



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DASOMÉTRICO DE
UNA PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don CON FINES DE
MANEJO SILVICULTURAL EN LA PARROQUIA SICALPA,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

LISBETH JHOANA PÉREZ SILVA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DASOMÉTRICO DE
UNA PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don CON FINES DE
MANEJO SILVICULTURAL EN LA PARROQUIA SICALPA,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTOR: LISBETH JHOANA PÉREZ SILVA

DIRECTOR: ING. MIGUEL ÁNGEL GUALLPA CALVA MSc

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Lisbeth Jhoana Pérez Silva

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Lisbeth Jhoana Pérez Silva, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de junio de 2024

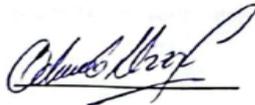
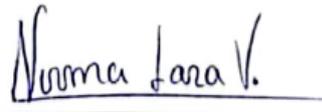


Lisbeth Jhoana Pérez Silva

C.I: 050437170-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERIA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DASOMÉTRICO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don** CON FINES DE **MANEJO SILVICULTURAL EN LA PARROQUIA SICALPA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **LISBETH JHOANA PÉREZ SILVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
MSc. Eduardo Patricio Salazar Castañeda PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-junio-06
MSc. Miguel Ángel Guallpa Calva DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-junio-06
MSc. Norma Ximena Lara Vásquez ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-junio-06

DEDICATORIA

A mis padres Luis Pérez y Pilar Silva, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Kerly, Fernando, Noemi y a mi sobrino Matias, quienes de una u otra manera estuvieron apoyándome en mi carrera profesional por su tiempo, amor y palabras de motivación por estar conmigo entre risas y peleas, he aprendido de cada uno de ustedes para poder ser una hermana ejemplar con esfuerzo, perseverancia, dedicación, disciplina y sobre todo las ansias de superación, se puede lograr cualquier sueño anhelado, con el ejemplo plasmado en este trabajo de integración curricular, ustedes pueden lograr absolutamente todo objetivo deseado.

A mis amigos Jefferson, Sarita, Paul, Mario y a mis primas Priscila, Katy, Amanda, Gaby; con los que he compartido momentos de alegrías y tristezas, por sus palabras alentadoras, por todo el tiempo juntos, por estar conmigo cuando necesite de cada uno de ustedes, los llevare en mi corazón.

Lisbeth Jhoana Pérez Silva

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme por el camino correcto, porque nunca me ha abandonado, gracias por haberme dado una excelente familia, por permitirme conocer excelentes profesores, amigos; porque has llenado mi corazón con la luz de tu espíritu dejando que cumpla esta meta.

A mis padres, Luis Pérez y Pilar Silva, por ser los principales promotores de mis sueños, e inculcarme preciados valores, ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos, por su incondicional apoyo en las diarias luchas y cálido refugio en los interminables senderos de la vida, los quiero mucho. Gracias a mis hermanos Kerly, Fernando y Noemi, por confiar y creer en mis expectativas.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor el Ing. Miguel Gualpa y asesora Ing. Norma Lara, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Al Ing. Manolo Espinoza por su apoyo, aporte y salidas de campo, la cual fueron de suma importancia en mi trabajo de integración curricular.

A los ingenieros Fabián Remache y Dayana Horna por brindarme sus enseñanzas y convertirse en pilares fundamentales a lo largo de toda mi investigación.

Lisbeth Jhoana Pérez Silva

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.4.1 <i>Hipótesis nula</i>	3
1.4.2 <i>Hipótesis alternante</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Información de la especie <i>Pinus radiata</i> D. Don.....	4
2.1.1 <i>Descripción taxonómica</i>	4
2.1.2 <i>Descripción botánica</i>	4
2.1.3 <i>Rango altitudinal</i>	4
2.1.4 <i>Distribución</i>	4
2.2 Inventario Forestal	5
2.3 Muestreo en plantación para el control de calidad.....	5

2.4	Dendrocronología	5
2.5	Equipos Dasométricos	6
2.5.1	<i>Cintas de medición</i>	6
2.5.2	<i>Forcípulas</i>	6
2.5.3	<i>Clinómetro</i>	7
2.5.4	<i>Hipsómetro</i>	8
2.5.5	<i>Barrena forestal de Pressler</i>	8
2.6	Datos dasométricos	9
2.7	Mediciones del diámetro	9
2.7.1	<i>Diámetro de fuste y troza</i>	9
2.7.2	<i>Diámetro de copas</i>	10
2.8	Alturas	10
2.8.1	<i>Altura total</i>	10
2.8.2	<i>Altura comercial</i>	10
2.9	Cálculo del Volumen	11
2.10	Calidad de los árboles	11
2.11	Manejo Silvicultural	11
2.12	Plan de manejo	11
2.12.1	<i>Efectos del plan de Manejo Forestal</i>	12
2.12.2	<i>Actividad forestal con fines comerciales</i>	12

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	13
3.1	Diseño de la investigación	13
3.1.1	<i>Descripción de enfoque</i>	13
3.1.2	<i>Tipo de estudio</i>	13
3.1.3	<i>Nivel de la investigación</i>	13
3.1.4	<i>Técnicas</i>	13
3.1.5	<i>Instrumentos</i>	14
3.2	Caracterización del lugar	14
3.2.1	<i>Localización de la plantación en estudio</i>	14
3.2.2	<i>Ubicación geográfica</i>	14

3.3	Características ecológicas	14
3.4	Características del suelo	14
3.5	Materiales y equipos	15
3.5.1	<i>Materiales y equipos de campo</i>	15
3.5.2	<i>Materiales y equipos de oficina e informáticos</i>	15
3.6	Metodología	15
3.6.1	<i>Delimitación del área neta de la plantación</i>	15
3.6.2	<i>Instalación de parcelas circulares con una intensidad del 5% mediante un muestreo sistemático</i>	15
3.6.3	<i>Sistema de muestreo e instalación de las parcelas</i>	16
3.6.4	<i>Medición y recopilación de la información en Campo</i>	17
3.6.5	<i>Variables cuantitativas</i>	17
3.6.6	<i>Registro de variables de calidad de los árboles</i>	18
3.6.7	<i>Análisis indicadores de crecimiento y productividad de la plantación en estudio</i>	26
3.6.8	<i>Estimadores estadísticos</i>	29

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1	Procesamiento, análisis e interpretación de resultados	32
4.1.1	<i>Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas de la plantación utilizando factor de forma general (0,7) y por sus clases diamétricas</i>	32
4.1.2	<i>Diámetro promedio de los árboles de Pinus radiata de la plantación</i>	33
4.1.3	<i>Altura comercial promedio de los árboles de la plantación</i>	33
4.1.4	<i>Altura total promedio de los árboles de la plantación</i>	34
4.1.5	<i>Área basal promedio de los árboles de la plantación</i>	34
4.1.6	<i>Volumen comercial promedio de los árboles de la plantación</i>	34
4.1.7	<i>Volumen total promedio de los árboles de la plantación</i>	35
4.2	Comparación de variables dasométricas	35
4.3	Valorar la calidad de madera en pie de la especie en estudio	35
4.3.1	<i>Bifurcación</i>	37
4.3.2	<i>Inclinación</i>	37
4.3.3	<i>Rectitud</i>	38
4.3.4	<i>Daño mecánico</i>	38

4.3.5	<i>Grosor de ramas</i>	39
4.3.6	<i>Angulo de ramas</i>	40
4.3.7	<i>Estado fitosanitario</i>	40
4.3.8	<i>Grano espiral</i>	41
4.3.9	<i>Calidad de trozas</i>	41
4.4	Índice de calidad general de la plantación	42
4.5	Incremento medio anual (IMA)	42
4.6	Propuesta de manejo silvicultural de la plantación en estudio	43
4.7	Discusión	45

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMRNDACIONES	48
5.1	Conclusiones	48
5.2	Recomendaciones	49

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Ubicación geográfica de la plantación en estudio	14
Tabla 3-2: Coordenadas de ubicación de cada parcela.	16
Tabla 4-1: Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas de la plantación	32
Tabla 4-2: Promedio de DAP – Alturas – Frecuencia Total de 4 parcelas inventariadas	33
Tabla 4-3: Diámetro promedio <i>Pinus radiata</i>	33
Tabla 4-4: Altura comercial promedio <i>Pinus radiata</i>	33
Tabla 4-5: Altura total promedio <i>Pinus radiata</i>	34
Tabla 4-6: Área basal promedio <i>Pinus radiata</i>	34
Tabla 4-7: Volumen comercial promedio <i>Pinus radiata</i>	34
Tabla 4-8: Volumen total promedio <i>Pinus radiata</i>	35
Tabla 4-9: Comparación de variables dasométricas.....	35
Tabla 4-10: Variables cualitativas de la plantación en estudio	36
Tabla 4-11: Promedio de trozas por categoría de calidad	42
Tabla 4-12: Incremento medio anual para <i>Pinus radiata</i>	42
Tabla 4-13: Programa Silvicultural.....	43
Tabla 4-14: Costo de Programa silvicultural (cotos e ingresos)	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Cintas de medición.....	6
Ilustración 2-2: Forcípula	7
Ilustración 2-3: Clinómetro	8
Ilustración 2-4: Recolección de muestra con barrena de Pressler	8
Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Sicalpa	16
Ilustración 3-2: Medición de DAP con forcípula	17
Ilustración 3-3: Estimación de las alturas con el clinómetro SUNNTO.....	18
Ilustración 3-4: Registro de datos de las variables cualitativas	19
Ilustración 3-5: Bifurcación con puntuación 2	20
Ilustración 3-6: Árboles con puntuación 2	21
Ilustración 3-7: Árbol “A” (recto), y Árbol “B” (leve torcedura)	22
Ilustración 3-8: Árbol sin daño mecánico, puntuación 1	23
Ilustración 3-9: Árbol con ramas gruesas, puntuación 2	24
Ilustración 3-10: Árbol con grano espiral, calificación 2.	25
Ilustración 3-11: Muestra dendrocronología	26
Ilustración 4-1: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación	37
Ilustración 4-2: Porcentaje de árboles respecto a la variable inclinación.....	37
Ilustración 4-3: Porcentaje de árboles respecto a la variable rectitud	38
Ilustración 4-4: Porcentaje de árboles respecto a la variable daño mecánico	39
Ilustración 4-5: Porcentaje de árboles respecto a la variable Grosor de ramas	39
Ilustración 4-6: Porcentaje de árboles respecto a la variable Angulo de ramas	40
Ilustración 4-7: Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario	41
Ilustración 4-8: Porcentaje de árboles respecto a la variable grano espiral.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ELABORACIÓN DE PARCELAS DE MUESTREO

ANEXO B: MEDICIÓN DE ALTURA COMERCIAL Y TOTAL

ANEXO C: MEDICIÓN DEL DAP · DIÁMETRO ALTURA DEL PECHO

ANEXO D: TOMA DE DATO DENDROCRONOLÓGICA

ANEXO E: DAP MEDIOS N° PARCELAS

ANEXO F: ALTURAS COMERCIAL N° PARCELAS

ANEXO G: CLASES N° PARCELAS

RESUMEN

La investigación presente propone: caracterizar el crecimiento dasométrico de una plantación de *Pinus radiata* D. Don con fines de manejo silvicultural en la parroquia Sicalpa, Provincia de Chimborazo. Se realizó un inventario con parcelas circulares de un radio 12,62 m, se instaló 4 parcelas, se registró los datos de variables cuantitativas como Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura comercial, altura total. También se tomó parámetros cualitativos como bifurcación, inclinación, rectitud del fuste, daño mecánico, grosor de ramas, número de trozas podadas, ángulo de inserción de ramas, estado fitosanitario, grano espiral y calidad de trozas. Para procesar los datos de las variables cuantitativas, aplicamos el cálculo de estimadores estadísticos y la frecuencia. De acuerdo con los resultados obtenidos el crecimiento promedio por árbol fue 16,27 cm de DAP, 13,55 de altura comercial y 16,03 de altura total. Con un volumen comercial por hectárea 158,44 metros cúbicos y un volumen total por hectárea de 185,21 metros cúbicos. Para la plantación neto obtuvimos un volumen comercial del rodal de 603,64 metros cúbicos y para el volumen total del rodal 705,63 metros cúbicos. Finalmente, el Índice de Calidad General de la Plantación fue 9,11 que nos indica que la calidad no es la mejor por lo cual debemos realizar algún tratamiento silvicultural para mejorar la productividad de la madera.

