ambos establecidos en suelos ácidos, con uso anterior de ganadería; el único aporte que se le dio al ensayo fue la incorporación de CaO (óxido de calcio) al suelo, para modificar el pH y corregir la acidez del suelo, esto por los resultados obtenidos de muestras enviadas al laboratorio de suelos.

Así mismo, se dieron dos mantenimientos al ensayo, durante todo el tiempo de la práctica profesional supervisada, en donde las actividades que se realizaron como parte del mantenimiento fueron: Fumigación, Plateo y Deshierbe, con el fin de evitar la competencia de las plantas de teca y eucalipto con gramíneas, y mantener un ensayo libre de factores externos, que afecten los datos obtenidos.

Para el otro ensayo se apoyó con la medición de la totalidad de los individuos establecidos en el ensayo, con el fin de evaluar la respuesta en crecimiento a la incorporación de CaCO_3 (carbonato de calcio) al suelo, utilizando distintas dosis hasta el testigo que es sin incorporarle nada al suelo, así es como la evaluación se generó a través de distintos tratamientos en dos bloques, al final se entregaron los datos obtenidos en campo, en forma digital trabajados por tratamiento y por bloque.

c) Medición y análisis de datos de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)

Se realizaron mediciones de los datos dasométricos correspondientes al año 2014, de parcelas permanentes de monitoreo ubicadas en distintas fincas de la empresa, que en su mayoría cuentan con una edad de 7 años de edad, cada finca contaba con las PPM establecidas con anterioridad y con el número correspondiente por finca, para lo cual se realizó la medición y remarcación de las parcelas y árboles, con apoyo de las boletas generadas por el sistema MIRASILV y pintura de color rojo para la remarcación.

Luego de ser medidas en campo, se procedió a realizar el llenado de las boletas generadas por MIRASILV, para cada una de las parcelas, en donde se contempla información del sitio y sus condiciones climáticas, topográficas y de descripción de la parcela, esto para cada una de las PPM que se midieron, además el detalle de croquis de las parcelas actualizado con lo encontrado en campo; para posteriormente realizar la tabulación y el análisis de datos de las PPM, que en algunos casos fue necesaria con mayor detalle para efectuar un aprovechamiento por raleo propuesto para la finca.

d) Apoyo en actividad de marcación para raleo

Otra actividad que se apoyó fue el marcado de árboles para efectuar raleo de plantación, en donde se marcaron fincas prescritas con una intensidad de raleo,

en la cual se utilizaron cajas de marcación similares a las fincas que son base del PPS, únicamente la diferencia de que el apoyo de la marcación, se realizó en fincas distintas y a diferentes densidad según lo planteado para cada finca.

Las variables a tomar en cuenta para marcar a los individuos que serán raleados, la forma y tamaño de la marca, y la metodología que se utilizó, es la misma que se describe en la parte de la evaluación del marqueo para raleo comercial, que es parte de un objetivo de la PPS; y con lo cual se apoyó en la marcación para raleo.

e) Establecimiento de inventario de productos (trozas, trocillo y leña) provenientes de PPM

Una actividad de gran importancia para la empresa y para el futuro de la misma, es el inventario de productos, obtenidos de los raleos comerciales, que actualmente se están realizando en las plantaciones de la empresa; para esta actividad se apoyó con la medición de las trozas y trocillo provenientes de las parcelas permanentes de monitoreo, de fincas que se ralearon, realizando un inventario con las variables de: circunferencia media, largo de trozas, calidad de trozas, altura de tocón, diámetro menor y mayor, porcentaje de corteza y duramen, y sanidad del producto.

Estos datos se trasladaron a un pequeño análisis de los mismos para poder obtener los resultados de productos obtenidos en cada una de las fincas raleadas, lo cual genero un amplio conocimiento del producto con el que se cuenta en cada una de las fincas, y las proyecciones que la empresa puede realizar en relación a su meta.

f) Participación y apoyo en actividades de capacitación de siembra con pala neozelandesa y capacitación de marqueo para ensayo de raleo

Otra de las actividades de gran importancia para la empresa y para el desarrollo de los trabajos que se realizan en el área forestal, son las capacitaciones al personal encargado de ejecutar los trabajos en campo, previo a realizar la actividad en específico; estas capacitaciones van dirigidas a fortalecer los conocimientos con los que el personal de campo ya cuenta y/o instruir en nuevas prácticas para realizar cada una de las actividades que estén por realizarse.

Esto en bien de los objetivos de la empresa y por lo que es necesario el aprendizaje de nuevos métodos, equipo y maquinaria que se utilizan actualmente en otras empresas, y con lo cual la actividad forestal se realiza con una mejor eficiencia, rendimiento o rentabilidad; esto puede ser adaptado a las necesidades de la empresa, modificando o mejorando las practicas a utilizar.

Es así como se participó en capacitación de siembra con pala neozelandesa, en donde se apoyó primero con la elaboración del material a utilizar en dicha capacitación, para luego en campo acompañar y apoyar en el proceso de las directrices de la capacitación, trazo para la siembra, forma ideal para ahoyar con la pala, siembra de las plántulas y forma de fertilización en dos posturas sobre el surco, aproximadamente a 10 cm de la planta a los extremos y a 10 cm de profundidad; teniendo el cuidado de que todo el personal encargado de ejecutar esta actividad de siembra, haya aprendido todo el proceso realizando la práctica del mismo, asegurando que todas las dudas fueran resueltas en campo.

También se participó en capacitación de marqueo para ensayo de raleo, en donde se apoyó directamente con llevar a cabo dicha capacitación, al personal de marcadores, en donde se dieron a conocer las directrices de que se necesitaba marcar, con la metodología de cajas de marcación, indicando el

tamaño de las cajas, los individuos a marcar y recordando las características para marcar los individuos que saldrán en el raleo.

Los puntos en que el personal de marcadores ya tienen basto conocimiento solo se reforzaron, dando énfasis en las cajas de marcación y la cantidad de individuos a marcar, y finalmente resolviendo las dudas que existieron sobre el ensayo que se estableció, y dando a conocer la importancia de realizar correctamente el marqueo para poder obtener datos confiables del ensayo de raleo. Luego de la inducción se acompañó al personal de marcadores, en la ejecución de la actividad de marqueo para raleo, evaluando la actividad y resolviendo dudas que en el proceso de marqueo fueron surgiendo.

g) Medición de datos para actualización de base de crecimientos en huertos clonales y establecimiento de raleo comercial en parcelas de huertos clonales

Como parte de un apoyo integral a la empresa, también se realizaron distintas actividades en relación a huertos clonales de teca, que la empresa tiene establecidos y monitoreados, estos se encuentran en el área de La Colorada, Sayaxché, Peten, donde se ejecutaron las siguientes actividades:

- Establecimiento de inventario y remarcación de parcelas, en donde se midieron las variables dasométricas (DAP, Altura y calidad) de los individuos dentro de las parcelas de los huertos clonales, como parte de la medición del año 2014, con el objetivo de actualizar la base de datos de crecimientos de los huertos clonales, para posteriores análisis que se realicen.
- Intervención de raleo comercial en huertos clonales, en donde se ejecutó el raleo propuesto por la empresa, dirigido a los individuos de menor diámetro distribuidos en cajas de raleo; aquí se inventarió el producto

obtenido de este raleo, llevando a cabo el inventario de trozas, evaluado cada una de las trozas con los parámetros de, diámetro menor y mayor, largo de troza, altura de tocón, porcentaje de corteza y duramen, y sanidad del producto; con lo cual se pudo estimar el volumen de producto a extraer, el volumen de remanencia y la calidad del producto con el que se cuenta en los huertos clonales.

5.2 INDICADORES DE RESULTADOS

Los indicadores de resultados resumen las variables puntuales que se tomaron en cuenta, para cumplir con los objetivos planteados en este documento y en la práctica, listándolos a continuación:

- Se realizó la evaluación de 16 parcelas circulares de 300 m² distribuidas sistemáticamente, que fueron 11 parcelas en la finca GM-9 y 5 parcelas de la finca GM-19, y de 2 parcelas permanentes de monitoreo de 1,000 m² ya establecidas en la finca GM-3; para determinar la cantidad de individuos marcados y la proyección de la densidad final por hectárea por cada finca.
- Análisis de muestreo de productos obtenidos del primer raleo comercial, por cada finca propuesta con tratamientos de raleo distintos (m²/ha y m³/ha por clase diametral).
- Tabla de productos (trozas) para la proyección de materia prima a obtener por árbol, en relación a clases diametrales en la plantación, por cada finca evaluada.
- Inventario como parte de la medición del año 2,014 de las parcelas permanentes de monitoreo (PPM), para ser base de análisis de crecimiento y productividad para la empresa.

- Análisis de 8 parcelas permanentes de monitoreo (PPM), de los individuos remanentes por finca, posterior al primer raleo comercial.
- Acompañamiento en la marcación para raleo, que determino la cantidad de área marcada por persona por día, en los distintos escenarios ejecutados (ha marcada/persona/día).
- Costo por hectárea del marqueo para el primer raleo comercial (Q/ha).
- Costo por hectárea del inventario post-marqueo (Q/ha).
- Acompañamiento en la ejecución de la corta de árboles del primer raleo comercial, que determino la cantidad de área raleada por motosierrista por día, en los distintos escenarios ejecutados.
- Costo por hectárea de la corta de los árboles (Q/ha).
- Costo por hectárea del inventario de las Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) (Q/ha).
- Costo total del primer raleo comercial por finca según cada escenario (Q/finca).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 MONITOREO DE LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA DE MARCAJE PARA EL PRIMER RALEO COMERCIAL

6.1.1 Análisis de marcación de escenarios para raleo comercial

Para la marcación pre-raleo comercial, se realizó el análisis a través del inventario post-marcación, con lo cual se obtuvieron datos por cada finca, según el tratamiento de densidad propuesto para el primer raleo comercial en *Tectona grandis* L.f. Los resultados se evaluaron por densidad actual antes del raleo, cantidad de árboles marcados para ralear y densidad final post-marqueo de los árboles no marcados.

Para el escenario 1 propuesto a una densidad final de 550 árboles/ha, se realizaron 11 parcelas posterior al marcaje de la finca, para 450 árboles/ha, se realizaron 2 parcelas posterior al marcaje en la finca GM-3 y para 400 árboles/ha, se realizaron 4 parcelas posterior al marcaje en la finca GM-19; de las cuales se obtuvieron los resultados de árboles marcados para ralear y árboles remanentes, presentados por parcela y por hectárea. Los resultados se muestran en los cuadros 6 al 8 (Ver anexo 14).

Al analizar los resultados de árboles por hectárea, se determinó que existió una diferencia de 200 árboles entre la parcela con menor y mayor cantidad de individuos, según los datos obtenidos, existían partes de la finca en donde la densidad por hectárea era menor a la presentada como prescripción del raleo anterior (750 árboles/ha) y algunas otras partes de la finca en donde era mayor a esta. En lo que respecta a la cantidad de árboles marcados por hectárea, se marcaron desde 100 hasta 433 árboles.

En el cuadro 9, se muestra el resumen de los resultados obtenidos por el marqueo de la finca GM-9.

Para poder definir la calidad de la actividad de marcaje para raleo comercial, se generó un resumen de las densidades de todas las parcelas realizadas, que en su conjunto son representativas de la finca, en donde primero se determinó que la densidad inicial con la que se encontró la finca fue de 748 árboles por hectárea, que en comparación con la prescripción de la empresa que era de 750 árboles por hectárea, es correcta según los datos obtenidos, con una diferencia de 2 árboles/ha, por lo que se considera adecuada para la ejecución del tratamiento propuesto de raleo comercial.

Cuadro 9. Resumen final de la marcación para raleo comercial tratamiento de 550 árboles/ha, promediados por hectárea.

Finca	Resumen de marcación	Densidad promedio árboles/ha
GM-9	Total inicial	748
	Marcados para ralear	221
	Remanentes	527

Se marcaron 221 árboles por hectárea en promedio siendo un 29.54% la intensidad de raleo real; también se determinó que la densidad promedio remanente quedo en 527 árboles/ha, siendo un 52.70% remanente de lo plantado inicialmente (1,000 árboles/ha). En relación a la densidad prescrita en el tratamiento para esta finca, quedó la plantación con 23 árboles/ha menos de lo propuesto, siendo este un 4.18% menor de la densidad propuesta.

Para este caso, la remanencia es menor a la propuesta, y se considera que la diferencia es aceptable, porque al distribuir esta diferencia en una hectárea se estaría raleando 1 árbol más por cada 434.78 m². La marcación del raleo se acepta, por haber quedado por debajo de lo requerido, ya que esto implica que existe una mayor liberación de espacios que pueden aprovechar los individuos que quedarán en pie posterior a la intervención de raleo.

Para el escenario 2 propuesto a una densidad final de 450 árboles/ha, se evaluó la marcación a través de 2 parcelas permanentes de monitoreo, esto posterior al marcaje

de la finca, de las cuales se obtuvieron los resultados de árboles marcados para raleo y árboles remanentes, presentados en resumen. Los resultados de la marcación se muestran en el cuadro 10.

Analizados los resultados de árboles por hectárea, se determinó que existió una diferencia de 10 árboles con respecto a lo presentado por la empresa como prescripción del raleo anterior (750 árboles/ha), sin tener relevancia al ser un árbol menos por cada 1,000 m².

Cuadro 10. Resumen final de la marcación para raleo comercial tratamiento de 450 árboles/ha, promediados por hectárea.

Finca	Resumen de marcación	Densidad promedio árboles/ha
GM-3	Total inicial	740
	Marcados para raleo	275
	Remanentes	465

En lo que respecta a la cantidad de árboles marcados por hectárea, se marcaron desde 270 hasta 280 árboles, teniendo una diferencia de 10 árboles por hectárea entre el menor y mayor marcaje, esto para poder obtener una densidad final de árboles remanentes, apegados a la propuesta del tratamiento para esta finca, estos son de gran similitud en la cantidad de individuos marcados para raleo y en la remanencia con un 2.13% de diferencia entre lo prescrito del raleo comercial.

Definiendo la calidad de la actividad de marcaje para raleo comercial, se generó un resumen de las densidades de todas las PPM realizadas, que en su conjunto son representativas de la finca, en donde primero se determinó que la densidad inicial con la que se encontró la finca fue de 740 árboles por hectárea, que en comparación con la prescripción de la empresa que era de 750 árboles por hectárea, es correcta según los datos obtenidos, con una diferencia de 10 árboles/ha, por lo que se considera adecuada para la ejecución del tratamiento propuesto de raleo comercial.

Marcando 275 árboles por hectárea en promedio, siendo un 37.16% la intensidad de raleo real, también se determinó que la densidad promedio remanente quedó en 465 árboles/ha, siendo un 46.50% remanente de lo plantado inicialmente (1,000 árboles/ha). En relación a la densidad prescrita en el tratamiento para esta finca, quedó la plantación con 15 árboles/ha más de lo propuesto, siendo este un 3.33% mayor a la densidad propuesta.

Para este caso, la remanencia es mayor a la propuesta, y se considera que la diferencia es aceptable, porque al distribuir esta diferencia en una hectárea se estaría quedando 1 árbol más por cada 666.67 m². La marcación del raleo se acepta, aunque exista en ese porcentaje una menor liberación de espacios que pudieran aprovechar los individuos que quedarán en pie posterior a la intervención de raleo., y es porque estos no serían de relevancia en la respuesta al crecimiento que se evaluará.

Para el escenario 3 propuesto a una densidad final de 400 árboles/ha, se realizaron 4 parcelas posterior al marcaje de la finca, de las cuales se obtuvieron los resultados de árboles marcados para ralear y árboles remanentes, presentados por hectárea. Los resultados se muestran en resumen final en el cuadro 11.

Al analizar los resultados de árboles por hectárea, se determinó que existía una diferencia de 167 árboles entre la parcela con menor y mayor cantidad de individuos, según los datos obtenidos, existían partes de la finca en donde la densidad por hectárea era menor a la presentada como prescripción (750 árboles/ha) y algunas otras partes de la finca en donde era mayor a esta. En lo que respecta a la cantidad de árboles marcados por hectárea, se marcaron desde 267 hasta 333 árboles, teniendo una diferencia de 66 árboles por hectárea entre el menor y mayor marcaje.

La calidad de la actividad de marcaje para raleo comercial se definió, generando un resumen de las densidades de todas las parcelas realizadas, que en su conjunto son representativas de la finca, en donde primero se determinó que la densidad inicial con la que se encontró la finca fue de 708 árboles por hectárea, que en comparación con la

prescripción de la empresa que era de 750 árboles por hectárea, es según los datos obtenidos, una diferencia de 42 árboles/ha, por lo que se considera adecuada para la ejecución del tratamiento propuesto de raleo comercial.

Cuadro 11. Resumen final de la marcación para raleo comercial tratamiento de 400 árboles/ha, promediados por hectárea.

Finca	Resumen de marcación	Densidad promedio árboles/ha
GM-19	Total inicial	708
	Marcados para ralear	308
	Remanentes	400

Se marcaron 308 árboles por hectárea en promedio siendo un 43.50% la intensidad de raleo real, también se determinó que la densidad promedio remanente quedo en 400 árboles/ha, siendo un 40.00% remanente de lo plantado inicialmente (1,000 árboles/ha). En relación a la densidad prescrita en el tratamiento para esta finca, quedo exactamente a lo propuesto, siendo este un 100% de efectividad según la densidad requerida. Para este caso, fue en definitiva la marcación ideal ejecutada sin margen de error, para la densidad final requerida.

Es importante mencionar que no es común, que la densidad que se prescriba quede exactamente luego de la marcación ya que el modelo de cajas no asegura esta exactitud por las mismas condiciones en las que puede variar la finca. Sin embargo se puede establecer que las cajas de marcación simples en donde una sola persona define los árboles a marcar y remanentes, es la mejor que se puede utilizar para marcaje de raleo, ya que se es más preciso como en la densidad de remanencia anterior.

6.2 EVALUACIÓN DE LA CORTA DE LOS ÁRBOLES MARCADOS EN EL PRIMER RALEO COMERCIAL

6.2.1 Tabla de productos (trozas) para la proyección de materia prima a obtener por árbol, en relación a clases diametrales en las plantaciones

Se realizaron muestreos en cada una de las fincas intervenidas con el primer raleo comercial, para el escenario de 550 árboles/ha se evaluaron 134 árboles como muestra del producto obtenido del raleo; para el escenario de 450 árboles/ha se evaluaron 161 árboles como muestra del producto de raleo y para el escenario de 400 árboles/ha se evaluaron 57 árboles.

Todos estos individuos muestreados, sirvieron para generar la tabla de productos (trozas) de comercialización, proyectados por árbol en porcentaje y promedio de trozas para biomasa y trozas para exportación, según clases diametrales obtenidas en dicha tabla. Los resultados obtenidos de este muestreo se pueden observar en el cuadro 12 y figura 5. Así también se obtuvo con este muestreo, las calidades del producto (trozas) que se pueden obtener del primer raleo comercial, resultado que se puede observar en la figura 6. Estas proyecciones de productos a obtener por árbol, se pueden emplear en cualquier finca de la empresa, para poder conocer el producto comercial a obtener por árbol, por hectárea y por finca.

Cuadro 12. Tabla de productos (trozas) de *Tectona grandis* L.f. para comercializar por clase diametral, para exportación y para biomasa.

