

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE *Pinus Maximinoi*;
COBÁN, ALTA VERAPAZ
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

MARCO ANTONIO CAL AMALEM

CARNET 20272-08

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2017
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 CRECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE *Pinus Maximinoi*;
COBÁN, ALTA VERAPAZ
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR
MARCO ANTONIO CAL AMALEM

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, SEPTIEMBRE DE 2017
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. EDGAR ANDRES SIERRA TAROT

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. PEDRO ARNULFO PINEDA COTZOJAY
ING. CESAR AUGUSTO CASTAÑEDA SALGUERO
ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

Guatemala, 08 de julio de 2017.

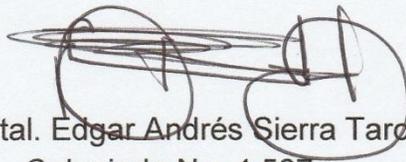
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Marco Antonio Cal Amalem, carné 20272-08, titulado: "EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE *PINUS MAXIMINOI*, H. E. MOORE, COBAN, ALTA VERAPAZ".

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

Atentamente,



Ing. Ftal. Edgar Andrés Sierra Tarot
Colegiado No. 4,587
Código URL 24,560



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante MARCO ANTONIO CAL AMALEM, Carnet 20272-08 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. 06119-2017 de fecha 8 de agosto de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE *Pinus Maximinoi*;
COBÁN, ALTA VERAPAZ

Previo a conferírsele 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 11 días del mes de septiembre del año 2017.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

- Dios todopoderoso, por la vida, salud y sobre todo sabiduría y paciencia en los momentos difíciles.
- La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser ente principal en mi formación académica profesional.
- Los catedráticos de la carrera de Ingeniería Forestal, mil gracias por compartir sus conocimientos y experiencias de manera incondicional, especialmente Ing. Roberto Moya, Ing. Estuardo Vaides, Ing. Carlos Archila, Ing. Ricardo Ávila, Ing. Sabino Mollinedo, Ing. Oscar Ávalos.
- Propietarios, administradores y técnicos de Reforestadora Industrial S.A. - REFINSA- por el espacio cedido para llevar a cabo la práctica de campo y la experiencia adquirida, especialmente Ing. Edgar Andrés Sierra, Jesús Domingo y Sergio Bac.
- Mis amigos y compañeros de lucha, por todo el apoyo recibido en los momentos más difíciles de la vida, especialmente Moisés Isem, Omar Alfaro, Erick Cruz, Marvin Ical, Silvia Trinidad, Biron Cruz y Gerson Morales.
- La familia Cruz Sánchez, por todo el cariño y apoyo recibido en los momentos de alegría y tristeza, especialmente a **MAMA LALA**, gracias por el cariño, apoyo moral, espiritual y sus sabios consejos reflejan en mi diario vivir.
- Todas las personas que de una u otra manera formaron parte del proceso de este proyecto de vida.

DEDICATORIA

A:

DIOS: Por su fidelidad y misericordia incomparable en todo momento.

MIS PADRES: Pablo Cal Suram y Teresa Amalem Chén, por todo el amor, paciencia y apoyo incondicional recibido en todo momento.

MI ESPOSA: Brenda Anahí Cruz López, por formar parte de mi vida y a quien amo con toda mi alma.

MI HIJA: Karen Estefanía, mi motorcito y fuente de inspiración, la adoro y que este triunfo sea un ejemplo a seguir.

MI FAMILIA: Hermanos y familia en general, por el apoyo moral, espiritual y económico. Este logro también es de ustedes, especialmente a mis abuel@s (+) con mucho amor.

MI COMUNIDAD: Chicuz, San Cristóbal Verapaz, lugar que me vio nacer y crecer, de donde salí un día lleno de ilusiones y sueños, ahora puedo decir **MISION CUMPLIDA.**

MIS AMIGOS: Quienes me han brindado su amistad, sus buenos deseos y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de la vida.

INDICE GENERAL

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.1. Manejo forestal.....	3
2.1.2. Manejo forestal en plantaciones.....	3
2.1.3. Inventario forestal.....	4
2.1.3.1. Muestreo en inventarios forestales.....	4
2.1.3.2. Tipos de muestreo.....	4
2.1.3.3. Muestreo probabilístico (muestreo simple al azar).....	5
2.1.3.4. Análisis de varianza.....	5
2.1.3.5. Coeficiente de variación.....	5
2.1.3.6. Error de muestreo.....	6
2.1.4. Parcelas de investigación.....	6
2.1.5. Importancia del levantamiento de las parcelas.....	7
2.1.6. Tipos de parcelas.....	7
2.1.6.1. Temporales.....	7
2.1.6.2. Permanentes.....	7
2.1.6.3. Tamaño y forma de las parcelas.....	8
2.1.7. Medición de atributos de arboles y productos.....	9
2.1.8. Calidad de sitio e índice de sitio.....	9
2.1.9. Crecimiento y rendimiento.....	9
2.1.9.1. Incremento medio anual.....	10
2.1.10. Descripción de Pinus maximinoi.....	10
2.1.10.1. Clasificación taxonómica.....	10
2.1.10.2. Descripción morfológica.....	11
2.1.10.3. Ecología de la planta.....	11
2.1.10.4. Requerimientos ambientales.....	12
2.1.10.5. Características y propiedades de la madera.....	12
2.1.10.6. Usos principales.....	12
2.2. LOCALIZACIÓN DE AREAS DE PRACTICA.....	13
2.2.1. Ubicación geográfica y vías de acceso.....	13
2.2.2. Régimen de propiedad.....	13
2.2.3. Extensión y límites.....	13
2.2.4. Clima.....	14
2.2.5. Zona de vida.....	14

2.2.6. Geología y suelos	15
2.2.7. Fisiografía	15
2.2.8. Topografía.....	15
2.2.9. Hidrografía	16
2.2.10. Demografía	16
2.2.11. Capacidad productiva del suelo	17
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA.....	17
III. OBJETIVOS.....	19
3.1. GENERAL.....	19
3.2. ESPECÍFICOS.....	19
IV. PLAN DE TRABAJO.....	20
4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO ESPECÍFICA	20
4.2. PROGRAMA DESARROLLADO	21
4.2.1. Ubicación de los proyectos y ejecución del inventario forestal.	21
4.2.1.1. Distribución de las unidades de muestreo.....	22
4.2.1.2. Tamaño y forma las parcelas.	23
4.2.1.3. Evaluación de variables.....	24
4.2.1.4. Materiales y equipos.....	25
4.2.2. Tabulación y análisis de datos del inventario forestal.	26
4.2.2.1. Tabulación de datos.....	26
4.2.2.2. Altura total.....	26
4.2.2.3. Área Basal.....	27
4.2.2.4. Volumen total	27
4.2.2.5. Incremento medio anual (IMA)	27
4.2.2.6. Análisis estadístico muestreo simple al azar	28
4.2.2.7. Familia de modelos de crecimiento para los proyectos evaluados en la finca	28
4.2.2.8. Familia de modelos de crecimiento de las variables dasométricas de los proyectos evaluados	29
4.2.2.9. Análisis estadístico de prueba de medias entre parcelas temporales y parcelas permanentes.	30
4.3. INDICADORES DE RESULTADOS	31
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
5.1. Establecimiento y medición de parcelas temporales de medición forestal.....	32
5.2. Medición y análisis de variables.....	33
5.3. Análisis comparativo en crecimiento e incremento de variables.....	34
5.3.1. Análisis estadístico para la estimación de volúmenes de los proyectos.....	34
5.3.2. Resumen y análisis de variables dasométricas	35
5.3.3. Dinámica de crecimiento de los proyectos evaluados	37

5.3.4. Dinámica de crecimiento para altura total.....	38
5.3.5. Dinámica de productividad generado con el modelo de volumen (m ³ /ha) para Pinus maximinoi	39
5.3.6. Volumen final por producto según parcelas temporales	40
5.4. Análisis comparativo en crecimiento e incremento de variables: parcelas temporales versus parcelas permanentes de muestreo.	41
5.5. Diferencia entre variables dasométricas de parcelas temporales y parcelas permanentes de muestreo.....	42
5.6. Diferencia de IMA entre parcelas temporales y parcelas permanentes.	43
5.7. Análisis comparativo en volumen por producto de las parcelas temporales versus parcelas permanentes de muestreo.	44
5.8. Comparación de IMA de las parcelas temporales, permanentes y datos generados para la Región II.	46
5.1. Diferencia de IMA entre datos de la Finca Saquichaj y Región II, Las Verapaces e Ixcán.	47
5.1.1. Evaluación de la calidad y tipo de producto de los proyectos evaluados	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	54
VIII. BIBLIOGRAFÍAS	55
IX. ANEXOS	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Límites de la finca Saquichaj.	14
Cuadro 2. Datos demográficos en la empresa.....	16
Cuadro 3. Inicio de los proyectos en la finca Saquichaj.....	17
Cuadro 4. Proyectos evaluados y sus áreas.....	22
Cuadro 5. Cantidad de parcelas y área de los proyectos evaluados.....	23
Cuadro 6. Método estadístico del muestreo simple al azar.....	28
Cuadro 7. Índice de sitio para Pino Candelillo en la Región II Las Verapaces e Ixcán.....	29
Cuadro 8. Familia de modelos de crecimiento para la especie de Pinus maximinoi en la Región II Las Verapaces e Ixcán.	29
Cuadro 9. Área total y área efectiva de los proyectos.....	33
Cuadro 10. Ecuaciones de regresión lineal simple para el cálculo de altura total de los árboles muestreados en el inventario forestal.	33
Cuadro 11. Promedio de las variables analizadas IMA en diámetros, altura, área basal y volumen de los proyectos evaluados.....	34
Cuadro 12. Resultados del análisis estadístico del inventario forestal.	35
Cuadro 13. Resumen y análisis de variables dasométricas del inventario forestal.	36
Cuadro 14. Volumen total disponible en los proyectos evaluados.	37
Cuadro 15. Valor del índice de sitio por proyecto.	38
Cuadro 16. Tabla de distribución del volumen por producto de parcelas temporales de muestreo en los proyectos.	40
Cuadro 17. Crecimiento e incremento de las variables: diámetro, altura, área basal y volumen de los proyectos evaluados, parcelas temporales y permanentes de muestreo.	42
Cuadro 18. Comparación del volumen por producto de las parcelas PPM versus PTM.....	45
Cuadro 19. Valor del índice de sitio por proyecto según parcelas permanentes de muestreo. ..	46

Cuadro 20. Comparación del IMA de las parcelas temporales, permanentes y datos generados para la Región II, según el Índice de Sitio de los proyectos evaluados.....	47
Cuadro 21. Comparación del promedio del IMA de la Finca y datos de la Región II.....	47
Cuadro 22. Porcentaje de la forma del fuste de los individuos de cada proyecto evaluado de la finca.....	49
Cuadro 23. Porcentaje de la sanidad de los individuos de cada proyecto evaluado.....	50
Cuadro 24. Porcentaje de la dominancia de los individuos en el dosel de cada proyecto evaluado.....	50
Cuadro 25. Boleta para la toma de datos en campo.....	58
Cuadro 26. Diferencia estadística entre variables dasométricas de parcelas temporales y parcelas permanentes.....	61
Cuadro 27. Datos obtenidos en campo de las Parcelas Permanentes y Parcelas Temporales.	62
Cuadro 27. (Continuación)	63
Cuadro 28. Diferencia de IMA entre parcelas temporales y parcelas permanentes.....	64
Cuadro 29. Diferencia de IMA entre la Finca Saquichaj y datos de la Región II, Las Verapaces e Ixcán para un Índice de Sitio medio.....	65
Cuadro 30. Diferencia de IMA entre la Finca Saquichaj y datos de la Región II, Las Verapaces e Ixcán para un índice de sitio bueno.....	66
Cuadro 31. Tabla de distribución del volumen por producto de Pinus maximinoi H.E. Moore para Alta y Baja Verapaz.....	72
Cuadro 31. (Continuación.....)	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño de la parcela de 1,000 m ²	23
Figura 2. Regiones de rechazo y aceptación de hipótesis nula.....	30
Figura 3. Dinámica de crecimiento para la altura total en función del modelo de <i>Pinus maximinoi</i> para la Región II Las Verapaces.	39
Figura 4. Dinámica de productividad generado con el modelo de volumen para <i>Pinus maximinoi</i> para la Región II Las Verapaces.	40
Figura 5. Diferencia entre variables dasométricas de parcelas temporales y parcelas permanentes de muestreo.....	43
Figura 6. Diferencia de IMA entre parcelas temporales y parcelas permanentes.....	44
Figura 7. Diferencia de IMA entre los datos de la Finca Saquichaj (PPM-PTM) y Región II, Las Verapaces e Ixcán.	48
Figura 8. Análisis de regresión lineal simple para la estimación de alturas de los árboles muestreados en el inventario forestal.....	59
Figura 9. Vías de acceso a la finca Saquichaj.....	60
Figura 10. Mapa de zonas de vida de la finca Saquichaj	67
Figura 11. Mapa de pendientes	68
Figura 12. Polígono de los proyectos a evaluar.....	69
Figura 13. Distribución de parcelas temporales.....	70
Figura 14. Distribución de parcelas temporales por proyecto y sus coordenadas.....	71

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE *PINUS MAXIMINOI*; COBÁN, ALTA VERAPAZ

RESUMEN

El estudio tuvo como finalidad evaluar el crecimiento de plantaciones forestales de *Pinus maximinoi*; Cobán, Alta Verapaz, realizado en la finca Saquichaj, a través de cuatro proyectos establecidos entre 1995 y 1997 mediante el Programa -PINFOR-. Para ello se utilizó la siguiente metodología: primero se realizó un diagnóstico de los proyectos a evaluar, utilizando fotografías aéreas, se distribuyó al azar las parcelas temporales, luego se llevó a cabo una fase de campo elaborando un inventario forestal, se establecieron parcelas en cada proyecto y se evaluaron las variables dasométricas (Dap, altura, área basal y volumen) así como forma, sanidad y dominancia de los individuos. Por último, fase de gabinete, se analizaron y discutieron los resultados obtenidos en base a los objetivos del documento. De acuerdo a los análisis se cuantificó el volumen existente en cada proyecto; proyecto 93 con un volumen de 8,376.50m³, proyecto 40 con 5,227.40m³, proyecto 131 con 13,247.21m³ y proyecto Sehi' 14,737.71m³, con un total de 41,588.81m³ en los cuatro proyectos. En cuanto a producto, se obtuvieron 20,884.42m³ de troza, 10,817.13m³ de trocillo y 9,887.26m³ de leña. En base a la familia de modelos de crecimiento generada para la Región II Las Verapaces e Ixcán, se determinó que los proyectos: 93, 40 y 131 se encuentran en Sitio Medio y proyecto Sehi' en Sitio Bueno. Se realizó un análisis estadístico de prueba de medias, con un nivel de significancia de 0.05, comprobando que no existe diferencia significativa en crecimiento e incrementos entre las variables dasométricas de las PPM, PTM y datos de la Región II, Las Verapaces e Ixcán.

**EVALUATION OF THE GROWTH OF FORESTRY PLANTATIONS OF
Pinus Maximinoi; COBAN, ALTA VERAPAZ**

SUMMARY

The purpose of the present study was to evaluate the growth of forestry plantations of *Pinus maximinoi*; Coban, Alta Verapaz. The study was carried out at the farm Saquichaj through four projects established between 1995 and 1997 through the Forestry Incentive Program (PINFOR, by its acronym in Spanish). The methodology used for the study was the following: 1) Diagnosis of the projects to be evaluated using aerial photography; the areas were distributed randomly for each sampling -PTM-; 2) For the field evaluation, a forestry inventory was created as lots were established in each project. The studied variables included diameter, height, base area, and volume. Shape, health, and dominance of individuals were taken into consideration as well; 3) The results obtained from the study were analyzed. According to such results, the existing volume in each project was determined. Project 93 presented a volume of 8,376.50m³; project 40 presented 5,227.40m³; project 131 presented 13,247.21m³; and project Sehi' presented 14,737.71m³ for a grand total of 41,588.81m³ in all four projects. As far as the products, the study revealed a yield 20,884.42m³ of logs over 10" in diameter, 10,817.13m³ of logs under 10" in diameter, and 9,887.26m³ of firewood. Taking as base the family of growth models generated for Region II Las Verapaces e Ixcán, it was determined that the projects 93, 40, and 131 are currently in a medium quality area, while project Sehi' is in a good area. The results of the variables of the permanent sampling plots and temporary sampling plots were compared based on a statistic analysis for mean testing, with a level of relevance of 0.05, which indicates that there is no significant difference between them.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la aceleración de la deforestación en el país, dentro de la política forestal se crearon programas que promueven e incentivan las forestaciones y reforestaciones, promoviendo la participación de instituciones gubernamentales, no gubernamentales, asociaciones, organizaciones y personas individuales. En este contexto, la Reforestadora Industrial S.A., mediante el Programa de Incentivos Fiscales -PIF- y Programa de Incentivos Forestales -PINFOR- estableció 1,655.15 ha de plantaciones, en su mayoría en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. De ésta manera contribuye y participa en las actividades forestales para mejorar el desarrollo económico y social del país, a través de la generación de empleo y el incremento de la producción, comercialización, industrialización y conservación de los recursos forestales (REFINSA, 2008).

Por la importancia que tienen las plantaciones forestales, tanto con fines de recuperación, como producción, es necesaria la aplicación de un manejo forestal adecuado, el cual se va practicando en función a las evaluaciones de sus variables dasométricas y características físicas, necesarias durante su desarrollo.

Uno de los vacíos más grandes en investigación forestal es la falta de información de crecimiento y rendimiento de plantaciones con fines de producción de madera para aserrío. El mayor esfuerzo se ha centrado en el establecimiento de plantaciones, descuidando el manejo forestal, el monitoreo y la evaluación del crecimiento. La falta de información ha hecho que algunas empresas o proyectos, hayan desarrollado tablas preliminares de crecimiento y de productividad muy alejadas del potencial real de las plantaciones en diferentes calidades de sitio y en la mayoría de los casos, con una sobre estimación de los rendimientos. Esto a la vez dificulta el desarrollo de modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de las plantaciones y el análisis financiero de las mismas.

El establecimiento de parcelas de medición es la herramienta más eficiente para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales, ya que proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo y desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal, entre otros. En el caso de plantaciones con fines de producción de madera para aserrío, la falta de información sobre crecimiento en plantaciones maduras (de mayor edad) limitan las posibilidades de estimar la productividad de las mismas después de un segundo, tercer o cuarto raleo y mucho más difícil hacer predicciones con alta precisión sobre la productividad esperada al final del turno de rotación.

Con el objetivo de evaluar el crecimiento de las plantaciones forestales, se realizó el presente estudio, mediante el establecimiento de parcelas temporales en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, específicamente en cuatro proyectos que se encuentran en la fase final de su ciclo de corta, para definir el volumen maderable existente a partir del establecimiento de dichas parcelas, con base en los resultados de la evaluación, se cuantificó el volumen total y por producto de los proyectos evaluados en la finca, distribuyendo de la siguiente manera: proyecto 93 con un volumen total de 8,376.50 m³, proyecto 40 con 5,227.40m³, proyecto 131 con 13,247.21 m³ y proyecto Sehi' con un volumen final de 14,737.71m³.