Palabras clave: <CARACTERIZACIÓN DE PINO (*Pinus radiata*)>, <ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL>, <SILVICULTURA>, < SICALPA (PARROQUIA)>, <DASOMETRÍA>

0871-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

This research aimed to characterize the dasometric growth of a *Pinus radiata* D. Don plantation for silvicultural management purposes in the Sicalpa town, Chimborazo Province. An inventory was carried out with circular plots with a radius of 12.62 m, four plots were installed, and data on quantitative variables such as Diameter at breast height (DBH), commercial height, and total height were recorded. Qualitative parameters such as bifurcation, inclination, stem straightness, mechanical damage, branch thickness, number of pruned logs, branch insertion angle, phytosanitary status, spiral grain, and log quality were also taken. To process the data of the quantitative variables, we apply the calculation of statistical estimators and frequency. According to the results, the average growth per tree was 16.27 cm DBH, 13.55 cm commercial height, and 16.03 cm total height, with a commercial volume per hectare of 158.44 cubic meters and 185.21 cubic meters per hectare. For the net plantation, we obtained a commercial volume of the stand of 603.64 m³ and a total volume of the stand of 705.63 m³. Finally, the General Quality Index of the Plantation was 9.11, which indicated that the quality is not the best, which was why we must carry out some silvicultural treatment to improve the productivity of the wood.

Keywords: <CHARACTERIZATION OF PINE (*Pinus radiata*) >, <GENERAL QUALITY INDEX>, <FORESTRY>, <SICALPA (TOWN)>, <DASOMETRY>

Riobamba, July 1st, 2024



Ph.D. Dennys Tenelanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país en el que hay una variedad de regiones adecuadas para el desarrollo de plantaciones forestales debido a diferentes características, suelos muy fértiles correspondientes a condiciones agroecológicas, incluso para sectores productivos con alto desarrollo referente al potencial de crecimiento (Ojeda, 2021, pág. 9)

La especie *Pinus radiata* D. Don pertenece a las especies exóticas de árboles forestales, ocurre en climas templados y en diferentes suelos, gracias a la velocidad de crecimiento, adaptabilidad y rentabilidad de esta especie exótica común en las tierras altas de Ecuador a finales de 2016 en la superficie correspondiente a bosque plantado con una superficie de 123.720 ha, tres especies de *Pinus radiata*, *P. patula* y *Eucalyptus globulus*, ocupando el 75% del área plantada y el 90% de las plantaciones en la Sierra y el 10% en la Costa y Amazonia Ecuatoriana (Mendoza et al. 2019, págs. 945-946)

El establecimiento de plantaciones forestales en Ecuador se lleva a cabo con diferentes objetivos, siendo el máximo beneficio de la industria la optimización de las aplicaciones y la restauración de los productos forestales. Simultáneamente, se busca mejorar la calidad de los productos que provienen de las plantaciones, enfocándose principalmente en la evaluación del crecimiento y desarrollo de las plantaciones. Este análisis es esencial para planificar las actividades de manejo silvicultural, contribuyéndolo así a la creación de una producción sostenible (Mendoza et al. 2019, pág. 957)

El presente trabajo tiene como finalidad caracterizar el crecimiento dasométrico de una plantación de *Pinus radiata* con fines de manejo silvicultural ya que en la actualidad no se ha podido planificar y sustentar la gestión de su aprovechamiento.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente se dispone de escasa información dasométrica de la plantación de *Pinus radiata* ubicada en la parroquia Sicalpa lo que causa que no se pueda efectuar una buena planificación referente al manejo y aprovechamiento adecuado durante y después de la misma, esto implica la obtención de una masa forestal de baja calidad de madera lo que incide directamente en la rentabilidad de la misma.

Debido a la falta de manejo los árboles presentan problemas para ser aprovechados por lo cual es necesario emplear más mano de obra y las herramientas utilizadas podrían sufrir un mayor desgaste ocasionando pérdida al dueño ya que el costo del aprovechamiento se elevaría y al encontrarse la plantación en mal estado la tasa de retorno no suplirá el gasto empleado.

Por lo antes indicado se deberá implementar estrategias de manejo silvicultural para mejorar la calidad de la plantación y a futuro obtener un aprovechamiento sostenible., siendo de gran importancia la evaluación de las variables dasométricas para la toma de decisiones.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

Caracterizar el crecimiento dasométrico de una plantación de *Pinus radiata* D. Don con fines de manejo silvicultural en la parroquia Sicalpa, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Estimar el crecimiento en la plantación de *Pinus radiata* en la parroquia de Sicalpa.
- Evaluar la calidad de los árboles en pie de la plantación en estudio.
- Diseñar una propuesta de manejo silvicultural de la plantación en estudio.

1.3 Justificación

Uno de los motivos por las que fracasan las plantaciones forestales es la mala gestión y escaso mantenimiento con prácticas silviculturales en la misma, por lo tanto es necesario obtener información de variables cuantitativas y cualitativas que nos ayudaran a conocer la altura, volumen de árboles en pie al igual que la calidad de su madera, entre otras variables dasométricas cuyos resultados facilitarán estimar el estado en que se encuentra la plantación y que opciones se pueden establecer para mejorar la misma.

Esta información también será utilizada para contribuir al desarrollo del proyecto denominado Evaluación de las variables dasométricas mediante tecnología LIDAR AEREO y ESCANER LASER terrestre en plantaciones forestales pertenecientes a las parroquias San Juan, Palmira y Sicalpa de la provincia de Chimborazo.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

El crecimiento dasométrico de la plantación de *Pinus radiata* que se encuentra ubicada en la parroquia Sicalpa es similar a los valores de crecimiento indicados por Ecuador Forestal.

1.4.2 Hipótesis alternante

El crecimiento dasométrico de la plantación de *Pinus radiata* que se encuentra ubicada en la parroquia Sicalpa no es similar a los valores de crecimiento indicados por Ecuador Forestal.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Información de la especie *Pinus radiata* D. Don

2.1.1 Descripción taxonómica

La página Tropicos (2019, pág. 294) del Jardín Botánico de Missouri, dice que el pino en estudio tiene la taxonomía siguiente:

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: *Pinus radiata*

Nombre Científico: *Pinus radiata* D. Don

Nombre común: Pino

2.1.2 Descripción botánica

Árbol que llega alcanzar hasta 60 m de altura con 100 cm de DAP, su tronco es cónico y recto, la corteza externa es café agrietada; corteza interna crema- rosáceo y segrega resina transparente, copa cónica y alargada, presenta hojas aciculares en fascículos de tres, fruto en forma de piña que salen en grupos de 4 o 5, contienen semillas aladas, estas piñas pueden mantenerse varios meses en el árbol sin abrirse (Vinueza, 2013, pág. 18).

2.1.3 Rango altitudinal

Vinueza (2013, pág. 20) menciona que crece en perfectas condiciones entre los rangos de 450 a 2400 m.s.n.m., se adapta con gran facilidad a condiciones edáficas, las condiciones climáticas son de 14 a 22 °C de temperatura y una precipitación anual de 1000 a 2400 mm.

2.1.4 Distribución

Pinus radiata D. Don, se encuentra distribuida en la sierra ecuatoriana, principalmente en la provincia de Cotopaxi, Chimborazo, Loja y Pichincha (Carrere, 2005, pág. 50)

2.2 Inventario Forestal

El inventario forestal forma parte de la aplicación del método cuantitativo lo cual implica la recopilación secuencial de información sobre las características biológicas de las poblaciones forestales y sobre el desarrollo cuantitativo y cualitativo de los recursos forestales, los bienes y servicios que pueden proporcionar para su desarrollo y para el uso previsto adecuadamente de los recursos adquiridos (Delgado Artés, Gil Puig, 2011, pág. 9).

Además, incluyendo la logística de recopilación de datos los métodos de medición en campo y el procesamiento de la información es una base esencial para la planificación y gestión de bosques ya que proporciona información sobre el estado actual del bosque o plantación y la gestión de los recursos en cuestiones financieras para la silvicultura, un plan y uso de manejo de estos en escala del desarrollo de trabajo (Delgado Artés, Gil Puig, 2011, pág. 10).

2.3 Muestreo en plantación para el control de calidad

En cada uno de ellos se encuentra parcelas de muestreo aleatorio, las parcelas suelen ser circulares de un radio de 10 a 15 metros las cuales se ubican ordenados por procesos aleatorios como la dirección principal aceptando números aleatorios y otros:

Los árboles de la zona en estudio son valorados y evaluados según la superficie estimada:

- ✓ Sanidad de fuste
- ✓ Velocidad de crecimiento de biomasa
- ✓ Dimensiones de fuste
- ✓ Calidad de fuste (Murillo, 1991, págs. 19-30)

2.4 Dendrocronología

Aquella ciencia que nos permite datar los anillos de crecimiento año tras año de los árboles, extraer, separar e interpretar la información que contienen de los diferentes factores que han influido en su crecimiento siendo su principal objetivo el establecer cronologías o series muestrales (Arreola y Ortiz, 2010, pág. 72).

Una de las principales aplicaciones de la dendrocronología es la recopilación de fenómenos y parámetros climáticos, tales como lluvia, temperatura, sequía y periodos de lluvia en el pasado, siendo los parámetros y eventos climáticos pasados son difíciles de distinguir de los registros de las estaciones meteorológicas ya que ningún registro climático tiene más de 100 a 200 años (Gutiérrez, 2009, págs. 1-2).

Los anillos de crecimiento de árboles se han usado como fuente y base de información para establecer historiales hidrológicos de cambios ecológicos en el área forestal (Arreola y Ortiz 2010, pág. 81)

2.5 Equipos Dasométricos

2.5.1 Cintas de medición

La cinta métrica sirve para medir indirectamente el diámetro de los árboles, se coloca a 1.3 m de la altura alrededor del tronco del árbol, el valor es dividido por PI (3.1415...) para estimar el diámetro normal, con frecuencia la cinta tiene unidades normales (mm, cm) de un lado y unidades de PI en el otro lado, en este último caso recibe el nombre de cinta diamétrica (Delgado Artés, Gil Puig, 2011, pág. 22).



Ilustración 2-1: Cintas de medición

Fuente: Delgado Artés, Gil Puig, 2011.

2.5.2 Forcípulas

Están elaboradas de un brazo fijo, una escala y un brazo móvil, el brazo fijo es colocado al lado del tronco del árbol, a la altura deseada, el brazo móvil es entonces recorrido contra el otro lado del tronco y la escala es leída directamente la cual debe ser colocada perpendicular al eje del fuste (Rivas, 2010, pág. 3).



Ilustración 2-2: Forcípula

Fuente: Rivas, 2010.

Forcípula finlandesa es empleada para medir diámetros fustales hasta 6-7 m sobre el suelo los datos obtenidos en altura sobre el fuste en algunos casos varía independientemente en funciones de volumen, este instrumento se basa en un brazo parabólico curvo el cual es sujetado sobre una vara telescópica de aluminio esto debido a las características dendrometrías de los árboles que funcionan dentro del bosque (Salas E, Reyes, Bassaber, 2005, págs. 82-83).

2.5.3 *Clinómetro*

Es robusto, compacto, moderadamente costoso y de un tamaño y peso pequeño. Las instrucciones para su uso son:

- 1) Mida la distancia horizontal de la base del árbol a un punto desde donde pueda observarse el punto requerido (por ej. el ápice);
- 2) Observe el punto con un ojo y con el otro en la escala, hasta que las imágenes del árbol aparezcan sobre impuestas;
- 3) Lea la escala en porcentaje y multiplique por la distancia horizontal;
- 4) Observe la base del árbol y repita los pasos 2-3; 5) Combine las lecturas de los pasos 3 y 4 para determinar la altura del árbol, en general, los clinómetros son formatos por una caja de péndulo suspendida verticalmente de un anillo provisto por la que se ve la escala y la graduación ascendente (+) y descendente (-), desde la horizontal (Delgado Artés, Gil Puig 2011).



Ilustración 2-3: Clinómetro

Fuente: Delgado Artés, Gil Puig, 2011.

2.5.4 Hipsómetro

Es un instrumento que sirve para medir alturas, hay varias marcas y modelos, el más usado es el SUUNTO (Delgado et al., 2018, pág. 3).

2.5.5 Barrena forestal de Pressler

Una entrada a la vida interior del árbol, utilizado regularmente para comprobar la buena salud de la explotación forestal ya que es un instrumento muy útil que se nos puede ayudar a controlar el aumento a la disminución de la contaminación ambiental además verificar la densidad y la calidad de la madera, daño y descomposición a través del tiempo y penetración química, la extracción de muestras sin daño un pequeño cilindro de madera desde la corteza hasta la médula (Oviedo, Martín, Ruiz, 2021, pág. 4).



Ilustración 2-4: Recolección de muestra con barrena de Pressler

Fuente: Oviedo, Martín, Ruiz, 2021.