Clase Diametral (cm)	Promedio de trozas exportables	Promedio de trozas biomasa	Total trozas comerciales por árbol
0 a 2	0.00	1.00	1.00
3 a 5	0.00	1.00	1.00
6 a 8	0.00	1.20	1.20
9 a 11	0.00	2.09	2.09
12 a 14	1.08	2.60	3.68
15 a 17	1.73	1.91	3.64

Con los muestreos de productos obtenidos del raleo comercial de teca, se obtuvieron datos de árboles con un diámetro menor de 2.5 cm hasta el mayor diámetro de 17.6 cm, con lo cual se generó la tabla de productos mostrada en el cuadro anterior, en donde podemos evidenciar que los diámetros menores a 11 cm no presentan ninguna troza para exportación, y como mínimo una troza para biomasa hasta dos máximo; los

diámetros de 12 cm a 14 cm pueden ofrecer 1 troza para exportación y 3 trozas para biomasa generando un total de 4 trozas en promedio para comercializar; cuando se cuente con diámetros de 15 cm a 17 cm, se podrían obtener un equivalente a 2 trozas para exportación y 2 trozas para biomasa.

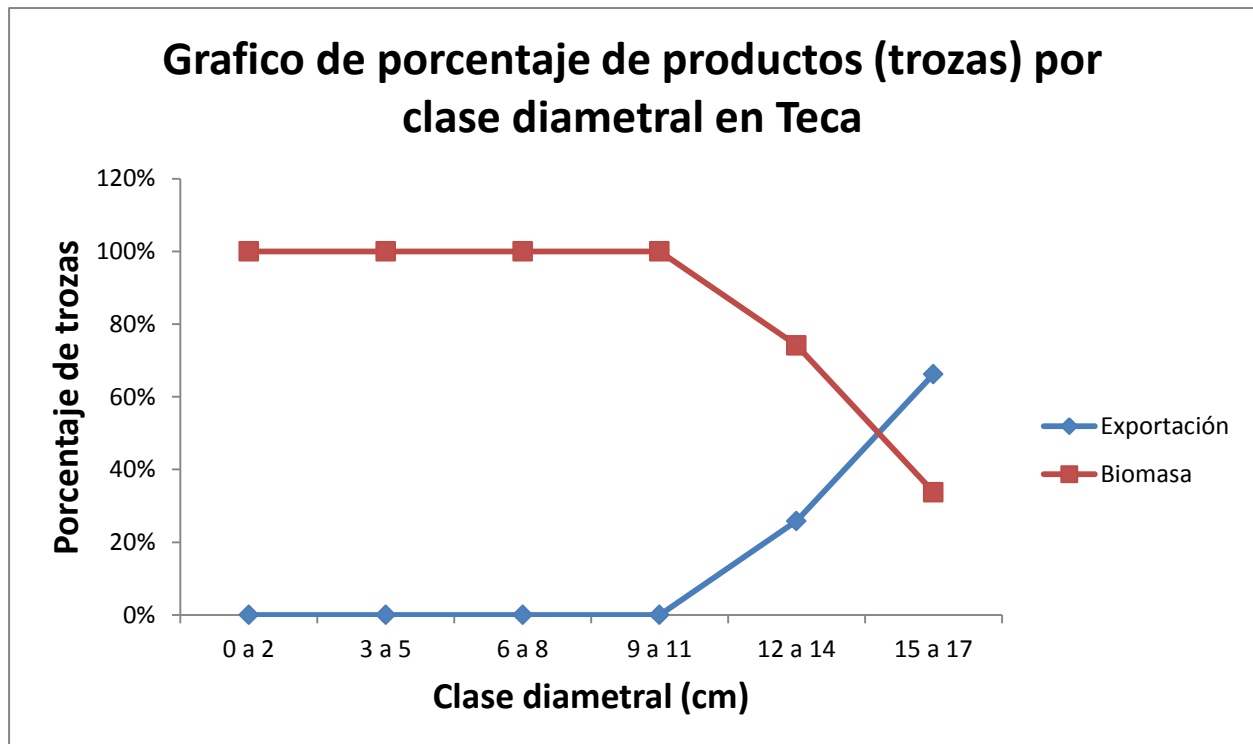


Figura 5. Porcentaje de trozas comerciales obtenidas por árbol para exportación y para biomasa según clase diametral en *Tectona grandis* L.f.

Esto refleja que para la especie *Tectona grandis* L.f. podemos proyectar que a mayor diámetro mayor cantidad de trozas exportables se obtendrán, y contando desde diámetros de 15 cm la cantidad de trozas para biomasa se ve reducida gradualmente dependiendo de que mayor sea el diámetro del árbol; a medida que la cantidad de trozas exportables aumenta, así se reduce la cantidad de trozas para biomasa, esto en relación a la clase diametral en la que se encuentre el individuo objetivo.

En la figura anterior se puede evidenciar en porcentaje, la relación entre la clase diametral que se evalúe, y la cantidad de trozas a obtener, tanto para exportación como

para biomasa; y en esta relación se define una tendencia escalonada, en donde a medida que el diámetro del árbol a evaluar sea mayor el porcentaje de trozas para exportación también será mayor. Apreciándose desde la clase diametral de 12 cm a 14 cm resultando un 25.82% de trozas exportables, para la clase diametral de 15 cm a 17 cm, obteniendo un 66.24% de trozas exportables, y así sucesivamente; así también al incrementar el diámetro del individuo evaluado, empezando de los 12 cm, el porcentaje de trozas para biomasa, se ve reducido con la misma tendencia, siendo para la clase diametral de 12 cm a 14 cm reducida a 74.18% del 100% que se presentaba en diámetros menores, y para la clase diametral de 15 cm a 17 cm, reducida a un 33.76% del total de trozas y así sucesivamente.

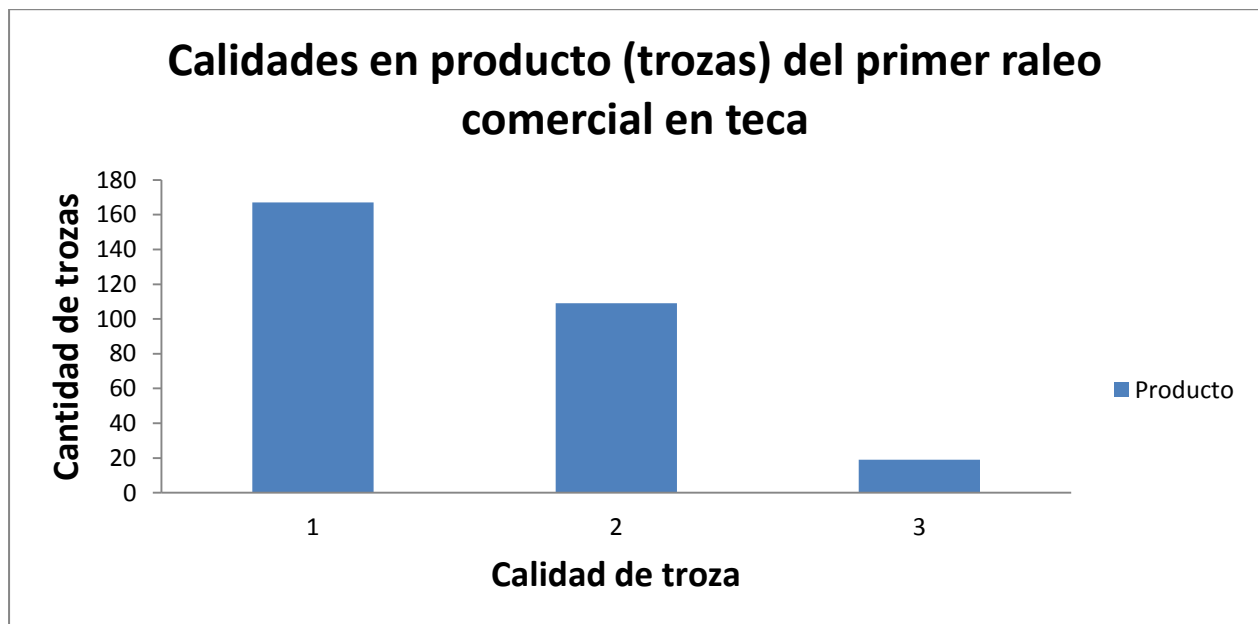


Figura 6. Calidades de trozas obtenidas del muestreo del primer raleo comercial en *Tectona grandis* L.f.

De la totalidad de trozas muestreadas en el primer raleo comercial, representadas en la figura 6, se pudo determinar que el 56.61% son trozas de calidad 1, que se refiere a trozas rectas sin defectos graves; el 36.95% son trozas de calidad 2, que son trozas con algún (algunos) defectos como curvaturas y muñones que no superen la mitad de la troza; y el 6.44% son trozas de calidad 3, las cuales son trozas con algún (algunos) defectos como curvaturas y muñones que superen la mitad de la troza. Con lo cual

podemos concretar que más de la mitad del producto que se obtiene de raleos comerciales es de alta calidad para los estándares internacionales y que más de la tercera parte de los productos obtenidos son aceptables para comercializar en el mercado de teca.

6.2.2 Análisis de productos obtenidos del primer raleo comercial en Teca

Para poder evaluar detalladamente la corta de los árboles marcados para el primer raleo comercial, se llevó a cabo el análisis de los productos obtenidos de esta actividad silvicultural, para lo cual se generó una ecuación a través de un gráfico de dispersión en donde se proyectó una línea de tendencia potencial, con los datos obtenidos del muestreo de productos del primer raleo comercial en teca. Dicho gráfico se muestra en la figura 7. Con ayuda de esta ecuación, se pudieron estimar los datos de volumen comercial de los productos obtenidos del primer raleo comercial en teca, esto para los distintos escenarios ejecutados, analizándolos por producto para exportación y para biomasa.

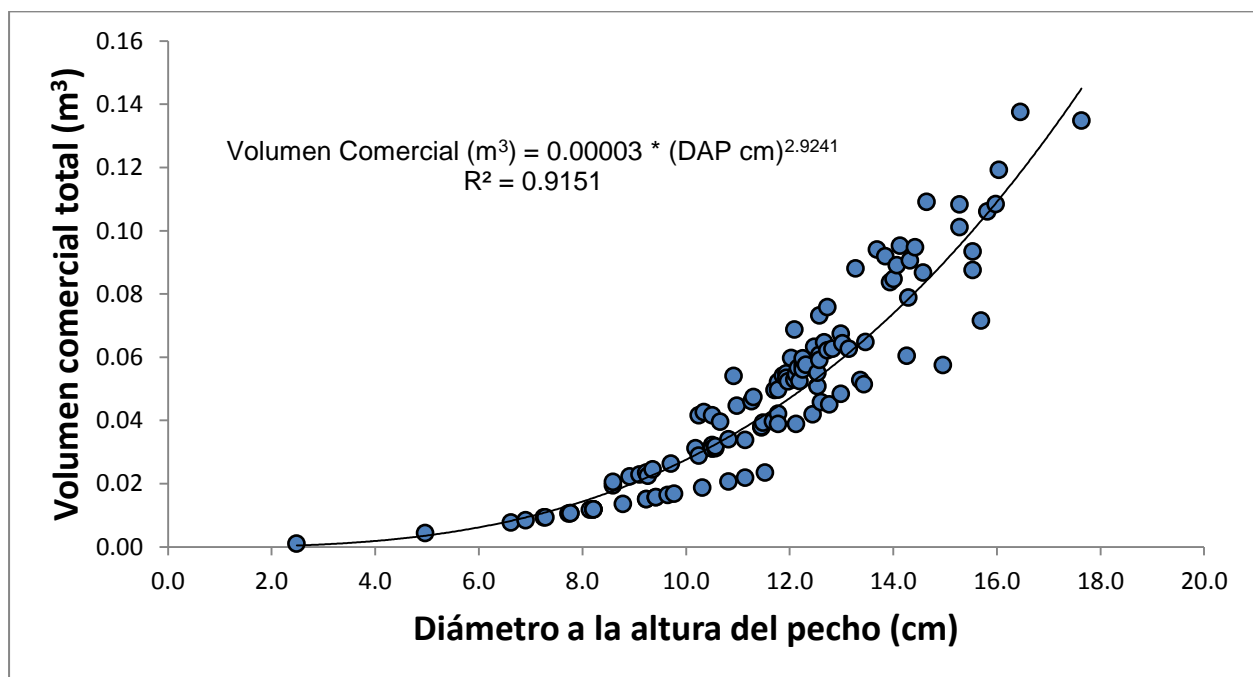


Figura 7. Ecuación generada a través de muestreo de productos, para cálculo de volumen comercial por árbol en *Tectona grandis* L.f. a partir del DAP (cm).

A través de elaborar este grafico de dispersión, se evaluaron los datos obtenidos del muestreo de productos del primer raleo comercial, correlacionando el volumen comercial por árbol (incluye troza y trocillo) con el DAP de cada individuo. Con esta relación, se logró obtener la mejor ecuación con una tendencia potencial; al obtener un coeficiente de regresión del grafico de la ecuación de 0.9151; determinamos que la calidad del ajuste es aceptable siendo muy cercano a 1. La ecuación definida para obtener producto comercial en el rango de datos de DAP evaluados, quedó definida como:

$$\text{VolCom} = 0.00003 * (\text{DAP})^{2.9241}$$

Dónde:

VolCom: Volumen comercial en metros cúbicos.

DAP: Diámetro a la altura del pecho en centímetros.

El análisis de productos del primer raleo comercial se realizó por cada uno de los escenarios ejecutados, puntualizando los resultados de los árboles raleados, en área basal y volumen comercial extraído para exportación y para biomasa. Para el tratamiento de 550 árboles/ha se analizaron 11 parcelas circulares, los resultados se presentan en el cuadro 13. Para el tratamiento de 450 árboles/ha se analizaron 2 parcelas permanentes de monitoreo, que se presentan en el cuadro 14. Para el tratamiento de 400 árboles/ha se analizaron 4 parcelas circulares, que se presenta el cuadro 15.

En los resultados del tratamiento de 550 árboles por hectárea, se incluyeron las 11 parcelas realizadas, presentándolas por clase diametral siendo la mínima de 3 cm a 5 cm de DAP y la mayor clase diametral evaluada fue de 15 cm a 17 cm de DAP. Tomando en cuenta todas las clases diametrales existe producto para exportación desde un diámetro de 12 cm, debajo de éste todo es para biomasa.

Cuadro 13. Resultados de productos obtenidos del primer raleo comercial en *Tectona grandis* L.f. para el tratamiento de 550 árboles/ha de la finca GM-9.

	Clase Diametral (cm)	Árboles raleados / ha	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)		
				Total comercial	Biomasa	Exportación
1 Hectárea (1,000 m ²)	3 a 5	21	0.0391	0.0654	0.0654	0.0000
	6 a 8	88	0.3790	0.9378	0.9378	0.0000
	9 a 11	91	0.8072	2.7584	2.7584	0.0000
	12 a 14	15	0.2256	0.9782	0.7256	0.2526
	15 a 17	6	0.1273	0.6442	0.2175	0.4267
	Totales	221	1.5784	5.3839	4.7046	0.6793
Finca (44.19 hectáreas)	3 a 5	937	1.7296	2.8886	2.8886	0.0000
	6 a 8	3883	16.7481	41.4393	41.4393	0.0000
	9 a 11	4017	35.6719	121.8936	121.8936	0.0000
	12 a 14	670	9.9709	43.2264	32.0653	11.1610
	15 a 17	268	5.6272	28.4664	9.6103	18.8562
	Totales	9775	69.7477	237.9143	207.8971	30.0172

Es así como para el cuadro 13, las clases diametrales donde más árboles se ralearon y por consiguiente mayor área basal y volumen se muestra, es en las de 6 cm a 8 cm y 9 cm a 11 cm de DAP, equivalente a un 80.82% del total de árboles raleados. En total por la finca se ralearon 9775 árboles, con un área basal de 69.7477m², un volumen comercial de 237.9143m³, del cual un 87.38% para biomasa y un 12.62% para exportación.

En resumen se ralearon 221 árboles/ha con un área basal de 1.5784m², con un volumen comercial de 5.3839m³, donde el 87.38% es producto para biomasa y 12.62% de producto para exportación.

Cuadro 14. Resultados de productos obtenidos del primer raleo comercial en *Tectona grandis* L.f. para el tratamiento de 450 árboles/ha de la finca GM-3.

	Clase Diametral (cm)	Árboles raleados / ha	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)		
				Total comercial	Biomasa	Exportación
1 Hectárea (1,000 m ²)	3 a 5	10	0.0179	0.0293	0.0293	0.0000
	6 a 8	10	0.0391	0.0908	0.0908	0.0000
	9 a 11	80	0.7266	2.5096	2.5096	0.0000
	12 a 14	125	1.7281	7.2376	5.3689	1.8688
	15 a 17	45	0.8894	4.3842	1.4801	2.9041
	18 a 20	5	0.1509	0.9011	0.3042	0.5969
	Totales	275	3.5519	15.1525	9.7828	5.3697
Finca (16.15 hectáreas)	3 a 5	162	0.2888	0.4730	0.4730	0.0000
	6 a 8	162	0.6307	1.4657	1.4657	0.0000
	9 a 11	1292	11.7347	40.5296	40.5296	0.0000
	12 a 14	2019	27.9093	116.8874	86.7071	30.1803
	15 a 17	727	14.3641	70.8049	23.9037	46.9012
	18 a 20	81	2.4364	14.5529	4.9131	9.6398
	Totales	4441	57.3640	244.7135	157.9921	86.7213

En los resultados para el tratamiento de 450 árboles/ha se incluyeron las 2 parcelas permanentes de monitoreo realizadas, presentándolas por clase diametral siendo la mínima de 3 cm a 5 cm de DAP y la mayor clase diametral evaluada fue de 18 cm a 20 cm de DAP. Tomando en cuenta todas las clases diametrales existe producto para exportación desde un diámetro de 12 cm, debajo de éste todo es para biomasa.

Las clases diametrales donde más árboles se ralearon y por consiguiente mayor área basal y volumen se muestra, es en las de 9 cm a 11 cm y 12 cm a 14 cm de DAP, equivalente a un 74.54% del total de árboles raleados. En total por la finca se ralearon 4441 árboles, con un área basal de 57.3640m², un volumen comercial de 244.7135m³, del cual un 64.56% para biomasa y un 35.44% para exportación.

Para esta finca en resumen se ralearon 275 árboles/ha 54 más que en la densidad de 550 árboles/ha; con un área basal de 3.5519m², más del doble del área basal de la densidad anterior; con un volumen comercial de 15.1525m³, donde el 64.56% es producto para biomasa y 35.44% de producto para exportación; aquí se refleja que a una intervención de raleo más intensiva, se obtienen mayores productos incluyendo diámetros mayores, así como también se reduce el porcentaje de volumen para biomasa y se incrementa el volumen para exportación con lo cual se cuenta con mayor producto para comercializar en el mercado de teca.

Cuadro 15. Resultados de productos obtenidos del primer raleo comercial en *Tectona grandis* L.f. para el tratamiento de 400 árboles/ha de la finca GM-19.

	Clase Diametral (cm)	Árboles raleados / ha	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)		
				Total comercial	Biomasa	Exportación
1 Hectárea (1,000 m ²)	3 a 5	8	0.0151	0.0245	0.0245	0.0000
	6 a 8	25	0.1100	0.2718	0.2718	0.0000
	9 a 11	117	1.0921	3.8269	3.8269	0.0000
	12 a 14	133	1.8567	7.8121	5.7951	2.0171
	15 a 17	25	0.4477	2.1016	0.7095	1.3921
	Totales	308	3.5216	14.0369	10.6277	3.4092
Finca (19.53 hectáreas)	3 a 5	163	0.2945	0.4794	0.4794	0.0000
	6 a 8	488	2.1485	5.3083	5.3083	0.0000
	9 a 11	2279	21.3287	74.7385	74.7385	0.0000
	12 a 14	2604	36.2607	152.5713	113.1774	39.3939
	15 a 17	488	8.7438	41.0436	13.8563	27.1873
	Totales	6022	68.7761	274.1410	207.5598	66.5812

En los resultados del escenario de 400 árboles por hectárea remanentes, se incluyeron las 4 parcelas circulares realizadas, presentándolas por clase diametral siendo la mínima de 3 cm a 5 cm de DAP y la mayor clase diametral evaluada fue de 15 cm a 17 cm de DAP. Tomando en cuenta todas las clases diametrales existe producto para

exportación desde un diámetro de 12 cm, debajo de éste todo es para biomasa, siendo así una constante para los tres escenarios de raleo.