II. ANTECEDENTES

2.1. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.1. Manejo forestal

Un manejo forestal efectivo implica la aplicación de un sistema de tratamientos para el control de la masa forestal de modo tal, que el incremento en valor económico y/o social de dicha masa sea más rápido que el interés acumulado del costo de los tratamientos (FAO, 1980)

De acuerdo INAB (2001), 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. En términos simples, el manejo forestal se puede definir, como la planificación y ejecución del aprovechamiento, recuperación y protección del bosque.

2.1.2. Manejo forestal en plantaciones

El manejo se refiere al conjunto de técnicas y prácticas silviculturales, que permiten mayor rendimiento y mejor calidad de los productos de una plantación forestal. Especialmente involucra a las prácticas de deshije, poda y raleo. Consecuencia de un buen manejo, se obtendrán árboles de mayor grosor y el producto final será de buena calidad (INAB, 2001).

Los raleos consisten en la extracción de los árboles defectuosos, con el fin de mejorar la provisión de nutrientes del suelo y de radiación solar a los árboles de mejores características. Todo ello posibilita que se obtengan, del árbol sano, troncos de mayor diámetro y de mejor forma.

Las Podas se ocupan de la eliminación parcial de las ramas inferiores de los árboles, y con su aplicación se asegura la obtención de madera libre de nudos (INAB, 2001).

2.1.3. Inventario forestal

Según Malleux (1982), es el procedimiento que permite recopilar eficientemente, información de área, localización, cantidad, calidad y crecimiento de los recursos maderables de un bosque.

El inventario forestal es el método usado para recoger datos del bosque a manejar, la forma de procesarlos para referir información sobre la cantidad y calidad de los árboles, así como prescribir los tratamientos silvícolas en el período del plan de manejo, de acuerdo al objetivo previsto para el propietario del bosque.

2.1.3.1. Muestreo en inventarios forestales

De acuerdo a López y González (2015), los inventarios por muestreo son los más utilizados en la planificación del manejo forestal, ya que permiten determinar las características de la población (estadísticos de posición y variación) con respecto a diferentes variables, a un costo apropiado y dentro de límites de tiempo razonables.

2.1.3.2. Tipos de muestreo

Existen dos métodos para seleccionar muestras de poblaciones: el muestreo no aleatorio (no probabilístico o a juicio) y el muestreo probabilístico (o aleatorio). En el muestreo probabilístico, todos los elementos de la población tienen la misma oportunidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra. Por otra parte, en el muestreo a juicio, se emplea el conocimiento y la opinión personal para identificar aquellos elementos de la población que deben incluirse en la muestra (López & González, 2015).

2.1.3.3. Muestreo probabilístico (muestreo simple al azar)

En este tipo de muestreo se seleccionan muestras mediante métodos que permiten que cada posible muestra de tamaño n tenga una igual probabilidad de ser seleccionada y que cada elemento de la población total tenga una oportunidad igual de ser incluido en la muestra (INAB, 1999).

2.1.3.4. Análisis de varianza

El análisis de varianza es una prueba que nos permite medir la variación de las respuestas numéricas como valores de evaluación de diferentes variables nominales. La varianza es dada por la siguiente expresión:

$$S^2 = \frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}$$

En donde:

S^2 = Varianza de las unidades muestreadas (parcelas) al cuadrado.

n = Número de unidades muestreadas.

$\sum X$ = Sumatoria de volúmenes de unidades muestreadas.

2.1.3.5. Coeficiente de variación

Según López y González (2015) mide la variabilidad porcentual de los datos respecto a su media. Por lo general se expresa en porcentaje, y se calcula de la siguiente forma:

$$C.V. (\%) = \frac{S}{X} \times 100$$

C.V. (%) = Coeficiente de variación en porcentaje.

S = Desviación Estándar de las unidades muestreadas

X = Volumen de las unidades muestreadas.

2.1.3.6. Error de muestreo

En inventarios forestales se conoce como error de muestreo absoluto (E) al resultado demultiplicar el error estándar y el coeficiente de confiabilidad.

El valor del error de muestreo depende del nivel de significancia (α) seleccionado para determinar el coeficiente de confiabilidad.

El error de muestreo también puede expresarse en forma relativa como un porcentaje de error (E%), el cual se calcula dividiendo el error de muestreo absoluto entre el valor de la estimación puntual.

$$Em = Sx * t$$
$$Em \% = \frac{Sx * t}{X} * 100$$

Sx = Error estándar de la media

t = Valor que se encuentra en tablas de "Student" con n-1 grados de libertad.

X = Volumen de las unidades muestreadas.

2.1.4. Parcelas de investigación

Según Pinelo (2000), las parcelas de investigación son la herramienta más eficaz para conocer y monitorear las áreas forestales; proporcionando información sobre las condiciones de los bosques naturales y de las plantaciones, información necesaria para establecer estrategias de manejo, el desarrollo de modelos de crecimiento, la elaboración de tablas de rendimiento en volumen y área basal, los monitoreos biológicos, entre otros. En el establecimiento de parcelas de investigación se deben tener en cuenta aspectos importantes como, los costos y el tiempo requerido, lo cual depende, del tipo, tamaño y número de parcelas, las variables a medir y el número de mediciones.

2.1.5. Importancia del levantamiento de las parcelas

Para llevar a cabo de manera eficiente las actividades silviculturales, se recomienda el levantamiento de las parcelas permanentes y/o temporales de muestreo, con la finalidad de realizar un monitoreo continuo de las variables dasométricas y que posteriormente estos resultados, antes de la aplicación de cualquier tratamiento, se debe estar seguro de que sus efectos contribuyan a cumplir los objetivos deseados, en las condiciones específicas del ecosistema y el marco social y económico (Camacho, 2000).

2.1.6. Tipos de parcelas

Según el tiempo requerido, existen dos tipos de parcelas, que aunque tienen fines diferentes, unas pueden complementar a las otras, de manera que, tanto en bosques naturales como en plantaciones se pueden establecer ambos tipos de parcelas (Pinelo, 2000).

2.1.6.1. Temporales

Las parcelas temporales se usan primordialmente para la estimación de relación es independientes del tiempo. Sin embargo esta distinción no es tan clara, ya que existe la posibilidad de determinar relaciones dependientes del tiempo con la información de los anillos de crecimiento, en situaciones donde estos existan (FAO, 1980).

De acuerdo a Ugalde (2000), estas parcelas se miden normalmente una sola vez, aunque si se reubican podrían tener mediciones adicionales de manera que una parcela temporal puede eventualmente convertirse en una parcela permanente.

2.1.6.2. Permanentes

Desde su establecimiento tienen como objetivo principal permitir mediciones por un período largo de años y si se hacen de un tamaño adecuado podrían servir para el

seguimiento y evaluar el crecimiento de los arboles hasta el final del turno de corta (Ugalde, 2000).

Es la unidad mínima de muestreo, cuyo tamaño varía con respecto a los objetivos para los cuales es establecida; tiene como objetivo principal permitir mediciones periódicas y seguimiento del crecimiento, y desarrollo de los arboles que quedan dentro de la parcela por un periodo de años que dependerá de la edad de rotación de la especie, producto y calidad de sitio (INAB, 2012).

2.1.6.3. Tamaño y forma de las parcelas

El tamaño de las parcelas está definido en función al número de árboles o en base a una superficie de área en metros cuadrados o en metros lineales en el caso de cercas vivas, arboles en líneas o en linderos, varía dependiendo de los objetivos de la investigación, del producto final y de las variables a medir; la forma de las parcelas puede ser variada, en el caso de un inventario de diagnóstico en una plantación comercial a veces se utilizan parcelas temporales circulares, sin embargo en el caso de parcelas permanentes en plantaciones con espaciamientos regulares, es más común utilizar parcelas rectangulares o cuadradas; facilitando la ubicación, la demarcación permanente y el sentido de medición de los arboles en mediciones consecutivas a largo plazo (Ugalde, 2000).

Para Guatemala, Salazar en el 2008, determinó que el tamaño apropiado de las parcelas, varía dependiendo de los objetivos de la investigación del producto final y de las variables a medir. En el caso de las parcelas permanentes, es frecuente establecer parcelas de 500m² de forma rectangular, con dimensiones de 20 X 25 metros, sin embargo recomienda que cuando la plantación haya sobrepasado los quince años de edad o tenga por lo menos 2 intervenciones aplicadas (raleos), el área de las parcelas sea incrementada a 1,000 m², para mantener una densidad adecuada dentro de la parcela.

2.1.7. Medición de atributos de árboles y productos

Para poder calcular el volumen de madera de árboles y de masas forestales, se debe medir la altura y el diámetro de los árboles. Mediante estas medidas se puede determinar el área basal y el volumen. La edad de los árboles y su crecimiento son otros factores que se determinan a través de mediciones. Las mediciones se pueden efectuar en árboles talados o en árboles en pie (INAB, 2001).

2.1.8. Calidad de sitio e índice de sitio

La calidad de sitio es la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Y no es más que la respuesta, en el desarrollo de una especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas). La estimación de la calidad de sitio a partir de factores ambientales presenta una importante variación en la metodología, siendo la variable más utilizada el índice de sitio (IS) basada en la relación altura/edad, tomando la altura dominante a partir del promedio de los 100 árboles más altos por hectárea (Tzirin, 1998).

El Índice de Sitio es la estimación de la altura dominante que los árboles dominantes de una plantación coetánea alcanzan a una edad en particular, conocida como edad base. El índice de Sitio es la expresión de la calidad de sitio (INAB, 2001).

2.1.9. Crecimiento y rendimiento

Según Prodan et al (1997), el crecimiento es el aumento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo. El crecimiento debe ser definido en función de una variable o parámetro y del período de tiempo transcurrido en su estimación.

Según Ferreira (1995), las variables a las que interesa conocer su crecimiento son el Volumen, la altura, el diámetro a la altura del pecho y el área basal; estos parámetros son los más usados en el campo de la medición del crecimiento o Epidimetría.

De acuerdo a Vaides (2000), el rendimiento, es el crecimiento de un árbol o masa forestal por unidad de superficie en un periodo de tiempo determinado.

2.1.9.1. Incremento medio anual

Corresponde al promedio de incremento hasta el momento actual. Se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad.

2.1.10. Descripción de *Pinus maximinoi*

2.1.10.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica según Benítez (1998), se describe a continuación:

Reino:	Vegetal.
Subreino:	Embryobionta.
División:	Pinophyta.
Clase:	Pinopsida.
Orden:	Pinales.
Familia:	Pinaceae.
Género:	Pinus.
Especie:	Maximinoi.
Nombre común:	Pino Canis.

Sinónimos del nombre común: Pino Candelillo (Guatemala); Pino llorón (Honduras); Pinabete (Centro América).

Peters, 1997 indica que *Pinus maximinoi* está estrechamente relacionado con la especie *Pinus pseudostrobus* Lindl. Sin embargo, tiene características propias, que debe ser reconocida como especie separada y una variedad, sus hojas son más delgadas, sus conos muy diferentes, la corteza del fuste y sus ramas delgadas.

2.1.10.2. Descripción morfológica

- **Dimensiones:** árbol de 20 a 50 m de altura. De 45 a 100 cm de diámetro.
- **Corteza:** en el árbol joven es delgada y lisa; en árbol maduro es fisurada, color café rojizo descascarándose en placas alargadas.
- **Copa:** muy densa, ramas con ángulo recto y horizontalmente verticiladas.
- **Hojas:** aciculares, generalmente con 5 acículas por fascículo, delgadas, de 16 a 28 cm de longitud y 0.7 a 0.8 mm de ancho, usualmente con 2 a 3 canales resiníferos, estomas presentes en la superficie dorsal y ventral; con un follaje denso, verde azulado, mate verde grisáceo, notoriamente colgantes.
- **Frutos:** son conos marrón-rojizos, ovoides, angulares, algunas veces tempranamente caedizos, de 5 a 16 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho, con un péndulo oblicuo que se mantiene unido al cono cuando éste cae. Presenta escamas suaves y delicadas; apófisis de 8 a 10 mm de ancho, planas de 2 a 4 mm de largo. Se encuentra en grupos de 3 a 4 en las ramas.

2.1.10.3. Ecología de la planta

Información de suelos: es más exigente en suelos, que el *Pinus oocarpa* y *Pinus caribaea*, en los lugares donde se mezclan *Pinus maximinoi* y *Pinus oocarpa*, el primero ocupa los mejores suelos, mejor drenados y menos superficiales. Tolera pH del suelo neutro a ácido.

pH: 4.5 a 7.5, ligeramente ácido.

Drenaje: bien drenados.

Fertilidad: alta.

Profundidad: 15 cm.

Asociación: a menudo crece asociado con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus rudis*, *Cupressus lusitanica*.

2.1.10.4. Requerimientos ambientales

Elevación mínima:	600 msnm.
Elevación máxima:	2600 msnm.
Precipitación mínima:	1000 mm.
Precipitación máxima:	2400 mm.
Temperatura mínima:	18 °C.
Temperatura máxima:	21 °C.

2.1.10.5. Características y propiedades de la madera

Según Fonseca (2006), no hay diferencia entre la albura y duramen; la madera es de color amarillo cremoso y de olor ligeramente perceptible, no presenta ningún sabor. El hilo es típicamente recto, de textura fina, brillo alto y veteado suave. Sus propiedades físicas: peso específico 0.50 a 0.76 g/cm, presenta una densidad mediana.

Peso verde: muy pesada.

Peso seco al aire: moderadamente pesada.

Peso seco al horno: extremadamente liviana.

Peso básico: moderadamente pesada.

2.1.10.6. Usos principales

Ebanistería, muebles en general, carpintería en general, chapas, juguetes, artesanías, artículos torneados, puertas, decoración de interiores, molduras, transmisión eléctrica y telefónica, cortinas o persianas flexibles, revestimientos, muebles, construcciones livianas, gabinetes, madera aserrada, mesas, sillas, reforestación, carbón, leña, ornamental.

2.2. LOCALIZACIÓN DE AREAS DE PRACTICA

La práctica profesional se desarrolló en la Finca Saquichaj, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, propiedad de la Reforestadora Industrial, S.A.

2.2.1. Ubicación geográfica y vías de acceso

La finca Saquichaj se ubica en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, entre las aldeas Chinacocom y Camcal. Geográficamente está comprendida entre las coordenadas 15° 34' 4.70" latitud norte y 90° 25' 16.53" longitud oeste (REFINSA, 2008).

La principal vía de acceso hacia las fincas es la Carretera CA-14 que parte de la ruta al Atlántico (CA-9) en el Rancho, El Progreso; se extiende al norte, pasando por los municipios de Purulhá (Baja Verapaz), Tactic, Santa Cruz Verapaz y Cobán (Alta Verapaz), luego se toma la carretera asfaltada rumbo a Chisec hasta llegar al Km. 238.5 en la aldea Cerro Lindo, se desvía hacia la izquierda tomando una carretera de terracería donde se recorren 9 Km., para llegar al casco patronal de la finca Saquichaj. Figura 10 del anexo. (RENFINSA, 2008).

2.2.2. Régimen de propiedad

La finca Saquichaj está debidamente inscrita en el Registro General de la Propiedad de Inmueble según Finca No. 3, Folio 4, Libro 12, de la Primera serie de Alta Verapaz (REFINSA, 2008).

2.2.3. Extensión y límites

Según Tzirin (1998) la extensión de la finca es 1897 hectáreas, 8 áreas, 35.88 centiáreas, según plano elaborado por el Ingeniero Carlos Carrillo Duran en el año 1,979, con los límites según cuadro 1.

Cuadro 1. Límites de la finca Saquichaj.

Nombre de la Finca	Límites
Finca Saquichaj	Norte Finca Inopal
	Este Fincas: Chitutz, Coxna, Camcal, Pocol, Icmaja-seabas, Pubrahub, Choval y Chionc
	Sur Finca Raxmox
	Oeste Fincas: Seacte, Xalcatá, Sahacún y Satzac.

Fuente: REFINSA, 2008.

2.2.4. Clima

La precipitación media anual es de 2,074.90 milímetros, la cual se distribuye de mayo a diciembre con una precipitación media mensual mayor a 120 milímetros. En los meses de enero a abril la precipitación media mensual es menor a 97 milímetros. La temperatura media anual es de 24.5 °C, con una máxima media anual de 28.48 °C y una mínima media anual de 14.67 °C. La humedad relativa: se reporta para el mes de abril 77.9% y para el resto del año 88% (Sosa, 2005).

2.2.5. Zona de vida

Según Suarez (2001), de acuerdo con el mapa de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, elaborado por De La Cruz con base a las técnicas establecidas en el mapeo de formaciones vegetales del mundo de Holdridge, el área de estudio se encuentra comprendida dentro de la zona de vida denominada Bosque muy Húmedo Subtropical (frío), que se caracteriza por ser el segmento de mayor altura del bosque muy húmedo. Figura 11 del anexo.

2.2.6. Geología y suelos

La geología presente en el área de la finca pertenece al cretácico Albiano-Cenomaniano, formado por roca caliza. De acuerdo con la Clasificación de suelos del estudio de Simmons, Tarano y Pinto, pertenece a la serie Tamahú. Se caracteriza por ser poco profundo o excesivamente drenado, desarrollándose sobre caliza en un clima húmedo o húmedo-seco (Tzirin, 1998).

Según Suárez (2001), el suelo superficial, a una profundidad de 2 a 5 cm, es franco o franco arcilloso, friable, de color café muy oscuro, que tiene un contenido alto de materia orgánica (25%). La estructura es granular.

El suelo es calcáreo a una profundidad cerca de 50 cm, el suelo es franco calcáreo o franco arcilloso, friable, de color café oscuro, que tiene un contenido de materia orgánica de alrededor del 9%, la estructura es de granular a cúbica y en algunos lugares, el suelo es masivo. El sustrato es caliza o mármol.

2.2.7. Fisiografía

Según el mapa de regiones fisiográficas de Guatemala, la finca se encuentra comprendida dentro de la región de las Tierras Altas Sedimentarias, donde se presentan una gran variedad de formas, desde colinas paralelas, topografía kárstica anticlinales y sinclinales sumergidos (siguanes), así como cavernas de roca caliza (Suárez, 2001).

2.2.8. Topografía

Su topografía es ondulada a quebrada y de quebrada a fuertemente quebrada. Las pendientes van del 16% a 55% tal como se muestra en la figura 12 del anexo.

2.2.9. Hidrografía

El sistema hidrográfico de la finca está constituido principalmente por una serie de corrientes efímeras que desembocan en sumideros o "siguanes" y en el río Sachichaj. Según el mapa de cuencas de la República de Guatemala, la finca se ubica dentro de la micro cuenca del río Sachichaj. Este río tributa al río Negro o Chixoy, el cual drena a la cuenca del río Usumacinta dentro de la vertiente del golfo de México (Suárez, 2001).

2.2.10. Demografía

De todos los empleados que laboran en la empresa, Cuadro 2, el 48.7% lo hacen de manera directa brindándole sostén a no menos de 285 personas.

Cuadro 2. Datos demográficos en la empresa.

Generación de empleos directos	57		
Generación de empleos Indirectos	60		
Familias que dependen económicamente del bosque	117		
Residentes a tiempo completo dentro de la Finca.	2		
Residentes medio Tiempo dentro de la Finca.	10		
Rango por edad de hijos de trabajadores viviendo en la unidad de manejo			
< 5 años	6-11 años	12-17 años	> 18 años
2	1	1	0

Fuente: REFINSA, 2008.