2.6 Datos dasométricos

La medición forestal o dasometría implica la determinación del volumen de árboles completos y de sus partes, las existencias de maderas en rodales, la edad y el incremento de árboles individuales y de rodales completos, así como la magnitud y volumen de sus productos:

c.- Circunferencia

Cf.- Cociente de forma

d.- Diámetro se mide a la altura de 1,30 m

f.- Factor de forma

G.- Área basimétrico de una masa (m^2/ha)

g.- Área basal (sección de tronco a 1,30 m del suelo)

h.- Altura

i.- Incremento

t.- Edad del árbol, normalmente expresado en años

n.- Número de árboles

p.- Porcentaje de incremento

r.- Radio

s.- Superficie o área

N.- Número total de árboles por unidad de superficie

v.- Volumen de un árbol

V.- Volumen total por unidad de superficie (m^3/ha) (Cabrera, Lamelas, Montealegre, 2014, págs. 124-129).

2.7 Mediciones del diámetro

El diámetro o la circunferencia son medidas esenciales de cualquier árbol la cual ayuda de base para mediciones y estimaciones de área basal, volumen crecimiento, clasificación entre otros (Flores, 2009, págs. 69-78).

2.7.1 *Diámetro de fuste y troza*

Las mediciones más básicas del diámetro son “diámetro a la altura del pecho” que se le abrevia con las letras DAP gracias a esta medición se logra conocer el diámetro que posee el fuste del árbol a la altura de 1,30 m esto sobre el nivel del suelo, en situaciones que el árbol se encuentre sobre el terreno inclinado la altura del pecho se tomar a partir del nivel del suelo, en caso de que la sección del DAP no sea circular se debe tomar dos o más diámetros a la altura cual deberá ser

de la parte más ancha y la más estrecha para obtener el promedio que estime al DAP (Andenmatten, 2009, págs. 103-118).

2.7.2 *Diámetro de copas*

Es necesario medir el diámetro de copas para la realización de algunos estudios para ello se mide el diámetro de acuerdo a la proyección de la copa a nivel del suelo, en ocasiones tal proyección es circular por lo que es necesario medir el diámetro por lo menos en dos direcciones perpendiculares (Malleux, 1970, págs. 1-5).

2.8 Alturas

Es una de las variables necesarias la cual nos ayudara a estimar el volumen, crecimiento, para la clasificación de sitio o lugar:

- ✓ Destinar una distancia que puede estar a 15,20,30 o 40 metros del árbol, esto descartara errores de mediciones, tenga en cuenta que la distancia establecida debe ser igual a la altura.
- ✓ Observación de la copa del árbol
- ✓ Observación de la base del árbol
- ✓ Suma o resta dos observaciones, si el operador está en la parte superior de la clasificación se realiza la suma y si está en la parte inferior del árbol, se debe aplicar la resta
- ✓ Corrección por pendiente (Zitácuaro, 2006, págs. 21-25).

2.8.1 *Altura total*

Se posiciona a una distancia a una distancia adecuada donde se puede visualizar sin problemas al fuste del árbol y se puede estimar la altura total y comercial o de fuste ya que es la altura estimada del árbol desde la superficie hasta el ápice del árbol en estudio (Deyoung, 2022, pág. 24).

2.8.2 *Altura comercial*

Es la parte del fuste que se podrá utilizar o aprovechar para la industria, esta reducido por el diámetro en la parte superior o ya sea por los defectos entre ellos nudos, torceduras, etc., esto dependerá de los requerimientos comerciales de la región (Deyoung, 2022, pág. 25).

2.9 Cálculo del Volumen

El volumen es una variable expresada en metros cúbicos (m^3) de la cantidad en el árbol, en una plantación se puede considerar el volumen total de árboles en pie, así una de las formas de obtener información sobre el volumen de un solo rodal es conocer el volumen de las plantas individuales y la herramienta para determinar este volumen son los modelos de regresión matemática mediante tablas de volumen (Chuna y Guimarães, 2015, págs. 1-15).

2.10 Calidad de los árboles

En las plantaciones forestales la calidad es un concepto que no se ha desarrollado mucho y aún no ha entrado en la práctica común para la gestión de este recurso, por lo que define el control de calidad en relación con los sitios industriales como un proceso de evaluación masiva de los bosques en términos de su capacidad para lograr objetivos de producción para el que fue creado (Murillo Camacho, 1997).

2.11 Manejo Silvicultural

El manejo forestal requiere del conocimiento de la dinámica y estructura de la masa forestal, así como de la calidad de sitio y la aplicación de tratamientos silviculturales, a fin de garantizar su regeneración y una producción sostenible (Sola et al. 2015).

Las prácticas silviculturales son un importante factor de perturbación y su uso inadecuado afecta la sostenibilidad de los bosques naturales, en los ecosistemas forestales el disturbio es un factor clave que determina la composición y abundancia de las especies arbóreas las cuales se encuentran es escala, intensidad y el modelo de perturbación espacial determina el componente de la vegetación subsecuente (Sola et al. 2015).

2.12 Plan de manejo

El manejo forestal se refiere a la planificación, implementación y supervisión de actividades humanas en los bosques con el objetivo de lograr un equilibrio sostenible entre la conservación de los recursos forestales y el aprovechamiento de los mismos. Incluyendo prácticas como la tala selectiva, reforestación, control de plagas, monitoreo de la biodiversidad y gestión de incendios forestales con el propósito de garantizar la salud del ecosistema forestal a largo plazo, el plan de

manejo es una herramienta necesaria que debe ser implementada por el o los propietarios de los predios o de la Unidad de Manejo Forestal (Morales, 2005, pág. 1).

2.12.1 Efectos del plan de Manejo Forestal

El plan de manejo forestal busca mejorar el crecimiento y características de la unidad forestal, proteger la regeneración de árboles jóvenes, incentivar la semillación de árboles maduros y mantener las condiciones del ecosistema. También se busca aumentar la productividad y rendimiento del bosque, minimizar costos y ofrecer rentabilidad, así como la valoración de la unidad forestal, minimizar costos y ofrecer rentabilidad, así como valorar el bosque como una inversión económica. Todo esto se hace con el objeto de garantizar un manejo sostenible y asegurar un aprovechamiento exitoso (Tacha & Moreno, 2016, pág. 7).

2.12.2 Actividad forestal con fines comerciales

En el área forestal toda actividad en la cual intervenga el ser humano de manera directa o indirecta que afecte a la dinámica natural de la unidad forestal tiene la finalidad de generar un beneficio sea económico o no; estos beneficios pueden ser producir madera, productos forestales no maderables o subproductos (Tacha & Moreno, 2016, pág. 8).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Descripción de enfoque

Nuestra investigación se la realizó con un enfoque mixto, es decir constó con un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se presenta un enfoque cuantitativo porque a través de la recolección de información se puede expresar numéricamente, altura, diámetro, edad etc.

Por otro lado, las variables cualitativas promueven de información y proporciona el potencial de cada plantación, se describió variables a evaluar como: bifurcación, inclinación del árbol, rectitud del fuste, daño mecánico, grosor de ramas, estado fitosanitario, grano espiral y calidad de trozas para cada una de las variables se asignó una calificación específica para cada una.

3.1.2 Tipo de estudio

Se realizó un estudio de carácter observacional en base a la recopilación y análisis de información del sitio.

3.1.3 Nivel de la investigación

En el Presente estudio se realizó a nivel descriptivo ya que se caracteriza por su enfoque cuidadoso en la identificación y análisis en detalle de la información recopilada. Este enfoque descriptivo permite un examen exhaustivo de las variables.

3.1.4 Técnicas

En el presente trabajo se utilizó las siguientes técnicas

- Observación directa
- Recolección de información
- Análisis documental

3.1.5 Instrumentos

- Formatos para levantamiento de información en campo
- Guía de inventario forestales
- Herramientas de software
- Libros, revistas, documentos, internet y otros.

3.2 Caracterización del lugar

3.2.1 Localización de la plantación en estudio

El sitio se encuentra localizado en el cantón Colta a 5 km al occidente de la ciudad de Riobamba, la cual se ubica en la parroquia Sicalpa comunidad Guacona el Belén en la provincia de Chimborazo.

3.2.2 Ubicación geográfica

La ubicación geográfica de la plantación de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas descritas en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Ubicación geográfica de la plantación en estudio

Plantaciones	Coordenadas		Altura (msnm)
	X	Y	
A	746100	98104007	3320 a 3360

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

3.3 Características ecológicas

Considerando la altura a nivel del mar en la cual se encuentra la zona de estudio y comparado con el sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental (MAATE, 2012, pág. 48), lo zona de estudio corresponde al bosque muy húmedo montano bajo, dentro de la categoría intervenida.

3.4 Características del suelo

Suelos poco profundos, erosionados sobre una capa dura cementada (cangahua) a menos de 1m de profundidad, su horizonte argílico de poco espesor, textura franco arcillo arenosa, altitud 2800-3200 msnm, suelos erosionados, ubicación vertientes y cimas de colinas de la parte baja del callejón interandino.

3.5 Materiales y equipos

3.5.1 *Materiales y equipos de campo*

Barrena de Pressler, cámara fotográfica, cinta métrica, clinómetro (SUUNTO) cuadernos de apuntes, cuerda, distanciómetro, flexómetro, forcípula, GPS, lápiz y pintura líquida.

3.5.2 *Materiales y equipos de oficina e informáticos*

Calculadora, computadora, hojas de registro, impresora, papel de impresión.

3.6 Metodología

Para la ejecución del primer objetivo se realizó una visita al sitio de estudio para lo cual se realizaron las siguientes actividades

3.6.1 *Delimitación del área neta de la plantación*

Se recorrió con los ingenieros a cargo del proyecto LIDAR en la plantación de *Pinus radiata* en la comunidad Guacona El Belén en Sicalpa, mientras se realizaba el trayecto del reconocimiento se observó el estado en el que se encontraba la plantación, el acceso y el tipo de terreno con esa información se estableció las siguientes actividades para la ejecución de las parcelas: Georreferenciamos la plantación en coordenadas geográficas UTM WG 84, 17 Sur y su cuantificación y rotulación. Los datos fueron procesados con una herramienta de SIG. Para el procesamiento de las imágenes se utilizó el Dron Mavic air 2 el tiempo de vuelo fue de 2 horas para la plantación, con la cámara CMOS 48 Mp se capturó las imágenes aéreas fijas.

3.6.2 *Instalación de parcelas circulares con una intensidad del 5% mediante un muestreo sistemático*

Para la instalación de parcelas circulares nos ayudamos con un GPS Garmin y la aplicación Gaia GPS con una intensidad del 5%. Primero se procedió a tomar el track para las coordenadas geográficas UTM (latitud y longitud) de todo el perímetro de la plantación de estudio, posteriormente se utilizó el software ArcGIS 10.5 para el procesamiento de datos y finalmente se calculó la superficie de la plantación definiendo cuatro parcelas.

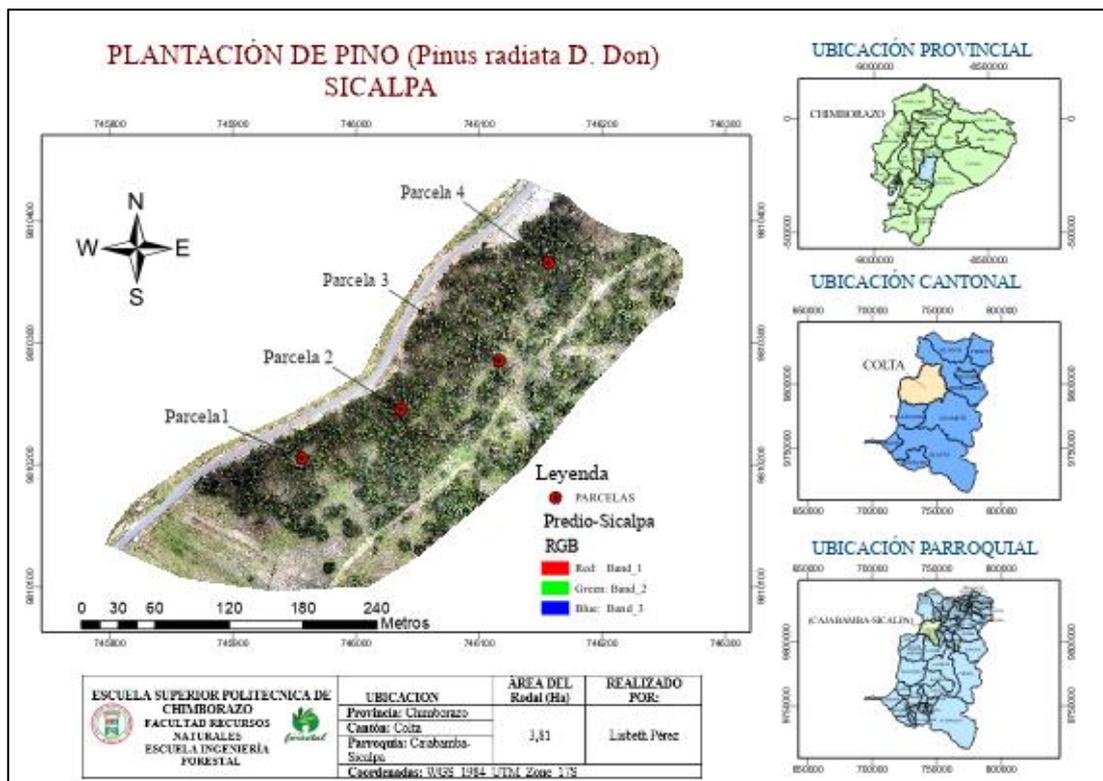


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Sicalpa

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

3.6.3 Sistema de muestreo e instalación de las parcelas

El inventario forestal se llevó a cabo con el diseño de muestreo sistemático, estableciendo 4 parcelas circulares en el predio de Sicalpa, con una cuerda se procedió a verificar el radio de 12,62 m, para tener parcelas de 500 m².