Las clases diametrales donde más árboles se ralearon y por consiguiente mayor área basal y volumen se muestra, es en las de 9 cm a 11 cm y 12 cm a 14 cm de DAP, equivalente a un 81.08% del total de árboles raleados. En total por la finca se ralearon 6022 árboles, con un área basal de 68.7761m^2 , un volumen comercial de 274.1410m^3 , del cual un 75.71% para biomasa y un 24.29% para exportación.

Para esta finca en resumen se ralearon 308 árboles/ha 33 más que en la densidad de 450 árboles/ha; con un área basal de 3.5216m^2 , muy cerca del área basal de la densidad anterior; con un volumen comercial de 14.0369m^3 , donde el 75.71% es producto para biomasa y 24.29% de producto para exportación; aquí se refleja que la intervención de raleo más intensiva propuesta, se obtuvieron mayores productos incluyendo diámetros mayores, así es como también se cuenta con mayor producto para comercializar en el mercado de teca.

Se debe de puntualizar que en este escenario aunque se cuente con mayor producto para comercializar el volumen para exportación bajo en $1.9605\text{ m}^3/\text{ha}$ que a proporción del mismo aumento el volumen para biomasa, lo cual refleja que una intensidad de raleo excesiva no implica que necesariamente se vaya a obtener mayor volumen para exportar aunque el área basal que se esté interviniendo sea la misma.

6.3 RESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO PARA EL ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD POSTERIOR AL PRIMER RALEO COMERCIAL

Se evaluó el crecimiento y productividad de las fincas intervenidas con los escenarios de raleo, mediante parcelas permanentes de monitoreo, con las que ya se contaban por parte de la empresa, en donde se registraron los datos de cada PPM por finca, previo al

raleo y post-raleo comercial, quedando los resultados por cada escenario establecido como se presentan a continuación.

6.3.1 Inventario de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) año 2014

El inventario de PPM correspondiente al año 2014, se realizó para generar una base de datos previo a efectuarse el raleo comercial, y con esto poder contar para la empresa con una herramienta útil, para evaluaciones posteriores respecto a la respuesta de la intervención del primer raleo comercial, que sirva para poder determinar en los años que se requieran, la evaluación de crecimiento y productividad según los tratamientos de raleo efectuados a las distintas fincas de la empresa. Los resultados obtenidos se observan en el cuadro 16, en donde se presentan los promedios de diámetro y altura total; el área basal y volumen proyectados por hectárea, estos resultados por parcela permanente de monitoreo y por finca.

Cuadro 16. Resumen inventario de PPM correspondiente al año 2,014, mostrado por finca propuesta para intervención del primer raleo comercial.

Finca	PPM	DAP promedio (cm)	HT promedio (m)	AB (m ² /ha)	Vol (m ³ /ha)
GM-9	1	14.1	11.53	9.6063	51.7081
	2	12.1	10.35	8.6626	42.8627
	3	13.8	11.33	11.3395	59.9291
	4	11.7	10.02	7.8059	36.2073
GM-3	1	13.4	9.17	10.8955	48.3395
	2	14.9	10.76	13.1691	65.0458
GM-19	1	12.9	11.26	8.5436	44.0422
	2	14.3	11.88	12.6446	69.4832

En relación a las variables de crecimiento DAP y HT (altura total), podemos definir que:

- Para el escenario de 550 árboles/ha (GM-9), se encontró que el DAP promedio pre-raleo de la finca es de 12.9 cm, para la variable HT se encontró que en

promedio pre-raleo la finca tiene individuos con 10.78 m de altura, esto responde a los datos de 4 parcelas equivalentes a 4,000 m².

- En el escenario de 450 árboles/ha (GM-3), se encontró que el DAP promedio pre-raleo de la finca es de 14.1 cm, para la variable HT se encontró que en promedio pre-raleo la finca cuenta con individuos de 9.97 m de altura, esto con respecto a las dos parcelas equivalentes a 2,000 m².
- El escenario de 400 árboles/ha (GM-19), representa en la variable DAP un promedio pre-raleo de 13.7 cm y con respecto a la variable HT se encontró que en la finca en promedio pre-raleo se encuentran individuos con 11.60 m de altura, según las dos parcelas equivalentes a 2,000 m².

En relación a las variables de productividad AB (área basal) y Volumen, podemos definir que:

- Para el escenario de 550 árboles/ha (GM-9), se encontró que el AB pre-raleo en la finca es de 9.3536 m²/ha y para la variable Volumen pre-raleo se encontró que en la finca se tiene en producto 47.6768 m³/ha, esto en relación a las 4 parcelas monitoreadas equivalentes a 4,000 m².
- En el escenario de 450 árboles/ha (GM-3), se encontró que el AB pre-raleo en la finca es de 12.0323 m²/ha y para la variable Volumen pre-raleo se encontró que en la finca se cuenta con un producto de 56.6926 m³/ha, con respecto a las dos parcelas monitoreadas equivalentes a 2,000 m².
- El escenario de 400 árboles/ha (GM-19), pre-raleo representa en la variable AB un 10.5941 m²/ha y con respecto a la variable Volumen se constató que en la finca se encuentra previo al raleo en producto 56.7627 m³/ha, según las dos parcelas monitoreadas equivalentes a 2,000 m².

6.3.2 Análisis de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM), de los individuos remanentes posterior al primer raleo comercial

El análisis de las PPM en relación al crecimiento y productividad de las plantaciones de teca de la empresa, se enfatizó para este estudio, posterior a la intervención del primer raleo comercial, para esto se utilizaron 8 parcelas permanentes de monitoreo ya establecidas con anterioridad, en las cuales fueron medidas las variables de DAP en centímetros y altura total en metros por individuo remanente.

De los cuales se calcularon las variables de productividad para el análisis, las cuales son el área basal y el volumen, los resultados de esta medición se presentan en el cuadro 17, estos resultados son representados por hectárea como la unidad de análisis para los distintos escenarios evaluados en el primer raleo comercial.

El análisis de productividad y frecuencia de remanencia fueron evaluados desde la dimensión de las clases diametrales encontradas en las plantaciones de teca, realizando una comparación en porcentaje de lo encontrado después del raleo, para lo cual se presentan las figuras 8, 9, 10 y 11. La frecuencia se presenta por los tres escenarios de raleo comercial y la productividad se presenta a través de la variable volumen.

Juntamente con esta medición dasométrica, también fueron incluidas las características cualitativas de formas y defectos del fuste de los individuos remanentes, los cuales fueron comparados con los individuos antes del raleo, los resultados se presentan en las figuras 12, 13 y 14.

En relación a las variables de crecimiento DAP y HT (altura total) del cuadro 17, podemos definir que:

- Para el escenario de 550 árboles/ha (GM-9) después del raleo comercial, el DAP promedio es de 13.5 cm lo cual evidencia un incremento de 0.6 cm con respecto

al diámetro promedio encontrado antes del raleo; para la variable altura total el promedio es de 11.09 m lo que evidencia un incremento en el promedio de altura por árbol de 0.31 m con respecto al promedio encontrado antes del raleo.

Cuadro 17. Resultados de variables de crecimiento y productividad post-raleo comercial efectuado con distintos escenarios de intensidad de raleo.

Finca	PPM	DAP promedio (cm)	HT promedio (m)	AB (m²/ha)	Vol (m³/ha)
GM-9	1	14.8	11.82	8.6061	46.9692
	2	12.8	10.66	6.9602	35.1804
	3	14.5	11.66	9.1160	49.2225
	4	12.1	10.21	6.7422	31.7380
GM-3	1	14.4	9.80	7.8520	36.0050
	2	15.8	10.97	9.1087	45.6825
GM-19	1	13.6	11.38	6.1521	32.0633
	2	16.2	12.35	8.1666	45.8667

- En el escenario de 450 árboles/ha (GM-3) posterior al raleo, se tiene que el DAP promedio es de 15.1 cm, siendo este 1.0 cm más de diámetro promedio en comparación a lo encontrado antes del raleo; para la variable altura se determina que el promedio es de 10.39 m, lo cual es 0.42 m de altura promedio más de lo encontrado antes del raleo con respecto a las PPM.
- El escenario de 400 árboles/ha (GM-19) posterior al raleo, presenta para la variable DAP en promedio 14.9 cm de diámetro para esta finca, reflejando un incremento de 1.2 cm en promedio de DAP ganado a comparación de lo encontrado antes del raleo; y con respecto a la variable altura el promedio para este escenario es de 11.87 m, que es en relación a lo encontrado previo al raleo, un incremento de 0.27 m en promedio según las dos PPM.

Con esto confirmamos que a mayor sea la intensidad de raleo que se implemente, las variables DAP y altura incrementarán en promedio para las fincas, no obstante la tendencia es distinta para altura, ya que el escenario que presento mayor incremento

en el promedio fue el escenario de 450 árboles/ha, mientras que los otros dos escenarios incrementaron de igual cantidad la altura promedio de las fincas.

En relación a las variables de productividad AB y Volumen, podemos definir que:

- Para el escenario de 550 árboles/ha (GM-9) después del raleo, el área basal quedó en $7.8561\text{m}^2/\text{ha}$ lo cual evidencia un decremento de $1.4975\text{m}^2/\text{ha}$ con respecto al AB encontrado antes del raleo.

Relacionado a la variable volumen el producto después del raleo es de $40.7775\text{m}^3/\text{ha}$ lo que evidencia un decremento en el volumen de $6.8993\text{m}^3/\text{ha}$ con respecto al volumen encontrado antes del raleo, estos decrementos a efecto de la eliminación de individuos, a lo cual se espera la respuesta a futuro, en relación a recuperar la productividad de la plantación con diámetros mayores.

- En el escenario de 450 árboles/ha (GM-3) posterior al raleo, se establece que el área basal quedó en $8.4803\text{m}^2/\text{ha}$ lo cual evidencia un decremento de $3.5519\text{m}^2/\text{ha}$ con respecto al AB encontrado antes del raleo.

Para la variable volumen el producto después del raleo es de $40.8437\text{m}^3/\text{ha}$ lo que evidencia un decremento en el volumen de $15.8489\text{m}^3/\text{ha}$ con respecto al volumen encontrado antes del raleo con respecto a las PPM, estos decrementos a efecto de la eliminación de los árboles, a lo cual se espera la respuesta a futuro, en relación a recuperar la productividad de la plantación con diámetros mayores.

- El escenario de 400 árboles/ha (GM-19) posterior al raleo, presenta que el área basal quedó en $7.1593\text{m}^2/\text{ha}$ lo cual evidencia un decremento de $3.4348\text{m}^2/\text{ha}$ con respecto al AB encontrado antes del raleo.

Para la variable volumen el producto después del raleo es de 38.9650 m³/ha lo que evidencia un decremento en el volumen de 17.7977 m³/ha con respecto al volumen encontrado antes del raleo con respecto a las PPM, estos decrementos a efecto de la eliminación de los árboles, a lo cual se espera la respuesta a futuro, en relación a recuperar la productividad de la plantación con diámetros mayores.

Es así como confirmamos que a mayor sea la intensidad de raleo que se implemente, las variables volumen y área basal se verán disminuidas para las fincas, los productos se pretenden recuperar en el transcurrir de un tiempo corto, a través de los individuos remanentes de mayor diámetro; no obstante la tendencia es distinta para área basal, ya que el escenario que presento mayor decremento en el área basal fue el escenario de 450 árboles/ha, mientras que los otros dos escenarios disminuyeron en tendencia de que a mayor intensidad de raleo mayor decremento fue el área basal.

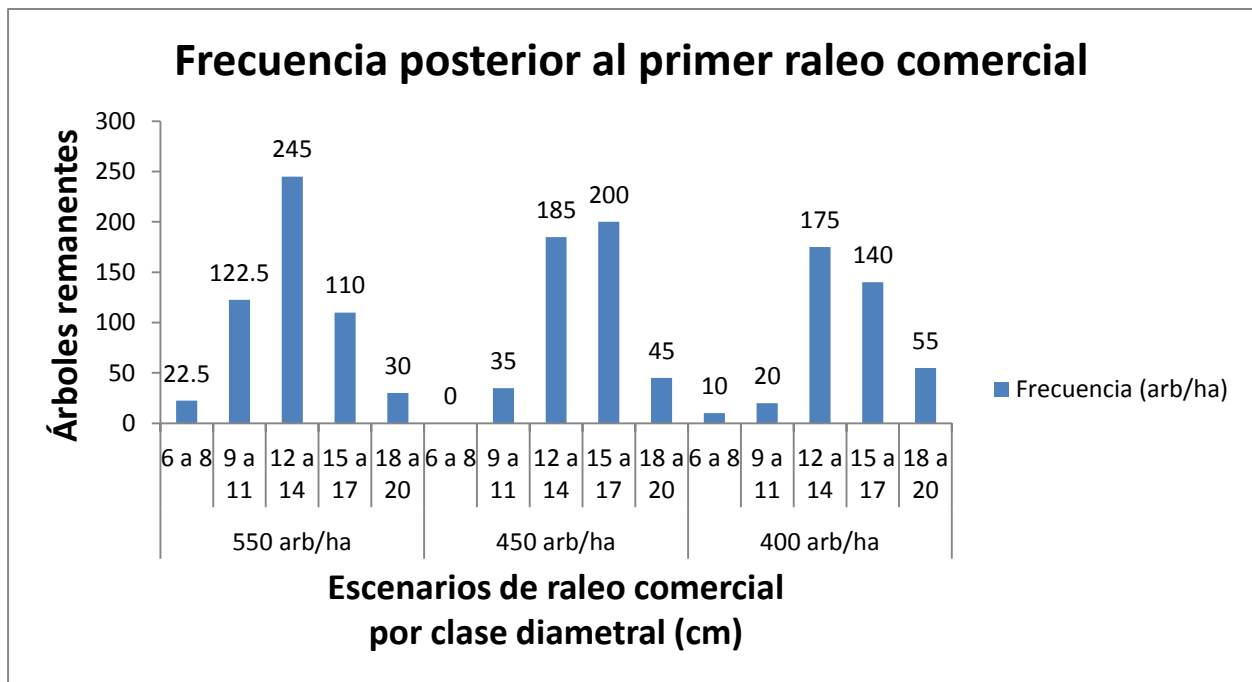


Figura 8. Resultados de árboles por hectárea remanentes por clase diametral para los tres escenarios ejecutados en el primer raleo comercial de *Tectona grandis* L.f.

Para la figura 8, en el escenario de 550 árboles/ha la clase diametral de 12 cm a 14 cm de DAP, es en donde se concentra la mayoría de individuos, siendo esta de 245 árboles/ha de un total de 530 árboles/ha, equivalente al 46.23% de la remanencia, como segundo plano se tiene que el 43.87% de la frecuencia post-raleo, está dentro de las clases diametrales de 9 cm a 11 cm y 15 cm a 17 cm, definiendo como estas tres clases diametrales mencionadas, en donde se encuentra la mayoría de individuos que quedaron después del raleo comercial y con los que cuenta la empresa.

Por otra parte para el escenario de 450 árboles/ha la clase diametral de 15 cm a 17 cm de DAP, es en donde se concentra la mayoría de individuos, siendo esta de 200 árboles/ha de un total de 465 árboles/ha, equivalente al 43.01% de la remanencia, como segundo plano se tiene que el 39.78% de la frecuencia post-raleo, está dentro de la clase diametral de 12 cm a 14 cm, definiendo como estas dos clases diametrales mencionadas, en donde se encuentra la mayoría de individuos que quedaron después del raleo comercial y con los que cuenta la empresa.

Y para el escenario de 400 árboles/ha la clase diametral de 12 cm a 14 cm de DAP, es en donde se concentra la mayoría de individuos, siendo esta de 175 árboles/ha de un total de 400 árboles/ha, equivalente al 43.75% de la remanencia, como segundo plano se tiene que el 35.00% de la frecuencia post-raleo, está dentro de las clase diametral de 15 cm a 17 cm, definiendo como estas dos clases diametrales mencionadas, en donde se encuentra la mayoría de individuos que quedaron después del raleo comercial y con los que cuenta la empresa.

En relación a la variable volumen de la figura 9, para el tratamiento de 550 árboles/ha, se obtuvo que el 42.52% (17.3394 m³/ha) de remanencia, se encuentra en la clase diametral de 12 cm a 14 cm, así mismo se observa que las clases diametrales de 15 cm a 17 cm y de 18 cm a 20 cm comparten 44.21% de los árboles en pie, siendo estas clases diametrales donde se encuentra la mayor concentración de producto que quedo del raleo, guía para la productividad futura de la plantación.

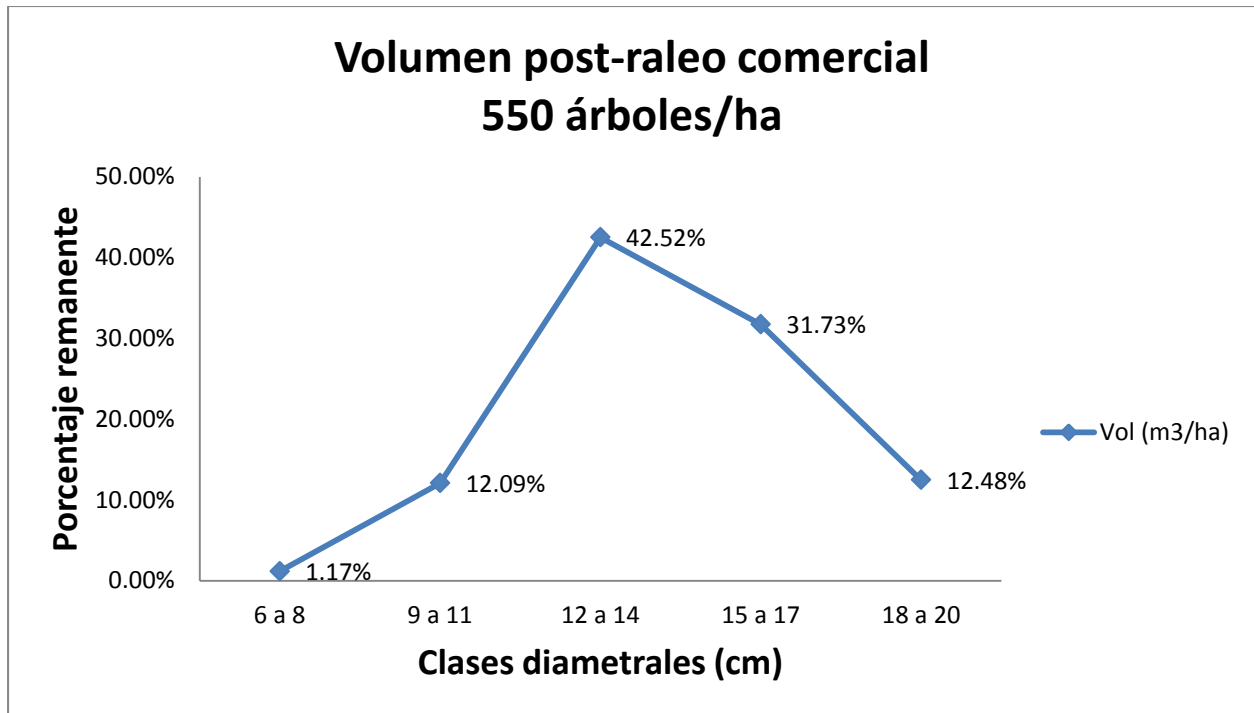


Figura 9. Porcentaje de volumen remanente por clase diametral para el escenario de raleo comercial a densidad final de 550 árboles/ha.