2.2.11. Capacidad productiva del suelo

Según el sistema de Clasificación de la Tierra por su capacidad de uso del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), son tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada, con pendientes muy inclinadas. Puede considerarse algún tipo de cultivo perenne, la mecanización no es posible y es indispensable efectuar prácticas intensivas de conservación de suelos (Suárez, 2001).

2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

Reforestadora Industrial S.A. es una empresa cien por ciento guatemalteca, con más de 30 años de experiencia en el ámbito forestal. El proceso inicia desde el vivero hasta la cosecha final. Con el objeto de apoyar la forestación en Guatemala y a través del Programa de Incentivos Fiscales, en el año de 1,978 inició sus actividades forestales en Alta Verapaz específicamente en la Finca Saquichaj, cuadro 3.

Cuadro 3. Inicio de los proyectos en la finca Saquichaj.

Nombre/finca	Fecha de Plantación	Área (ha)	Distanciamiento inicial (m)
Saquichaj	Junio 1978	1,394.35	2x2

Fuente: REFINSA, 2008.

Las especies que se plantaron fueron *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoii*, *Pinus caribaea* Morelet. Var. *Hondurensis*, *Pinus strobus* Var. *Chiapensis* y *cupressus lusitánica*.

Del área total incentivada, 1,285.74 ha, (92.20%) fueron realmente plantadas con las especies anteriormente descritas y el resto (108.61 ha = 7.80%) quedó delimitado como bosque de protección con especies nativas latifoliadas sin valor comercial.

Estas plantaciones, a causa del conflicto armado interno hubo necesidad de abandonarlas y se les limitó la oportunidad de un manejo integral adecuado (mantenimiento, manejo y protección) ocasionando la pérdida total del 47.20% del área forestada en la finca Saquichaj (657.60 ha).

Fue hasta los años noventa (después del conflicto armado interno) que se retomó el control de las fincas, aplicando algunas cortas intermedias de baja intensidad a las áreas remanentes, sin embargo por no existir una política de manejo definida se aplicaron diferentes criterios técnicos en las fincas y regiones. Además se inicia la recuperación de las áreas suprimidas por el guamil.

La empresa Reforestadora Industrial, S.A. realiza una serie de actividades, tales como protección, conservación, manejo, industrialización, renovación, incremento y administración de los recursos forestales con el objetivo primordial de producir madera para aserrío, obtención de subproductos, prestación de servicios ambientales y la mejora de la calidad de vida de los pobladores del área mediante generación de empleos en las diferentes etapas del desarrollo de las plantaciones.

III. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Evaluar el crecimiento de plantaciones forestales de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, en la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

3.2. ESPECÍFICOS

- Evaluar las variables dasométricas de los individuos objetos de estudio mediante establecimiento de parcelas temporales.
- Analizar la dinámica de crecimiento y rendimiento de las plantaciones forestales de la finca Saquichaj utilizando los modelos generados para la Región II Las Verapaces, INAB, 2012.
- Cuantificar el volumen total por producto de cada proyecto establecido en la finca.
- Comparar las mediciones y resultados finales de las parcelas temporales con los datos existentes de las parcelas permanentes de medición instaladas en los proyectos evaluados, mediante una prueba de medias.
- Determinar la calidad y sanidad de los individuos de cada proyecto evaluado.

IV. PLAN DE TRABAJO

4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO ESPECÍFICA

La Práctica Profesional Supervisada se realizó en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, enfocándose principalmente en las actividades realizadas por el Departamento Técnico de campo de la empresa Reforestadora Industrial S.A., quien se encargó de la evaluación directa de las actividades realizadas.

Este departamento, es el encargado de la evaluación de indicadores de producción y tiene bajo su responsabilidad, los proyectos de investigación relacionados a la mejora de la productividad en las fincas de la empresa.

El objetivo principal lo constituye el desarrollo e implementación de las metodologías efectivas y seguras, que permitan controlar eficazmente y en forma integrada las principales actividades en los diferentes proyectos de plantaciones, y en especial el manejo de plantaciones de la especie *Pinus maximinoi*.

La empresa cuenta con oficinas ubicadas en el casco de la finca Saquichaj, que se utilizan para realizar los trámites administrativos, y con bodegas para almacenar todos los equipos y maquinarias que se utilizan en los trabajos de campo.

Como parte de la política general, la empresa cuenta con campamentos para los trabajadores que vienen de lugares alejados, además de brindarles alimentación también cuenta con transporte para movilizarse dentro de la finca.

Para monitoreo del clima, se cuenta con estaciones climatológicas ubicadas en la parte alta y baja de la finca Saquichaj; dichas estaciones son indispensables para controlar y prevenir ataques de agentes patológicos en las plantaciones. Posee equipos de alta tecnología para realizar los trabajos de campo, medición de variables dasométricas, levantamientos de parcelas, extracción de masas forestales, construcción y mejoramiento de la infraestructura dentro y fuera de la finca.

4.2. PROGRAMA DESARROLLADO

Durante la práctica supervisada se realizaron diferentes actividades, las cuáles se desarrollaron en los distintos departamentos de la empresa. Debido a que existe demanda durante todo el año, la finca realiza actividades productivas en todo el ciclo. Por lo que la intervención se desarrolló en diferentes áreas cultivadas de acuerdo a la edad fenológica de la plantación. Sin embargo, se dio énfasis en cuatro proyectos: proyecto 131 con un área efectiva de 99.43 hectáreas, proyecto 40 con un área de 37.75 hectáreas, proyecto 93 con un área de 76.55 hectáreas y proyecto Sehí de 88.88 hectáreas, de la especie *Pinus maximinoi* y establecidos entre 1995 y 1997. Esta intervención se realizó con el objetivo de establecer parcelas temporales a una intensidad de muestreo 1% y se evaluó el crecimiento e incrementos de los individuos, comparando con los resultados de las parcelas permanentes ya establecidas.

4.2.1. Ubicación de los proyectos y ejecución del inventario forestal.

La finca Saquichaj, propiedad de Reforestadora Industrial S.A., tiene una extensión de 1897 hectáreas, inició sus actividades forestales en 1978 mediante el Programa de Incentivos Fiscales con un área de 1394.35 hectáreas (REFINSA, 2008). Desde entonces se ha forestado y reforestado la mayor parte de la finca con diferentes especies de coníferas.

La aplicación de tratamientos silviculturales adecuados en plantaciones forestales, son importantes para un mejor desarrollo de las mismas ya que el objetivo principal de la empresa es producir madera para aserrío de buena calidad. Para ello se establecieron parcelas permanentes de medición forestal que cada año se monitorean para evaluar el desarrollo de los individuos por medio de sus variables dasométricas.

Complementando la información obtenida de las parcelas permanentes de medición forestal, fueron establecidas parcelas temporales en cuatro proyectos de fase final, cuadro 4, con el fin de evaluar el crecimiento e incrementos de los individuos.

Cuadro 4. Proyectos evaluados y sus áreas.

Finca	Proyecto	Área / Proyecto (ha)	Área Total Medida (ha)	Área Efectiva (ha)	Edad (años)
SAQUICHAJ	Proyecto 93	85.95	89.33	76.55	17.00
	Proyecto 40	40.00	38.03	37.75	18.00
	Proyecto 131	104.31	102.52	99.43	19.00
	Proyecto Sehi'	112.16	98.06	88.88	17.00
	AREA TOTAL	342.42	327.94	302.61	

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.1. Distribución de las unidades de muestreo.

La distribución de las unidades de muestreo del inventario forestal (parcelas) se realizó mediante el software ArcGis 10.0, utilizando las coordenadas y datos de referencia de los proyectos evaluados. Para ello se utilizó la información existente de los proyectos, específicamente de las parcelas permanentes de muestreo forestal. Posteriormente, de manera aleatoria se distribuyeron las parcelas temporales sobre el polígono de los proyectos con el fin de obtener sus coordenadas y luego ubicarlos en el campo. Figura 13 y 14 del anexo.

Para la ubicación de las parcelas en los proyectos, se utilizaron las coordenadas con el apoyo de GPS Garmin y brújula para la orientación de los puntos de referencia. La intensidad de muestreo (1.09 %) se estimó por medio del área total efectiva de los proyectos (302.61 ha) y tomando como referencia la homogeneidad y la pendiente.

Cuadro 5.

Cuadro 5. Cantidad de parcelas y área de los proyectos evaluados.

Finca	Proyecto	Área Efectiva (ha)	Parcelas
SAQUICHAJ	Proyecto 93	76.55	9
	Proyecto 40	37.75	4
	Proyecto 131	99.43	10
	Proyecto Sehi'	88.88	10
	Área Total	302.61	33

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.2. Tamaño y forma las parcelas.

El tamaño y forma de las parcelas fueron circulares de 1,000 m² con un radio de 17.84 m, éste tipo de parcelas se debe a la homogeneidad de las plantaciones y la facilidad de instalación, y por otra parte, el perímetro de una parcela circular es menor que el de una parcela cuadrada o rectangular de igual área, por lo que facilita su instalación en áreas dificultosas y de mayor pendiente. En la Figura 1 se muestra el diseño de la parcela implementada. Su instalación se realizó con una cinta métrica, lazos y con el apoyo de una brújula para orientar hacia el norte. Con el apoyo de una pistola de Haga se determinó el porcentaje de pendiente para realizar la corrección y compensación de las dimensiones y áreas de las parcelas.

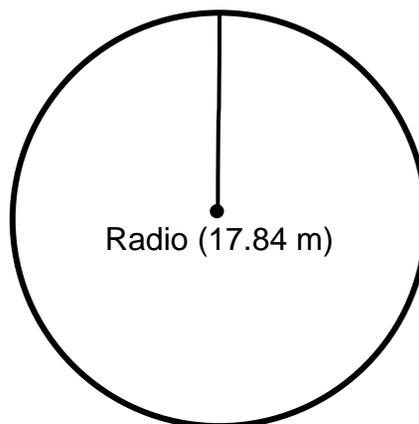


Figura 1: Diseño de la parcela de 1,000 m²

4.2.1.3. Evaluación de variables

Después de establecer las parcelas, se procedió a realizar la medición de las variables cuantitativas y cualitativas.

✓ Variables cuantitativas

Dap: consiste en la medición obligatoria del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) definido como el diámetro del individuo a 1.3 metros de altura sobre el suelo (INAB, 2012). El diámetro se calculó sobre la corteza con una cinta diamétrica en centímetro, y una vara con la medida indicada (1.30 m), midiendo el 100 % de los individuos dentro de las parcelas. Además, se tomó en cuenta algunos factores que fueron encontrados en campo, tales como: engrosamiento, bifurcación o tumor a la altura del pecho, se marcó a 20 cm a la altura inmediata superior, en el caso de bifurcación por debajo de 1.30 cm, se marcaron de manera individual considerando como dos ejes separados, cuando se encontró después de la altura indicada se realizó solo una medición, en el caso de la pendiente, se midió del lado superior a la pendiente y para los arboles con fuste inclinado, se marcó perpendicularmente al eje del árbol a 1.30cm como la distancia más corta sobre el suelo paralela al fuste.

Altura total: Se refiere a la altura del árbol desde su base hasta el ápice en metros. Se usa para construir relaciones DAP-Altura a fin de poder estimar las alturas de los árboles que no cuentan con ella, lo cual permitirá calcular volúmenes (INAB, 2012). La altura se usa además para calcular la altura dominante, que, junto con la edad, permite estimar la calidad de sitio del árbol donde está establecida la parcela. Se define como altura dominante a la altura media de los 100 individuos más gruesos por hectárea (Prodan et ál. 1997).

Para ésta medición se utilizó una pistola de Haga midiendo el 30% de los individuos encontrados por parcela, se realizó desde la base hasta el ápice del árbol con una distancia horizontal de 15 a 20 metros. El resto de individuos que no fueron medidos se calculó mediante una regresión lineal con la siguiente fórmula: $Y = a+bX$.

✓ Variables cualitativas

Forma y Defectos del Fuste: Esta variable se evaluó en todos los individuos de las parcelas, se observó a detalle las características físicas de los árboles como el estado de la copa, el fuste, presencia de plagas y/o enfermedades, etc. ya que estas variables determinan la calidad de las plantaciones. Para obtener esta información, se utilizaron códigos contenidos en las boletas de campo de árboles en pie, la cual ya tiene una serie de códigos que fueron usados tanto para forma y defectos del fuste como para el estado fitosanitario, tal como se describe en el cuadro 25 del anexo.

Estado Fitosanitario de los Árboles: Para esta variable fueron evaluados todos los individuos dentro de las parcelas, utilizando los códigos que se presentan en el cuadro 25 del anexo.

4.2.1.4. Materiales y equipos

Tanto para el establecimiento de las parcelas y medición de las variables, se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Pistola de Haca
- Metro
- Brújula
- GPS garmin
- Hipsómetro
- Altimetro
- Machete
- Pintura
- Libretas
- Marcadores
- Cinta adhesiva
- Boletas de campo
- Lazos
- Lápiz
- Borrador

4.2.2. Tabulación y análisis de datos del inventario forestal.

4.2.2.1. Tabulación de datos

Al evaluar y recopilar información de las variables cuantitativas y cualitativas en la fase de campo, se procedió a la tabulación por medio del Microsoft Office Excel 2007.

4.2.2.2. Altura total

Por medio del programa Microsoft Office Excel 2007, se creó una base de datos con la información proveniente de la variable altura, equivalente a la medición del 30 % de individuos de diferentes clases diametrales en cada parcela, dicha información permitió encontrar, por medio de una regresión lineal, la altura total de los árboles faltantes en cada parcela. Para evaluar la confiabilidad del modelo se utilizó la variable R^2 . Figura 9 del anexo.

$$Y = a + bX$$

$$b = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$a = \frac{(\sum y)}{n} - b \frac{(\sum x)}{n}$$

Donde:

X = Variable independiente (Diámetro)

Y = Variable dependiente (Altura)

n = Número de individuos evaluados

4.2.2.3. Área Basal

El área basal se calculó utilizando la información del diámetro a la altura del pecho obtenida en campo mediante la siguiente fórmula:

$$AB = (\pi / 4) * d^2$$

En donde:

AB = Área Basal

π = 3.1416

d^2 = Diámetro al cuadrado

4.2.2.4. Volumen total

Con las variables de diámetros y alturas obtenidas en campo, se procedió a calcular el volumen total por árbol sin corteza en m³, y con ello realizar el análisis de las parcelas, luego su proyección a hectárea y por último a proyecto. Para el cálculo del volumen se utilizó la siguiente ecuación, INAB, 1999:

$$V = 0.0044171177 + 0.0000285570 * D^2 H$$

En donde:

V = Volumen en m³ sin corteza

D= Dap en cm con corteza

H = Altura total en metros.

4.2.2.5. Incremento medio anual (IMA)

El IMA se calculó con el volumen total por hectárea dividido dentro de la edad de la plantación, se realizó la misma operación para los proyectos evaluados.

$$IMA_{(Volumen)} = \text{Volumen} / \text{Edad}$$

4.2.2.6. Análisis estadístico muestreo simple al azar

Para determinar el error de muestreo (coníferas 15 % y latifoliadas 20%) de la variable volumen, se procedió a realizar el análisis estadístico con el método del muestreo simple al azar, tomando en cuenta que el porcentaje de error permitido presenta confiabilidad en los resultado, INAB, (1999). Para ello se utilizaron las fórmulas de acuerdo al cuadro 6.

Cuadro 6. Método estadístico del muestreo simple al azar.

No.	INDICADOR	SÍMBOLO
1	Volumen promedio ponderado	$\bar{X} = \sum Xi/n$
2	Desviación estándar	$S = \sqrt{((\sum Xi^2 - ((\sum Xi)^2/n))/ n - 1)}$
3	Varianza	$S^2 = S * S$
4	Coeficiente de variación	$CV\% = (S / \bar{X}) * 100$
5	Error estándar de la media	$S_{\bar{X}} = S / \sqrt{n} * \sqrt{1-(n/N)}$
6	Error de muestreo	$EM = S_{\bar{X}} * t$
7	Error porcentual de muestreo	$EM\% = (EM / \bar{X}) * 100$
8	Limite de confianza superior	$Lcs = \bar{X} + (S_{\bar{X}} * t)$
9	Limite de confianza inferior	$Lcs = \bar{X} - (S_{\bar{X}} * t)$

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.7. Familia de modelos de crecimiento para los proyectos evaluados en la finca

✓ Estimación de modelo del Índice de Sitio:

Para la determinación de la calidad de sitio de los proyectos evaluados, se tomaron los datos de acuerdo al manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, para la región II Las Verapaces e Ixcán, tal como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Índice de sitio para Pino Candelillo en la Región II Las Verapaces e Ixcán.

Sitio	Indicador para la Región II
Pésimo	6.5
Malo	10.2
Medio	14.0
Bueno	18.5
Excelente	23.0

Fuente: INAB, 2012

4.2.2.8. Familia de modelos de crecimiento de las variables dasométricas de los proyectos evaluados

De acuerdo al manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, para la región II Las Verapaces e Ixcán, INAB (2012), se presenta la familia de modelos que se utilizaron para las principales variables de crecimiento de los individuos de cada proyecto. Cuadro 8.

Cuadro 8. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *Pinus maximinoi* en la Región II Las Verapaces e Ixcán.

Variable	Modelo de Crecimiento (Ecuación)
Diámetro (cm)	$=EXP(2.87125-5.419272/T+0.047052*S-0.000215*N)$
Altura total (m)	$=EXP(Ln(S)-5.569827*(1/T-0.1))$
Área Basal (m ² /ha)	$=EXP(1.751452-10.981594/T+0.09*S+0.000988*N)$
Volumen total (m ³ /ha)	$=0.277828*H^{1.110684}*G^{1.004235}$
Índice de Sitio	$=EXP(Ln(H)+5.569827*(1/T-1/edad\ base))$

Fuente: INAB, 2012

En donde:

T = Edad en años

N = Árboles / ha

H = Altura dominante (m)

G = Área Basal (m²/ha)

S = Índice de Sitio (m)

Edad base = Edad Base del modelo (10 años)

4.2.2.9. Análisis estadístico de prueba de medias entre parcelas temporales y parcelas permanentes.

Para el presente análisis estadístico se realizó una prueba de hipótesis acerca de dos medias poblacionales independientes, utilizando como estadístico de prueba la *t de Student*, con un nivel de significancia de 0.05, para ello se utilizó el software INFOSTAT® facilitando el análisis de diferencias de las variables (diámetro, altura, área basal y volumen) de parcelas temporales y permanentes de cada proyecto evaluado. Utilizando el nivel de significancia (0.05) se establece la regla de decisión y región de rechazo y/o aceptación de hipótesis nula. Figura 2.

H₀: $\mu_1 = \mu_2$ (No hay diferencia significativa entre las parcelas temporales y parcelas permanentes).

H_a: $\mu_1 \neq \mu_2$ (Existe diferencia significativa entre las parcelas temporales y parcelas permanente).