Tabla 3-2: Coordenadas de ubicación de cada parcela.

Nº Parcela	Coordenadas	
1	745957	9810207
2	746037	9810247

3	746117	9810287
4	746157	9810367

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

3.6.4 *Medición y recopilación de la información en Campo*

La información correspondiente a todos los árboles de las parcelas establecidas en el predio de estudio se registró en el formulario N°1 (Anexo A).

3.6.5 *Variables cuantitativas*

3.6.5.1 *DAP, Altura total y Altura comercial*

Para el DAP a 1,30 m del suelo se tomó dos medidas, utilizando la forcípula, seguido se procedió hacer un promedio de estas. (Ilustración 3-1).



Ilustración 3-2: Medición de DAP con forcípula

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

La estimación de la altura total se realizó colocándose a una distancia de 20 m de la base del árbol con la ayuda de la cinta métrica seguido con el clinómetro SUUNTO se observó el ápice y la base del árbol, para la altura comercial se llevó a cabo la misma metodología, pero definiendo como diámetro mínimo comercial entre 10 y 12 cm (Ilustración 3-2).



Ilustración 3-3: Estimación de las alturas con el clinómetro SUNNTO

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

Para la ejecución del segundo objetivo específico se evaluó la calidad de madera en pie de la especie en estudio, se utilizó la metodología, denominada, “Evaluación de Calidad y Valoración de Plantaciones Forestales”, para ello se efectuaron las siguientes actividades:

3.6.6 Registro de variables de calidad de los árboles

A nivel de campo se registró la calidad de los árboles y se estableció los tipos de calidad de madera.

3.6.6.1 Variables cuantitativas

Con el propósito de brindar información sobre el potencial de la plantación y su posibilidad de cumplir con los objetivos futuros de producción, para ello se describió cada una de las variables a evaluar, cuyos datos fueron ingresados en el formulario de campo N°1



Ilustración 3-4: Registro de datos de las variables cualitativas

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Bifurcación**

Los árboles de cada parcela fueron observados uno a uno desde la base hasta el ápice y evaluados con los siguientes valores:

Se anotó

“1” Cuando no hay bifurcación en la parte comercial y

“2” Cuando el árbol está bifurcado en algún lugar del fuste principal (Ilustración 3-4).



Ilustración 3-5: Bifurcación con puntuación 2

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Inclinación del árbol**

Para evaluar esta variable, se consideró cada árbol como un eje totalmente vertical y de acuerdo al grado de inclinación estimado, se procedió a calificar de la siguiente manera:

Se anotó

“1” Cuando es recto, es decir, con un ángulo de inclinación igual o menor a 30° , y

“2” Si el árbol es inclinado, si el ángulo de inclinación vertical es superior a los 30° (Ilustración 3-5).



Ilustración 3-6: Árboles con puntuación 2

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Rectitud del fuste**

Para calcular esta variable, se observó desde la base del árbol haciendo un recorrido en su contorno y observando si el fuste comercial va perpendicular y uniforme hacia arriba o tiene algún defecto de curvatura. Para ello, se valoró de la siguiente forma:

Árbol de rectitud “1”, aquel cuyo fuste es recto, es decir, que parecía un poste eléctrico

Árbol de rectitud “2”, el que presentaba torceduras o alabeos leves a lo largo del fuste

Árbol de rectitud “3”, aquel que presentó torceduras tan severas, que no permitiría obtener ninguna pieza a partir de un corte longitudinal de una sierra (Ilustración 3-6).



Ilustración 3-7: Árbol “A” (recto), y Árbol “B” (leve torcedura)

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Daño mecánico**

Se verificó si el fuste presentaba alguna lesión, ya sea por prácticas silviculturales o por agentes externos como lluvia, viento, entre otros, por lo cual se calificó con:

“1” Si el árbol no mostraba evidencia de algún daño y

“2” Cuando presentaba heridas (Ilustración 3-7).



Ilustración 3-8: Árbol sin daño mecánico, puntuación 1

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Grosor de ramas**

Este valor se estimó observando de forma general el grosor de todas las ramas del árbol a evaluar, por lo que, se consideró rama gruesa aquella que superaba los 4 cm de diámetro, Se designó:

“1” Cuando no hubo rama gruesa a lo largo del fuste comercial y

“2” Si se notó al menos una rama gruesa en el área comercial del fuste (Ilustración 3- 8).



Ilustración 3-9: Árbol con ramas gruesas, puntuación 2

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Estado fitosanitario**

Se observó cada uno de los árboles desde la base hasta la copa con la finalidad de corroborar si tenía presencia de plagas, deficiencia de nutrientes, entre otros; los mismos que se reflejaban en su morfología, por lo que se calificó de acuerdo con los siguientes criterios propuestos por (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).

Totalmente sano. - Árbol sin evidencia de problemas fitosanitarios, con buen aspecto nutricional y morfológico. Calificación “1”.

Aceptablemente sano. - Árbol con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no presente más del 50 % de las hojas, no presente heridas severas o daño que represente un impacto económico importante en las trozas. Calificación “2”.

Enfermo: Aquel que tenía problemas fitosanitarios en más del 50% de las hojas y fuste principal. Calificación “3”.

- **Grano espiral**

Se estimó observando la dirección de la fibra del fuste, por lo tanto, se calificó con:

“1” cuando externamente presento fibra recta,

“2” si presento una leve torcedura y

“3” si es torcida (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).



Ilustración 3-10: Árbol con grano espiral, calificación 2.

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

- **Calidad de troza**

Esta variable se estimó observando individualmente cada troza de cada árbol, por lo cual se calificó de acuerdo con los siguientes criterios (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).

Calidad 1.- Troza completamente recta o levemente torcida, ausencia de plagas y enfermedades, heridas, nudos grandes, grano en espiral, cola de zorro. La sola presencia de ramas descalificara inmediatamente la troza de calidad 1.

Calidad 2.- Aquella troza con el fuste aceptablemente recto o aserrable, con ramas que se insertan en un ángulo de 60°, evidencia de ramas gruesas, abundantes y trozas que no alcanzan un diámetro de 15 cm.

Calidad 3.- Troza que presenta al menos una de las siguientes características la cual le permita solo el 50% de su aprovechamiento: torceduras severas, grano en espiral, bifurcaciones, ángulo de inserción menor a 45°, heridas importante en el fuste por podas, ramas secas y viejas, daños por plagas y enfermedades.

Calidad 4.- Troza no aserrable, tanto por sus características físicas y por sus dimensiones, diámetro sin corteza menores a 10 cm.

- **Dendrocronología**

Para determinar la edad de la plantación, se procedió a estimar esta variable mediante la obtención y observación de una muestra dendrocronológica por árbol en cada una de las cuatro parcelas en estudio.



Ilustración 3-11: Muestra dendrocronología

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

Para la ejecución del tercer objetivo se realizó el análisis de indicadores de crecimiento y productividad de la plantación en estudio

3.6.7 Análisis indicadores de crecimiento y productividad de la plantación en estudio

Los datos obtenidos en campo de las variables cuantitativas se colocaron en una hoja de Excel para calcular el N° árboles/parcela, N° árboles/ha, DAP, altura comercial, total, área basal, Volumen comercial, Volumen comercial/ha, Volumen total/ha, Volumen comercial/área neta de la plantación y Volumen total/área neta de la plantación, por lo que se calculó los siguientes

estimadores estadísticos como la media, desviación estándar, coeficiente de variación, límite superior e inferior y error de muestreo relativo.

Todos los cálculos se realizaron en Excel aplicando las fórmulas que se detallan a continuación.

3.6.7.1 *N.º Árboles/Parcela*

$$Nap = \frac{st}{np}$$

Donde:

Nap: Número de árboles/parcela

st: Sumatoria de todos los árboles de las parcelas

np: Número de parcelas establecidas

3.6.7.2 *Número de árboles/ha*

$$Nah = \frac{N^{\circ}ap}{0,05}$$

Donde:

Nah: Número de árboles por hectárea

Nap: N° Árboles/Parcela

0,05: área de la parcela circular (m²) /10 000 m²

3.6.7.3 *Altura total*

$$Ht = (A+B) *d$$

Donde:

Ht: Altura total, (m)

A: Ángulo del extremo superior del árbol, (%)

B: Ángulo de la base del árbol, (%)

d: Distancia horizontal del árbol, (m)

3.6.7.4 *Altura comercial*

$$Hc = (A+B) * d$$

Donde:

Hc: Altura comercial, (m)

A: Ángulo del fuste comercialmente aprovechable, (%)

B: Ángulo de la base del árbol, (%)

d: Distancia horizontal del árbol, (m)

3.6.7.5 Área basal

$$AB = \frac{\pi * DAP^2}{4}$$

Donde:

AB: Área basal, (m²)

π : 3.1416

DAP: Diámetro a la altura del pecho, (m)

3.6.7.6 Volumen total

$$Vt = AB * Ht * ff$$

Donde:

Vt: Volumen total de madera, (m³)

AB: Área basal, (m²)

Ht: Altura total, (m)

ff: Factor de forma del pino (0,5)

3.6.7.7 Volumen comercial

$$Vc = AB * Hc * ff$$

Donde:

Vc: Volumen comercial de madera, (m³)

AB: Área basal, (m²)

Hc: Altura comercial, (m)

ff: Factor de forma del pino (0,5)

3.6.7.8 *Volumen total/hectárea*

$$Vt = \frac{Vt * N^{\circ}arboles}{ha}$$

Donde:

Vt/ha: Volumen total/hectárea, (m³)

Vt: Volumen total (m³)

N°árboles/ha: Número de árboles/ hectárea

3.6.7.9 *Volumen comercial/hectárea*

$$Vc = \frac{Vc * N^{\circ}arboles}{ha}$$

Donde:

Vt/ha: Volumen total/hectárea, (m³)

Vt: Volumen total (m³)

N°árboles/ha: Número de árboles/ hectárea

3.6.7.10 *Volumen total/área neta de la plantación*

$$\frac{Vt}{anp} = \frac{Vt}{ha} * anp$$

Donde:

Vt/anp: Volumen total/área neta de plantación, (m³)

Vt/ha: Volumen total/hectárea (m³)

anp: Área neta de plantación

3.6.7.11 *Volumen comercial/área neta de la plantación*

$$\frac{Vc}{anp} = \frac{Vc}{ha} * anp$$

Donde:

Vc/anp: Volumen comercial/área neta de plantación, (m³)

Vc/ha: Volumen comercial/hectárea (m³)

anp: Área neta de plantación

3.6.8 *Estimadores estadísticos*

3.6.8.1 Media

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

Donde:

\bar{X} : Media

$\sum_{i=1}^n Xi$: Sumatoria de todas las unidades de muestreo

n: Número de las unidades de la muestra

3.6.8.2 Coeficiente de variación

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

Donde:

Cv: Coeficiente de variación

S: Desviación estándar

\bar{X} : Media

3.6.8.3 Índice de Calidad General

Se calculo con la siguiente ecuación

$$ICGEN = \frac{N_1 * 1 + N_2 * 2 + N_3 * 3}{N_1 + N_2 + N_3}$$

Donde:

ICGEN: Índice de calidad General

N: Número de árboles por hectárea

N₁: (N * Trozas calidad 1) /Número de árboles por parcela

N₂: (N * Trozas calidad 2) /Número de árboles por parcela

N₃: (N * Trozas calidad 3) /Número de árboles por parcela

Para la ejecución del tercer objetivo, se procedió a realizar una entrevista con la comunidad para realizar una línea base con la finalidad de saber si se ha realizado alguna actividad silvicultural en la plantación

Así también se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura, además de analizar las variables dasométricas para determinar actividades que pueden llevarse a cabo, también se aprovechó las fechas de la toma de datos para realizar un recorrido completo por toda la plantación con el propósito de recopilar información de manera más eficiente sobre el estado sanitario de la plantación.

La plantación en estudio tiene una edad de 18 años y su aprovechamiento está proyectado para los 25 años de edad, por esto debemos planificar las actividades idóneas que debemos ejecutar desde ahora hasta el momento de su aprovechamiento.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

4.1.1 *Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas de la plantación utilizando factor de forma general (0,7) y por sus clases diamétricas*

En la tabla 4-1, se observa que la plantación presenta un promedio de 41 árboles por parcela, lo que equivale a una densidad de 835 árboles por hectárea, con un volumen total neto de la plantación de 705,63 m³.