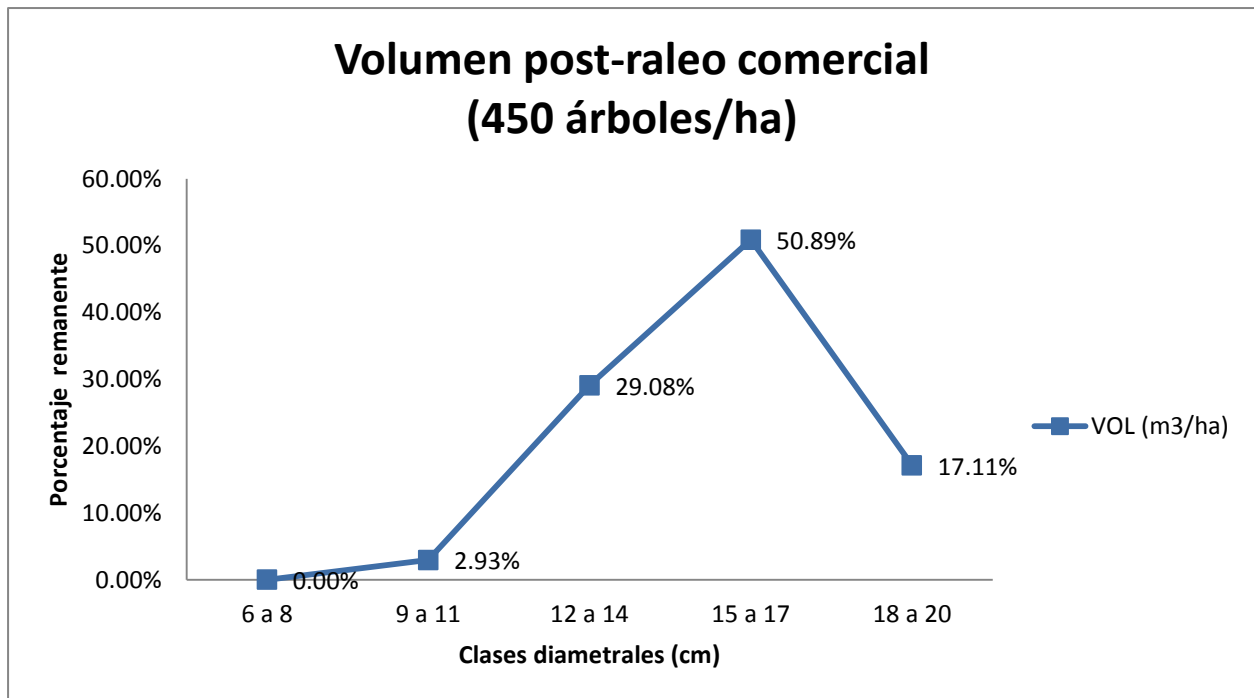


Figura 10. Porcentaje de volumen remanente por clase diametral para el escenario de raleo comercial a densidad final de 450 árboles/ha.

En relación a la variable volumen de la figura 10, para el tratamiento de 450 árboles/ha, se obtuvo que el 50.89% (20.7838 m³/ha) de remanencia, se encuentra en la clase diametral de 15 cm a 17 cm, así mismo se observa que las clases diametrales de 12 cm a 14 cm y de 18 cm a 20 cm comparten 46.19% de los árboles en pie, siendo estas clases diametrales donde se encuentra la mayor concentración de producto que quedó del raleo, guía para la productividad futura de la plantación.

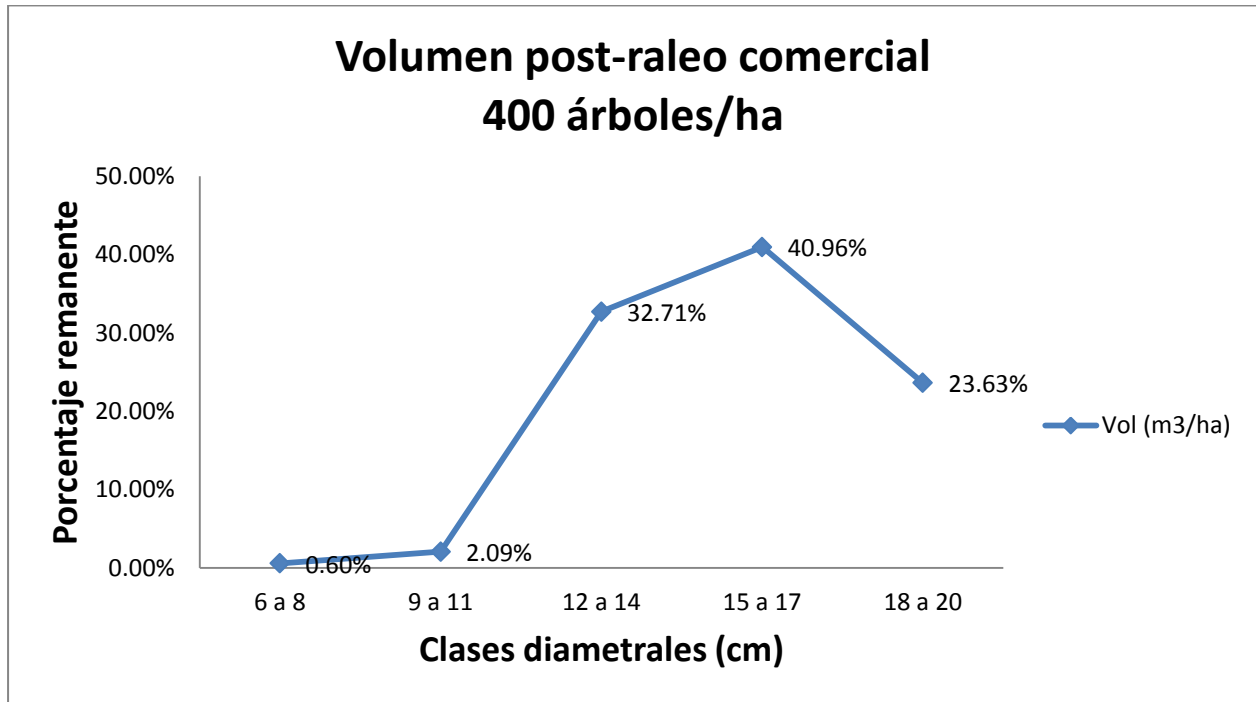


Figura 11. Porcentaje de volumen remanente por clase diametral para el escenario de raleo comercial a densidad final de 400 árboles/ha.

La variable volumen de la figura 11, para el tratamiento de 400 árboles/ha, se obtuvo que el 40.96% (15.9614 m³/ha) de remanencia, se encuentra en la clase diametral de 15 cm a 17 cm, así mismo se observa que las clases diametrales de 12 cm a 14 cm y de 18 cm a 20 cm comparten 56.34% de los árboles en pie, siendo estas clases diametrales donde se encuentra la mayor concentración de producto que quedó del raleo, guía para la productividad futura de la plantación.

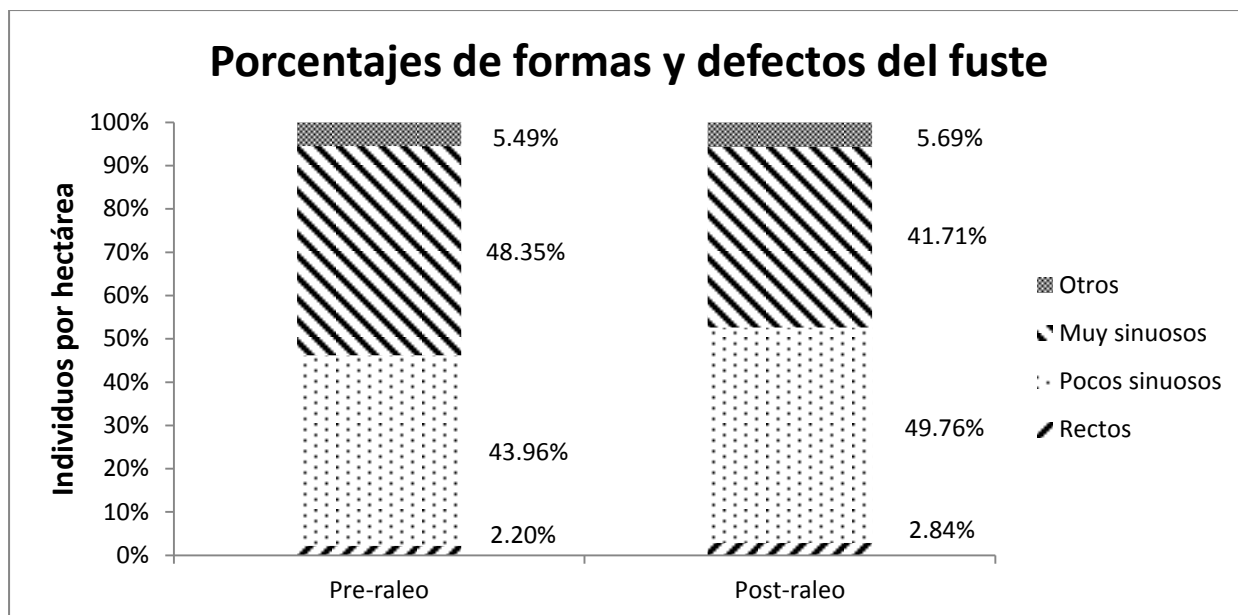


Figura 12. Comparación entre antes y después del primer raleo comercial, con respecto a las formas y defectos del fuste en *Tectona grandis* L.f., para el escenario de 550 árboles/ha.

Para esta figura 12 de escenario con mayor densidad remanente, los resultados de formas y defectos del fuste, fueron analizados previo y posterior al raleo comercial por hectárea, en donde se puede determinar que previo a la intervención de raleo se tenía que 330 eran árboles muy sinuosos, 300 árboles eran pocos sinuosos, 15 árboles eran ejes rectos y los restantes 38 se refieren a árboles con otras características (torcedura basal, bifurcados e inclinados), concentrándose la mayor parte de árboles por hectárea como muy sinuosos en su forma del fuste. De estos individuos fueron raleados 110 muy sinuosos, 0 de ejes rectos, 37 pocos sinuosos y 8 de otras formas y defectos del fuste, siendo el 70.97% del raleo dirigido a los árboles muy sinuosos.

En referencia a los resultados post-raleo comercial del escenario de 550 árboles/ha, 263 árboles de remanencia fueron pocos sinuosos, mientras que los árboles muy sinuosos disminuyeron a 220, 30 árboles de remanencia quedaron entre otras formas y defectos del fuste, y los árboles rectos no tuvieron cambio ya que no fue raleado ningún individuo, quedando igual en 15 árboles. Se puede establecer que el raleo comercial

genero el mayor impacto en la eliminación de árboles muy sinuosos, siendo estos los menos deseados para el aprovechamiento final.

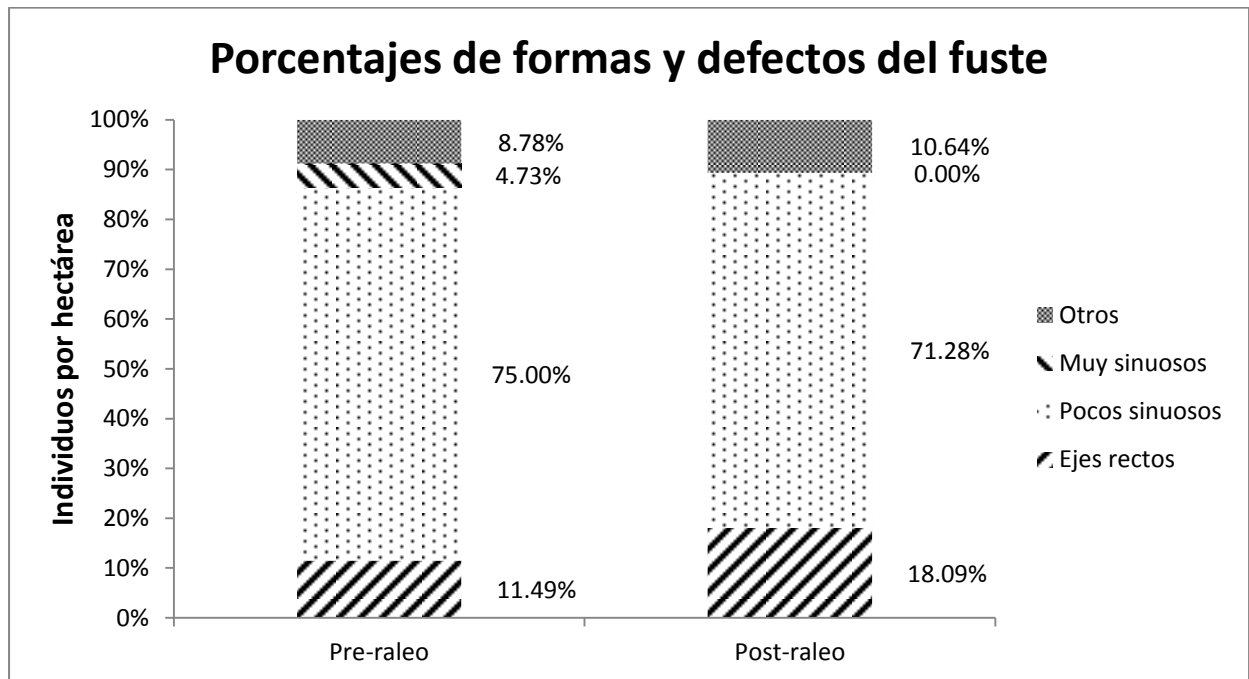


Figura 13. Comparación entre antes y después del primer raleo comercial, con respecto a las formas y defectos del fuste en *Tectona grandis* L.f., para el escenario de 450 árboles/ha.

Para esta figura 13 de escenario con densidad remanente de 450 árboles/ha, los resultados de formas y defectos del fuste, fueron analizados previo y posterior al raleo comercial por hectárea, en donde se puede determinar que previo a la intervención de raleo se tenía que 555 árboles eran pocos sinuosos, 85 árboles eran con ejes rectos, 65 eran árboles con otras características (torcedura basal, bifurcados y quebrado sin recuperación) y el restante de 35 se refiere a árboles muy sinuosos, concentrándose la mayor parte de árboles por hectárea como pocos sinuosos en su forma del fuste. De estos individuos fueron raleados 35 muy sinuosos, 220 pocos sinuosos, 15 de otras formas y defectos del fuste y ningún individuo de ejes rectos, siendo el 81.48% del raleo dirigido a los árboles pocos sinuosos.

En referencia a los resultados post-raleo comercial, 335 árboles de remanencia fueron pocos sinuosos, mientras que los árboles muy sinuosos fueron todos eliminados, lo que significa 0 individuos con esta forma, 50 árboles de remanencia quedaron entre los árboles con otras forma y defectos del fuste, y los árboles rectos no tuvieron cambio ya que no fue raleado ningún individuo, quedando igual en 85 árboles. Se puede establecer que el raleo comercial genero el mayor impacto en la eliminación de árboles pocos sinuosos, siendo estos los más deseados después de los ejes rectos para el aprovechamiento final.

Para este caso se eliminaron estos individuos a razón de que la finca evaluada (GM-3) presentaba desde un inicio pocos individuos muy sinuosos, por lo que la intensidad de raleo que se efectuó, implicó que se eliminaran árboles pocos sinuosos y algunos con ejes rectos, en este caso definidos por la distribución del espacio generado por el raleo dentro del dosel.

Para la figura 14 de escenario de 400 árboles/ha con la menor densidad remanente, los resultados de formas y defectos del fuste, fueron analizados previo y posterior al raleo comercial por hectárea, en donde se puede determinar que previo a la intervención de raleo se tenían 415 árboles muy sinuosos, 160 eran árboles pocos sinuosos, 110 árboles con otras características (bifurcados, inclinados y quebrado sin recuperación) y el restante de 5 árboles se refiere aquellos de ejes rectos; concentrándose la mayor parte de árboles por hectárea como muy sinuosos en su forma del fuste. De estos individuos fueron raleados 190 muy sinuosos, 25 de pocos sinuosos, 55 de otras formas y defectos del fuste y ninguno de ejes rectos, siendo el 70.37% del raleo dirigido a los árboles muy sinuosos.

En referencia a los resultados post-raleo comercial, 135 árboles de remanencia fueron pocos sinuosos, mientras que los árboles muy sinuosos disminuyeron a 225 árboles, 55 árboles de remanencia quedaron entre los árboles con otras forma y defectos del fuste, también fue disminuido aunque en menor porcentaje, y los individuos con ejes rectos quedaron igual con 5 árboles al no ser raleado ninguno. Se puede establecer que el

raleo comercial genero el mayor impacto en la eliminación de árboles muy sinuosos, siendo estos los menos deseados para el aprovechamiento final.

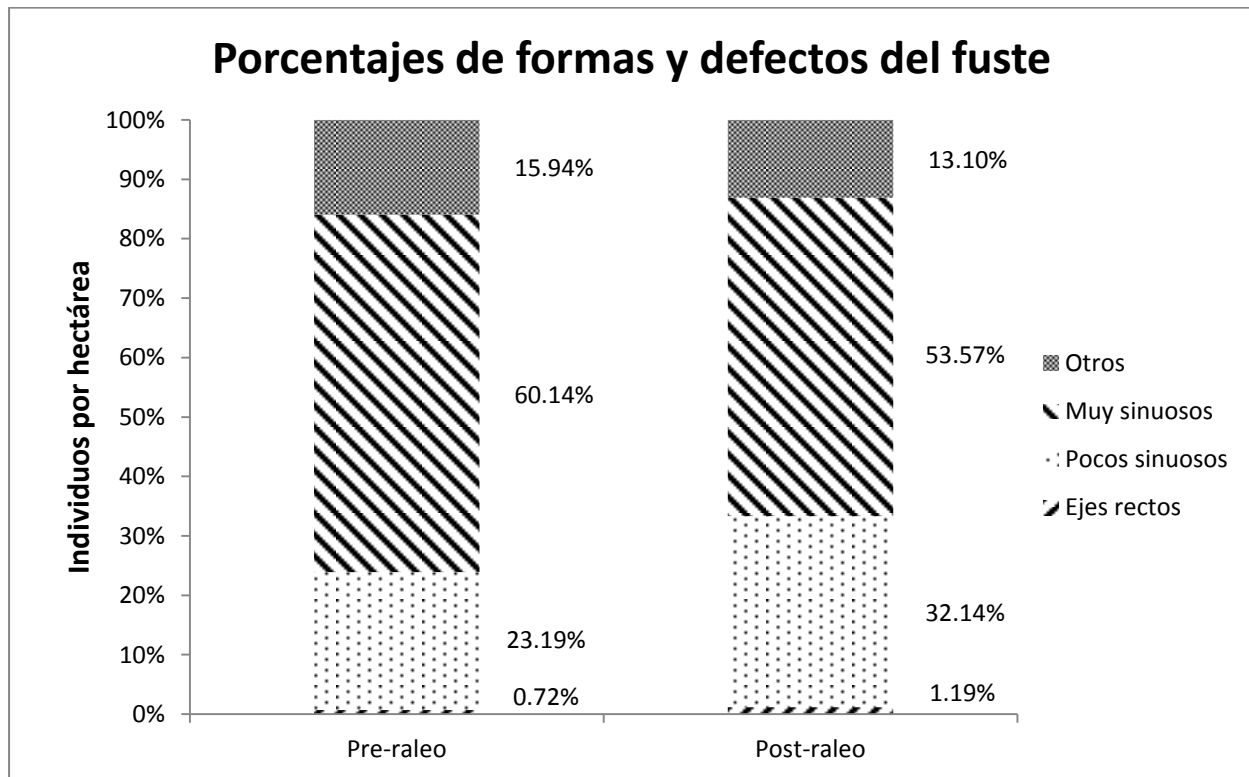


Figura 14. Comparación entre antes y después del primer raleo comercial, con respecto a las formas y defectos del fuste en *Tectona grandis* L.f., para el escenario de 400 árboles/ha.