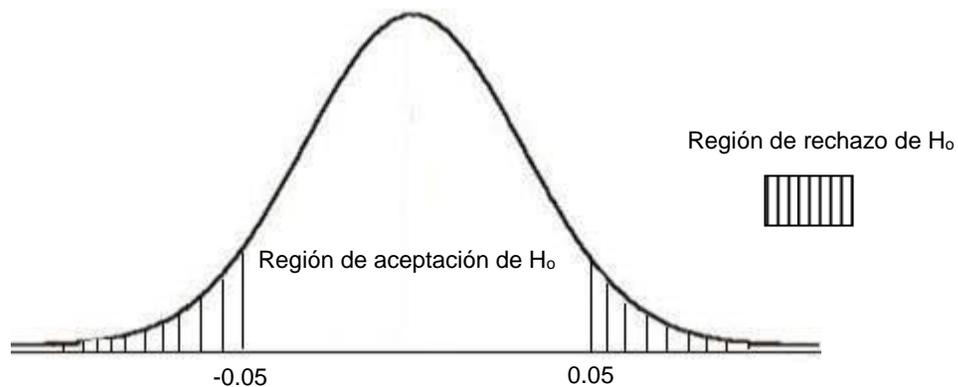


Figura 2. Regiones de rechazo y aceptación de hipótesis nula.

4.3. INDICADORES DE RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos del presente documento, se tomaron en cuenta los siguientes indicadores para obtener los resultados precisos:

- Establecimiento de parcelas temporales en los proyectos evaluados.
- Evaluación de las variables dasométricas de los individuos en cada parcela establecida.
- Proyección de la masa forestal por hectárea y por proyecto.
- Estimación de los incrementos de las plantaciones evaluadas.
- Análisis estadístico de los resultados de volumen total por hectárea y por proyecto.
- Evaluación de la dinámica de crecimiento mediante los modelos de crecimiento generados por el INAB.
- Estimación y distribución de productos de acuerdo a las clases diametrales de los individuos.
- Comparación de los resultados obtenidos de las PTM con la información proveniente de la PPM mediante una prueba de medias con un nivel de significancia 0.05.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente documento se detallan los resultados obtenidos en el proceso de la práctica profesional supervisada en función a los objetivos, se obtuvo una serie de información que describe en forma detallada las diferentes actividades desarrolladas y los resultados obtenidos, siendo como enfoque principal la evaluación del crecimiento de las plantaciones forestales de la especie de *Pinus maximinoi*, en la finca Saquichaj, específicamente en 4 proyectos.

5.1. Establecimiento y medición de parcelas temporales de medición forestal.

Se evaluaron cuatro proyectos con una extensión total de 302.61 hectáreas, estableciendo 33 parcelas temporales distribuidas de la siguiente manera: para el proyecto 93 con una extensión de 76.55 hectáreas, 17 años de edad, se establecieron 9 parcelas, con una intensidad de muestreo de 1.18 %. Proyecto 40 con una extensión de 37.75 hectáreas, de 18 años de edad, se establecieron 4 parcelas con 1.06 % de intensidad de muestreo, proyecto 131 de 99.43 hectáreas, de 19 años de edad, se establecieron 10 parcelas con una intensidad de 1.01 % y por último el proyecto Sehi' con una extensión de 88.88 hectáreas, de 17 años de edad, se establecieron 10 parcelas a una intensidad de 1.12 %. Los cuatro proyectos fueron medidos mediante Gps Garmin para obtener el área total, sin embargo se les realizó una nueva medición descontando el área de los caminos, guamiles y siguanes, el área efectiva encontrada se utilizó para distribuir las parcelas y realizar el cálculo de la masa forestal, tal como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Área total y área efectiva de los proyectos.

FINCA	PROYECTO	AREA TOTAL MEDIDA (ha)	AREA EFECTIVA (ha)	Año	TOTAL PTM	IM (%)
SAQUICHAJ	Proyecto 93	89.33	76.55	1997	9	1.18
	Proyecto 40	38.03	37.75	1996	4	1.06
	Proyecto 131	102.52	99.43	1995	10	1.01
	Proyecto Sehi'	98.06	88.88	1997	10	1.12
	AREA TOTAL	327.94	302.61		33	

Fuente: elaboración propia.

5.2. Medición y análisis de variables.

Para la toma de datos y evaluación de las variables se utilizó la boleta del cuadro 25 del anexo , en el caso de los Diámetros, (variable independiente), se midieron directamente en campo evaluando la totalidad de los individuos en cada parcela, mientras que las alturas (variable dependiente) se midió el 30% de individuos de cada parcela y el resto se procedió a estimarlas mediante una regresión lineal. En la figura 9 del anexo, se presentan los modelos utilizados dando a conocer la dispersión de los datos tomados en campo, por lo que, para el cálculo se utilizaron las ecuaciones del cuadro 10.

Cuadro 10. Ecuaciones de regresión lineal simple para el cálculo de altura total de los árboles muestreados en el inventario forestal.

Fincas	Proyectos	Ecuación de la regresión para la altura total	R ²
SAQUICHAJ	Proyecto 93	Altura total = 0.176 (DAP) + 11.89	0.661
	Proyecto 40	Altura total = 0.207 (DAP) + 11.35	0.743
	Proyecto 131	Altura total = 0.260 (DAP) + 11.27	0.663
	Proyecto Sehi'	Altura total = 0.401 (DAP) + 7.555	0.823

Fuente: elaboración propia.

5.3. Análisis comparativo en crecimiento e incremento de variables

Se analizaron los resultados de crecimiento e incremento a partir de las variables evaluadas en campo, determinando el rendimiento de las plantaciones forestales de cada proyecto. Se analizaron cuatro proyectos de diferentes edades y densidades de la misma especie. En el siguiente cuadro se presentan diferentes valores en promedio de las variables consideradas.

Cuadro 11. Promedio de las variables analizadas IMA en diámetros, altura, área basal y volumen de los proyectos evaluados.

Proyectos	Edad (años)	Densidad (Arb/ha)	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA DAP (cm/año)	IMA Altura total (m/año)	IMA AB (m ² /año)	IMA Volumen (m ³ /año)
Proyecto 93	17	291	26.88	17	17.40	109.43	1.58	1.00	1.02	6.44
Proyecto 40	18	230	33.28	18	20.42	138.47	1.85	1.00	1.13	7.69
Proyecto 131	18	309	27.33	18	19.03	133.23	1.52	1.00	1.06	7.40
Proyecto Sehi'	19	381	27.40	19	23.31	165.82	1.44	1.00	1.23	8.73

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Análisis estadístico para la estimación de volúmenes de los proyectos.

A cada proyecto evaluado, se le realizó un análisis estadístico por medio del método del muestreo simple al azar, para comparar el error de muestreo para la variable volumen. De acuerdo al INAB, (1,999) para ser aceptado y confiable el resultado, el error permitido para las coníferas es menor a 15 % y latifoliadas a 20%, por lo que, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se puede observar que los proyectos evaluados presentan variaciones en el porcentaje del error permitido.

El proyecto 131 arrojó un 16.57 % de error de muestreo, por encima de lo permitido, y el proyecto 40 aun más elevado con 35.49 %, estos errores se deben a la heterogeneidad que se presenta en las plantaciones, ya que el establecimiento de las parcelas fue al azar tomando en cuenta todos los individuos sin importar las condiciones del sitio, el porcentaje de mortalidad y el desarrollo de los mismos por las diversas actividades silviculturales. El proyecto 93 y Sehi', cumplen con lo establecido presentando un porcentaje de error por debajo de lo permitido, tal como se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12. Resultados del análisis estadístico del inventario forestal.

Proyectos	n	X (m3/ha)	S (m3/ha)	S ² (m3/ha)	CV (%)	Sx (m3/ha)	EM (m3/ha)	EM (%)	Lcs (m3/ha)	Lci (m3/ha)	IM (%)
Proyecto 93	9	109.43	20.62	425.07	18.84	6.83	15.75	14.39	125.20	93.69	1.18
Proyecto 40	4	138.45	31.05	964.00	22.43	15.44	49.14	35.49	187.59	89.31	1.06
Proyecto 131	10	133.23	31.01	961.70	23.28	9.76	22.07	16.57	155.30	111.16	1.01
Proyecto Sehi'	10	165.82	29.42	865.43	17.74	9.25	20.92	12.62	186.73	144.89	1.13

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Resumen y análisis de variables dasométricas

Después de tomar datos en campo, tabular y analizar, se comprobó que los análisis presentan variaciones en los resultados finales de densidad, diámetros, altura total, área basal y volumen por proyectos proyectados a hectárea. Dichas variaciones se deben a diferentes condiciones de suelo, clima y actividades silviculturales aplicadas en el proceso de crecimiento de las plantaciones, a pesar que los proyectos se encuentran en sitios con vocación forestal, existen áreas pequeñas con alto porcentaje de mortalidad y de desarrollo lento de los individuos, alterando en los resultados de las variaciones dasométricas.

En el caso de la variable DAP se obtuvo un promedio de 27.77 centímetros de los proyectos evaluados, en el cual se tiene el proyecto 93 con menor diámetro (26.88 centímetros) y proyecto 40 con mayor diámetro (33.28 centímetros).

De esta manera se puede verificar que existe poca variabilidad de diámetros entre los proyectos, tomando en cuenta que fueron establecidos en diferentes años.

La variable altura total arrojó un promedio de 18 metros, presentando poca variación ya que el proyecto 93 tiene menor altura con un promedio de 17 metros y el proyecto Sehi' como mayor altura con 19 metros.

En el caso del Área basal, el proyecto Sehi' es el que posee mayor área con 23.31 m²/ha con una densidad de 381 árboles por hectárea, y el proyecto 93 con menor área basal 17.40 m²/ha, también con menor diámetros y altura. En el cuadro 13, se presenta el resumen del análisis de las variables de los proyectos evaluados, su proyección a hectárea y por proyecto.

Cuadro 13. Resumen y análisis de variables dasométricas del inventario forestal.

Proyectos	DAP (cm)	Altura total (m)	POR HECTAREA			POR PROYECTO		
			Densidad (árboles)	Área Basal (m ²)	Volumen (m ³)	Densidad (árboles)	Área Basal (m ²)	Volumen (m ³)
Proyecto 93	26.88	17	291.00	17.40	109.43	22285.00	1331.62	8376.50
Proyecto 40	33.28	18	230.00	20.42	138.47	8683.00	770.67	5227.40
Proyecto 131	27.33	18	309.00	19.03	133.23	30724.00	1892.47	13247.21
Proyecto Sehi'	27.40	19	381.00	23.31	165.82	33863.00	2317.87	14737.71
Total general	27.77	18	1211.00	80.16	546.95	95554.00	6312.63	41588.81

Fuente: Elaboración propia.

La cuantificación del volumen de cada uno de los proyectos establecidos en la finca Saquichaj se realizó en base a las variables dasométricas medidas en campo en fase del inventario forestal. El producto total disponible en los proyectos evaluados para la finca es de 41,588.81 metros cúbicos, tal como se resume en el cuadro 14.

Cuadro 14. Volumen total disponible en los proyectos evaluados.

Proyectos	Año	Área (ha)	Densidad (arb/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Volumen (m ³ /Proyecto)
Proyecto 93	1995	76.55	291.00	109.43	8,376.50
Proyecto 40	1996	37.75	230.00	138.47	5,227.40
Proyecto 131	1997	99.43	309.00	133.23	13,247.21
Proyecto Sehi'	1998	88.88	381.00	165.82	14,737.71
Total general		302.61	1211.00	546.95	41,588.81

Fuente: Elaboración propia.

Los proyectos que representan mayor volumen son el Sehi' con 14,737.71 m³ y proyecto 131 con 13,247.21 m³, sin embargo el proyecto con mayor área es el 93 con 99.43 ha con un volumen de 8,376.50 m³ y proyecto 40 que es el de menor área con una extensión de 37.75 ha y un volumen de 5,227.40 m³. Por lo que se puede observar que el proyecto 93 es el que presentó menor volumen. En cuanto a densidad, todos los proyectos evaluados ya se les aplicaron tres raleos a diferentes intensidades, por lo que el siguiente tratamiento será una corta tota.

5.3.3. Dinámica de crecimiento de los proyectos evaluados

Con base en la familia de modelos para las principales variables de crecimiento, generada por INAB (2,012) definidos en el Manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo para la región II Las Verapaces e Ixcán, se definen los valores de Índice de Sitio para los proyectos evaluados, tal como se muestra en el cuadro 15, a una edad base de (10 años), utilizando el siguiente modelo:

$$\text{Índice de Sitio} = \text{EXP}(\text{Ln}(H)+5.569827*(1/T-1/\text{edad base}))$$

Donde:

Ln= Logaritmo natural

H = Altura dominante (m)

T = edad del proyecto (años)

Edad base = edad base del modelo (10 años)

Cuadro 15. Valor del índice de sitio por proyecto.

Categoría de Índice Sitio	Indicador* Región II	Proyecto 93	Proyecto 40	Proyecto 131	Proyecto Sehi'
Pésimo	< 6.5				
Malo	10.2				
Medio	14	14.85	15.53	16.57	
Bueno	18.5				18.79
Excelente	> 23				

Fuente: INAB (2012)

* Los valores del índice de sitio fueron tomados del manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo para la Región II Las Verapaces e Ixcán, INAB 2012.

Como se puede observar en el cuadro anterior, el proyecto 93, 40 y 131 se encuentran ubicados en el Índice de Sitio medio y proyecto Sehi' en el Índice de Sitio bueno. Ésta información también permite conocer la dinámica de crecimiento de los proyectos evaluados.

5.3.4. Dinámica de crecimiento para altura total

El comportamiento de la variable altura se prescribe en la figura 3 mediante el modelo de crecimiento de *Pinus maximinoi* para la región II Las Verapaces, en función del tiempo y de la calidad del sitio (Índice de Sitio) desde el establecimiento de cada proyecto a una proyección de 20 años. Se puede observar en la gráfica que el proyecto

Sehi' establecido en 1997 alcanza la altura máxima y proyecto 93, 40 y 131 se encuentran por debajo del proyecto Sehi'. La relación se realizó mediante la altura dominante de los 100 mejores árboles de cada proyecto evaluado y la edad.

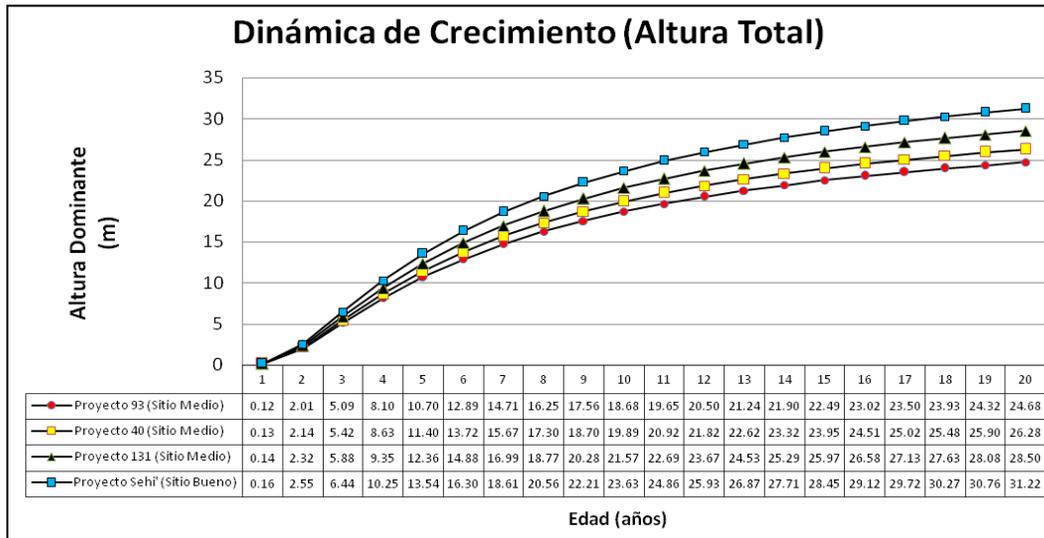


Figura 3. Dinámica de crecimiento para la altura total en función del modelo de *Pinus maximinoi* para la Región II Las Verapaces.

5.3.5. Dinámica de productividad generado con el modelo de volumen (m^3/ha) para *Pinus maximinoi*

En la presente gráfica se muestra la dinámica de productividad del volumen, tomando en cuenta que la densidad inicial de cada proyecto es de 1,111 árboles por hectárea, y que a cada uno se le aplicó diferentes tratamientos silvícolas de poda y raleo a diferentes intensidades. Proyecto 93 se aplicaron 3 raleos a intensidades de 50 %, 30% y 25% quedando una densidad final de 291 árboles por hectárea. El proyecto 40 con 3 raleos a 50 %, 33 % y 33 % de intensidad con 230 árboles de densidad final. El proyecto 131 con intensidades de 50 %, 25 % y 25 % de raleo con una densidad final de 309 árboles por hectárea y el proyecto Sehi' con 2 raleos a intensidades de 50 % y 30 % con una densidad actual de 381 árboles por hectárea.

El volumen se proyecta a un turno de 20 años, en el caso del proyecto de 93, 40 y 131 se encuentran en un sitio medio alcanzan una productividad de 182.13 m³/ha, 216.53 m³/ha y 277.95 m³/ha respectivamente, el proyecto Sehi' con un sitio bueno tienen una productividad de 373.19 m³/ha, tal como se muestra en la siguiente gráfica.

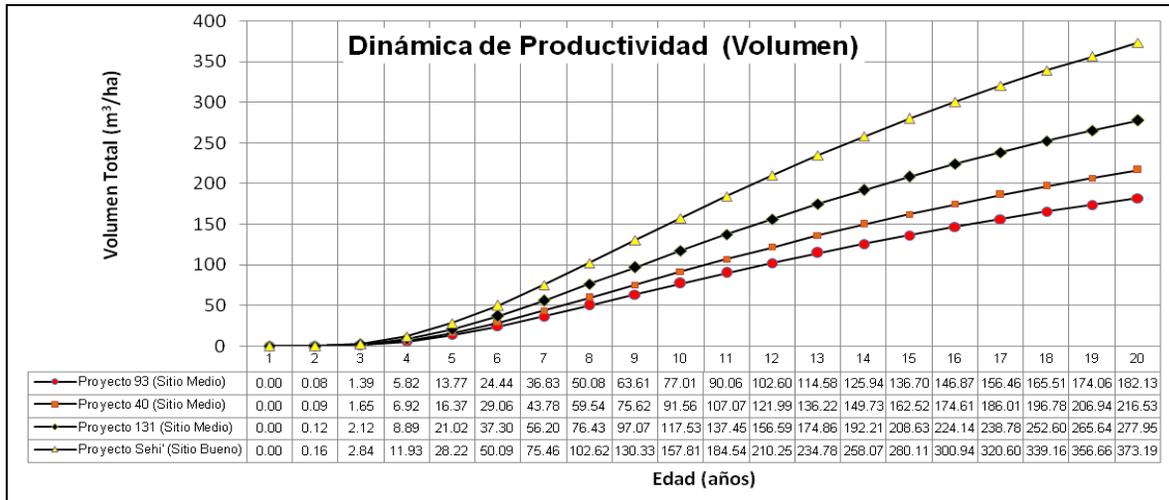


Figura 4. Dinámica de productividad generado con el modelo de volumen para *Pinus maximinoi* para la Región II Las Verapaces.

5.3.6. Volumen final por producto según parcelas temporales

En base a las tablas de distribución del volumen por producto generadas por Girón (1998) para la especie de *Pinus maximinoi* en Alta y Baja Verapaz, Cuadro 31 del anexo, se cuantificó el volumen total por producto en los diferentes proyectos evaluados en la finca. Dicho volumen se cuantificó de acuerdo a los porcentajes establecidos basándose en los datos proyectados de diámetro y altura tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 16. Tabla de distribución del volumen por producto de parcelas temporales de muestreo en los proyectos.