Tabla 4-1: Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas de la plantación

Variables		\bar{X}	S	Cv %	Límite superior	Límite inferior	Error relativo %
Nº Parcelas	4						
Área neta de la plantación (ha)	3,81						
Nº Árboles/Parcela	41						
Nº Árboles/ha	835						
DAP (cm)		16,27	6,59	40,52	17,28	15,27	6,19
Hc (m)		13,55	4,31	31,79	14,21	12,89	4,86
Ht (m)		16,03	4,39	27,41	16,70	15,36	4,19
AB (m ²)		0,02	0,00	85,70	0,03	0,02	13,09
Vc (m ³)		0,19	0,01	99,65	0,22	0,16	15,22
Vt (m ³)		0,22	0,02	100,04	0,26	0,19	15,28
Vc/ha (m ³)		158,44			182,55	134,32	
Vt/ha (m ³)		185,21			213,51	156,90	
Vc/Área neta de plantación	603,64						
Vt/Área neta de plantación	705,63						

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

En la tabla 4-2, se observa el volumen total por hectárea en estudio, utilizando los diferentes factores de forma según sus clases diamétricas con un total de 37,32 m³

Tabla 4-2: Promedio de DAP – Alturas – Frecuencia Total de 4 parcelas inventariadas

Clase cm.	DAP cm.	Area Basal m ²	Alt.Com. m.	Fact. forma	Vol. Unit. m ³	En 0,4 ha	
						Frec	Vol. m ³
5,1 - 10	8,04	0,0051	6,41	0,818	0,0266	26	0,69
10,1 - 15	12,70	0,0127	13,13	0,691	0,1149	58	6,66
15,1 - 20	17,72	0,0247	15,97	0,619	0,2439	48	11,71
20,1 - 25	22,52	0,0398	16,83	0,570	0,3819	17	6,49
25,1 - 30	27,58	0,0598	17,56	0,533	0,5593	10	5,59
30,1- 35	31,73	0,0790	18,01	0,505	0,7189	6	4,31
35,1- 40	36,05	0,1021	19,30	0,481	0,9476	1	0,95
40,1- 45	41,00	0,1320	15,00	0,462	0,9149	1	0,91
					∑ =	167	37,32

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.1.2 Diámetro promedio de los árboles de *Pinus radiata* de la plantación

El diámetro promedio de los árboles en la plantación es de 16,27 cm, y se confirma que los valores reales de esta variable se encuentran en un rango no menor a 15,15 cm ni mayor a 17,19 cm.

Tabla 4-3: Diámetro promedio *Pinus radiata*

Plantación	DAP (cm)		
	\bar{X}	Límite superior	Límite inferior
	16,27	17,19	15,15

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.1.3 Altura comercial promedio de los árboles de la plantación

En los 167 árboles de la plantación de Sicalpa, se ha calculado una altura comercial promedio de 13,55 m, con una variabilidad de 4,31 m en relación con esta media. Se estima que el valor promedio de la altura comercial de la plantación estará dentro del rango de 5,1 m y 20 m, mientras que el coeficiente de variación corresponde a estos datos es de 31,79 %

Tabla 4-4: Altura comercial promedio *Pinus radiata*

Plantación	Hc (m)		
	\bar{X}	Límite superior	Límite inferior
	13,55	14,21	12,89

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.1.4 Altura total promedio de los árboles de la plantación

En la muestra de 167 árboles en la plantación evaluada, se ha calculado una altura total promedio de 16,03 metros, con una variabilidad de 4,39 metros en relación con esta media. Se estima que el valor promedio de altura para toda la plantación estará dentro del rango de 15,36 metros y 16,7 metros, mientras que el coeficiente de variación correspondiente a estos datos es de 27,41%

Tabla 4-5: Altura total promedio *Pinus radiata*

Plantación	Hc (m)		
	\bar{X}	Límite superior	Límite inferior
	16,03	16,70	15,36

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.1.5 Área basal promedio de los árboles de la plantación

En los 167 árboles del área de estudio, se ha calculado un área basal promedio de 0,242 m²/árbol, con una variabilidad de 0,021 m²/árbol en relación con esta media, el área basal por hectárea fue de 20,20 m².

Tabla 4-6: Área basal promedio *Pinus radiata*

Plantación	Hc (m ²)		
	\bar{X}	Límite superior	Límite inferior
AB/árb	0,0242	0,0274	0,021
AB/hectárea	20,20	22,84	17,56

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.1.6 Volumen comercial promedio de los árboles de la plantación

Se ha calculado un volumen total promedio de 0,19 m³, con una variabilidad de 0,03 m³ con relación a esta media. Se estima que el valor promedio del para toda la plantación estará dentro del rango de 0,16 y 0,22 m³, mientras que el coeficiente de variación correspondiente a estos datos es de 99,65 %.

Tabla 4-7: Volumen comercial promedio *Pinus radiata*

Plantación	Vc (m ³)		
	\bar{X}	Límite superior	Límite inferior
Volcom/árb	0,19	0,22	0,16
Volcom/hect	158,44	182,55	134,32
Volcom/rodal	603,64		

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.1.7 Volumen total promedio de los árboles de la plantación

Se ha calculado un volumen total promedio de 0,22 m³, con una variabilidad de 0,22 m³ en relación a esta media. Se estima que el valor promedio del para toda la plantación estará dentro del rango de 0,19 y 0,26 m³, mientras que el coeficiente de variación correspondiente a estos datos es de 100,04 %.

Tabla 4-8: Volumen total promedio *Pinus radiata*

Plantación	Vt (m ³)		
	\bar{X}	Límite superior	Límite inferior
Voltotal/árb.	0,22	0,26	0,19
Voltotal/hect	185,21	213,51	156,90
Voltotal/rodal			705,63

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.2 Comparación de variables dasométricas

En la tabla 4-9 podemos observar la diferencia del rendimiento de las variables dasométricas de la plantación comparadas con los datos de Ecuador Forestal.

Tabla 4-9: Comparación de variables dasométricas

Parámetro	Plantación Sicalpa	Ecuador Forestal
DAP	0,9 cm	1.68 cm
Altura	0,89 m	1,22 m
Vol	19,29 m ³	20 m ³

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3 Valorar la calidad de madera en pie de la especie en estudio

En relación a los datos asociados a las variables cualitativas, se puede encontrar los resultados detallados en la tabla 4-10. Esta tabla presenta los valores promedio, porcentajes de desviación estándar que han sido evaluados en todas las parcelas de la plantación en estudio.

Tabla 4-10: Variables cualitativas de la plantación en estudio

N° Parcela	Bifurcación		Inclinación		Rectitud			Daño Mecánico		Grosor de Ramas		Ángulo de ramas		Estado Fitosanitario			Grano Espiral		
	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3
1	38	5	36	7	20	16	7	43	0	3	40	0	43	43	0	0	24	19	0
2	50	7	54	3	36	21	0	57	0	43	14	33	24	57	0	0	33	24	0
3	29	2	28	3	25	5	1	31	0	16	15	26	5	27	2	2	20	11	0
4	34	2	33	3	30	6	0	36	0	25	11	34	2	36	0	0	15	21	0
Suma	151	16	151	16	111	48	8	167	0	87	80	93	74	163	2	2	92	75	0
Promedio	37,75	4	37,75	4	27,75	12	2	41,75	0	21,75	20	23,25	18,5	40,75	0,5	0,5	23	18,75	0
Porcentaje	90,42	9,58	90,42	9,58	66,47	28,74	4,79	100,00	0,00	52,10	47,90	55,69	44,31	97,60	1,20	1,20	55,09	44,91	0,00
Desviación (%)	8,95	2,44	11,32	2	6,85	7,79	3,36	11,29	0	16,80	13,44	15,90	19,01	12,65	1	1	7,62	5,56	0

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.1 Bifurcación

La ilustración 4-1, representa dos categorías de árboles, aquellos que no presentan bifurcación, representando el 90,42 % del total y los árboles bifurcados que comprenden el restante 9,58 %.

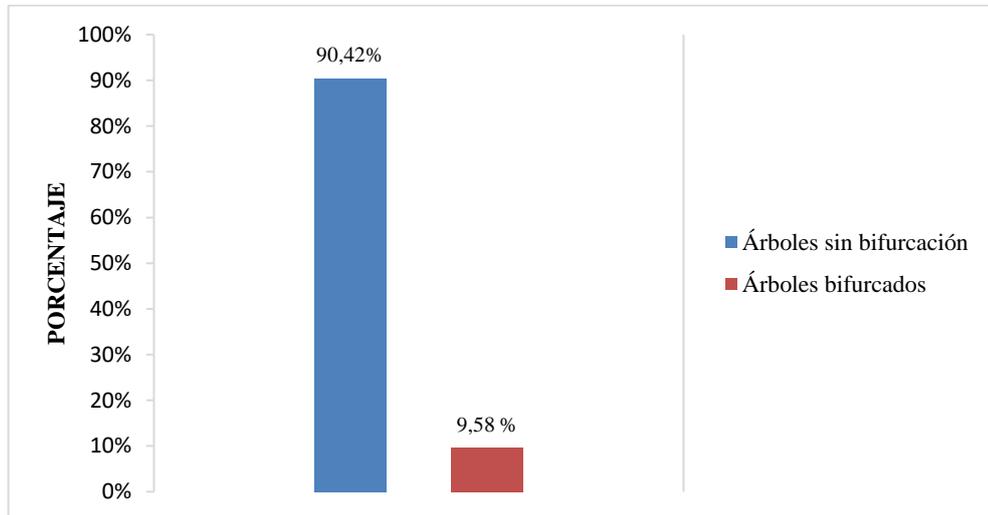


Ilustración 4-1: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.2 Inclinación

En la plantación, se registran valores de árboles sin inclinación del 90,42 % y 9,58 % árboles inclinados respectivamente.

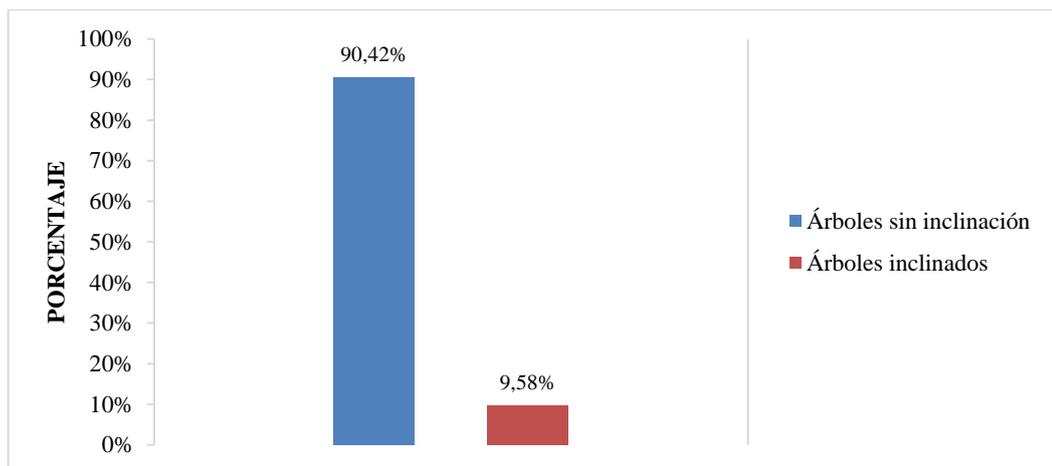


Ilustración 4-2: Porcentaje de árboles respecto a la variable inclinación

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.3 Rectitud

En la ilustración 4-3, se registra un porcentaje de árboles rectos del 66,47 %, no obstante, dentro de la plantación los árboles muestran un índice de individuos con leves alabeos alcanzando un 28,74 %.