Aun así estos individuos muy sinuosos siguen teniendo la mayor cantidad de individuos del total por hectárea como remanencia, debido a que el diseño de las cajas no permitía eliminar únicamente los más sinuosos, por lo que siempre se eliminaban árboles pocos sinuosos o con otras formas; la brecha entre los árboles con ejes rectos y pocos sinuosos con los árboles muy sinuosos, fue relativamente disminuida.

6.4 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DEL PRIMER RALEO COMERCIAL EN PLANTACIONES FORESTALES DE TECA

6.4.1 Costo del marcaeo para el primer raleo comercial

a) Rendimiento de área marcada por día

El área que marcaba el grupo de marcadores, se monitoreo por medio de acompañamiento directo, tomando los tiempos de marcación, descanso, abastecimiento, recarga de pintura y alimentación, esto por cada uno de los tratamientos de raleo propuestos. Los resultados de rendimientos se muestran en el cuadro 18.

Cuadro 18. Resultados de rendimiento de marcaeo para los distintos escenarios de raleo comercial en *T. grandis* L.f.

Finca	Longitud de surco (m)	Área marcada por día (ha)		Tiempo de marcaje por día (h:min:s)		
		Total (4 personas)	Por marcador	Efectivo de trabajo	Perdido	Total de trabajo
GM-9	440	14	3.5	7:32:51	1:31:48	9:04:39
GM-3	470	12.4	3.1	7:37:00	1:22:44	8:59:44
GM-19	360	18.4	4.6	6:29:57	2:30:31	9:00:28

La evaluación del rendimiento del marcaje se realizó en las etapas de inicio hasta finalización de dicha actividad, según los días en que el personal se encontraba en las fincas que fueron objeto de tratamiento para el primer raleo comercial.

El marcaeo del escenario de 550 árboles por hectárea se llevó a cabo sobre surcos con una longitud de 440 m equivalentes a 3,520 m², al día por marcador fueron ejecutadas 3.5 ha, que son aproximadamente 10 surcos, marcando en total 14 ha (aproximadamente 40 surcos). En un día se marcaron el total de hectáreas con un tiempo de 9 horas, 04 minutos y 39 segundos, del cual se puede evidenciar que el grupo de marcación realiza la actividad en más de las 8 horas laborales establecidas.

De este tiempo total de trabajo el 83.14% se refiere al tiempo efectivo o tiempo real de ejecución del marqueo, mientras que el 16.86% se refiere al tiempo perdido (descansos, rehidratación, alimentación, recarga de pintura y otros) que no es parte del marqueo de los individuos, pero sí es parte del tiempo de la actividad. Con esto podemos definir que la finca GM-9 fue marcada en aproximadamente 4 días.

En relación al marqueo del escenario de 450 árboles por hectárea se llevó a cabo sobre surcos con una longitud de 470 m equivalentes a 3,760 m², al día por marcador fueron ejecutadas 3.1 ha, que son aproximadamente 8.25 surcos, marcando en total 12.4 ha (aproximadamente 33 surcos). En un día se marcaron el total de hectáreas con un tiempo de 8 horas, 59 minutos y 44 segundos, del cual se puede evidenciar que el grupo de marcación realiza la actividad en más de las 8 horas laborales establecidas.

Siendo para este tiempo total de trabajo el 84.67% se refiere al tiempo efectivo o tiempo real de ejecución del marqueo, mientras que el 15.33% se refiere al tiempo perdido (descansos, rehidratación, alimentación, recarga de pintura y otros) que no es parte del marqueo de los individuos, pero sí es parte del tiempo de la actividad. Con esto podemos definir que la finca GM-3 fue marcada en aproximadamente 2 días.

Para el marqueo del escenario de 400 árboles por hectárea se llevó a cabo sobre surcos con una longitud de 360 m equivalentes a 2,880 m², al día por marcador fueron ejecutadas 4.6 ha, que son aproximadamente 16 surcos, marcando en total 18.4 ha (aproximadamente 64 surcos). En un día se marcaron el total de hectáreas con un tiempo de 9 horas, 00 minutos y 28 segundos, del cual se puede evidenciar que el grupo de marcación realiza la actividad en más de las 8 horas laborales establecidas.

Aquí del tiempo total de trabajo el 72.15% se refiere al tiempo efectivo o tiempo real de ejecución del marqueo, mientras que el 27.85% se refiere al tiempo perdido

(descansos, rehidratación, alimentación, recarga de pintura y otros) que no es parte del marcaje de los individuos, pero sí es parte del tiempo de la actividad. Con esto podemos definir que la finca GM-19 fue marcada en aproximadamente 2 días.

b) Costo del marcaje por día y por hectárea

Los costos reales de la actividad de marcación para el primer raleo comercial, fueron evaluados por cada material y equipo utilizado, así como el costo que se incurre en salarios de marcadores y supervisor; en donde todos los costos fueron valorados a un costo por día, y con los resultados de la evaluación de rendimientos para la marcación, se pudo definir cuál es el costo real por hectárea marcada y el costo total por finca. Los resultados se pueden observar en los cuadros 19, 20 y 21. Estos costos reales se presentan por cada uno de los escenarios de marcación del primer raleo comercial, representados en la moneda nacional (Quetzal).

Los resultados del cuadro 19, se presentan por renglones de trabajo, en donde se incluyen todos los costos generados del marcaje para raleo comercial, estos costos por día se obtuvieron de la siguiente manera:

- Renglón Supervisión: Aquí esta una persona como supervisor, que devenga un salario de Q. 3,800.00 que dividido los días laborales como meses de 30 días, equivale a Q. 126.67 por día, a esto se le aplican las prestaciones de ley (Sexta parte del séptimo, Bonificación de incentivo, Bono 14, Aguinaldo, Vacaciones, Indemnización, Cuota patronal IGGS e INTECAP) que es lo que la empresa le incluye a cada trabajador, de donde se obtiene el salario real diario de Q. 220.53. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo supervisor con el mismo salario.
- Renglón Mano de Obra: Aquí están cuatro persona como marcadores para raleo, que devengan un salario de Q. 2,426.15 por mes cada persona, que dividido los días laborales como meses de 30 días, equivalen a Q.80.87 por

día, a esto se le aplican las prestaciones de ley, mismas que se le aplicaron al supervisor, que es lo que la empresa le incluye a cada trabajador, de donde se obtiene el salario real diario de Q. 144.31 por persona y de Q. 577.24 en total por los cuatro marcadores. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo la misma mano de obra con los mismos salarios.

Cuadro 19. Costo del marcado del primer raleo comercial generado por día para cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR DÍA DE MARQUEO				
Renglón	Descripción	Costo/día		
		Escenario 550 arb/ha	Escenario 450 arb/ha	Escenario 400 arb/ha
Supervisión	Persona encargada de la coordinación y control de calidad en la marcación	Q220.53		
Mano de Obra	Marcadores de Raleo	Q577.24		
Vehículos	Vehículo para la movilización del personal, equipo y suministros	Q269.91		
Equipo	Bombas para la marcación, EPP, lubricantes	Q56.06		
Suministros	Pintura Látex (color azul)	Q 126.00	Q 157.50	Q 173.25
Costo total		Q1,249.74	Q1,281.24	Q1,296.99
Porcentajes (en relación al costo más bajo)		100%	102.52%	103.78%

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo. arb = árboles.

- Renglón Vehículos: Se utilizó un vehículo tipo Pick-up como transporte del personal para marcación de raleo comercial, del cual se tiene un costo de

mantenimiento de Q. 4,000.00 por mes; un consumo de combustible mensual de 51 galones de diesel, que a un costo de Q. 38.00 por galón, equivalen a un costo en combustible de Q. 1,938.00 mensuales. La suma del mantenimiento y consumo de combustible es el costo total por mes, el cual dividido dentro de 22 días de trabajo al mes, se obtiene el costo real diario del vehículo que es de Q. 269.91. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo vehículo de transporte.

- Renglón Equipo: Se incluye todo el equipo de protección personal y el equipo de trabajo y alimentación, para los cuatro marcadores y el supervisor, los cuales son: Cascos de protección (5), Chalecos (5), Pares de polainas (5), Pares de guantes (5), Bombas de pulverizador (5) y Termos para alimentos (5); de estos el precio total por cada juego de 5 implementos es de: Q. 300.00, Q. 250.00, Q. 1,000.00, Q. 225.00, Q. 750.00 y Q. 400.00 respectivamente; dividiendo cada uno de los precios en la vida útil de cada implemento en meses 3, 1, 3, 1, 6 y 2 respectivamente. Estos valores dentro de 22 días laborales, resultan en el costo diario de cada uno, los cuales quedan en, Q. 4.55, Q. 11.36, Q. 15.15, Q. 10.23, Q. 5.68 y Q. 9.09 respectivamente; y de la suma de este equipo se obtiene el costo real diario de Q. 56.06. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo equipo de trabajo utilizado en toda actividad de marqueo.
- Renglón Suministros: Aquí se encuentra la pintura látex (color azul) que tiene un valor de Q. 315.00 la cubeta, lo cual dividido 5 galones contenidos en una cubeta equivale a un valor de Q. 63.00 por galón. Este valor por el consumo de pintura al día, por cada escenario, da como resultado:

Para el escenario de 550 árboles/ha se consumieron en promedio 2 gal. de pintura al día, multiplicado al costo por galón, se obtiene el costo real diario de suministros de Q. 126.00; para el escenario de 450 árboles/ha se consumieron en promedio 2.5 gal. de pintura al día, multiplicado al costo por

galón, se obtiene el costo real diario de suministros de Q. 157.50 y para el escenario de 400 árboles/ha se consumieron en promedio 2.75 gal. de pintura al día, multiplicado al costo por galón, se obtiene el costo real diario de suministros de Q. 173.25.

El costo diario de la actividad de marcado para raleo comercial, quedo definido con los siguientes valores por cada escenario:

- Escenario 1: Para 550 árboles/ha de remanencia el costo total por día es de Q. 1,249.74, siendo la mano de obra la más costosa dentro de los renglones, con el 46.19% del costo total.
- Escenario 2: Para 450 árboles/ha de remanencia el costo total por día es de Q. 1,281.24, siendo la mano de obra la más costosa dentro de los renglones, con el 45.05% del costo total.
- Escenario 3: Para 400 árboles/ha de remanencia el costo total por día es de Q. 1,296.99, siendo la mano de obra la más costosa dentro de los renglones, con el 44.51% del costo total.

Los resultados del cuadro 20 para obtener los costos finales por hectárea, se presentan por renglones de trabajo, incluyendo todos los costos generados del marcado para raleo comercial, estos costos se obtuvieron de la siguiente manera:

- Para el escenario de 550 árboles/ha todos los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos entre el rendimiento obtenido de 14 hectáreas marcadas por día, con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón; los cuales sumados hacen un costo total de Q. 89.27 por hectárea marcada, para este tratamiento.

Cuadro 20. Costo del marcado del primer raleo comercial generado por hectárea para cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR HECTÁREA MARCADA				
Renglón	Descripción	Costo/ha		
		Escenario 550 arb/ha	Escenario 450 arb/ha	Escenario 400 arb/ha
Supervisión	Persona encargada de la coordinación y control de calidad en la marcación	Q 15.75	Q 17.78	Q 11.99
Mano de Obra	Marcadores de Raleo	Q 41.23	Q 46.55	Q 31.37
Vehículos	Vehículo para la movilización del personal, equipo y suministros	Q 19.28	Q 21.77	Q 14.67
Equipo	Bombas para la marcación, EPP, lubricantes	Q 4.00	Q 4.52	Q 3.05
Suministros	Pintura Látex (color azul)	Q 9.00	Q 12.70	Q 9.42
Costo total		Q 89.27	Q 103.33	Q 70.49
Porcentajes (en relación al costo más bajo)		126.64%	146.59%	100%

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo. arb = árboles.

El costo de la actividad de marcado se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 46.19% (Q. 41.23 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de las 4 personas encargadas de marcar; si a este le sumamos el renglón de “Supervisión” que incluye también el salario del supervisor, equivalente a un 17.65% (Q. 15.75 por hectárea), se encontraría un 63.83% del costo total en los salarios del grupo de marcación.

El siguiente renglón más costoso es el de “Vehículos” equivalente a un 21.60% (Q. 19.28 por hectárea) del costo total de la actividad.

- Para el escenario de 450 árboles/ha todos los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos entre el rendimiento obtenido de 12.4 hectáreas marcadas por día, con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón; los cuales sumados hacen un costo total de Q. 103.33 por hectárea marcada, para este tratamiento.

El costo de la actividad de marqueo se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 45.05% (Q. 46.55 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de las 4 personas encargadas de marcar; si a este le sumamos el renglón de “Supervisión” que incluye también el salario del supervisor, equivalente a un 17.21% (Q. 17.78 por hectárea), se encontraría un 62.27% del costo total en los salarios del grupo de marcación. El siguiente renglón más costoso es el de “Vehículos” equivalente a un 21.07% (Q. 21.77 por hectárea) del costo total de la actividad.

- Para el escenario de 400 árboles/ha todos los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos entre el rendimiento obtenido de 18.4 hectáreas marcadas por día, con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón; los cuales sumados hacen un costo total de Q. 70.49 por hectárea marcada, para este tratamiento.

El costo de la actividad de marqueo se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 44.51% (Q. 31.37 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de las 4 personas encargadas de marcar; si a este le sumamos el renglón de “Supervisión” que incluye también el salario del supervisor, equivalente a un 17.00% (Q. 11.99 por hectárea), se

encontraría un 61.51% del costo total en los salarios del grupo de marcación. El siguiente renglón más costoso es el de “Vehículos” equivalente a un 20.81% (Q. 14.67 por hectárea) del costo total de la actividad.

Cuadro 21. Costo del marqueo del primer raleo comercial generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR FINCA MARCADA			
Finca	GM-9	GM-3	GM-19
Costo total	Q 3,944.72	Q 1,668.71	Q 1,376.64

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo.

Con respecto al cuadro 21, el total del costo por hectárea definido para el escenario de 550 árboles/ha, se multiplicó por el área de la finca GM-9 siendo esta de 44.19 ha, con lo cual el marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 3,944.72.

En el caso de la finca GM-3 el área es de 16.15 ha, la cual fue multiplicada con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 450 árboles/ha, con lo cual el marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 1,668.71.

Para el costo total de la finca GM-19 con un área de 19.53 ha, fue multiplicada el área con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 400 árboles/ha, con lo cual el marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 1,376.64.

6.4.2 Costo del inventario post-marqueo

El costo de la actividad del inventario post-marqueo para los escenarios propuesto para el primer raleo comercial, fueron evaluados a detalle por cada equipo utilizado en la ejecución de este inventario, así como el costo de la mano de obra requerida para esta actividad. Estos valores fueron evaluados por día y por hectárea, apoyados con los rendimientos de parcelas realizadas para inventario, definiendo el costo real por hectárea y costo total por finca. Los resultados se muestran en los cuadros 22 y 23. Estos costos finales se presentan en la moneda nacional (Quetzal).

Cuadro 22. Costo de inventario post-marqueo para raleo comercial, generado por día y por hectárea según parcelas realizadas para los tres escenarios prescritos.

COSTO POR DÍA Y HECTÁREA INVENTARIADA POST-MARQUEO				
Renglón	Descripción	Costo/día	Costo/ha	
			Parcelas circulares (300m² c/u)	PPM (1,000m² c/u)
Mano de Obra	Técnico de campo y asistente	Q 364.84	Q11.40	Q9.12
Vehículos	Motocicleta para la movilización del personal y equipo	Q 67.88	Q2.12	Q1.70
Equipo de inventario	Hipsómetro, cinta diamétrica y pita (de 9.77 metros)	Q 8.18	Q0.26	Q0.20
Equipo de Protección Personal	Casco de protección, chaleco reflectivo y pares de polainas	Q 12.42	Q0.39	Q0.31
Costo total		Q 453.32	Q14.17	Q11.33
Porcentajes (en relación al costo más bajo)			125.07%	100%

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo.

Los resultados del cuadro 22 se presentan por renglones de trabajo, en donde se incluyen todos los costos generados del inventario post-marqueo, estos costos por día se obtuvieron de la siguiente manera:

- Renglón Mano de obra: En este se encuentran un técnico forestal encargado y un asistente de apoyo para la ejecución del inventario post-marqueo, estos devengan un salario de Q. 3,800.00 para el técnico y Q. 2,426.15 para asistente. A estos salarios se les divide dentro de 30 días al mes, que es un valor por día de Q. 126.67 y Q. 80.87 respectivamente, de donde se les aplican las prestaciones de ley, mismas que se le aplicaron a salarios de los marcadores y supervisor, para el costo de la actividad de marcaje pre-raleo, que es lo que la empresa le incluye a cada trabajador. De estas aplicaciones se obtiene el salario real diario de Q. 220.53 para el técnico y Q. 144.31 para asistente, la suma de estos dos salarios reales es el costo de la mano de obra de Q. 364.84 por día. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo la misma mano de obra con los mismos salarios.
- Renglón Vehículos: Se utilizó una motocicleta como transporte del personal para inventario y equipo de trabajo, del cual se tiene un costo de mantenimiento de Q. 200.00 por mes. Un consumo de combustible de Q. 150.00 por semana, dividido dentro de 5 días laborales equivalen a un costo en combustible de Q. 30.00/día. El costo de la motocicleta de Q. 38,000.00 dividido la vida útil de 60 meses, equivale a un costo de Q. 633.33 por mes. La suma del mantenimiento y el costo de la motocicleta en costo total por mes, se dividió dentro de 22 días laborales por mes; más el costo en combustible por día, se logró obtener el costo real diario del vehículo que es de Q. 67.88. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo vehículo de transporte.
- Renglón Equipo de Inventario: Dentro de este equipo se costearon Hipsómetro SUNTO, Cinta diamétrica y Pita de 9.77 m, que son en conjunto la herramienta para realizar el inventario post-marqueo, de estos el precio total por cada

implemento es de: Q. 2,800.00, Q. 160.00 y Q. 20.00 respectivamente. Dividiendo cada uno de los precios en la vida útil de cada implemento, siendo estos de 24, 3 y 2 meses respectivamente, para obtener el costo por mes, los cuales divididos dentro de 22 días laborales, resultan en el costo diario de cada uno, los cuales sumados representan el costo real por día de Q. 8.18. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo equipo de inventario utilizado.

- Renglón Equipo de Protección Personal: Se incluye todo el equipo de protección personal para las dos personas encargadas de realizar el inventario, los cuales son: Casco de protección (2), Chaleco reflectivo (2) y Pares de polainas (2); de estos el precio total por cada implemento es de: Q. 60.00, Q. 50.00 y Q. 200.00 respectivamente. Dividiendo cada uno de los precios en la vida útil de cada implemento en meses 3, 1 y 3 respectivamente y estos valores dentro de 22 días laborales, resultan en el costo diario de cada uno, los cuales quedan en: Q. 0.91, Q. 2.27 y Q. 3.03 respectivamente.

Estos valores multiplicados por dos que son las personas que utilizaron estos implementos, se obtiene el costo total diario por implemento, y de la suma de este equipo se obtiene el costo real diario de Q. 12.42. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo equipo de trabajo utilizado en toda actividad de marcaeo.