Proyecto	DAP (cm)	Altura Total (m)	VOLUMEN POR PRODUCTO			
			TROZA	TROCILLO	LEÑA	VOLUMEN TOTAL
Proyecto 93	26.88	17	4012.32	2345.31	2018.88	8376.50
Proyecto 40	33.28	18	3327.58	684.77	1215.05	5227.40
Proyecto 131	27.33	18	6429.39	3650.26	3167.56	13247.21
Proyecto Sehi'	27.40	19	7115.14	4136.80	3485.77	14737.71
Total general	27.77	18	20884.42	10817.13	9887.26	41588.81

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la distribución del volumen por producto de los proyectos evaluados, se obtuvo 20,884.42 m³ de troza equivalente a 50.22 %, 10,817.13 m³ de trocillo equivalente a 26.01 % y 9,887.26 m³ de leña con el 23.77 % del volumen total. Para esta distribución se tomo en cuenta el promedio de diámetro y altura de cada proyecto evaluado. El proyecto que generó mayor volumen es el Sehi' puesto que posee menor área que el proyecto 131, los datos justifican las actividades silviculturales aplicadas a cada proyecto en sus diferentes fases.

5.4. Análisis comparativo en crecimiento e incremento de variables: parcelas temporales versus parcelas permanentes de muestreo.

Se analizaron los resultados de crecimiento e incrementos a partir de las variables evaluadas en campo de las parcelas temporales y permanentes instaladas en los proyectos. Los datos utilizados en el presente análisis fueron tomados y tabulados en el mismo año, por lo que se puede observar las diferencias en incrementos de las variables evaluadas.

En el caso del proyecto 93 el IMA de la variable diámetro y altura de las parcelas permanentes es menor que el IMA de las parcelas temporales, el IMA de área basal y volumen es mayor las parcelas permanente que las temporales, debido a la densidad por hectárea según el cálculo con las parcelas permanentes de muestreo. Para el proyecto 40 la variable diámetro y área basal, las parcelas permanentes presentan menor dato en IMA que las parcelas temporales, sin embargo es mayor en altura y

volumen. Para el proyecto 131, la variable diámetro, altura y volumen, el IMA de las parcelas permanentes es mayor que las temporales y área basal es menor. El proyecto Sehi' en el caso del diámetro, área basal y volumen las parcelas temporales presentan mayor IMA que las permanentes, y la variable altura con el mismo incremento, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 17. Crecimiento e incremento de las variables: diámetro, altura, área basal y volumen de los proyectos evaluados, parcelas temporales y permanentes de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Diferencia entre variables dasométricas de parcelas temporales y parcelas

Proyectos	Tipo de parcelas	Edad (años)	Densidad (Arb/Ha)	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMA DAP (cm/año)	IMA Altura total (m/año)	IMA AB (m ² /año)	IMA Volumen (m ³ /año)
Proyecto 93	Temporal	17	291.00	26.88	17	17.40	109.43	1.58	1.00	1.02	6.44
	Permanente		339.00	26.03	16	19.30	124.11	1.53	0.94	1.14	7.30
Proyecto 40	Temporal	18	230.00	33.28	18	20.42	138.47	1.85	1.00	1.13	7.69
	Permanente		260.00	30.82	19	20.03	141.59	1.71	1.06	1.11	7.87
Proyecto 131	Temporal	18	309.00	27.33	18	19.03	133.23	1.52	1.00	1.06	7.40
	Permanente		298.00	27.53	19	18.74	139.56	1.53	1.06	1.04	7.75
Proyecto Sehi'	Temporal	19	381.00	27.40	19	23.31	165.82	1.44	1.00	1.23	8.73
	Permanente		369.00	26.81	19	21.75	157.36	1.41	1.00	1.14	8.28

permanentes de muestreo.

Con los datos obtenidos en campo de las parcelas temporales y las permanentes cuadro 27 del anexo, se procedió a realizar un análisis estadístico de prueba de medias, con el objeto de calcular la diferencia entre las variables dasométricas (diámetro, altura, área basal y volumen) de los proyectos evaluados, cuadro 26 del anexo. Para ello se utilizó el software INFOSTAT® y como estadístico de prueba la *t de Student* con un nivel de significancia de 0.05 (prueba bilateral o de dos colas).

Con base al análisis estadístico, para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP), se obtuvo un valor de $p = 0.5585$ por arriba del nivel de significancia de prueba (0.05). Para el caso de altura se obtuvo como valor $p = 0.2520$, área basal con el 0.8966 y

volumen 0.7413, todas las variables presentan valores por arriba del nivel de significancia, por lo tanto, no existe ninguna diferencia significativa entre parcelas temporales y parcelas permanentes de muestreo, tal como se muestra en las siguientes gráficas.

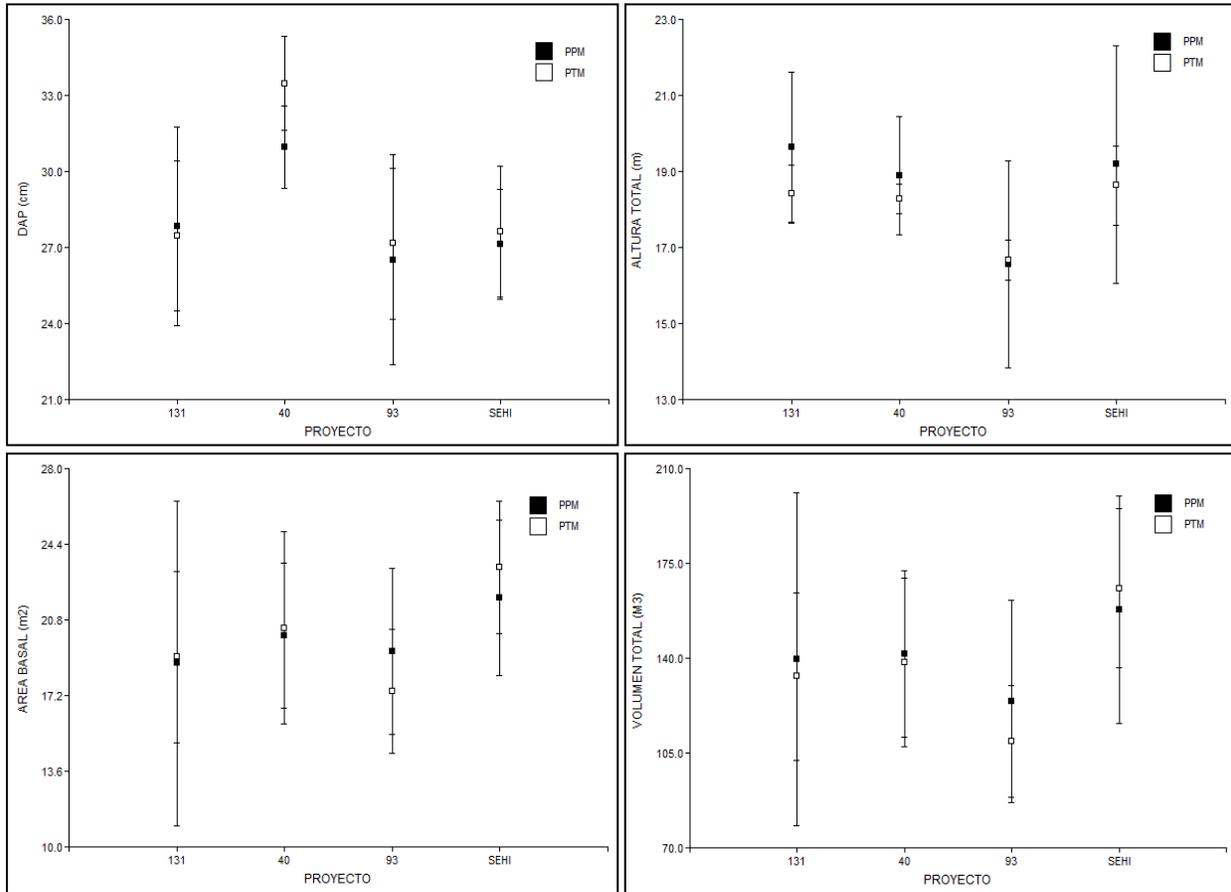


Figura 5. Diferencia entre variables dasométricas de parcelas temporales y parcelas permanentes de muestreo.

5.6. Diferencia de IMA entre parcelas temporales y parcelas permanentes.

De acuerdo a los análisis realizados, ninguna variable presenta diferencia significativa en incrementos, figura 6. Para el diámetro a la altura del pecho se obtuvo un valor de $p = 0.5692$, altura con 0.5263 , área basal 0.5439 y la variable volumen 0.6384 , todos los resultados por arriba del nivel de significancia, tal como se muestra en el cuadro 28 del anexo.

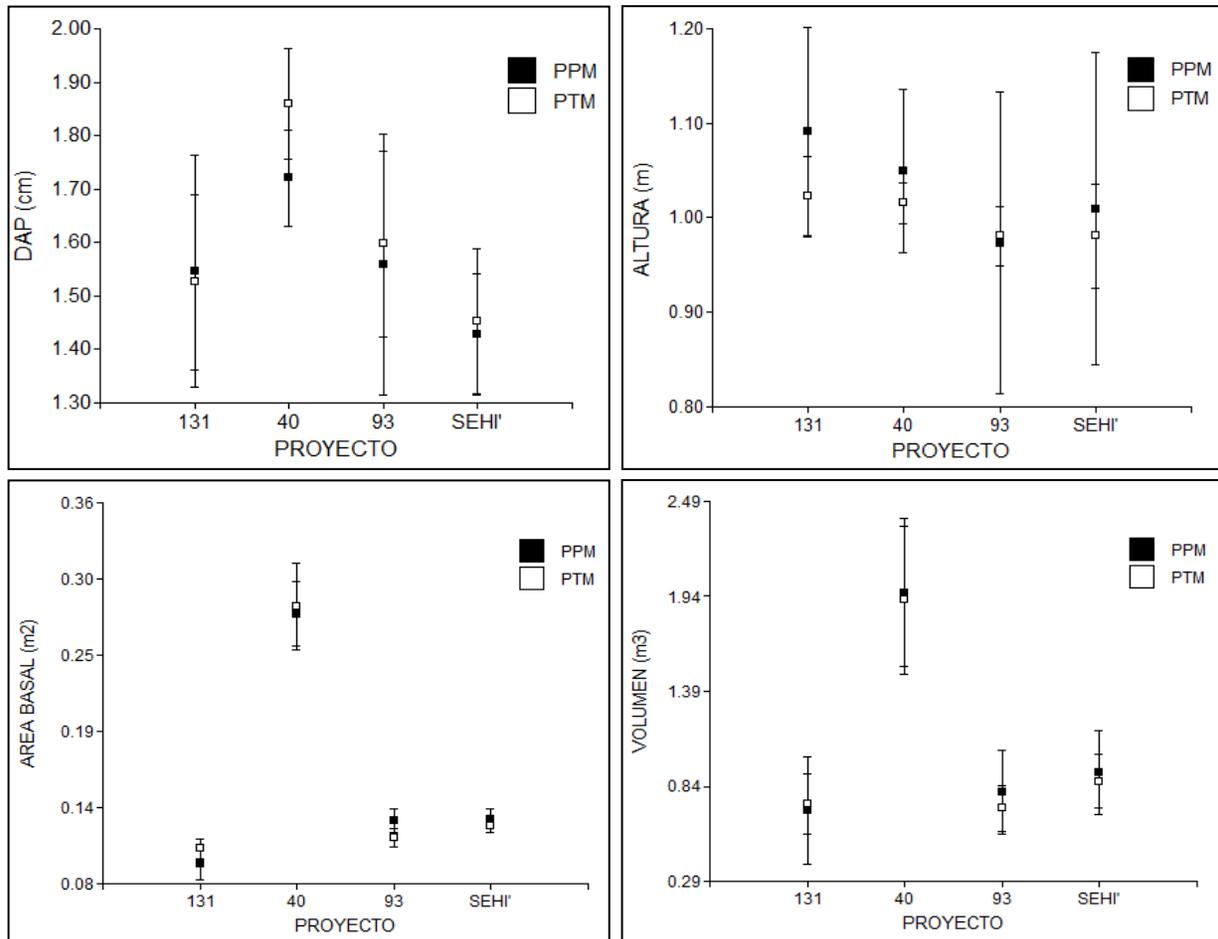


Figura 6. Diferencia de IMA entre parcelas temporales y parcelas permanentes.

5.7. Análisis comparativo en volumen por producto de las parcelas temporales versus parcelas permanentes de muestreo.

En base a las tablas de distribución del volumen por producto generadas por Girón (1998) para la especie de *Pinus maximinoi* en Alta y Baja Verapaz, se cuantificó el volumen total por producto en los diferentes proyectos evaluados en la finca, el análisis se llevó a cabo para dos tipos de parcelas, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 18. Comparación del volumen por producto de las parcelas PPM versus PTM.

Proyecto	DAP (cm)	Altura Total (m)	VOLUMEN POR PRODUCTO			
			TROZA	TROCILLO	LEÑA	VOLUMEN TOTAL
PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO						
Proyecto 93	26.03	16	4280.95	2734.31	2485.02	9500.29
Proyecto 40	30.82	19	2974.32	995.76	1374.82	5344.90
Proyecto 131	27.53	19	7211.49	3533.08	3131.89	13876.45
Proyecto Sehi'	26.94	19	6617.65	4119.24	3307.06	14043.95
Total general	27.24	18	21,084.41	11,382.39	10,298.79	42,765.59
PARCELAS TEMPORALES DE MUESTREO						
Proyecto 93	26.88	17	4012.32	2345.31	2018.88	8376.50
Proyecto 40	33.28	18	3327.58	684.77	1215.05	5227.40
Proyecto 131	27.33	18	6429.39	3650.26	3167.56	13247.21
Proyecto Sehi'	27.40	19	7115.14	4136.80	3485.77	14737.71
Total General	27.77	18	20,884.42	10,817.13	9,887.26	41,588.81

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los datos mostrados en el cuadro anterior, se puede verificar la diferencia del volumen por producto. En el caso de las parcelas permanentes de muestreo presentan mayor volumen que las temporales con una diferencia total de 1,176.78 m³, dividiéndose de la siguiente manera: troza con una diferencia de 199.99 m³, trocillo con 565.26 m³ y leña con 411.53 m³. Al dividir la diferencia de volumen por producto, se puede verificar que el volumen en trocillo y leña es mayor que la troza, dicho dato se puede justificar con la diferencia de diámetros, en donde las parcelas temporales presentan mayor diámetro que las permanentes. Dinámica de crecimiento de los proyectos (Índice de Sitio) según parcelas permanentes de muestreo.

En base a la familia de modelos para las principales variables de crecimiento, generada por INAB (2,012) definidos en el Manual de Crecimiento y Productividad de

Plantaciones Forestales de Pino Candelillo para la región II Las Verapaces e Ixcán, se definen los valores de Índice de Sitio de acuerdo a los datos de las parcelas permanentes de muestreo a una edad base de 10 años, cuadro 19.

Cuadro 19. Valor del índice de sitio por proyecto según parcelas permanentes de muestreo.

Categoría de Índice Sitio	Indicador* Región II	Proyecto 93	Proyecto 40	Proyecto 131	Proyecto Sehi'
Pésimo	< 6.5				
Malo	10.2				
Medio	14	17.42	16.43	18.45	
Bueno	18.5				20.95
Excelente	> 23				

Fuente: INAB (2012)

* Los valores del índice de sitio fueron tomados del manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo para la Región II Las Verapaces e Ixcán, INAB 2012.

Los datos presentados en el cuadro anterior fueron calculados en base al promedio de altura de los 100 árboles más altos de cada proyecto según parcelas permanentes de muestro. Como se puede observar el proyecto 93, 40 y 131 se encuentran ubicados en el Índice de Sitio medio y proyecto Sehi' en el Índice de Sitio bueno. Ésta información permite comparar el crecimiento de cada proyecto de acuerdo a los datos de las parcelas permanentes y temporales.

5.8. Comparación de IMA de las parcelas temporales, permanentes y datos generados para la Región II.

Cuadro 20. Comparación del IMA de las parcelas temporales, permanentes y datos generados para la Región II, según el Índice de Sitio de los proyectos evaluados.

Proyectos	IMA				IMA				IMA			
	Parcelas Temporales				Parcelas Permanentes				Región II***			
	DAP cm/año	HT m/año	G m ² /año	Vol. m ³ /año	DAP cm/año	HT m/año	G m ² /año	Vol. m ³ /año	DAP cm/año	HT m/año	G m ² /año	Vol. m ³ /año
Proyecto 93*	1.58	1.00	1.02	6.44	1.53	0.94	1.14	7.30				
Proyecto 40*	1.85	1.00	1.13	7.69	1.71	1.06	1.11	7.87	1.23	0.92	0.75	5.37
Proyecto 131*	1.52	1.00	1.06	7.40	1.53	1.06	1.04	7.75				
Proyecto Sehi**	1.44	1.00	1.23	8.73	1.41	1.00	1.14	8.28	1.52	1.22	1.12	10.93

Fuente: Elaboración propia

* Índice de sitio medio.

** Índice de Sitio bueno

***Los valores del índice de sitio fueron tomados del manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo para la Región II Las Verapaces e Ixcán, INAB 2012.

Cuadro 21. Comparación del promedio del IMA de la Finca y datos de la Región II.

SITIO	FINCA SAQUICHAJ				Región II			
	DAP (cm/año)	HT (m/año)	G (m ² /año)	Vol. (m ³ /año)	DAP (cm/año)	HT (m/año)	G (m ² /año)	Vol. (m ³ /año)
Medio	1.65	1.00	1.07	7.18	1.23	0.92	0.75	5.37
Bueno	1.44	1.00	1.23	8.73	1.52	1.22	1.12	10.93

Fuente: Elaboración propia

Las diferencias encontradas anteriormente se deben, a que las mediciones se hicieron en diferentes condiciones, en el caso de las parcelas temporales se establecieron al azar tomando en cuenta las condiciones actuales y reales de los proyectos evaluados, a diferencia de las parcelas permanentes se les dio el tratamiento silvícola adecuado desde el establecimiento. Por lo que, los resultados encontrados mediante las parcelas temporales son puntuales para planificar o realizar cualquier actividad silvícola de aprovechamiento en los proyectos evaluados, ya que el resto de los proyectos se encuentran en las mismas condiciones que el área evaluada.

5.1. Diferencia de IMA entre datos de la Finca Saquichaj y Región II, Las Verapaces e Ixcán.

Los resultados obtenidos de los análisis, demuestran que no existen diferencias significativas en incrementos, figura 7, entre la Finca Saquichaj y Región II, Las Verapaces e Ixcán establecidos en el manual de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo. Los resultados presentados se analizaron en base al Índice de Sitio (medio y bueno) encontrándose por debajo del nivel de significancia (0.05) tal como se muestra en el cuadro 29 y 30 del anexo.