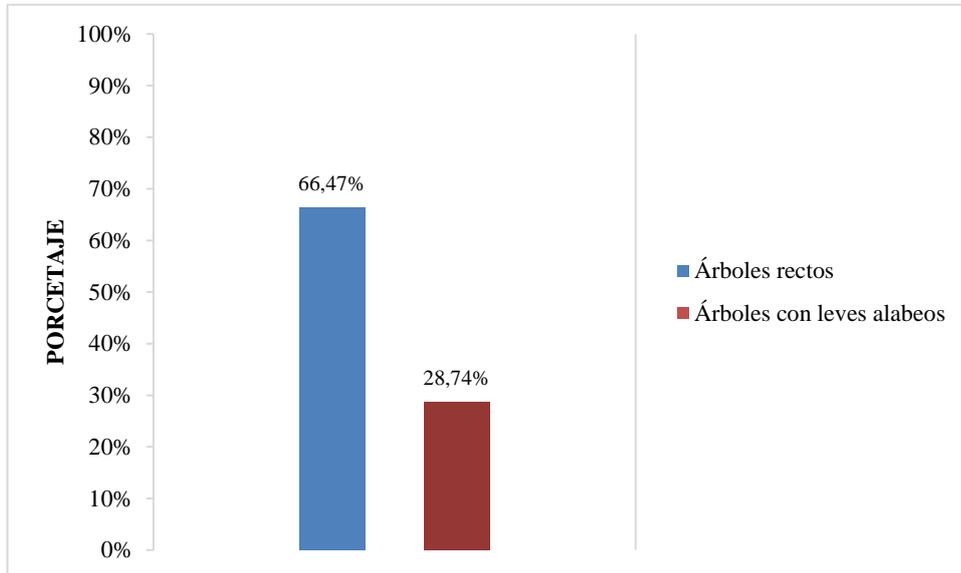


Ilustración 4-3: Porcentaje de árboles respecto a la variable rectitud

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.4 Daño mecánico

En la plantación, se pudo observar que todos los árboles estaban libres de daño mecánico, alcanzando un valor del 100 %.

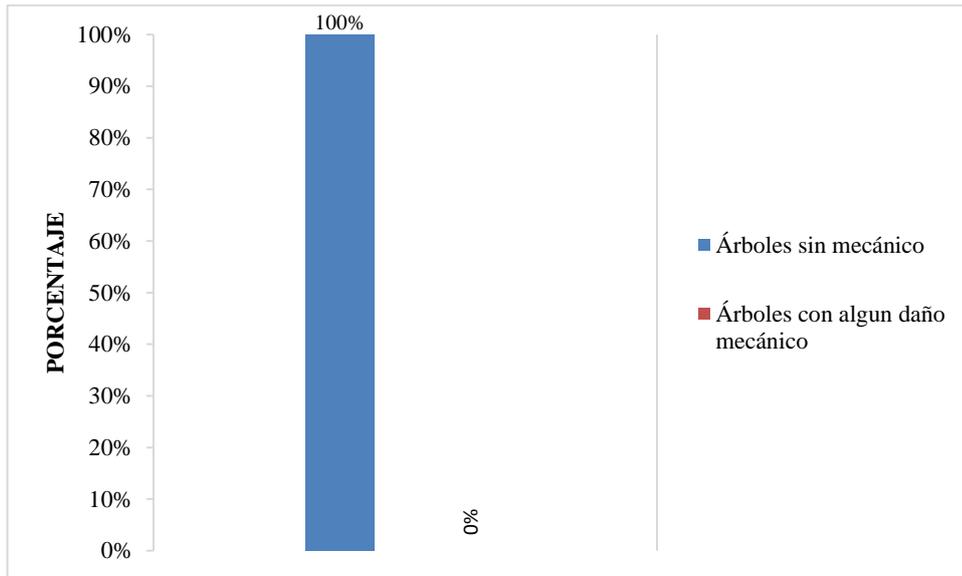


Ilustración 4-4: Porcentaje de árboles respecto a la variable daño mecánico

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.5 Grosor de ramas

En la ilustración 4-5, se registra un porcentaje de árboles sin ramas gruesas del 52,10 %, no obstante, dentro de la plantación los árboles muestran un índice de individuos con ramas gruesas alcanzando un 47,90 %.

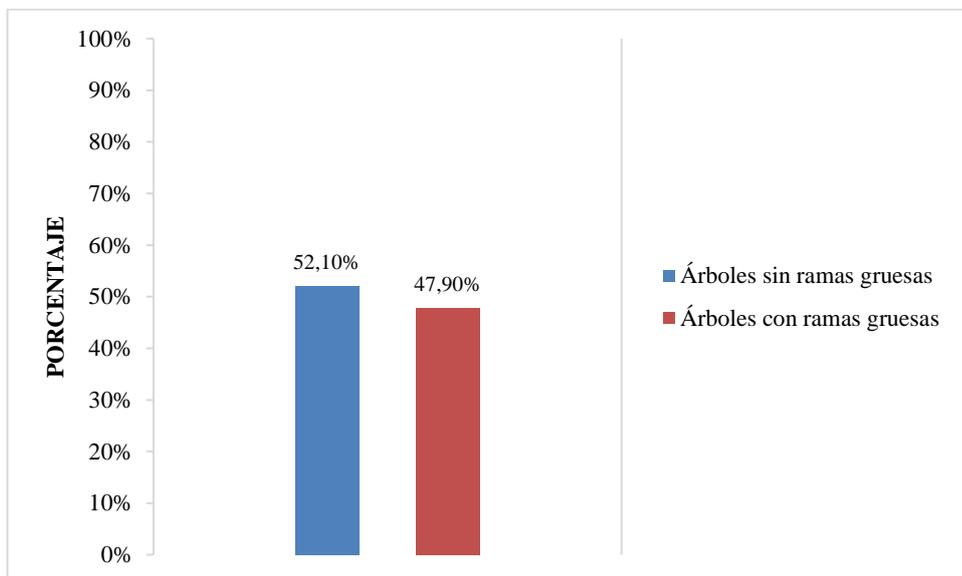


Ilustración 4-5: Porcentaje de árboles respecto a la variable Grosor de ramas

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.6 *Angulo de ramas*

La plantación presenta un porcentaje de 55,69 % respectivamente de árboles con ramas de inserción entre 45° y 90° y árboles con ramas de inserción menor a 45° con un porcentaje de 44,31 %.

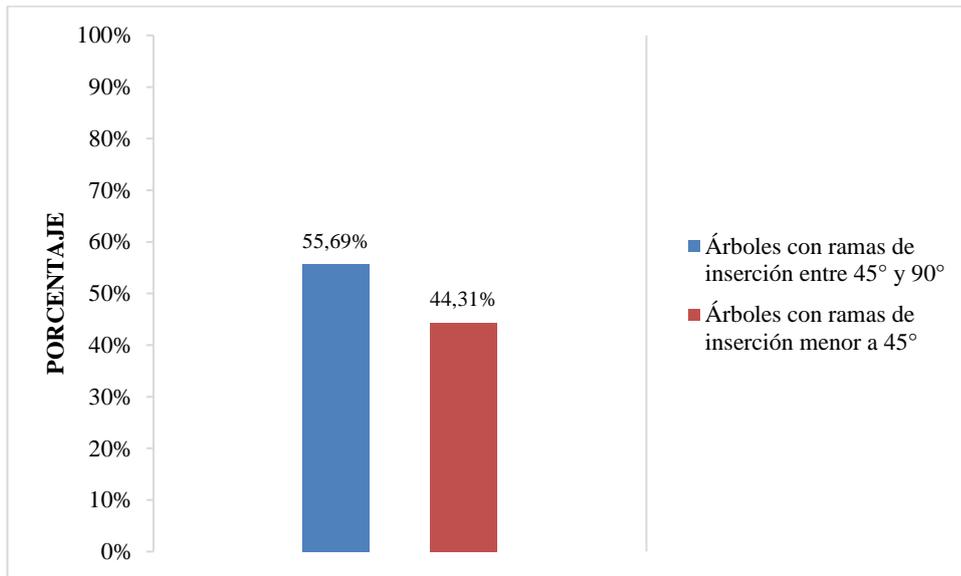


Ilustración 4-6: Porcentaje de árboles respecto a la variable Angulo de ramas

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.7 *Estado fitosanitario*

La plantación presenta un porcentaje de 97,60 % respectivamente de árboles sanos, seguidos de 1,20 % de árboles con alguna evidencia de problemas fitosanitarios y 1,20 % de árboles enfermos

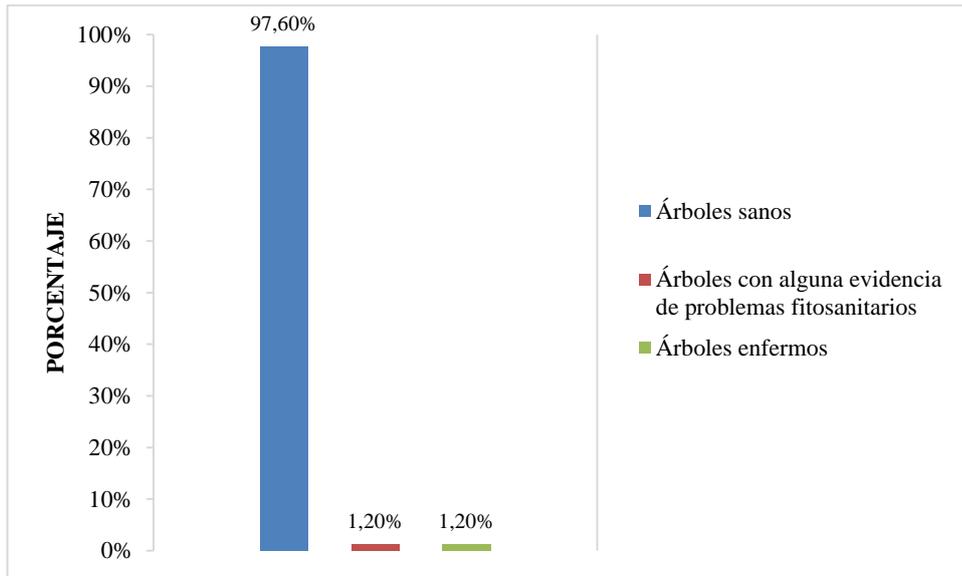


Ilustración 4-7: Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.8 Grano espiral

La plantación presenta un porcentaje de 55,09 % respectivamente de árboles con fibra recta, seguidos de 44,91 % de árboles con fibra levemente torcida y 0 % de árboles con fibra torcida.

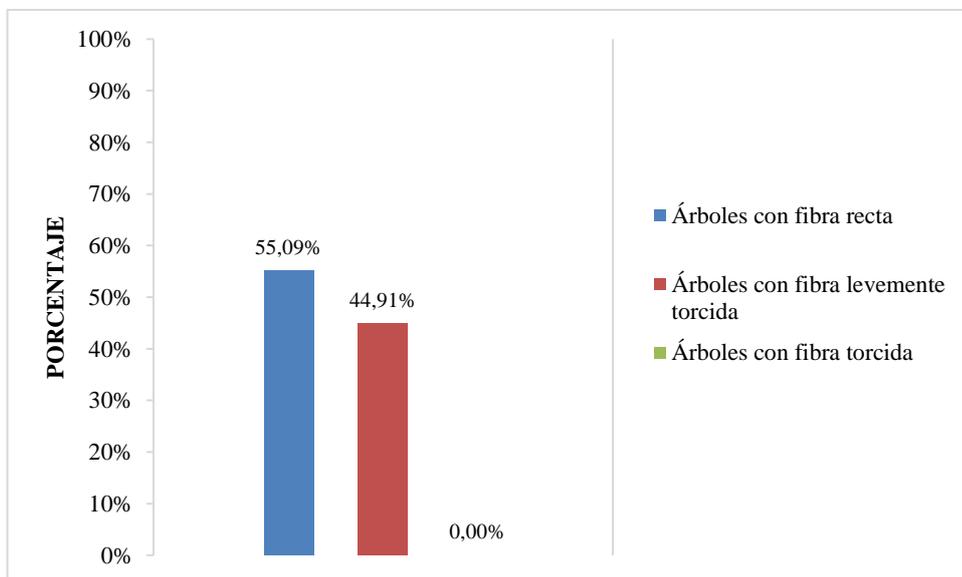


Ilustración 4-8: Porcentaje de árboles respecto a la variable grano espiral

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.3.9 Calidad de trozas

Se procedió a evaluar cada troza según los criterios previamente analizados, asignándoles las categorías de calidad 1, calidad 2, calidad 3 y calidad 4. Esta evaluación se llevó a cabo con el propósito de seleccionar aquellas trozas que sean aptas para su uso comercial en la industria maderera y que presenten un valor significativo.

Tabla 4-11: Promedio de trozas por categoría de calidad

Trozas en:	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Calidad 4	Total
Parcela	-	5	40	165	210
Hectárea	-	26	200	825	1051
Total, plantación	-	100	762	3143	5256
%	-	2,5	19	78,5	-

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

En la tabla 4-11, indica que el 2,5 % de las trozas tienen una calidad 2 es decir que no han cumplido con al menos una característica para no ser considerada como calidad 1 ya que presentan fuste inclinado, torcedura, ramas gruesas o abundantes. Así también el 19 % son trozas de calidad 3 donde presentan torceduras severas, ramas gruesas y abundantes, pero pueden ser aprovechadas hasta un 50 %. Por otro lado, la calidad 4 presento un 78,8 % esto se debe a que la plantación no cuenta con ninguna actividad silvicultural es esta calidad podemos encontrar trozas de diámetros inferiores a 12 cm

4.4 Índice de calidad general de la plantación

Este índice permite conocer el desarrollo que ha tenido la plantación, hasta el momento que se realizó esta investigación. El índice general de la plantación fue 9,11.