El costo diario de la actividad de inventario post-marqueo para raleo comercial, quedo definido en Q. 453.32 para los tres escenarios.

Para los tres tratamientos de raleo comercial, los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos dentro del rendimiento de la ejecución del inventario post-marqueo, según el tipo de parcela ejecutada; donde para el caso de los escenarios de 550 árboles/ha y 400 árboles/ha fueron parcelas circulares de 300 m², y el escenario de 450 árboles/ha fueron parcelas rectangulares de 1,000 m², obteniendo un rendimiento de 32 ha inventarías por día con parcelas circulares y de 40 ha con las

parcelas rectangulares. Con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón, los cuales sumados hacen un costo total de Q. 14.17 con parcelas circulares y Q. 11.33 con parcelas rectangulares

El costo de la actividad del inventario post-marqueo se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 80.48% (Q. 11.40 por hectárea para parcelas circulares y Q. 9.12 por hectárea para parcelas rectangulares) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de las 2 personas encargadas de la ejecución del inventario. El siguiente renglón más costoso es el de “Vehículos” equivalente a un 14.97% (Q. 2.12 por hectárea para parcelas circulares y Q. 1.70 por hectárea para parcelas rectangulares) del costo total de la actividad.

Cuadro 23. Costo de inventario post-marqueo para raleo comercial, generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR FINCA INVENTARIADA POST-MARQUEO			
Finca	GM-9	GM-3	GM-19
Costo total	Q 626.01	Q 183.03	Q 276.67

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo.

Con relación al cuadro 23, el total del costo por hectárea definido para el escenario de 550 árboles/ha, se multiplicó por el área de la finca GM-9 siendo esta de 44.19 ha, con lo cual el inventario post-marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 626.01.

En el caso de la finca GM-3 el área es de 16.15 ha, la cual fue multiplicada con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 450 árboles/ha, con lo cual el

inventario post-marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 183.03.

Para el costo total de la finca GM-19 con un área de 19.53 ha, fue multiplicada el área con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 400 árboles/ha, con lo cual el inventario post-marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 276.67.

6.4.3 Costo de la corta de los árboles

a) Rendimiento de área raleada por día

La evaluación del rendimiento del área raleada por día, que ejecutaban los motosierristas encargados de esta actividad, se llevó a cabo en los horarios laborales de los motosierristas en varios días de raleo, tomando como muestra cajas de 100 árboles, con lo cual se obtuvieron los resultados presentados en el cuadro 24. Se incluyeron tanto los tiempos reales trabajados, como los tiempos perdidos (por descanso, rehidratación, alimentación, abastecimiento de insumos, etc.) que se contabilizan para el rendimiento del primer raleo comercial en Teca, en cada uno de los escenarios ejecutados.

El primer raleo comercial en el escenario de 550 árboles por hectárea, fue evaluado en cajas de 100 árboles (50 de cada lado) con un área de 1,000 m², con lo cual se conoce que al día por grupo de raleo (motosierrista y ayudante) fueron raleadas 1.17 ha, en donde se eliminaron en promedio 185 árboles/ha, que en total son 216 árboles raleados por día por grupo, cortando por minuto en promedio 0.99 árboles.

Al día se ralearon el total de 4.68 ha dentro de 4 grupos de raleo, en un tiempo total de 5 hora, 47 minutos y 49 segundos, de este tiempo total de trabajo el 53.74% se refiere al tiempo efectivo de trabajo o tiempo real de ejecución del raleo comercial, mientras que el 46.26% se refiere al tiempo perdido (afilado de cadena, abastecimiento de combustible, descansos, rehidratación, alimentación y otros) que

no es parte de la corta directa de los individuos, más si es parte del tiempo de la actividad. Con esto podemos definir que la finca GM-9 fue raleada en aproximadamente 10 días.

Cuadro 24. Rendimientos de corta y troceo por escenarios de raleo contabilizando los tiempos por hectárea trabajado y árboles raleados por hectárea.

Finca	Área raleada por día (ha)		Promedio/hectárea	Tiempo de raleo por día (h:min:s)		
	Total (4 grupos)	Por grupo de raleo	Árboles raleados	Efectivo de trabajado	Perdido	Total de trabajo
GM-9	4.68	1.17	185	3:06:55	02:40:54	5:47:49
GM-3	4.0	1.0	288	5:18:55	01:34:03	6:52:58
GM-19	3.87	0.97	308	05:44:33	01:21:04	7:05:37

El primer raleo comercial en el escenario de 450 árboles por hectárea, fue evaluado en cajas de 100 árboles (50 de cada lado) con un área de 1,000 m², con lo cual se conoce que al día por grupo de raleo (motosierrista y ayudante) fueron raleadas 1.0 ha, en donde se eliminaron en promedio 288 árboles/ha, que son el total de árboles raleados por día por grupo, cortando por minuto en promedio 0.90 árboles.

Al día se ralearon el total de 4.0 ha dentro de 4 grupos de raleo, en un tiempo total de 6 hora, 52 minutos y 58 segundos, de este tiempo total de trabajo el 77.23% se refiere al tiempo efectivo de trabajo o tiempo real de ejecución del raleo comercial, mientras que el 22.77% se refiere al tiempo perdido (afilado de cadena, abastecimiento de combustible, descansos, rehidratación, alimentación y otros) que no es parte de la corta directa de los individuos, más si es parte del tiempo de la actividad. Con esto podemos definir que la finca GM-3 fue raleada en aproximadamente 4 días.

El primer raleo comercial en el escenario de 400 árboles por hectárea, fue evaluado en cajas de 100 árboles (50 de cada lado) con un área de 1,000 m², con lo cual se

conoce que al día por grupo de raleo (motosierrista y ayudante) fueron raleadas 0.97 ha, en donde se eliminaron en promedio 308 árboles/ha, que en total son 299 árboles raleados por día por grupo, cortando por minuto en promedio 0.89 árboles.

Al día se ralearon el total de 3.87 ha dentro de 4 grupos de raleo, en un tiempo total de 7 hora, 05 minutos y 37 segundos, de este tiempo total de trabajo el 80.95% se refiere al tiempo efectivo de trabajo o tiempo real de ejecución del raleo comercial, mientras que el 19.05% se refiere al tiempo perdido (afilado de cadena, abastecimiento de combustible, descansos, rehidratación, alimentación y otros) que no es parte de la corta directa de los individuos, más si es parte del tiempo de la actividad. Con esto podemos definir que la finca GM-19 fue raleada en aproximadamente 5 días.

Se define que a mayor es la intensidad de raleo, menor cantidad de árboles se ralean por minuto, entre el escenario de 550 árboles/ha y el de 450 árboles/ha se tuvo una diferencia de 0.09 árboles menos cortados por minuto, y entre los escenarios de 450 árboles/ha y el de 400 árboles/ha se tuvo una diferencia de 0.01 árboles menos cortados por minuto.

También se establece que a medida que la intensidad de raleo aumenta, el porcentaje de tiempo efectivo de trabajo o tiempo real de ejecución del raleo comercial aumenta y el porcentaje de tiempo perdido que no es parte de la corta directa de los individuos disminuye; esto es debido a que los motosierristas y ayudantes que realizan el raleo no tienen un salario, sino un pago por hectáreas raleadas.

Es por esto que a menor cantidad de árboles ralean, más rápido llegan a la meta propuesta diaria y es más fácil para ellos limitarse con esta meta; mientras que a mayor cantidad de árboles ralean, es menos posible que lleguen a la meta propuesta diaria y por ello implica que laboren más horas al día y aumenten el

tiempo efectivo de trabajo en relación a la corta directa de los individuos y por ende reducir el tiempo perdido por día.

b) Costo del raleo por día y por hectárea

El costo de la actividad de raleo comercial en plantaciones forestales de teca, fue analizado a detalle por cada una de los insumos y equipos utilizados, así como salarios de los motosierristas y ayudantes, los cuales fueron valorados a costos por día; con estos valores diarios relacionados con los resultados de los rendimientos de raleo por día, se definió el costo real por hectárea raleada y el costo total por finca. Los resultados se muestran en los cuadros 25, 26 y 27. Estos costos reales se evaluaron por cada uno de los escenarios del raleo comercial ejecutado, representados en la moneda nacional (Quetzal).

Los resultados del cuadro 25 se presentan por renglones de trabajo, en donde se incluyen todos los costos generados de la corta de los árboles, estos costos por día se obtuvieron de la siguiente manera:

- **Renglón Mano de obra:** En este se encuentran los grupos de raleo encargados de ejecutar la corta de los individuos marcados para ser eliminados de la plantación, en donde cada grupo está conformado por un motosierrista y un ayudante, siendo para este renglón 4 grupos de raleo; estos devengan un salario de Q. 84.50/día para motosierrista y Q. 80.87/día para ayudante. A estos se les aplican las prestaciones de ley, mismas que se le aplicaron a salarios de los marcadores y supervisor, para el costo de la actividad de marcaje pre-raleo, que es lo que la empresa le incluye a cada trabajador; de donde se obtiene el salario real diario de Q. 150.35 para motosierrista y Q. 144.31 para ayudante, la suma de estos dos salarios reales es el costo por grupo de raleo y en total para los cuatro grupos de raleo son Q. 1,178.64 por día. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo la misma mano de obra con los mismos salarios.

Cuadro 25. Costo de la actividad de corta del primer raleo comercial generado por día para cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO DE RALEO COMERCIAL POR DÍA				
Renglón	Descripción	Costo/día		
		Escenario 550 arb/ha	Escenario 450 arb/ha	Escenario 400 arb/ha
Mano de Obra	Grupos de raleo (motosierrista y ayudante)	Q1,178.64		
Vehículos	Vehículo para la movilización del personal, equipo y suministros	Q228.38		
Equipo de Protección Personal	Equipo utilizado para la seguridad de los motosierristas y ayudantes	Q119.36		
Equipo de Corte	Herramientas para llevar a cabo el corte de árboles (motosierra, cadena y espada de 38 cm)	Q 139.62	Q 159.42	Q 163.29
Suministros	Gasolina y aceites para motosierra	Q 487.21	Q 964.63	Q 1,064.03
Repuestos	Piezas de constante cambio en motosierra y materiales de utilidad para mantenimiento	Q112.38		
Equipo de Trabajo	Equipo de utilidad para el personal de raleo en campo	Q45.13		
Costo total		Q 2,310.72	Q2,807.94	Q2,911.21
Porcentajes (en relación al costo más bajo)		100%	121.52%	125.99%

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo. arb = árboles.

- Renglón Vehículos: Se utilizó un vehículo tipo Pick-up como transporte del personal para raleo, equipo y suministros, del cual se tiene un costo de mantenimiento de Q. 4,000.00 por mes; un consumo de combustible mensual de

51 galones de diesel, que a un costo de Q. 38.00 por galón., equivalen a un costo en combustible de Q. 1,938.00 mensuales. La suma del mantenimiento y consumo de combustible es el costo total por mes, el cual dividido dentro de 26 días se obtiene el costo real diario del vehículo que es de Q. 228.38. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo vehículo de transporte.

- Renglón Equipo de Protección Personal: Se incluye todo el equipo de protección personal para los cuatro grupos de raleo, los cuales son: Pantalón anticorte (4), Casco para motosierrista (4), Botas con protección en la punta (8), Guantes (8), Silbato (4) y Venda (4); de estos el precio total por cada implemento es de: Q. 1,350.00, Q. 750.00, Q. 450.00, Q. 80.00, Q. 80.00 y Q. 15.00 respectivamente. Dividiendo cada uno de los precios en la vida útil de cada implemento en meses 6, 12, 3, 1, 6 y 1 respectivamente y estos valores dentro de 26 días laborales, resultan en el costo diario de cada uno, los cuales quedan en: Q. 8.65, Q. 2.40, Q. 5.77, Q. 3.08, Q. 0.51 y Q. 0.58 respectivamente.

Estos valores multiplicados por cuatro que son los grupos de raleo, a excepción de las botas y guantes que se multiplican por ocho ya que son implementos utilizados por motosierristas y ayudantes. Con los cuales obtenemos el costo total diario por implemento, y de la suma de este equipo se obtiene el costo real diario de Q. 119.36. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo equipo de trabajo utilizado en toda actividad de marqueo.

- Renglón Equipo de Corte: Dentro de este equipo se costearon motosierra (Husqvarna 365), Cadena y Espada de 38 cm, que son en conjunto son la herramienta para realizar la corta de árboles, de estos el precio total por cada implemento es de: Q. 4,500.00, Q. 150.00 y Q. 225.00 respectivamente. Dividiendo cada uno de los precios en la vida útil de cada implemento, la motosierra dentro de 2,000 horas de vida útil, nos da el valor por hora que multiplicado las horas efectivas laborales, que son 3.12 h, 5.32 h y 5.75 h, respecto a los escenarios de 550 árboles/ha, 450 árboles/ha y 400 árboles/ha; nos da el valor por día de la motosierra. Para la cadena y espada el precio

dentro de 0.3 y 1 mes respectivamente, y divididos dentro de 26 días laborales, resultan en el costo diario de cada uno los cuales quedan en, Q. 19.23 y Q. 8.65 respectivamente.

Estos valores multiplicados por cuatro que son los grupos de raleo, es como se obtiene el costo total diario por implemento; y de la suma de este equipo se obtiene el costo real diario del renglón siendo para el escenario 1, Q. 139.62, para el escenario 2, Q. 159.42 y para el escenario 3, Q. 163.29.

- Renglón Suministros: Aquí se encuentra la gasolina regular, aceite 2 tiempos y aceite 40 para cadena, que utiliza la motosierra y que tienen un costo de Q. 35.90/galón de gasolina, Q. 50.00/galón de aceite 2 tiempos y Q. 30.00/galón de aceite 40. Estos valores por los galones consumidos por día, por cada escenario, da como resultado:

Para el escenario de 550 árboles/ha se consumieron 4.9 gal de gasolina y aceite 2 tiempos, y 2.21 gal de aceite 40 al día, multiplicando estos con los costos por suministro, se obtiene el costo generado por día, que sumados dan como costo real diario de suministros Q. 487.21. Para el escenario de 450 árboles/ha se consumieron 9.7 gal de gasolina y aceite 2 tiempos, y 4.38 gal de aceite 40 al día, multiplicando estos con los costos por suministro, se obtiene el costo generado por día, que sumados dan como costo real diario de suministros Q. 964.63. Y para el escenario de 400 árboles/ha se consumieron 10.7 gal de gasolina y aceite 2 tiempos, y 4.83 gal de aceite 40 al día, multiplicando estos con los costos por suministro, se obtiene el costo generado por día, que sumados dan como costo real diario de suministros Q. 1,064.03.

- Renglón Repuestos: Son todas las piezas y materiales para mantenimiento de las motosierras, que son, Collarín, Lima, Cinta de freno, Cuerda y Grasa grafitada, que tienen un costo de Q. 45.00, Q. 15.00, Q. 125.00, Q. 75.00 y Q. 50.00 respectivamente. Estos valores divididos dentro del promedio de días en que se puede necesitar el repuesto, siendo estos 7, 3, 15, 15 y 15 días

respectivamente, por cuatro que son los grupos de raleo, se obtiene el costo por repuesto utilizado por día, que sumados dan como costo real diario de repuestos Q. 112.38. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo los mismos repuestos necesarios en cada escenario de raleo.

- Renglón Equipo de Trabajo: Se incluye todo el equipo necesario para que los cuatro grupos de raleo trabajen con comodidad, los cuales son: Sillas plásticas, Mesa plástica plegable, Toldo o carpa, Chalecos y Pares de polainas; de estos el precio total por cada implemento es de: Q. 55.00, Q. 600.00, Q. 800.00, Q. 50.00 y Q. 200.00 respectivamente. Dividiendo cada uno de los precios en la vida útil de cada implemento en meses 3, 6, 12, 1 y 3 respectivamente y estos valores dentro de 26 días laborales, resultan en el costo diario de cada uno, los cuales quedan en, Q. 0.71, Q. 3.85, Q. 2.56, Q. 1.92 y Q. 2.56 respectivamente.

Estos valores multiplicados por cuatro que son los grupos de raleo a excepción de los chalecos y pares de polainas que se multiplican por ocho ya que son implementos utilizados por motosierristas y ayudantes, con los cuales obtenemos el costo total diario por implemento; y de la suma de este equipo se obtiene el costo real diario de Q. 45.13. Este costo es el mismo para los tres escenarios, siendo el mismo equipo de trabajo utilizado en cada escenario de raleo.

El costo diario de la actividad de corta del primer raleo comercial, quedo definido con los siguientes valores por cada escenario:

- Escenario 1: Para 550 árboles/ha de remanencia el costo total por día es de Q. 2,310.72, siendo la mano de obra la más costosa dentro de los renglones, con el 51.01% del costo total.
- Escenario 2: Para 450 árboles/ha de remanencia el costo total por día es de Q. 2,807.94, siendo la mano de obra la más costosa dentro de los renglones, con el 41.98% del costo total.

- Escenario 3: Para 400 árboles/ha de remanencia el costo total por día es de Q. 2,911.21, siendo la mano de obra la más costosa dentro de los renglones, con el 40.49% del costo total.

Cuadro 26. Costo de la actividad de corta del primer raleo comercial generado por hectárea para cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR HECTÁREA RALEADA				
Renglón	Descripción	Costo/ha		
		Escenario 550 arb/ha	Escenario 450 arb/ha	Escenario 400 arb/ha
Mano de Obra	Grupos de raleo (motosierrista y ayudante)	Q 251.85	Q 294.66	Q 304.56
Vehículos	Vehículo para la movilización del personal, equipo y suministros	Q 48.80	Q 57.10	Q 59.01
Equipo de Protección Personal	Equipo utilizado para la seguridad de los motosierristas y ayudantes	Q 25.50	Q 29.84	Q 30.84
Equipo de Corte	Herramientas para llevar a cabo el corte de árboles (motosierra, cadena y espada de 38 cm)	Q 29.83	Q 39.86	Q 42.19
Suministros	Gasolina y aceites para motosierra	Q 104.10	Q 241.16	Q 274.94
Repuestos	Piezas de constante cambio en motosierra y materiales de utilidad para mantenimiento	Q 24.01	Q 28.10	Q 29.04
Equipo de Trabajo	Equipo de utilidad para el personal de raleo en campo	Q 9.64	Q 11.28	Q 11.66
Costo total		Q 493.74	Q 701.99	Q 752.25
Porcentajes (en relación al costo más bajo)		100%	142.18%	152.36%

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo. arb = árboles.

Para el cuadro 26, los resultados para obtener los costos finales por hectárea se presentan por renglones de trabajo, incluyendo todos los costos generados de la corta, estos costos se obtuvieron de la siguiente manera:

Para el escenario de 550 árboles/ha todos los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos entre el rendimiento obtenido de 4.68 hectáreas raleadas por día, con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón; los cuales sumados hacen un costo total de Q. 493.74 por hectárea raleada, para este tratamiento.

El costo de la actividad de raleo se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 51.01% (Q. 251.85 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de los 4 grupos de raleo encargados de cortar los árboles marcados para eliminar. El siguiente renglón más costoso es el de “Suministros” equivalente a un 21.08% (Q. 104.10 por hectárea) del costo total de la actividad.

Para el escenario de 450 árboles/ha todos los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos entre el rendimiento obtenido de 4.00 hectáreas raleadas por día, con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón; los cuales sumados hacen un costo total de Q. 701.99 por hectárea raleada, para este tratamiento.

El costo de la actividad de raleo se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 41.98% (Q. 294.66 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de los 4 grupos de raleo encargados de cortar los árboles marcados para eliminar. El siguiente renglón más costoso es el de “Suministros” equivalente a un 34.35% (Q. 241.16 por hectárea) del costo total de la actividad.