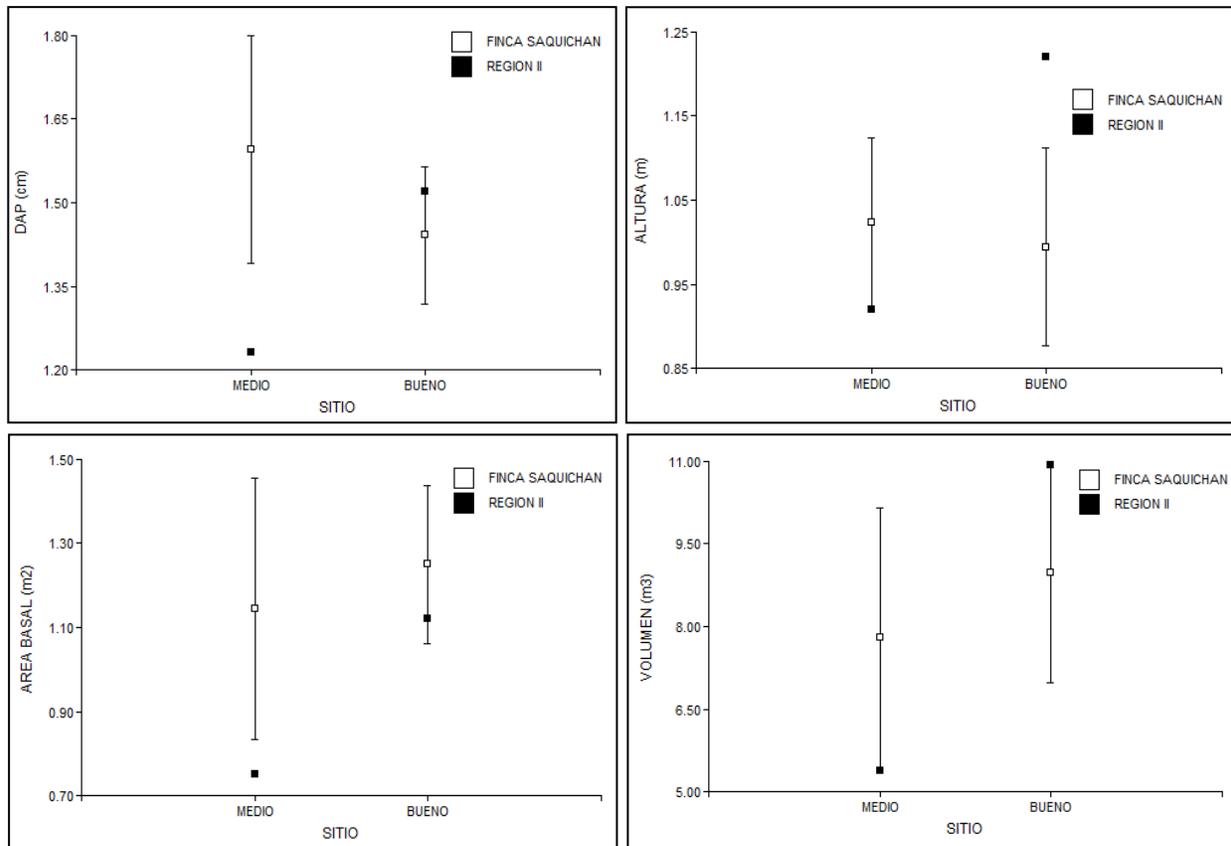


Figura 7. Diferencia de IMA entre los datos de la Finca Saquichaj (PPM-PTM) y Región II, Las Verapaces e Ixcán.

5.1.1. Evaluación de la calidad y tipo de producto de los proyectos evaluados

La evaluación realizada en campo permitió determinar el porcentaje de forma del fuste, sanidad y dominancia de los individuos de cada proyecto.

Cuadro 22. Porcentaje de la forma del fuste de los individuos de cada proyecto evaluado de la finca.

FORMA DEL FUSTE (% / ha)						
PROYECTOS	RECTO	BIFURCADO	SINUOSO	BIFURCADO Y SINUOSO	INCLINADO	COLA DE ZORRO
93	53.61	7.56	38.83	0.00	0.00	0.00
40	77.39	5.65	16.52	1.30	0.00	0.00
131	72.49	2.91	23.62	0.97	0.00	0.00
SEHI'	73.23	7.35	18.11	1.31	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la forma del fuste de los individuos de cada proyecto, se realizó mediante observación en campo, colocando los códigos en la boleta del inventario forestal, debido a que cada individuo presenta forma diferente, para el presente estudio se utilizaron 6 códigos de forma del fuste: recto, bifurcado, sinuoso, inclinado y cola de zorro, así como también se observaron árboles bifurcados y al mismo tiempo sinuosos.

Los datos del cuadro anterior se calcularon de acuerdo a la forma que presenta cada individuo evaluado en campo, posteriormente se proyectó por hectárea y luego se estimó el porcentaje en base a los códigos. El promedio general de los 4 proyectos evaluados: el 69.18 % se encuentra en una forma recta, 5.86 % es bifurcado, 24.27 % es sinuoso, 0.89 % son bifurcados y al mismo tiempo sinuosos, y en el caso de árboles inclinados y cola de zorro no se encontró ningún individuo. Por lo tanto se define que el 69.18 % de los árboles son comercialmente aceptables, sin embargo de los demás códigos, es posible extraer productos comerciales de menor diámetro y longitud.

Cuadro 23. Porcentaje de la sanidad de los individuos de cada proyecto evaluado.

SANIDAD (%/ha)						
PROYECTOS	VIGOROSO	COPA BIFURCADA	PARTE DE LA COPA MUERTA	CORONA DE REYNA	PLAGA	MUERTO EN PIE
93	72.16	11.00	11.00	4.47	0.00	1.03
40	75.22	12.17	1.30	10.00	0.00	2.17
131	80.58	11.00	3.88	3.24	0.32	0.97
SEHI'	86.88	8.66	1.31	3.15	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

El análisis se realizó mediante observación y evaluación en campo colocando los códigos de sanidad que presentan los individuos evaluados en la boleta del inventario forestal, para ello se utilizaron los siguientes códigos: vigoroso, copa bifurcada, parte de la copa muerta, corona de reyna, plaga y muerto en pie, dichos códigos se tomaron en cuenta de acuerdo a la estructura física que presentan los árboles en campo. Después de la proyección del porcentaje por hectárea se encontró el siguiente promedio de los 4 proyectos evaluados: arboles vigorosos o sanos presentan el 78.71 %, árboles con copa bifurcada el 10.71 %, árboles con presencia de alguna roya u hongo que afectó parte de la copa (parte de la copa muerta) 4.37 %, árboles con más de tres ramas en el ápice (corona de reyna) 5.21 %, individuos con presencia de plaga, específicamente con gorgojo, 0.08 % y árboles muertos en pie por alguna enfermedad o plaga (gorgojo y ataques de ardilla) presenta el 1.04 %.

Cuadro 24. Porcentaje de la dominancia de los individuos en el dosel de cada proyecto evaluado.

DOMINANCIA (% / ha)				
PROYECTOS	DOMINANTE	CODOMINANTE	SUPRIMIDO	MUERTO EN PIE
93	62.54	20.96	15.12	1.03
40	93.48	4.35	0.00	2.17
131	72.17	18.12	8.74	0.97
SEHI'	75.85	19.69	4.46	0.00

Fuente: elaboración propia.

En el caso del análisis de la dominancia o posición de los individuos de cada proyecto evaluado, fue mediante observación directa en campo, colocando los códigos en la boleta del inventario forestal. Después de realizar el análisis y proyectar el porcentaje por hectárea, se logro obtener el promedio de los 4 proyectos de la siguiente manera: el 76.01 % de los individuos evaluados son dominantes, es decir, son los individuos que se encuentran sobre la altura dominante a la edad de cada proyecto. El 15.78 % son codominantes, se encuentran por debajo de los dominantes pero alcanzaron una altura promedio y el 7.08 % son árboles suprimidos. Sin embargo, por ataques de plagas y enfermedades se encontraron árboles muertos en pie representando el 1.04 %. Después de la evaluación y análisis, se pueden observar que los porcentajes de los individuos codominantes y suprimidos son mínimos por lo tanto no representan mayor amenaza para su desarrollo.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo a la toma de datos en campo y resultado de los análisis de variables dasométricas, se determinó para los cuatro proyectos evaluados un promedio de 27.77 centímetros en diámetros, altura 18 metros, área basal 20.04 m²/ha y volumen con un promedio de 136.74 m³/ha, presentando mayor volumen el proyecto Sehi' con 165.82 m³/ha y proyecto 93 con 109.43 m³/ha como menor volumen
- ✓ En base a las ecuaciones generadas para la Región II Las Verapaces e Ixcán, establecidas en el manual Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, INAB, (2012), se determinó la familia de índice de sitio para los proyectos evaluados, en donde los proyectos 93, 40 y 131 se encuentran en sitio medio y proyecto Sehi' en sitio bueno.
- ✓ La cuantificación de volumen en base a los resultados obtenidos en el inventario forestal de las parcelas temporales, define que actualmente los proyectos evaluados cuenta con 41,588.81 m³ distribuido de la siguiente manera: proyecto 93 con un volumen de 8,376.50 m³, proyecto 40 con 5,227.40 m³, proyecto 131 con 13,247.21 m³ y proyecto Sehi' 14,737.71 m³.
- ✓ El volumen total por producto se proyectó de acuerdo a las tablas generadas para la especie de *Pinus maximinoi* en Alta y Baja Verapaz, Girón (1998), en donde se obtuvo 20,884.42 m³ de troza equivalente a 50.22 %, 10,817.13 m³ de trocillo correspondiente a 26.01 % y 9,887.26 m³ de leña con el 23.77 % del volumen total.
- ✓ Los individuos de cada proyecto evaluado con características no deseadas tales como torcedura basal, sinuosidad, inclinación y bifurcación entre otras, se evaluaron de acuerdo a códigos de forma del fuste ya establecidos, para el efecto se determinó para los proyectos evaluados: el 69.18 % se encuentra en una forma recta, 5.86 % es bifurcado, 24.27 % es sinuoso, 0.89 % son bifurcados y al mismo tiempo sinuosos, y en el caso de árboles inclinados y cola de zorro no se encontró ningún individuo. Por lo tanto, se concluye que el 69.18 % de los árboles son

comercialmente aceptables, sin embargo de los demás códigos, es posible extraer productos comerciales de menor diámetro y longitud. En cuanto a sanidad el 78.71 % son árboles vigorosos o sanos, 10.71 % con copa bifurcada, 4.37 % con parte de la copa muerta por presencia de roya y/o hongo, 5.21 % con más de tres ramas en el ápice (corona), 0.08% con presencia de gorgojo y 1.04% son árboles muertos en pie por alguna plaga y/o enfermedad. Y en el caso de la dominancia el 76.01 % son árboles dominantes, 15.78 % codominantes y suprimidos el 7.08 %.

- ✓ Se realizaron comparaciones en crecimiento y productividad para cada variable, tomando como base los incrementos medios anuales (IMA) en DAP, altura, área basal y volumen, entre parcelas temporales, permanentes y datos generados para la Región II Las Verapaces e Ixcán. De acuerdo al análisis estadístico de prueba de medias, utilizando como estadístico de prueba la *t de student*, con un nivel de significancia de 0.05, ninguna de las variables presenta diferencia significativa.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ El volumen de las parcelas permanentes es mayor que las temporales con una diferencia de 1,176.78 m³, dicho resultado se debe a los tratamientos silvícolas adecuados y puntuales que se les aplicó a las PPM, por lo que se recomienda para las futuras plantaciones aplicar las mismas actividades culturales y así obtener un crecimiento y rendimiento adecuado al final del ciclo de corta.
- ✓ Se recomienda tomar en cuenta los resultados arrojamos por las parcelas temporales para planificar y/o realizar cualquier actividad silvícola de intermedio o aprovechamiento final, ya que son puntuales y confiables debido a que las condiciones del área donde se establecieron las parcelas representan las mismas condiciones que el resto del área de los proyectos evaluados e incluso de la finca en su totalidad.
- ✓ Aunque un buen porcentaje de los proyectos evaluados se encuentra sano, es importante desarrollar un sistema de vigilancia para el control fitosanitario, ya que se encontraron indicios de plagas y enfermedades, específicamente de gorgojo, que de no ser tratadas pueden llegar a alterar la proyección del volumen presentado en el presente documento.
- ✓ Tomar en cuenta la familia de modelos de crecimiento para la Región II Las Verapaces e Ixcán, establecidas en el manual Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, para proyectar y predecir la productividad y rentabilidad final de las plantaciones evaluadas.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

- Benítez, R. (1988). Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Siguatepeque. Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 216 p.
- Camacho, M. (2000). Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba (Costa rica), CATIE. Serie Técnica. Manual Tecnico No. 42. 56 p.
- De Leon, O. (2004). Generacion de tablas de Volumen para *Pinus maximinoi* H.E.Moore en el municipio de San José Pinula, departamento de Guatemala. Tesis, Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL. 86 p.
- FAO (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Roma. Italia.
- Ferreira, O. (1995). Manual de ordenación de bosques. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 128 p.
- Fonseca, M. (2006). Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E.Moore) procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 154 p.
- Girón, J. (1998). Distribución del volumen por producto para *Pinus maximinoi* H.E. Moore, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz. Tesis, Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 85 p.
- González, M. (2004). Caracterización del complejo de patógeno causal del tizón de la acícula del pino en la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 50 p.

- INAB (1999). Manual Técnico Forestal. Instituto Nacional de Bosques. Ed. Guatemala 110 p.
- INAB (2001). Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo centroamericano). Ed. PROCAFOR. Guatemala. 264 p.
- INAB. (2012). Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo. Guatemala. 24pp.
- INAB (2012). Guía para el establecimiento, monitoreo y rehabilitación de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de coníferas. Guatemala. 42 p.
- López, E. & González, B. (2015). Estadística. Fundamentos y aplicaciones en agronomía y ciencias afines. Facultad de Agronomía. USAC. Guatemala. 276 p.
- Malleux, J. (1982). Inventarios forestales en bosques tropicales. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 441 p.
- Núñez, O.M. (1986). Estudio de crecimiento y rendimiento de *Pinus Maximino* H.E. Moore., en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 130 p.
- Peters, R. (1997). Tablas de volumen para las especies de coníferas de Guatemala. Guatemala, FAO. Documento de trabajo No. 17. 162 p.
- Pinelo, G. (2000). Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Manual Técnico No. 40. Turrialba, Costa Rica. 52 p.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F., Real, P. (1997). Mensura Forestal. San José Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 369-430p.

- REFINSA (Reforestadora Industrial Sociedad Anónima, GT). (2008). Plan de manejo forestal, Región de Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. 58 p.
- Salazar, M.R. (2008). Propuesta de procedimientos para el establecimiento y seguimiento de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones beneficiadas del PINFOR. INAB. Guatemala. 34 p.
- Sosa, J. (2005). Determinación de las especies del gorgojo descortezador *Dendroctonus Spp (Coleoptea: Scolytidae)* y la relación con sus hospederos de pino en la finca Saquichaj, en Cobán, Alta Verapaz. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 144 p.
- Suárez, J. (2001). Situación forestal actual de la finca Saquichaj, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Tesis, Ing. Agr.. Guatemala, Guatemala, USAC. 50 p.
- Tzirin, J. (1998). Índices de sitio preliminares para *Cupresus lusitánica* Miller, *Pinus Morelet* var. *Hondurensis* Barret & Golfari, *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus strobus* L. var *Chiapensis* Martínez, establecidas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 67 p.
- Ugalde, L. (2000). Guía para el Establecimiento y Medición de Parcelas para el Monitoreo y Evaluación del Crecimiento de Arboles en Investigación y en Programas de Reforestación con la Metodología del Sistema Mira. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 16 p.
- Vaides, E. (2000). Generación de curvas parciales de índice de sitio en una plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en los proyectos Bosque Nuevo, San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC. 94 p.

IX. ANEXOS

Cuadro 25. Boleta para la toma de datos en campo.

ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS TEMPORALES						
Proyecto: _____			Ubicación: _____			
Parcela No. _____		Especie: _____		Edad: _____		
Fecha de medición: _____			Responsable: _____			
Institución: _____			Representante Legal: _____			
Ubicación geográfica: Coordenadas -GTM- X _____ Y _____ Parcela: Circular 1000 m ²						
No. Árbol	DAP (cm)	Altura Total (m)	Dominancia	Sanidad	Forma y defectos (fuste)	CÓDIGOS
1						DOMINANCIA
2						A = Dominante
3						B = Codominante
4						C = Suprimido
5						
6						SANIDAD
7						a = Vigoroso
8						b = Muerto en pie
9						c = Muerto caído
10						d = Sin copa
11						e = Parte de la copa muerta
12						f = Copa bifurcada
13						g = Copa sinuosa
14						h = Corona de Reyna
15						
16						
17						FORMA Y DEFECTOS (FUSTE)
18						0 = Recto
19						1 = Cola de zorro
20						2 = Poco sinuoso
21						3 = Muy sinuoso
22						4 = Bifurcado
23						5 = Inclinado
24						6 = Enfermo
25						7 = Con plagas
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

Fuente: elaboración propia.

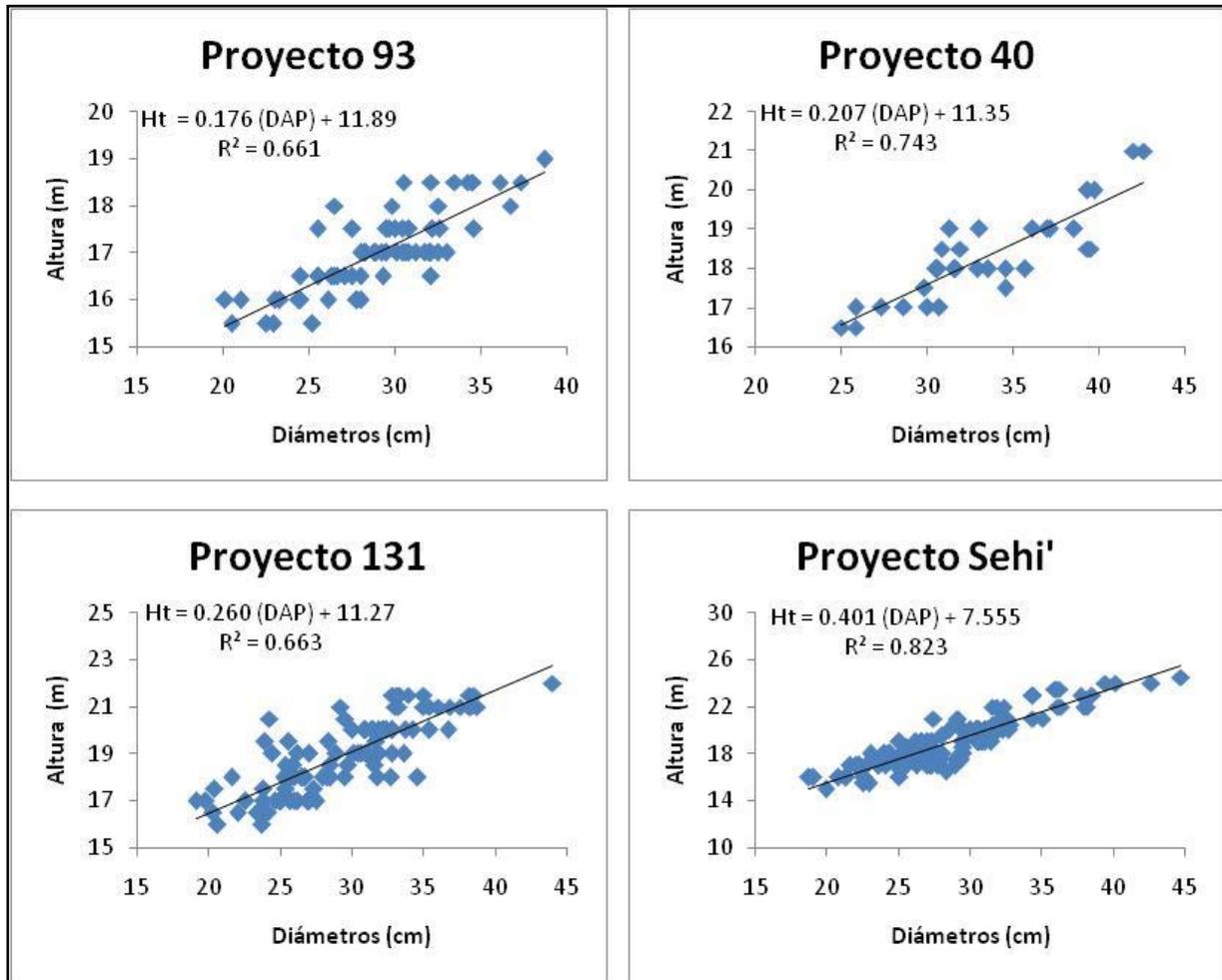


Figura 8. Análisis de regresión lineal simple para la estimación de alturas de los árboles muestreados en el inventario forestal.