4.5 Incremento medio anual (IMA)

En la Tabla 4-12 podemos observar las diferencias del incremento medio anual de volumen y altura total de cada una de las parcelas establecidas.

Tabla 4-12: Incremento medio anual para *Pinus radiata*

Parcela	V(m ³)	IMA V(m ³)	H(m)	IMA H(m)
1	219,8	12,21	14,10	0,78
2	256,5	14,25	13,80	0,76

3	259,8	14,43	18,40	1,02
4	301,2	16,73	19,70	1,09
Promedio	259,33	14,41	16,43	0,91

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

Podemos evidenciar que la parcela 4 tiene mejores IMA en las dos variables $19,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $1,09 \text{ m/año}$ respectivamente esto se debe a que esta parcela tiene menor cantidad de árboles/hectárea (720 árb/ha), por otro lado, la parcela 1 presenta menor IMA de la variable volumen $12,21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y la parcela 2 presenta el menor IMA en la variable altura $0,76 \text{ m/año}$.

4.6 Propuesta de manejo silvicultural de la plantación en estudio

Según la información recopilada en manera de entrevista se conoce que la plantación en estudio no se ha tenido un manejo silvícola adecuado es por ello que la calidad y rendimiento de la plantación no es la idónea, en consecuencia, un programa de manejo silvicultural ayudará a mejorar el rendimiento de la plantación y poder encontrar mejores mercados para su comercialización y obtener un mejor rubro económico por la comercialización de la madera, sin embargo debido a la edad en la que se encuentra la plantación las actividades que se pueden realizar netamente son para el aprovechamiento de la plantación.

La plantación será aprovechada cuando tenga los 25 años, actualmente tiene 18 años.

Tabla 4-13: Programa Silvicultural

Actividad	Descripción	Fecha
Control de maleza	Actividad necesaria para poder caminar y realizar actividades sin riesgo.	2025
Inventario	Actividad para conocer cuanto volumen existe en nuestra plantación.	2025
Procesos administrativos	Procesos pertinentes para obtener el plan de manejo	2025
Comercialización	Venta de la madera	2025

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

Tabla 4-14 Costo de Programa silvicultural (cotos e ingresos)

Actividad	Producto	Costo unitario	Presupuesto/ plantación
Control de maleza	Control mecánico	30\$	-120\$
	Control Químico	35\$/litro	-140\$
		25\$/hect	-100\$
Inventario	Inventario	20\$/parcela	-100\$
Administrativo	Procesos en MAG	100\$	-100\$
Aprovechamiento	Venta de madera	11\$/m3	+6695,04\$
Total			6135,04\$

Realizado por: Pérez Silva, Lisbeth, 2023.

4.7 Discusión

En el presente estudio la plantación se encuentra en un rango altitudinal entre los 3320 y 3360 msnm, en el que el DAP promedio fue 16,27 cm, este dato es menor al reportado por (Moncayo, 2021, pág. 42) en una plantación de pino de 16 años ubicada en un rango altitudinal similar 3400 msnm, se reportó un DAP de 25,36 cm, menor por 9, 09 cm. La altura total de 16.03 m, mayor al obtenido por que registró una altura total de 14,85 m, estas diferencias tanto en DAP como en altura total se debe a la diferencia de edad ya que la plantación estudiada es 2 años mayor a la reportada por (Paganquiza, 2012, págs. 88-90).

Paganquiza (2012. pág. 84), obtuvo un promedio de 204,2 m³/ha en la parroquia Mulaló en Latacunga con un rango altitudinal de 3400 msnm con una edad de 16 años, la plantación en estudio tuvo un rendimiento de 185,21 m³/ha, esto es debido a que en la plantación en estudio no se ha realizado ningún tipo de actividad silvicultural

El incremento medio anual fue de 10,3 m³/ha/año la cual es menor a los resultados que obtuvo (Moncayo, 2021, pág. 56) con un incremento medio anual de volumen total por hectárea de 11,83m³ /ha/año estos resultados difieren a lo que menciona Ecuador Forestal que estima un crecimiento de 20m³/año.

La plantación en estudio tiene como objetivo la producción de carácter comercial por ello el manejo silvicultural es el factor fundamental para lograr la producción estimada con madera de calidad. Esta plantación presenta una densidad de 830 árboles por hectárea aproximadamente y no presenta un raleo lo cual es contrario a lo que menciona (Rivero, 2020) quien menciona que al realizar un raleo la densidad se reduce entre 550 y 700 árboles/ha para madera de aserrio. Al no presentar ningún raleo, la plantación en estudio existe competencia por nutrientes y se ve reflejado en el crecimiento no adecuado en diámetro esto se debe a la densidad alta de árboles.

Para la variable bifurcación se obtuvo un 9,58 % de árboles bifurcados, estos resultados tienen similitud a los presentados por (Moncayo, 2021, pág. 35) que realizó un estudio en dos plantaciones diferentes una con manejo y otra sin manejo en los que se presentó un 3,1 % y 10,1 %. La presencia de bifurcaciones conlleva una disminución en el tamaño de la parte central de tronco, lo cual impacta negativamente en la eficiencia del proceso de aserrado. Adicionalmente factores como imprecisiones en el establecimiento de la plantación, las condiciones ambientales del lugar

(principalmente el suelo y el viento), y las prácticas de manejo, pueden agravar esta imperfección Murillo y Badilla (2010) citado en (González, 2021, págs.. 37-42).

Se reportó un 9,58 % de árboles inclunados, esta característica se da como respuesta del árbol ante los esfuerzos anormales que se presentan con el crecimiento inclinado (Muriilo, 1991. págs. 19-30), estos resultados son superiores a los que obtuvo (Moncayo, 2021. p.42), donde en la plantación sin manejo silvicultural aparente obtuvo un 5,8 %.

La incidencia de rectitud tuvo un 28,74 % con leves alabeos. Analizando los resultados de la variable rectitud hay un porcentaje alto de árboles con leves alaveos lo cual nos genera problemas en la productividad de la masa forestal, aún mas si esta característica se encuentra en la primera troza, incrementando los costos de aserío. Como referencia los resultados de esta variable es importante, para lo cual (Vignote et al., 2013, pág. 37) sostiene que los alabeos, causa defectos en el producto final, ya que un desperfecto como este en el fuste disminuye la resistencia al producto ocasionando la curvatura, lo cual es importante para el mercado y obtener un mejor precio para nuestro producto.

La plantación en estudio no presento daños mecánicos pero este resultado puede que no represente los la realidad de toda la plantacion,adicional este no es un indicador por el cual se pueda intuir que la plantación pueda tener un buen rendimiento. Por otro lado lo referente a ramas gruesas tuvo un porcentaje de 47,9 %, este alto porcentaje se debe en gran medida a que la plantación en estudio no tiene ningun tipo de raleo, (Millar, 2003. pág. 37-43) nos dice que el grosor de las ramas incide directamente con la dimensión que alcanza los nudos. Aun asi estos resultados son menores a los presentados por (Moncayo, 2021, pág. 43) con un 54,6 % de árboles que presentan esta característica.

La plantación presenta un porcentaje de 55,69 % respectivamente de árboles con ramas de inserción entre 45° y 90° y árboles con ramas de inserción menor a 45° con un porcentaje de 44,31 %. (Moncayo, 2021, pág. 34) reporto un porcentaje de 2,6 % en su estudio con ramas menores a 45°, (Barrio et al., 2009) citado por (Moncayo, 2021, pág. 43), nos manifiesta que el ángulo de inserción de las ramas sea igual o lo más cercano a 90° se obtiene nudos más pequeños que aquello donde el ángulo de las ramas es más agudo.

La variable calidad de trozas se evidenció que solo el 2,5 % del total de las trozas tiene una calidad 2. Según Rojas y Murillo (2000. págs. 65-75) nos mencionan que la cantidad de trozas podadas permite obtener un parámetro para conocer el potencial que tiene para el aprovechamiento primario o

secundario. Debido a que nuestra plantación en estudio no ha tenido un manejo silvicultural la calidad de las trozas no es la adecuada ya que presenta ramas desde el metro de altura en algunos casos, por esto la presenta tan baja la calidad de la madera, es importante conocer que las calidades 1 y 2 son aquellas de las que se obtendrá el mayor beneficio económico (Gonzales, 2017, págs. 37-43). Con lo referente al índice general de la plantación presentó un valor de 9,11 este valor difiere de lo reportado por (Moncayo (2021, pág. 43), donde tuvo un valor de 3 en una plantación de pino que no tenía manejo silvicultural, nuestro valor es mucho mayor debido a que el estudio realizado por (Moncayo, 2021) presento trozas de calidad 3 mientras que en nuestro estudio existe calidad de troza 4. Los valores de índice general de una plantación entre más cercana este a 1 nos dice que la calidad es alta.

El área basal promedio por hectárea proyectado, fue 20,20 m²/ha este dato es inferior a lo reportado por (Moncayo, 2021, pág. 41) quien realizó un estudio en dos plantaciones A y B una con manejo y la otra sin manejo alguno, para la plantación A obtuvo 21,73 m²/ha y para la plantación B estimo un 32,9 m²/ha en lo que se refiere al área basal.

En lo correspondiente al plan de manejo para la plantación se han establecido actividades como el control de maleza, inventario, procesos administrativos y la conservación estimada al llegar a los 20 años la plantación, (Manzanero, 2004, pág. 39-42) menciona la importancia de actividades de vital importancia antes de la cosecha como la es el control de maleza y el inventario forestal.

La valoración en pie de la plantación fue 1026 \$/ha, esto difiere con los resultados que obtuvo (Pacheco et al., 2017, pág. 17) quien reporto un valor de 4183,76 \$/ha, esta diferencia de valoración tiene diferencias en la metodología de valoración que se utiliza para nuestro caso usamos un valor fijo de 11\$ por m³ mientras que (Pacheco, 2017) en su metodología realiza una estimación económica por calidad de troza.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los resultados de este estudio detallado sobre la plantación revelan una densidad significativa de árboles, con un promedio de 42 árboles por parcela y una densidad de 835 árboles por hectárea. El volumen total de la plantación en estudio es de un valor de 37,32 m³, según sus clases diamétricas, mientras que el diámetro promedio de los árboles confirma consistencia en un rango específico. Las alturas comerciales y totales calculadas para la muestra indican una variabilidad moderada con estimaciones de valores para toda la plantación. Sin embargo, se destaca la alta variabilidad en los cálculos de volumen total, sugiriendo la necesidad de una revisión más detallada de los métodos de medición y un monitoreo continuo para una gestión eficaz.

La plantación en estudio no ha tenido manejo tenemos un incremento medio anual de 10,3 m³/ha/año muy inferior a lo que menciona Ecuador Forestal que menciona un rendimiento de 35 m³/ha/año por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde se menciona que el crecimiento dasométrico de la plantación de *Pinus radiata* que se encuentra ubicada en la parroquia Sicalpa no es similar a los valores de crecimiento indicados por Ecuador Forestal.

Un 90,42 % de árboles, no presentan bifurcaciones, lo que sugiere una estructura sólida y un desarrollo uniforme. Aunque se observa que el 9,58 % de los árboles muestran bifurcaciones, esta proporción es relativamente baja y puede manejarse adecuadamente. Además, se destaca que el 66,47 % de los árboles son rectos, aunque dentro de la plantación se identifica un 28,74 % con leves alabeos, indicando cierta variabilidad en la verticalidad.

En cuanto a la presencia de ramas, se observa que el 52,10 % de los árboles no tienen ramas gruesas, mientras que el 47,90 % muestra algunas ramas gruesas, lo que puede influir en la calidad del fuste. Además, la distribución de las ramas de inserción sugiere una distribución equitativa entre árboles con ramas en ángulos superiores a 45° y aquellos con ángulos menores.

El 97,60 % de los árboles se consideran sanos, con solo un pequeño porcentaje presentando problemas fitosanitarios (1,20 %) o enfermedades (1,20 %). Estos hallazgos indican una buena

salud general de la plantación, aunque se recomienda una vigilancia continua para garantizar la sostenibilidad y productividad a largo plazo. En conjunto, estos resultados respaldan la calidad general de los árboles en pie en la plantación.

5.2 Recomendaciones

Establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar la salud y calidad de los árboles en pie en la plantación. Esto incluiría inspecciones regulares para detectar posibles problemas fitosanitarios, enfermedades o cambios en la estructura de los árboles, permitiendo intervenciones tempranas y la implementación de medidas correctivas si es necesario.

Considerar ajustes en el manejo silvícola para abordar la presencia de bifurcaciones, leves alabeos y ramas gruesas. Implementar prácticas de manejo específicas rodales de menor edad, como podas selectivas y técnicas de aclareo, para promover un crecimiento más recto y uniforme de los árboles, mejorando así la calidad del fuste y reduciendo posibles problemas futuros.