Para el escenario de 400 árboles/ha todos los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos entre el rendimiento obtenido de 3.87 hectáreas raleadas por día, con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón; los cuales sumados hacen un costo total de Q. 752.25 por hectárea raleada, para este tratamiento.

El costo de la actividad de raleo se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 40.49% (Q. 304.56 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el salario de los 4 grupos de raleo encargados de cortar los árboles marcados para eliminar. El siguiente renglón más costoso es el de “Suministros” equivalente a un 36.55% (Q. 274.94 por hectárea) del costo total de la actividad.

Cuadro 27. Costo de la actividad de corta del primer raleo comercial generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR FINCA RALEADA			
Finca	GM-9	GM-3	GM-19
Costo total	Q 21,818.53	Q 11,337.06	Q 14,691.46

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo.

En relación al cuadro 27, el total del costo por hectárea definido para el escenario de 550 árboles/ha, se multiplicó por el área de la finca GM-9 siendo esta de 44.19 ha, con lo cual el marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 21,818.53.

En el caso de la finca GM-3 el área es de 16.15 ha, la cual fue multiplicada con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 450 árboles/ha, con lo cual el marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 11,337.06.

Para el costo total de la finca GM-19 con un área de 19.53 ha, fue multiplicada el área con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 400 árboles/ha, con lo cual el marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 14,691.46.

6.4.4 Costo del inventario de las Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)

El costo de la actividad del inventario de PPM para los escenarios propuestos para el primer raleo comercial, fueron evaluados a detalle por cada equipo utilizado en la ejecución de este inventario, así como el costo de la mano de obra requerida para esta actividad. Estos valores fueron evaluados por día y por hectárea, apoyados con los rendimientos de parcelas realizadas para inventario, definiendo el costo real por hectárea y costo total por finca. Los resultados se muestran en los cuadros 28 y 29. Estos costos finales se presentan en la moneda nacional (Quetzal).

Los resultados del cuadro 28 se presentan por renglones de trabajo, en donde se incluyen todos los costos generados del inventario, estos costos por día se obtuvieron de la siguiente manera:

- Para los renglones de Mano de obra, Vehículos y Equipo de protección personal fueron costeados de la misma manera que en el inventario post-marqueo, con los mismos valores en precios y salarios, teniendo así los mismos costos reales por día; el renglón de Equipo de inventario también fue costeado igual que en el inventario post-marqueo con la diferencia que aquí se eliminó la pita como parte de este equipo, quedando un costo de Q. 7.73 por día.
- Para el renglón de Suministros se incluye únicamente la pintura en aerosol, utilizada para la remarcación de esquineros y números dentro de las PPM, este costo por unidad es de Q. 25.00 utilizando por día dos unidades, lo cual genera un costo de Q. 50.00 por día.

Cuadro 28. Costo de inventario de PPM para raleo comercial, generado por día y por hectárea según parcelas realizadas para los tres escenarios prescritos.

COSTO POR DÍA Y HECTÁREA INVENTARIADA PARA PPM (1,000 m²)				
Renglón	Descripción	Costo/día	Costo/ha	
Mano de Obra	Técnico de campo y asistente	Q 364.84	Q9.12	
Vehículos	Motocicleta para la movilización del personal y equipo	Q 67.88	Q1.70	
Equipo de inventario	Hipsómetro y cinta diamétrica	Q 7.73	Q0.19	
Equipo de Protección Personal	Casco de protección, chaleco reflectivo y pares de polainas	Q 12.42	Q0.31	
Suministros	Pintura en aerosol (color rojo)	Q 50.00	Q1.25	
Costo total		Q 502.87	Q12.57	

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo.

El costo diario de la actividad de inventario de PPM para raleo comercial, quedo definido en Q. 502.87 para los tres escenarios.

Para los tres tratamientos de raleo comercial, los costos resultantes por día para cada renglón de trabajo, fueron divididos dentro del rendimiento de la ejecución del inventario, siendo este rendimiento de 40 ha inventarías por parcelas permanentes de monitoreo por día. Con lo cual se determinó el costo por hectárea para cada renglón, los cuales sumados hacen un costo total de Q. 12.57 por hectárea inventariada.

El costo de la actividad del inventario de PPM se evaluó por renglones de ejecución, en donde el renglón de “Mano de obra” es el más costoso, siendo este un 72.55% (Q. 9.12 por hectárea) del costo total de la actividad, ya que es aquí donde se encuentra el

salario de las 2 personas encargadas de la ejecución del inventario. El siguiente renglón más costoso es el de “Vehículos” equivalente a un 13.50% (Q. 1.70 por hectárea) del costo total de la actividad.

Cuadro 29. Costo de inventario de PPM para raleo comercial, generado por finca según cada uno de los escenarios prescritos.

COSTO POR FINCA INVENTARIADA CON PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO (1,000 m²)			
Finca	GM-9	GM-3	GM-19
Costo total	Q 555.55	Q 203.03	Q 245.53

➤ En estos costos no se incluye la alimentación del personal de trabajo.

El total del costo por hectárea definido para el escenario de 550 árboles/ha, se multiplicó por el área de la finca GM-9 siendo esta de 44.19 ha, con lo cual el inventario de PPM para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 555.55. En el caso de la finca GM-3 el área es de 16.15 ha, la cual fue multiplicada con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 450 árboles/ha, con lo cual el inventario de PPM para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 203.03. Para el costo total de la finca GM-19 con un área de 19.53 ha, fue multiplicada el área con el total del costo por hectárea definido para el escenario de 400 árboles/ha, con lo cual el inventario post-marqueo para raleo comercial de esta finca tuvo un costo total de Q. 245.53.

Para todas las actividades realizadas en el cumplimiento de los objetivos planteados, se presenta una memoria fotográfica, donde se puede observar lo ejecutado como lo es equipo, herramientas, mano de obra y directamente las actividades realizadas. Este álbum de fotografías se puede encontrar en el anexo 15.

VII. CONCLUSIONES

1. Para el presente estudio se determinó que la mejor ejecución en la marcación del raleo comercial se efectuó en el escenario de 400 árboles remanentes por hectárea, con una efectividad del 100%. Para los otros dos escenarios, se obtuvieron errores del - 4.18% y + 3.33% de las prescripciones propuestas 550 y 450 árboles por hectárea respectivamente, quedando al final en 527 y 465 árboles remanentes por hectárea.
2. En relación a la evaluación de la corta de los individuos marcados para raleo, en los tres escenarios propuestos, 550, 450 y 400 árboles por hectárea de remanencia, se efectuó la corta del 100% de estos, con lo cual se obtuvo un volumen comercial en 87.38%, 64.56% y 75.71% utilizable para biomasa, quedando producto para exportación en 12.62%, 35.44% y 24.29% para cada uno de los escenarios. Definiendo que entre mayor sea la cantidad de individuos raleados mayor producto para exportación puede existir, aunque éste incremento a cierta cantidad como el tercer escenario, también genere incremento en el producto para biomasa.

Se encontró que existe una tendencia para los productos de exportación, en donde a mayor diámetro mayor es el porcentaje de trozas para exportación y a medida que el diámetro incrementa, el porcentaje de trozas para biomasa se ve reducido con la misma tendencia; comenzando a expresarse desde la clase diametral de 12 cm a 14 cm de DAP. Para esto se definió una ecuación de volumen de producto comercial a partir del diámetro a la altura del pecho en centímetros, quedando la ecuación para plantaciones de *Tectona grandis* L.f. así: $\text{VolCom} = 0.00003 * (\text{DAP})^{2.9241}$.

3. En el análisis de parcelas permanentes de monitoreo para los escenarios 550, 450 y 400 árb/ha, se encontró que para las variables de crecimiento post-raleo comercial, el DAP (en centímetros) promedio quedó en 13.5, 15.1 y 14.9 con respecto a cada escenario; la altura (en metros) promedio quedó en 11.09, 10.39 y 11.87 con respecto a cada escenario. Determinando que a mayor es la intensidad de raleo, el

DAP promedio incrementa, esto debido a que se eliminan en su mayoría individuos con diámetros menores; mientras que para la variable altura no es consistente esa misma tendencia por ser la variable que menos se ve afectada por la densidad.

Para las variables de productividad post-raleo comercial, el AB (en m²/ha) quedo en 7.8561, 8.4803 y 7.1593; el volumen (en m³/ha) quedo en 40.7775, 40.8437 y 38.9650 con respecto a cada escenario (550, 450 y 400 árboles/ha respectivamente). Estas variables no se ven afectadas significativamente con las intensidades de raleo prescritas en los tres escenarios, para los sitios evaluados en este estudio.

Se determinó que posterior a ser efectuado el raleo comercial, sin importar el escenario, se mejoró la calidad de las plantaciones. Antes del raleo se encontraron para los escenarios 1, 2 y 3, 46.16%, 86.49% y 23.91% de individuos con calidades deseadas, entre ejes rectos y pocos sinuosos, con respecto a cada escenario; posterior al raleo comercial los árboles remanentes en teca, presentaron un 52.60%, 89.37% y 33.33% de los individuos con calidades deseadas.

4. El costo del marqueo para el primer raleo comercial, fue definido para los escenarios 1 (550 árboles/ha), 2 (450 árboles/ha) y 3 (400 árboles/ha), obteniendo un costo total por hectárea marcada de Q. 89.27, Q. 103.33 y Q. 70.49 para cada escenario respectivamente.

El costo del inventario post-marqueo obtenido en este estudio se separa en función del tipo de parcela utilizado. Utilizando parcelas circulares de 300 m² a una intensidad de 1 parcela cada 4 ha es de Q. 14.17 por hectárea y utilizando parcelas rectangulares de 1,000 m² a una intensidad de 1 parcela cada 10 ha es de Q. 11.33 por hectárea.

El costo de la actividad de corta del primer raleo comercial, fue definido para los tres escenarios propuestos, obteniendo un costo total por hectárea de Q. 493.74, Q.

701.99 y Q. 752.25 para los escenarios 550, 450 y 400 árboles remanentes por hectárea respectivamente. Por lo que se define que a mayor intensidad de raleo mayor es el costo por hectárea intervenida.

El costo del inventario de parcelas permanentes de monitoreo para el primer raleo comercial, fue definido para los tres escenarios propuestos; obteniendo un costo total por hectárea de Q. 12.57. Definiendo el costo por hectárea inventariada como uno solo para los tres escenarios de raleo, utilizando el mismo tipo y tamaño de PPM con base en la metodología MIRASILV.

El costo del primer raleo comercial en teca, incluyendo las actividades de marqueo, corta, e inventarios de monitoreo y evaluación, fueron valorados en Q. 609.75/ha, Q. 829.22/ha y Q. 849.48/ha; esto en relación a los escenarios de 550, 450 y 400 árboles por hectárea respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta en futuros estudios, evaluar distintas intensidades de raleo en diferentes condiciones de sitio, debido que la productividad del raleo está relacionada también con la productividad del sitio.
2. En lo posible es recomendable utilizar cajas de marcación simples, para obtener la remanencia deseada en el primer raleo comercial, ya que se obtiene una mayor precisión en la cantidad de árboles marcados, contrario al utilizar cajas de marcación dobles que además generan un costo mayor por menor rendimiento.
3. Mantener en constante capacitación al personal encargado de la actividad de marqueo para raleos, que permita poder especializar a este grupo de marcación con el fin de asegurar el mejor marqueo posible de los individuos no deseados.
4. Establecer un equipo de medición previo a llevar a cabo un inventario en plantaciones forestales, donde este equipo como mínimo debe contar con, navegador GPSmap, hipsómetro, cinta diamétrica, pita de 9.77m (para parcelas circulares de 300 m²) y cinta reflectiva; ya que estos inventarios son la base para las distintas evaluaciones y/o análisis que se realizan para cada población forestal.
5. Continuar investigando técnicas y metodologías para tipos de corta más adecuados en plantaciones, dotando de estos conocimientos a motosierristas encargados de llevar a cabo la actividad.
6. Realizar previo a intervenciones de raleo comercial, los trámites legales con INAB y CONAP, así como el tiempo que pueden llevar estos trámites para la autorización de extracción de productos forestales, y en base a lo anterior planificar la ejecución de las actividades para raleos comerciales.

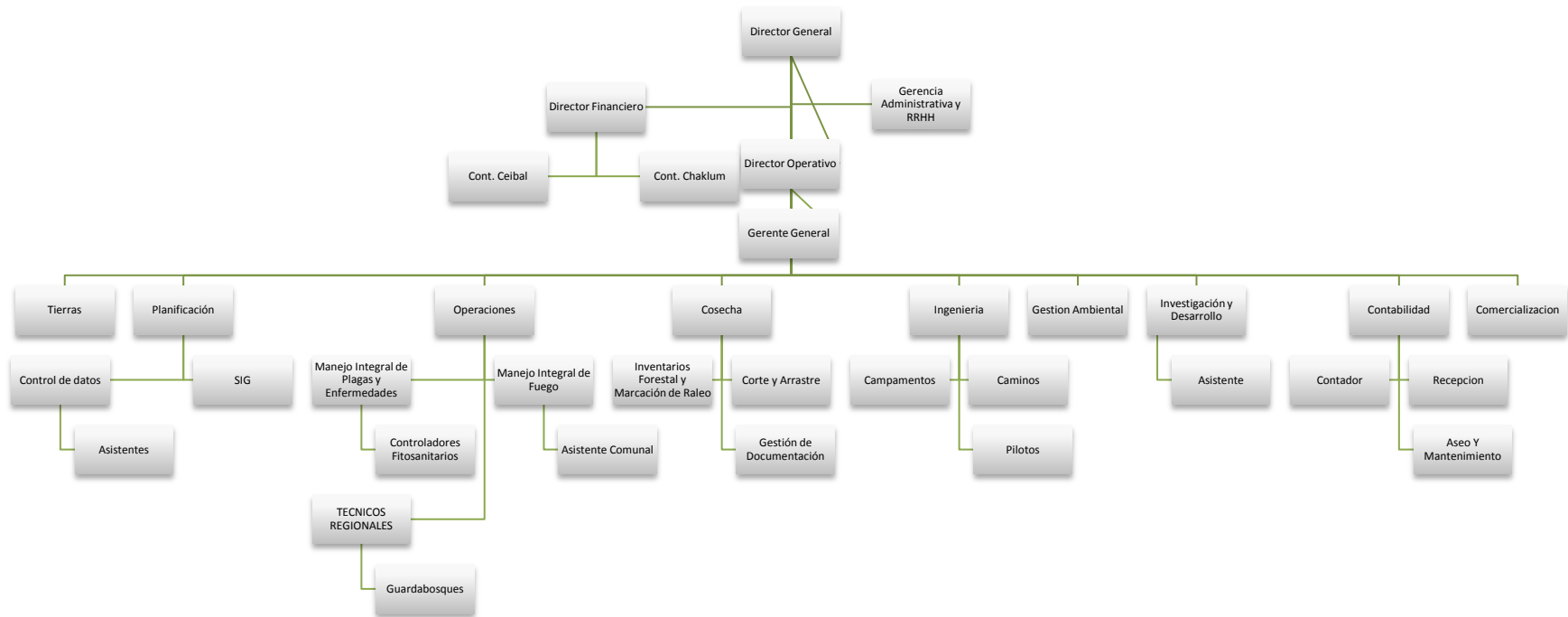
7. Precisar los momentos oportunos para efectuar los raleos en época seca, lo cual permite que exista mayor facilidad en la ejecución de la corta de árboles y una extracción de los productos sin mayores complicaciones y menor daño al suelo; también disminuye costos en comparación a la ejecución de raleos en época lluviosa.

IX. BIBLIOGRAFÍA

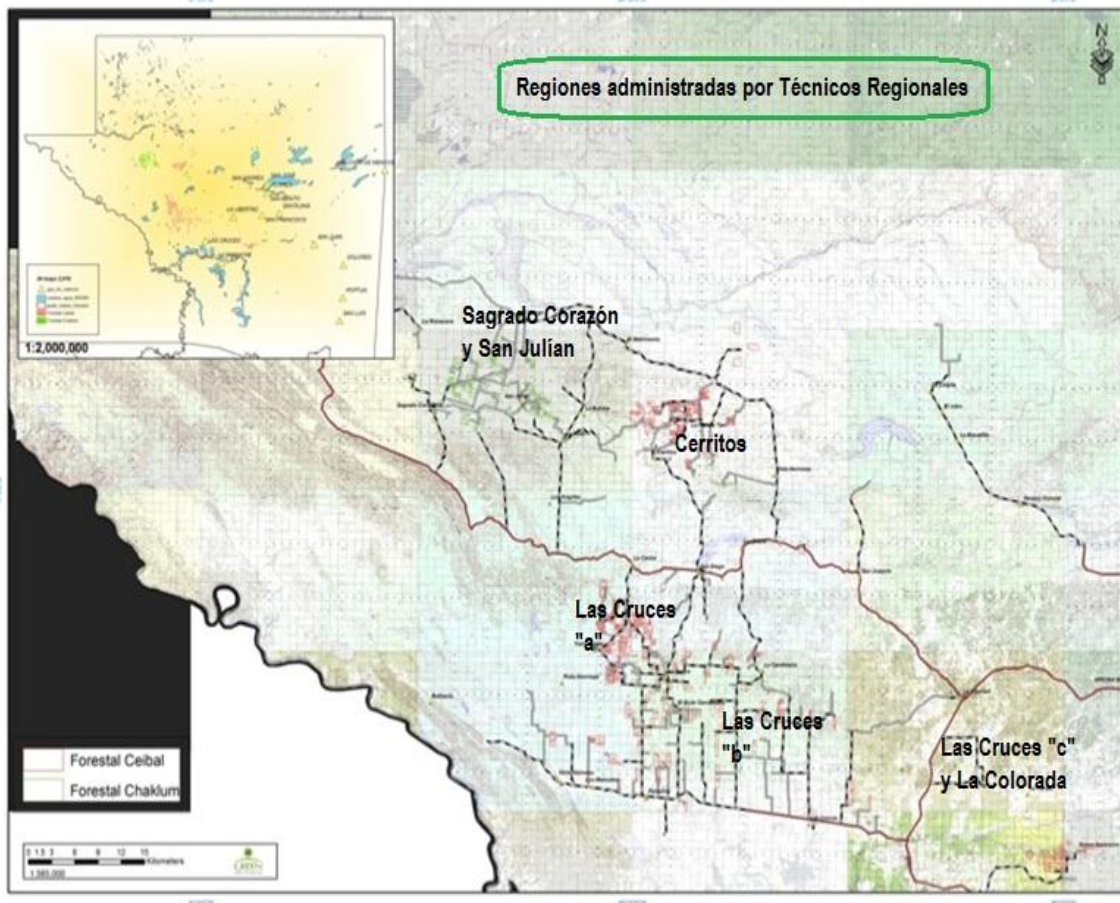
- Chub, M. (2011). Análisis de la rentabilidad del cambio en el uso de la tierra agrícola/pecuario a forestal con plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) del programa de incentivos forestales –PINFOR- en la Sub-Región II-5 de Guatemala. Tesis Ing. Forestal Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 93 p.
- Codina, J. (2003). El índice de Hart-Becking y su justa medida, 50-52.
- Flores, A. (2006). Trabajo de graduación realizado en el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, en promoción y fortalecimiento a actividades relacionadas con el programa de incentivos forestales –PINFOR-, desarrollado en las subregiones III-1 y III-2, Izabal y Zacapa. Tesis Ingra. Agrónoma Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 170 p.
- Fonseca, W. (2004). Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica, 1-3.
- Gadow, K., Sánchez, S., & Álvarez, J. (2007). Estructura y crecimiento del bosque. 140 p.
- Girón, E. (2012). La tasa interna de retorno y el valor actual neto como herramientas de evaluación financiera, en proyectos para plantaciones de madera Teca. Tesis Contador Público y Auditor, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 141 p.
- González, B. (2007). Caracterización genética, con microsatelites de un ensayo de progenie de Teca (*Tectona grandis* Linn f) en San Mateo de Alajuela. Informe de trabajo final de graduación. Escuela de biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 67 p.