VIAS DE ACCESO

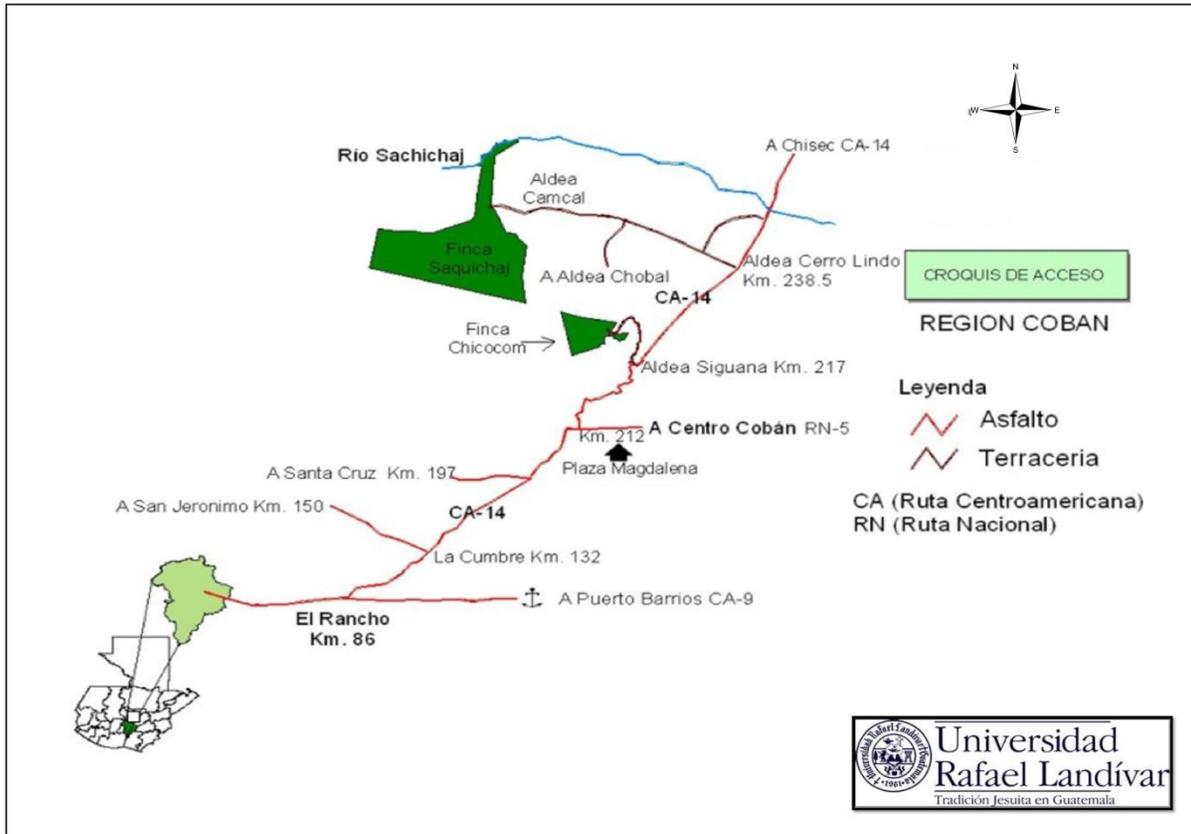


Figura 9. Vías de acceso a la finca Saquichaj.

Cuadro 26. Diferencia estadística entre variables dasométricas de parcelas temporales y parcelas permanentes.

Variable: DAP - Clasific: TIPO DE PARCELAS - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTE	TEMPORAL
n	33	33
Media	27.66	28.15
Media(1)-Media(2)	-0.49	
LI(95)	-2.17	
LS(95)	1.18	
T	-0.59	
p-valor	0.5585	
Variable: ALTURA - Clasific: TIPO DE PARCELAS - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTE	TEMPORAL
n	33	33
Media	18.58	17.99
Media(1)-Media(2)	0.59	
LI(95)	-0.44	
LS(95)	1.63	
T	1.16	
p-valor	0.2520	
Variable: AREA BASAL - Clasific: TIPO DE PARCELAS - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTE	TEMPORAL
n	33	33
Media	19.9	20.05
Media(1)-Media(2)	-0.15	
LI(95)	-2.51	
LS(95)	2.2	
T	-0.13	
p-valor	0.8966	
Variable: VOLUMEN. - Clasific: TIPO DE PARCELAS – prueba :Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTE	TEMPORAL
n	33	33
Media	140.62	137.25
Media(1)-Media(2)	3.37	
LI(95)	-16.96	
LS(95)	23.71	
T	0.33	
p-valor	0.7413	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 27. Datos obtenidos en campo de las Parcelas Permanentes y Parcelas Temporales.

PROYECTO	TIPO DE PARCELAS	No. PARCELA	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área Basal (m ²)	Volumen (m ³)
131	PERMANENTE	1	27.68	20	28.37	215.41
131	PERMANENTE	2	28.65	21	28.91	233.31
131	PERMANENTE	3	29.10	20	13.85	102.72
131	PERMANENTE	4	34.13	21	19.04	149.69
131	PERMANENTE	5	24.20	19	12.98	95.57
131	PERMANENTE	6	24.98	19	19.75	143.95
131	PERMANENTE	7	27.13	21	19.31	155.71
131	PERMANENTE	8	22.43	18	5.70	38.46
131	PERMANENTE	9	23.87	15	21.65	120.43
131	PERMANENTE	10	29.65	21	9.24	72.45
131	PERMANENTE	11	34.27	21	27.32	207.45
40	PERMANENTE	1	28.72	18	19.74	137.84
40	PERMANENTE	2	31.15	20	25.00	184.91
40	PERMANENTE	3	32.56	17	17.87	112.35
40	PERMANENTE	4	31.45	20	17.52	131.25
93	PERMANENTE	1	19.88	12	12.43	61.26
93	PERMANENTE	2	25.69	16	18.70	112.84
93	PERMANENTE	3	21.93	14	18.18	97.93
93	PERMANENTE	4	30.34	19	24.48	175.57
93	PERMANENTE	5	23.66	14	18.72	103.87
93	PERMANENTE	6	31.34	18	25.52	174.55
93	PERMANENTE	7	30.16	19	20.09	141.05
93	PERMANENTE	8	29.97	19	19.46	141.95
93	PERMANENTE	9	25.63	18	16.13	107.92
SEHI'	PERMANENTE	1	27.16	21	23.49	188.69
SEHI'	PERMANENTE	2	24.63	21	20.44	165.34
SEHI'	PERMANENTE	3	30.44	25	24.78	231.85
SEHI'	PERMANENTE	4	28.26	20	27.37	200.46
SEHI'	PERMANENTE	5	23.80	17	22.46	139.97
SEHI'	PERMANENTE	6	25.99	18	14.44	101.71
SEHI'	PERMANENTE	7	28.20	16	23.67	142.58
SEHI'	PERMANENTE	8	29.35	16	19.43	119.12
SEHI'	PERMANENTE	9	26.34	17	20.54	132.37

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 27. (Continuación)

PROYECTO	TIPO DE PARCELAS	No. PARCELA	DAP (cm)	Altura Total (m)	Área Basal (m ²)	Volumen (m ³)
131	TEMPORAL	1	24.60	18	13.13	89.04
131	TEMPORAL	2	25.08	18	19.22	130.43
131	TEMPORAL	3	29.52	19	23.96	170.62
131	TEMPORAL	4	28.19	19	19.35	135.52
131	TEMPORAL	5	30.22	19	22.71	161.99
131	TEMPORAL	6	29.06	19	23.25	164.50
131	TEMPORAL	7	22.17	17	14.31	93.67
131	TEMPORAL	8	26.02	18	13.93	95.50
131	TEMPORAL	9	27.88	19	22.17	155.36
131	TEMPORAL	10	31.86	20	18.31	135.68
40	TEMPORAL	1	34.98	19	24.49	169.13
40	TEMPORAL	2	31.78	18	24.22	161.20
40	TEMPORAL	3	31.96	18	17.11	113.92
40	TEMPORAL	4	35.18	19	15.85	109.65
93	TEMPORAL	1	27.62	17	18.05	113.56
93	TEMPORAL	2	30.41	17	18.99	123.45
93	TEMPORAL	3	26.78	17	16.06	101.31
93	TEMPORAL	4	27.27	17	17.49	109.41
93	TEMPORAL	5	30.21	17	15.44	99.06
93	TEMPORAL	6	22.26	16	13.44	80.32
93	TEMPORAL	7	22.97	16	15.01	91.20
93	TEMPORAL	8	26.78	17	18.50	114.65
93	TEMPORAL	9	30.04	17	23.58	151.88
SEHI'	TEMPORAL	1	26.50	18	22.83	158.61
SEHI'	TEMPORAL	2	29.09	19	28.66	208.54
SEHI'	TEMPORAL	3	28.99	19	27.47	201.94
SEHI'	TEMPORAL	4	27.90	19	21.21	149.57
SEHI'	TEMPORAL	5	30.09	20	24.36	183.43
SEHI'	TEMPORAL	6	22.36	17	17.99	112.13
SEHI'	TEMPORAL	7	28.48	19	21.62	155.59
SEHI'	TEMPORAL	8	25.15	18	22.48	150.66
SEHI'	TEMPORAL	9	26.46	18	21.53	148.81
SEHI'	TEMPORAL	10	31.15	20	24.97	188.88

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 28. Diferencia de IMA entre parcelas temporales y parcelas permanentes.

Variable: IMA DAP - Clasific: PPM Vrs PTM - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTES	TEMPORALES
n	33	33
Media	1.56	1.61
Media(1)-Media(2)	-0.19	
LI(95)	-0.87	
LS(95)	0.5	
T	-2.62	
p-valor	0.5692	
Variable: IMA ALTURA - Clasific: PPM Vrs PTM - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTES	TEMPORALES
n	33	33
Media	1.03	1
Media(1)-Media(2)	0.03	
LI(95)	-0.09	
LS(95)	0.15	
T	0.76	
p-valor	0.5263	
Variable: IMA AREA BASAL. - Clasific: PPM Vrs PTM - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTES	TEMPORALES
n	33	33
Media	0.16	0.15
Media(1)-Media(2)	0	
LI(95)	-0.04	
LS(95)	0.04	
T	0.21	
p-valor	0.5439	
Variable: IMA VOLUMEN - Clasific: PPM Vrs PTM - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	PERMANENTES	TEMPORALES
n	33	33
Media	1.1	1.06
Media(1)-Media(2)	0.04	
LI(95)	-0.31	
LS(95)	0.38	
T	0.35	
p-valor	0.6384	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 29. Diferencia de IMA entre la Finca Saquichaj y datos de la Región II, Las Verapaces e Ixcán para un Índice de Sitio medio.

Variable: IMA DAP - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	47	1
Media	1.6	1.23
Media(1)-Media(2)	0.37	
LI(95)	-0.05	
LS(95)	0.78	
T	1.77	
p-valor	0.0833	
Variable: IMA ALTURA - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	47	1
Media	1.02	0.92
Media(1)-Media(2)	0.10	
LI(95)	-0.10	
LS(95)	0.31	
T	1.01	
p-valor	0.3172	
Variable: IMA AREA BASAL - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	47	1
Media	1.14	0.75
Media(1)-Media(2)	0.39	
LI(95)	-0.24	
LS(95)	1.03	
T	1.25	
p-valor	0.2162	
Variable: IMA VOLUMEN - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	47	1
Media	7.8	5.37
Media(1)-Media(2)	2.43	
LI(95)	-2.36	
LS(95)	7.23	
T	1.02	
p-valor	0.3127	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 30. Diferencia de IMA entre la Finca Saquichaj y datos de la Región II, Las Verapaces e Ixcán para un índice de sitio bueno.

Variable: IMA DAP - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	19	1
Media	1.44	1.52
Media(1)-Media(2)	-0.08	
LI(95)	-0.34	
LS(95)	0.19	
T	-0.62	
p-valor	0.5415	
Variable: IMA ALTURA - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	19	1
Media	0.99	1.22
Media(1)-Media(2)	-0.23	
LI(95)	-0.48	
LS(95)	0.03	
T	-1.87	
p-valor	0.0772	
Variable: IMA AREA BASAL - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	19	1
Media	1.25	1.12
Media(1)-Media(2)	0.13	
LI(95)	-0.27	
LS(95)	0.54	
T	0.68	
p-valor	0.5059	
Variable: IMA VOLUMEN - Clasific: FINCA Vrs REGION II - prueba: Bilateral		
	Grupo 1	Grupo 2
	FINCA SAQUICHAJ	REGION II
n	19	1
Media	8.97	10.93
Media(1)-Media(2)	-1.96	
LI(95)	-6.25	
LS(95)	2.33	
T	-0.96	
p-valor	0.3497	

Fuente: elaboración propia.