Brindar capacitación continua al personal encargado de la plantación en técnicas de manejo forestal sostenible y buenas prácticas agrícolas. Esto garantizará que el equipo esté equipado para implementar medidas de manejo adecuadas, realizar evaluaciones de salud de los árboles de manera efectiva y tomar decisiones informadas para mantener la calidad y productividad a largo plazo de la plantación.

GLOSARIO

Plantaciones forestales: corresponden a aquellos bosques que se han originado a través de la plantación de árboles de una misma especie o combinaciones con otras, efectuadas por el ser humano (CONAF, 2011).

Inventario forestal: proceso mediante el cual se determinan parámetros forestales de interés en un área determinada como el número de ejemplares y sus DAP, especies, altura de los ejemplares, Volumen Comercial, Área Basal, Fracción de Cobertura, entre otros. Suelen ir precedidos de la generación de un Mapa Forestal o Mapa de Usos del Suelo de detalle (SIGLA, 2014).

Muestreo: proceso de seleccionar un conjunto de individuos de una población con el fin de estudiarlos y poder caracterizar el total de la población (Ochoa, 2015).

Manejo forestal: responsabilidad de una comunidad local o grupo social más amplio que reclama derechos y compromisos a largo plazo con los bosques (Kometter, 2013: pp. 4).

Tratamientos silviculturales: prácticas aplicadas para mejorar el desarrollo individual de los árboles y del bosque en general (Vinueza, 2005: pp. 9).

Poda: consiste en eliminar madera viva (verde), muerta, enferma o dañada de un árbol (Vanegas, 2018: pp. 2)

Raleo: extraer una proporción de los árboles para concentrar el crecimiento en los árboles seleccionados que dispondrán de más recursos, regular la distribución de los árboles remanentes y mejorar la sanidad del rodal eliminando los árboles dañados y débiles (García et al., 2017: pp. 5)

Parcela: unidad de muestreo utilizada en inventarios forestales la cual es una superficie de tamaño pequeño con forma circular, rectangular o cuadrada (MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES et al., 2018: pp. 11).

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDENMATTEN, Ernesto.** "Predicción del diámetro sobre muñones en *Pinus Taeda* L. origen Marion, mediante curvas de perfil de fuste". *Revista de Investigaciones Agropecuarias* [en línea], 2009. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/24390>.
2. **ARREOLA, M. & ORTIZ, María.** "Dendrocronología de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) franco de la sierra madre oriental en Nuevo León, México". *Revista Madera y Bosques* [en línea], 2010, (México), vol. 16 (1), págs. 71-84. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/18427>.
3. **CABRERA, J.; et al.** "Estimación de variables dasométricas a partir de datos LiDAR PNOA en masas regulares de *Pinus halepensis* Mill.". *XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Infoemación Geográfica 25, 26 y 27 de junio de 2014* [en línea], 2014. [Consulta: el 25 de diciembre del 2023]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/46430/1/2014_Cabrera_et_al_Congreso-TIG.pdf
4. **CARRERE, Raul.** *World Rainforest Movement*. [en línea]. 2005. [Consulta 17 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.wrm.org.uy/paises/Ecuador/Pinos_y_eucaliptos.pdf.
5. **CHUNA, Thiago & GUIMARÃES, César.** "Modelo de regresión para estimar el volumen total con corteza de árboles de *Pinus taeda* L. en el sur de Brasil". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 6, n° 16, (2015), (Costa Rica). págs. 15.
6. **DELGADO, Rafael & GIL PUIG, Adriana.** *Inventario forestal* [en línea]. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2011. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/54071>.
7. **DELGADO, Dialeny; et al.** "Estimación de volúmenes maderables de *Eucalyptus globulus* en el distrito de Lajas - Provincia de Chota". *Environmental Science, Universidad Nacional Autónoma de Chota*. [en línea], 2018, (Perú), págs. 1-8. [Consulta: 25 de enero 2024]. Disponible en: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/911/1/Delgado-estimaci%C3%B3n_maderables_Eucalyptus_globulus.pdf.
8. **DEYOUNG, Joan.** *Determinación de la Altura del Árbol. LibreTexts Español* [blog]. 2022. [Consulta: 25 de enero 2024]. Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Biologia/Bot%C3%A1nica/Mediciones_Forestales_-_Un_Enfoque_Aplicado_\(DeYoung\)/02%3A_Altura_del_%C3%81rbol/02.2%3A_Determinaci%C3%B3n_de_la_Altura_del_%C3%81rbol](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Bot%C3%A1nica/Mediciones_Forestales_-_Un_Enfoque_Aplicado_(DeYoung)/02%3A_Altura_del_%C3%81rbol/02.2%3A_Determinaci%C3%B3n_de_la_Altura_del_%C3%81rbol) [accedido 19 noviembre 2023].
9. **FLORES, José.** *Actualidad en educación estadística y probabilística* [en línea]. Puebla-México: Benemérita Universidad autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico

Matemáticas, 2009. págs. 69-78. [Consulta: 03 de diciembre 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/46828785/ACTUALIDAD_EN_EDUCACION_ESTADISTICA_Y_PROBABILIDAD_BENEMERITA_UNIVERSIDAD_AUTONOMA_DE_PUEBLA_FACULTAD_DE_CIENCIAS_FISICO_MATEMATICAS_Editores.

10. **GONZÁLES, A.** Control de calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del Grupo Empresarial El Almendro. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de la Tierra y el mar. Heredia-Costa Rica. 2017. págs. 37-43. [Consulta: 2023-12-03] Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14153/Control%20de%20calidad%20de%20madera%20en%20pie%20y%20madera%20aserrada%20para%20el%20mercado%20de%20construccion%20del%20Grupo%20E.pdf?sequence=2>.
11. **GUTIÉRREZ, Emilia.** *La dendrocronología: métodos y aplicaciones*. [en línea]. Barcelona-España: Universidad de Barcelona, 2009. [Consulta: 03 de diciembre 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286242799_La_dendrocronologia_metodos_y_aplicaciones.
12. **MALLEUX, Jorge.** "Estudio de la Relación D.A.P. con el Diámetro de Copa en un Bosque Húmedo Sub Tropical". *Revista Forestal del Perú* [en línea], 1970, (Perú), vol. 4 (1-2), págs. 1-5. [Consulta: 20 de diciembre 2023]. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1089/103>.
13. **MENDOZA, Zhofre; et al.** "Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador". *Arnaldoa*, vol. 26, n° 3, (2019), (Ecuador). págs. 943-964.
14. **MILLAR, Jorge.** Análisis del crecimiento diametral de ramas de *Pinus radiata* D. Don en distintos sitios, entre las regiones VII y IX. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencia Forestales. Carrera de Ingeniería Forestal. Chile. 2003, págs. 19-20. [Consulta: 2023-12-20]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fifm645a/doc/fifm645a.pdf>.
15. **MONCAYO, Xiomara.** Caracterización dasométrica de dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, con fines de manejo en la Parroquia San Andrés, Canto Guano. (Trabajo de Titulación) (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2021. págs. 21-26.
16. **MURILLO, Olman.** "Metodología para el control de calidad en plantaciones forestales". *Tecnología en Marcha* [en línea], 1991, (Costa Rica), vol. 11(1), págs. 19-30. [Consulta: 20

de diciembre 2023]. ISSN 0379-3982. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2633/pdf.

17. **MURILLO, Olman & CAMACHO, Pablo.** "Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas". *Agronomía Costarricense* [en línea], 1997, (Costa Rica), vol. 21(2), págs. 189-205. [Consulta el 20 de diciembre 2023]. Disponible en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf.
18. **OVIEDO, Maritza; et al.** Reconstrucción de la historia de perturbaciones y la dinámica forestal en tres zonas de Castilla y León, afectadas por la expansión forestal en tierras agrícolas abandonadas. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Valladolid. Valladolid-España. 2021. pág. 40. [Consulta: 2024-01-2024]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/51787/TFM-L533.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
19. **PACHECO, Edwin; et al.** "Valoración financiera de una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, en la microcuenca Zamora Huayco – Loja, Ecuador". *Bosque Latitud Cero* [en línea], 2017, (Ecuador), vol. 7 (1), pág. 86. [Consulta: 20 de diciembre 2023]. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/download/187/181/635>.
20. **PAGUANQUIZA, Edwin.** Elaboracion de una linea base para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* en (acosa). [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Carrera de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2012. págs. 76-90. [Consulta: 20 de enero 2024]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2214/1/33T0104PAGUANQUIZAEDWIN.pdf>.
21. **RIVAS, Daniel.** *Instrumentos de medición forestal*. [en línea], 2010. [Consulta: 20 de enero 2024]. [Consulta: 17 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/luciatoro/instrumentos-de-medicin-forestal>.
22. **RIVERO J.** *Cultivo de Pino - Manejo Agronomico y uso Forestal*. [blog], Agropedia, 2020. [Consulta: 23 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-pino/>.
23. **ROJAS O. & MURILLO O.** "Calidad de las plantaciones de teca en la Península de Nicoya, Costa Rica". *Agronomía Costarricense*, [en línea], 2000, (Costa Rica), vol. 24 (2), págs. 65-75. [Consulta: 20 de diciembre 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26459497_Calidad_de_las_plantaciones_de_teca_en_la_Peninsula_de_Nicoya_Rosta_Rica.

24. **SALAS E, Christian; et al.** "Medición de diámetros fustales con relascopio y forcípula finlandesa: efectos en la estimación de volumen". *Bosque*, vol. 26, n° 2, (2005), (Chile). págs. 81-90.
25. **SOLA, Georgina; et al.** "Efecto del manejo silvicultural sobre la regeneración de un bosque de *Nothofagus dombeyi*, *N. alpina* y *N. obliqua* en la Reserva Nacional Lanín (Argentina)". *Bosque*, vol. 36, n.º 1, (2015), (Argentina). págs. 113-120.
26. **TROPICOS.ORG.** *Pinus radiata*, [en línea], 2019. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://tropicos.org/name/24900210> [accedido 17 noviembre 2023].
27. **VIGNOTE, Santiago; et al.** *Silvicultura y calidad de madera*. [En línea]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2013. pág. 37. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <http://oa.upm.es/21580/1/SILVITCALIDADMADERA.pdf>.
28. **VINUEZA, Marco.** *Ficha Técnica No. 13 Pino (Pinus radiata)*. [en línea]. Ecuador: Ecuadorforestal, 2013. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>.
29. **ZITÁCUARO, Flora,** *Variación de altura y diámetro de plántulas de Pinus oaxacana Mirov de tres poblaciones de México* [en línea]. México: Red Foresta Veracruzana, 2006. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/19279>.



ANEXOS

ANEXO A: ELABORACIÓN DE PARCELAS DE MUESTREO



ANEXO B: MEDICIÓN DE ALTURA COMERCIAL Y TOTAL



ANEXO C: MEDICIÓN DEL DAP · DIÁMETRO ALTURA DEL PECHO



ANEXO D: TOMA DE DATO DENDROCRONOLÓGICA



ANEXO E: DAP MEDIOS N° PARCELAS

DAP MEDIOS
N° PARCELAS

DAP MEDIOS	1	2	3	4	PROMEDIO
5,1 - 10	7,29	8,69	0	0	4,00
10,1-15	12,30	12,10	13,02	12,90	12,58
15,1-20	17,66	17,36	18,20	17,27	17,62
20,1-25	21,75	22,84	22,23	23,25	22,52
25,1-30	29,20	0,00	27,85	25,70	20,69
30,1-35	32,95	32,35	30,40	31,20	31,73
35,1 - 40		36,05	41	0	25,68333333

ANEXO F: ALTURAS COMERCIAL N° PARCELAS

ALTURAS COMERCIAL
N° PARCELAS

ALTURAS MEDIOS	1	2	3	4	PROMEDIO
5,1 - 10	6,02	6,44	0	0	3,12
10,1-15	10,07	10,22	14,54	14,50	12,33
15,1-20	15,47	14,30	16,40	17,46	15,91
20,1-25	17,50	16,97	17,93	18,00	17,60
25,1-30	17,60	0,00	18,00	18,67	13,57
30,1-35	19,33	19,30	18,50	20,00	19,28
35,1 - 40		19,4	19	0	12,8

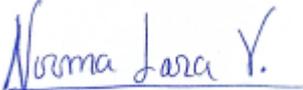
ANEXO G: CLASES N° PARCELAS

Clases	N° PARCELAS				Sumatoria
	1	2	3	4	
5,1 - 10	11	14			25
10,1-15	13	21	12	11	57
15,1-20	14	14	10	12	50
20,1-25	1	6	4	6	17
25,1-30	1		3	6	10
30,1-35	3	1	1	1	6
35,1 - 40		1	1		2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 06/ 06/ 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Lisbeth Jhoana Pérez Silva
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
 MSc. Miguel Ángel Gualpa Calva Director del Trabajo de Integración Curricular  MSc. Norma Ximena Lara Vásquez Asesor del Trabajo de Integración Curricular