- Green Millennium, TRIPAN (2010). Procedimientos para inventarios forestales. Petén, Guatemala. 35 p.
- Gutiérrez, B. (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. 118 p.
- IARNA-URL. (2012). Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. Guatemala; Autor.
- Juárez, M. (2011). Diagnóstico final de la empresa Green Millennium S.A. EPS Ing. Forestal, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Peten. 108 p.
- Murallas, S. (2008). Caracterización química de la madera de la especie Teca (*Tectona grandis* L.f.). Tesis Ing. Química Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 142 p.
- Robles, J. (2007). Comparación de las cantidades ofertadas y demandadas de madera de diámetros menores (8-18 cm) procedente del primer raleo, en plantaciones del programa de incentivos forestales, en la región II del Instituto Nacional de Bosque. Tesis Ing. Agrónomo Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 88 p.
- Vaides, E. (2005). 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.

ANEXO 2 Organigrama del Operador Forestal.

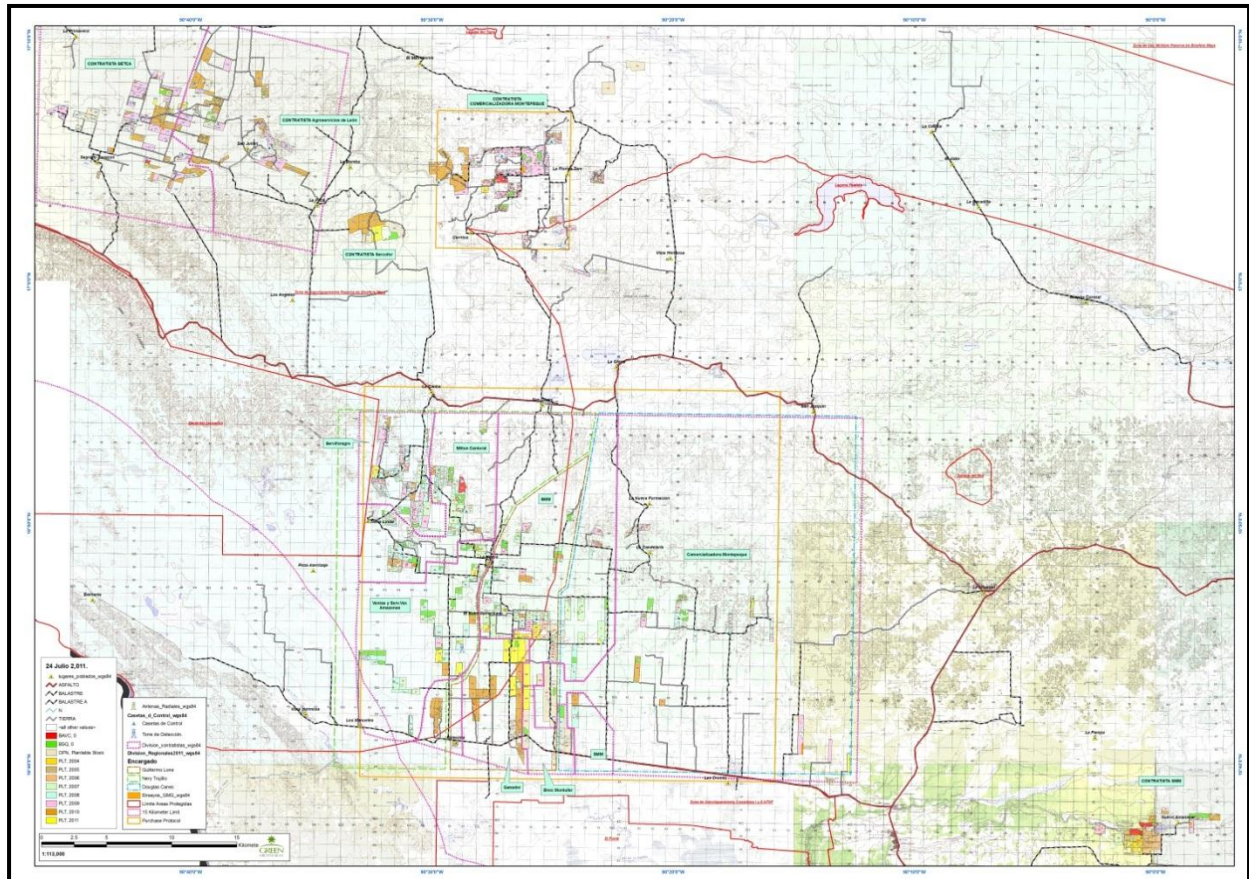


ANEXO 3 Proyección sectores de trabajo del Operador Forestal.



Mapa 1. Ubicación sectores de trabajo

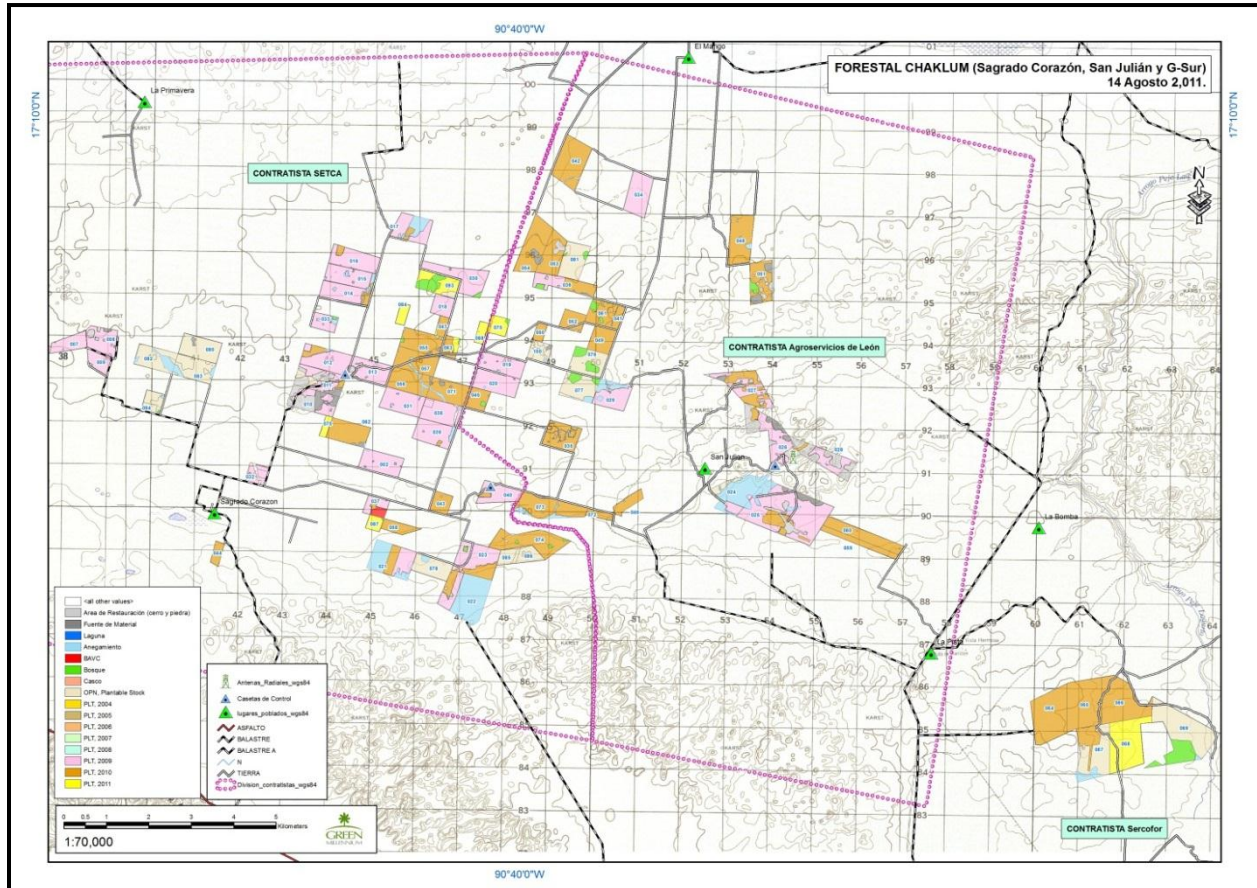
Fuente: Operador Forestal 2010



Mapa 2. Sectores de la Empresa

Fuente: Operador Forestal 2011

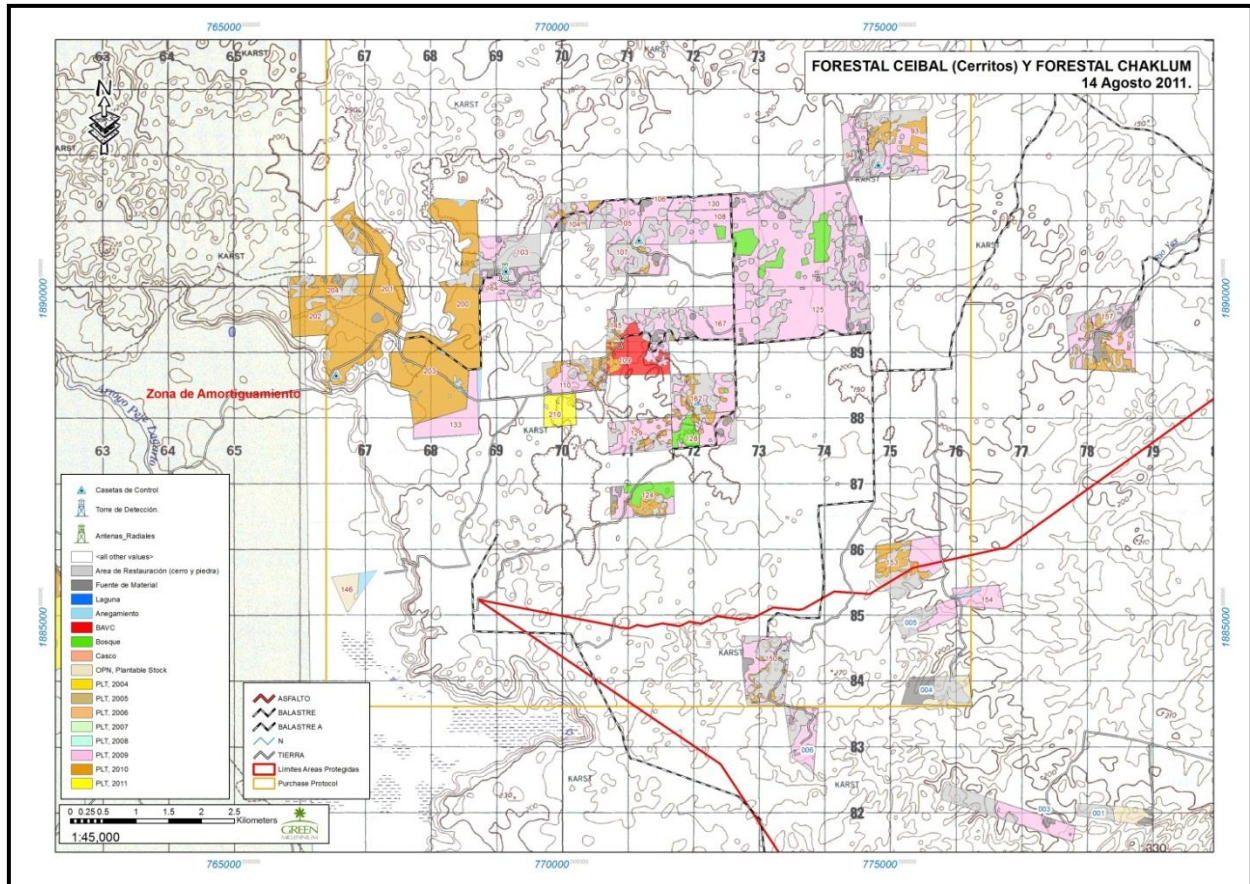
ANEXO 4 Proyección sector Sagrado Corazón y San Julián



Mapa 3. Sector Sagrado Corazón y San Julián

Fuente: Operador Forestal 2011

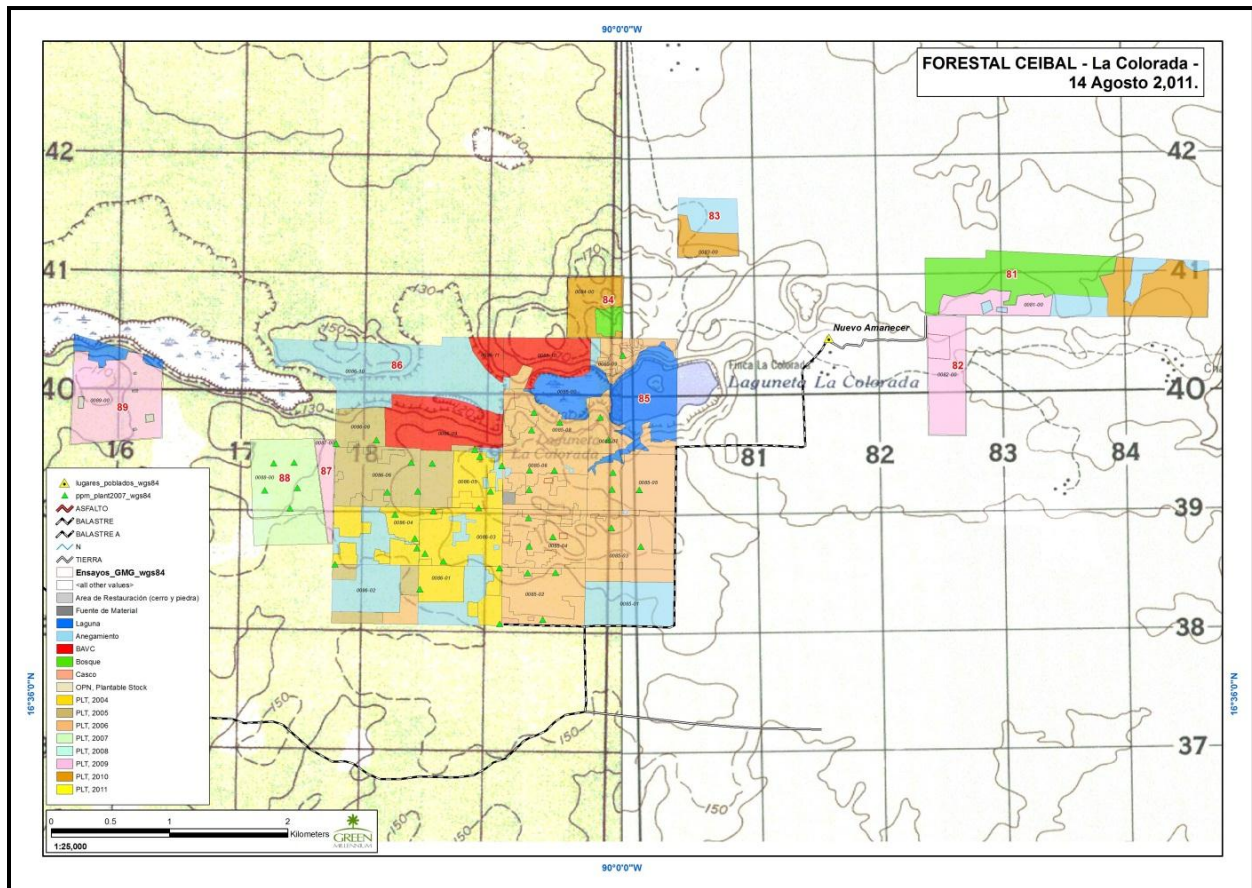
ANEXO 5 Proyección sector Cerritos



Mapa 4. Sector Cerritos

Fuente: Operador Forestal 2011

ANEXO 7 Proyección sector La Colorada



Mapa 6. Sector La Colorada

Fuente: Operador Forestal 2011

ANEXO 8 Programa ejecutado de actividades realizadas en la empresa.

No.	Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio																		
		2014	2014	2014	2014	2014	2014																		
		Semanas																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Inducción a las actividades y área de trabajo de la empresa																								
2	Diagnóstico de las plantaciones de teca																								
3	Monitoreo de la actividad y metodología de marcaje empleado para el primer raleo comercial																								
4	Evaluación de la ejecución de la corta de árboles del primer raleo comercial																								
5	Análisis inicial de crecimiento y productividad que determinen las características fitosanitarias de los individuos remanentes de las plantaciones																								
6	Evaluación de los costos del primer raleo comercial para las plantaciones de teca																								
7	Otras actividades																								

ANEXO 9 Boleta de inventario post marcación de raleo comercial

Finca No.	GM -
Rodal	
Superficie	Ha

Parcela No	
Área de la parcela	m ²
Responsable	
Fecha de medición	

No. Planta	DAP (cm)	HT (m)	Raleo	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; **Raleo**: Asignar si "Sale" o "Queda" 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 descalificadorio. Todos los suprimidos y enfermos o dañados; **CALIDAD 4**: árbol muerto o moribundo, quebrados a poca altura. Plagados y enfermos.

ANEXO 14 Cuadros de evaluación de marcación.

Cuadro 6. Resultados de análisis de marcaje para el primer raleo comercial en Teca para el tratamiento de 550 árboles/ha.

Finca	No. parcela	Árboles/parcela			Árboles/hectárea		
		Iniciales	Marcados para ralear	Remanentes	Iniciales	Marcados para ralear	Remanentes
GM-9	1	23	10	13	767	333	433
GM-9	2	25	13	12	833	433	400
GM-9	3	24	9	15	800	300	500
GM-9	4	21	3	18	700	100	600
GM-9	5	23	7	16	767	233	533
GM-9	6	22	4	18	733	133	600
GM-9	7	23	9	14	767	300	467
GM-9	8	22	6	16	733	200	533
GM-9	9	24	4	20	800	133	667
GM-9	10	21	4	17	700	133	567
GM-9	11	19	4	15	633	133	500

Cuadro 7. Resultados de análisis de marcaje para el primer raleo comercial en Teca para el tratamiento de 450 árboles/ha.

Finca	No. parcela	Árboles/parcela			Árboles/hectárea		
		Iniciales	Marcados para ralear	Remanentes	Iniciales	Marcados para ralear	Remanentes
GM-3	1	74	27	47	740	270	470
GM-3	2	74	28	46	740	280	460

Cuadro 8. Resultados de análisis de marcaje para el primer raleo comercial en Teca para el tratamiento de 400 árboles/ha.

Finca	No. parcela	Árboles/parcela			Árboles/hectárea		
		Iniciales	Marcados para ralear	Remanentes	Iniciales	Marcados para ralear	Remanentes
GM-19	1	20	8	12	667	267	400
GM-19	2	24	10	14	800	333	467
GM-19	3	22	10	12	733	333	400
GM-19	4	19	9	10	633	300	333

ANEXO 15 Memoria fotográfica de las actividades realizadas en el primer raleo comercial de teca (*Tectona grandis* L.f.) a una edad de 7 años.

Monitoreo de la ejecución y metodología de marcaje para raleo y establecimiento de parcelas post-marqueo.



Evaluación de la corta y troceo de árboles, y medición de trozas provenientes del primer raleo comercial.



Medición y remarcación de parcelas permanentes de monitoreo para el análisis de crecimiento y productividad posterior al primer raleo comercial en teca.



Equipo y suministros utilizados para el primer raleo comercial.



Otras actividades realizadas en la empresa.



Establecimiento de ensayo para tratamientos en densidades y años de raleo



Plantación ensayo de plántulas de teca tratadas con T-22



Tratamiento y ensayo de podas y raleos