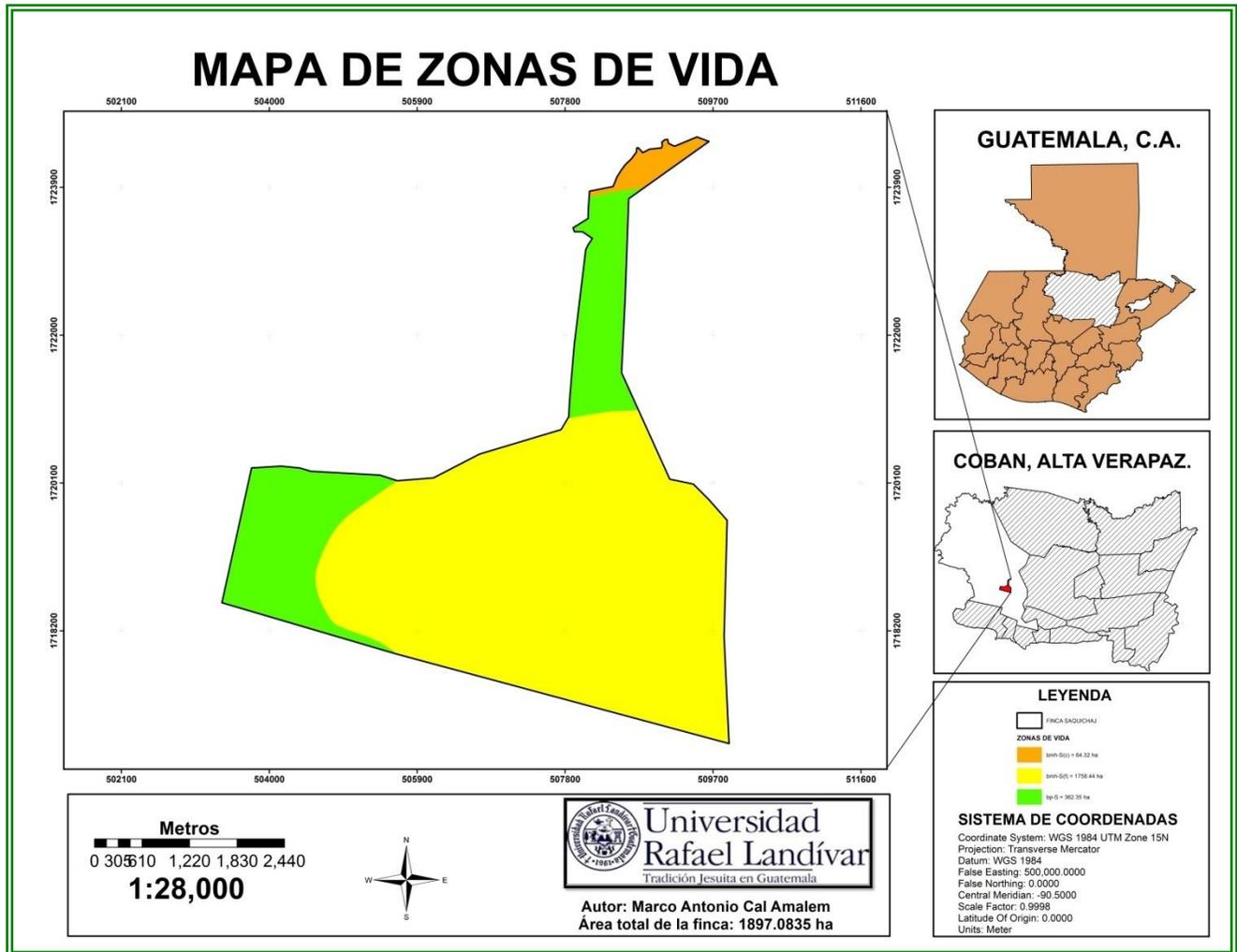


Figura 10. Mapa de zonas de vida de la finca Saquichaj

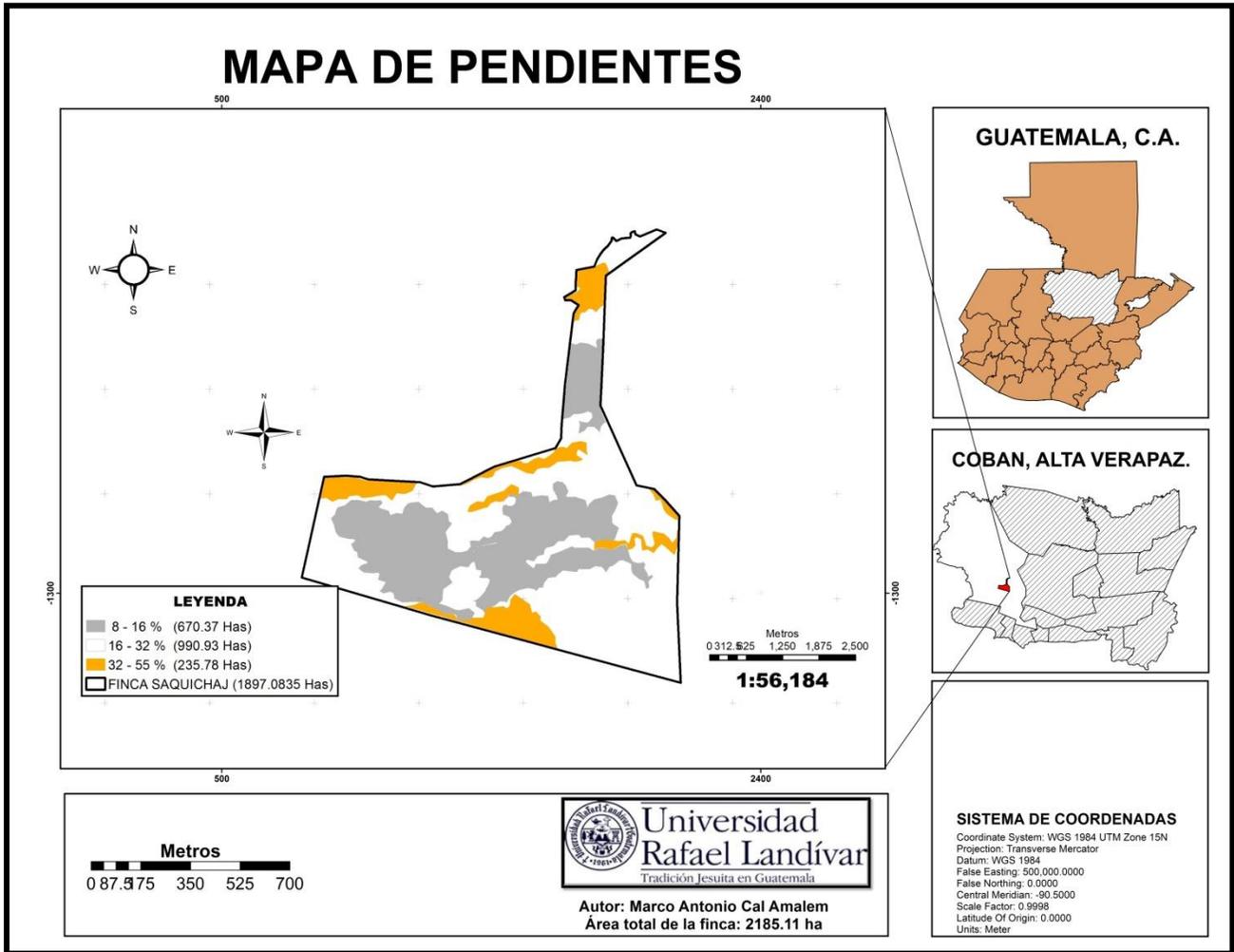


Figura 11. Mapa de pendientes

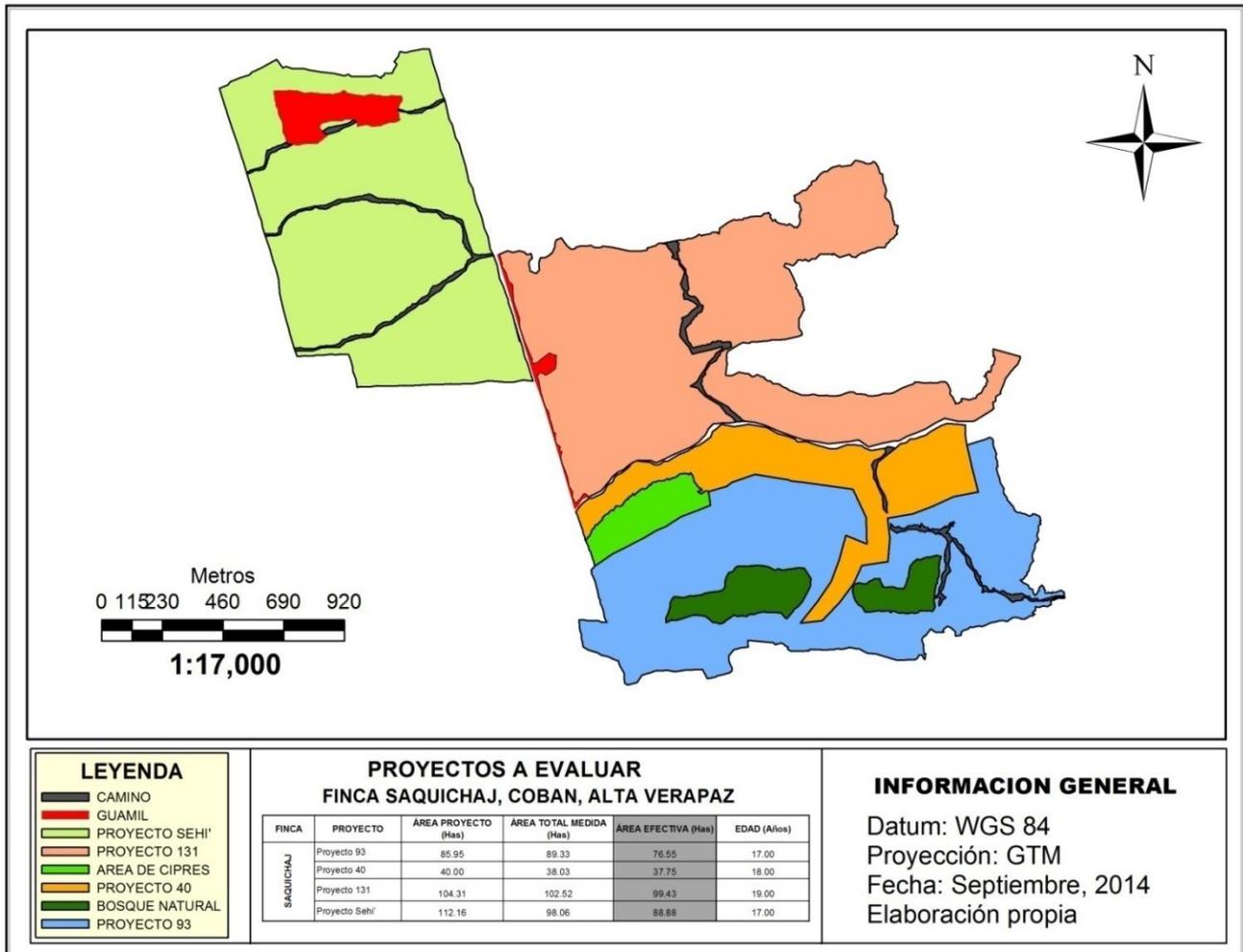


Figura 12. Polígono de los proyectos a evaluar.

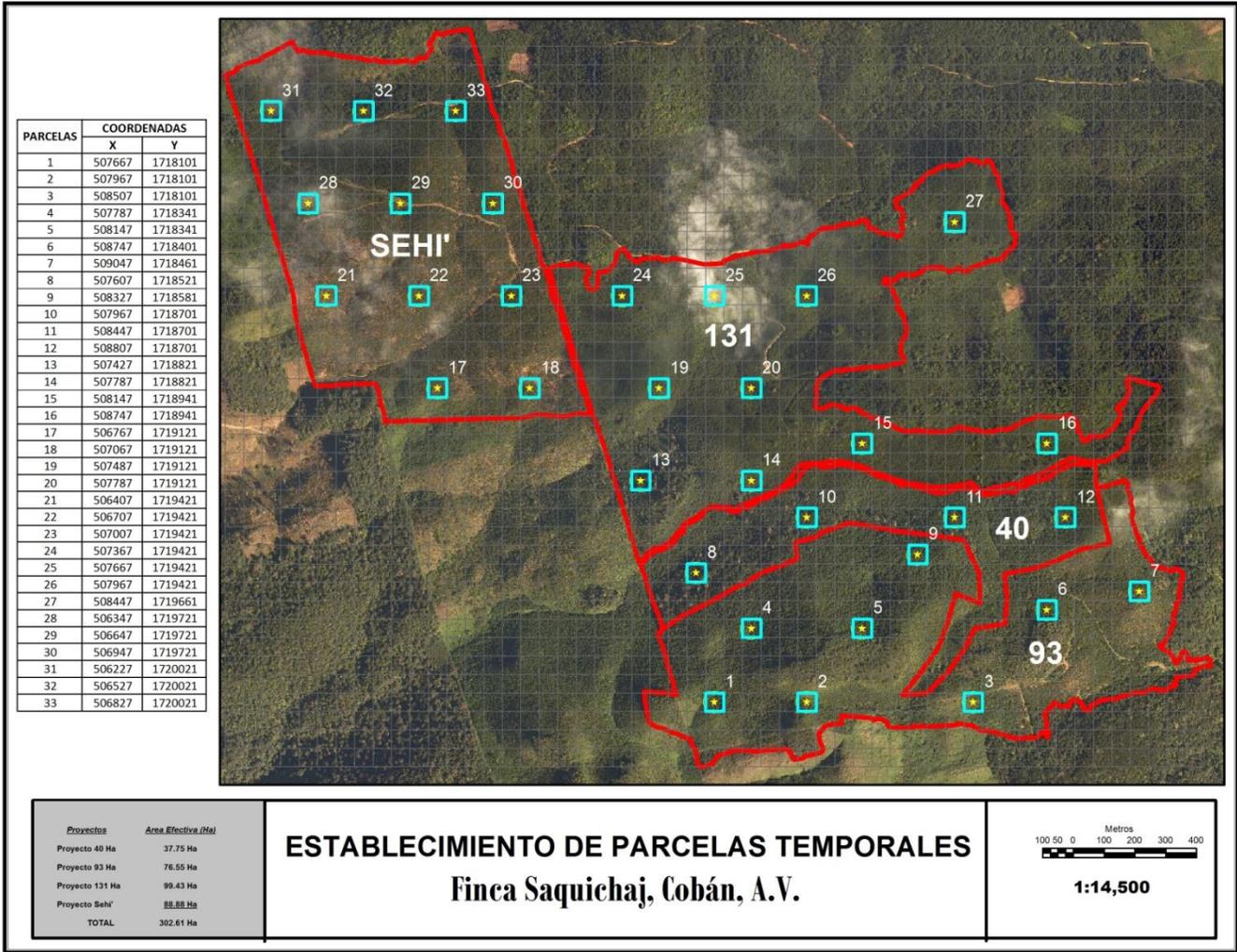


Figura 13. Distribución de parcelas temporales.

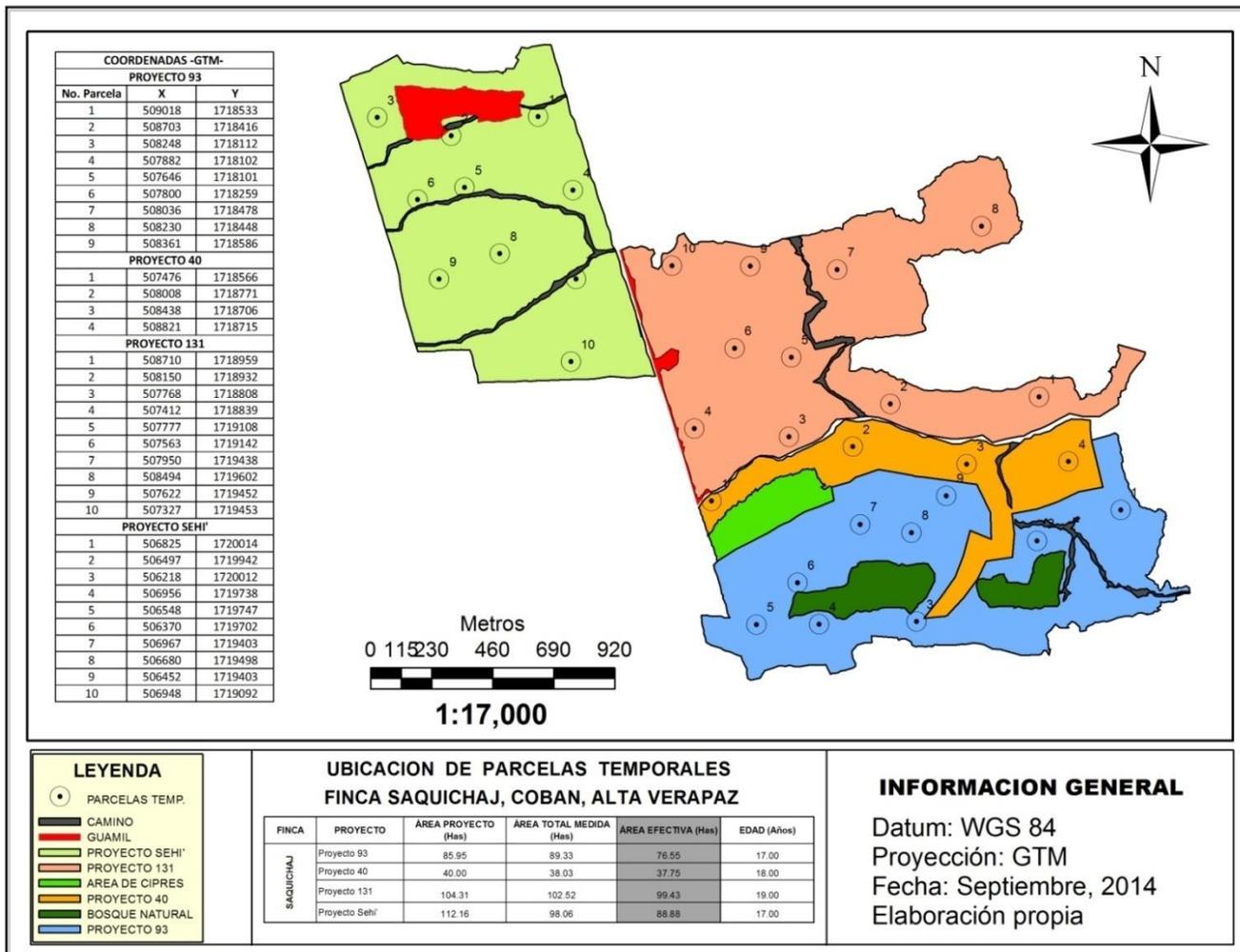


Figura 14. Distribución de parcelas temporales por proyecto y sus coordenadas.

Cuadro 31. Tabla de distribución del volumen por producto de Pinus maximinoi H.E. Moore para Alta y Baja Verapaz.

DAP CM	ALTURA TOTAL DEL FUSTE EN METROS																
	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
C.C.	PORCENTAJE DE PRODUCTOS (%)																
10	Tz	0	0	0	0	0											
	Tc	0	0	0	0	0											
	Lñ	100	100	100	100	100											
12	Tz	0	0	0	0	0											
	Tc	70	70	70	70	70											
	Lñ	30	30	30	30	30											
14	Tz	0	0	0	0	0	0	0									
	Tc	66	66	66	66	66	66	66									
	Lñ	34	34	34	34	34	34	34									
16	Tz	0	0	0	0	0	0	0	0								
	Tc	66	66	66	66	66	66	66	66								
	Lñ	34	34	34	34	34	34	34	34								
18	Tz	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Tc	66	66	66	66	66	66	66	66	66							
	Lñ	34	34	34	34	34	34	34	34	34							
20	Tz	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Tc	75	75	75	75	75	75	75	75	75							
	Lñ	25	25	25	25	25	25	25	25	25							
22	Tz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Tc	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75					
	Lñ	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
24	Tz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Tc	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75				
	Lñ	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25				
26	Tz				45	52	59	64	68	72	74	75	77	78			
	Tc				26	23	20	18	16	15	14	14	13	13			
	Lñ				29	25	21	18	16	13	12	11	10	9			
28	Tz				52	59	64	68	72	74	76	77	79	80	81	82	82
	Tc				20	17	16	15	13	13	12	12	11	11	11	11	11
	Lñ				28	24	20	17	15	13	12	11	10	9	8	7	7
30	Tz				52	58	64	68	72	74	76	78	79	80	81	82	82
	Tc				18	16	14	13	12	11	11	10	10	10	10	10	10
	Lñ				30	26	22	19	16	15	13	12	11	10	9	8	8
32	Tz				52	58	64	68	71	74	76	78	79	80	81	82	82
	Tc				16	14	12	11	11	10	10	9	9	9	9	9	9
	Lñ				32	28	24	21	18	16	14	13	12	11	10	9	9
34	Tz				58	64	68	72	74	76	78	78	80	81	82	82	82
	Tc				12	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8
	Lñ				30	25	22	19	17	15	14	12	11	10	10	10	10
36	Tz				57	63	68	71	74	76	78	78	80	81	82	82	82
	Tc				11	10	9	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
	Lñ				32	27	23	21	18	16	15	13	12	11	11	11	11
38	Tz				57	62	67	71	74	76	78	78	80	81	82	82	82
	Tc				10	9	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6
	Lñ				33	29	25	22	19	17	15	14	13	12	12	12	12

* Tz (Troza %) = 1.654835 Ln H + 0.000422 D - 0.043198 H
 * Tc (Trocillo %) = 10.318851 - 2.391644 Ln H - 0.058462 D + 0.064263 H
 * Lñ (Leña %) = -0.046817 + 2.750181 Ln D - 1.598876 Ln H
 * Válidas para árboles ≥ a 25 cm de DAP

Fuente: Girón, 1998

Cuadro 31. (Continuación...)

40	Tz		57	62	67	70	74	76	78	79	81	82	82	82
	Tc		9	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6
	Lñ		34	30	26	23	20	18	16	15	13	12	12	12
42	Tz			62	67	70	73	76	78	80	81	82	82	82
	Tc			7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5
	Lñ			31	27	24	21	19	17	15	14	13	13	13
44	Tz			62	67	70	73	76	78	79	82	83	84	84
	Tc			6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4
	Lñ			32	27	25	22	19	17	16	14	13	12	12
46	Tz				67	70	74	76	78	80	81	83	84	84
	Tc				5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
	Lñ				28	25	22	20	18	16	15	13	12	12
48	Tz				67	70	73	76	78	79	81	82	83	84
	Tc				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Lñ				29	26	23	20	18	17	15	14	13	12
50	Tz				67	70	74	76	78	80	82	83	84	84
	Tc				4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
	Lñ				29	26	23	21	19	17	15	14	13	13
52	Tz				66	70	73	76	78	80	81	82	83	84
	Tc				4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Lñ				30	27	24	21	19	17	16	15	14	13
54	Tz				67	70	73	76	78	80	82	83	84	85
	Tc				3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
	Lñ				30	27	24	21	19	17	16	15	14	13
56	Tz				67	71	74	77	79	81	82	83	84	85
	Tc				3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
	Lñ				30	26	24	21	19	17	16	15	14	13
58	Tz				67	71	74	77	79	81	82	83	84	85
	Tc				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Lñ				31	27	24	21	19	17	16	15	14	13
60	Tz				67	71	74	77	79	81	82	83	84	85
	Tc				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Lñ				31	27	24	21	19	17	16	15	14	13
62	Tz				67	71	74	77	79	81	82	83	84	85
	Tc				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Lñ				31	27	24	21	19	17	16	15	14	13
64	Tz				67	71	74	78	80	82	83	84	85	85
	Tc				2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	Lñ				31	27	24	21	19	17	16	15	14	14
66	Tz				67	72	75	78	80	82	83	84	85	85
	Tc				2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lñ				31	27	24	21	19	17	16	15	14	14
68	Tz				69	73	76	78	80	82	83	84	85	86
	Tc				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lñ				30	26	23	21	19	17	16	15	14	13
70	Tz				69	73	76	78	80	82	83	84	85	86
	Tc				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lñ				30	26	23	21	19	17	16	15	14	13

* Tz (Troza %) = 1.654835 Ln H + 0.000422 D - 0.043198 H
 * Tc (Trocillo %) = 10.318851 - 2.391644 Ln H - 0.058462 D + 0.064263 H
 * Lñ (Leña %) = -0.046817 + 2.750181 Ln D - 1.598876 Ln H
 * Válidas para árboles ≥ a 25 cm de DAP

Fuente: Distribución del volumen por producto para *Pinus maximinoi* H. E. Moore en los departamentos de Alta y Baja Verapaz. Girón (1,998)