



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

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

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

JHOANA MICAELA ROJAS ALTAMIRANO

Riobamba – Ecuador

2024



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

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

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: JHOANA MICAELA ROJAS ALTAMIRANO

DIRECTOR: ING. MIGUEL ÁNGEL GUALLPA CALVA

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Jhoana Micaela Rojas Altamirano

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, Jhoana Micaela Rojas Altamirano, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este 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



Jhoana Micaela Rojas Altamirano
C.I. 010751396-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA 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 PALMIRA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **JHOANA MICAELA ROJAS ALTAMIRANO**, 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
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba M.Sc PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-06
Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-06
Ing. Norma Ximena Lara Vásconez ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-06

DEDICATORIA

A mi madre, Amada Celina Altamirano Altamirano, mi ejemplo, por ser aquella mujer fuerte, valiente, luchadora, quien con su inmenso amor y apoyo incondicional me supo sacar adelante, por sus sabios consejos, valores, retadas, por todo ello soy la mujer de hoy en día. A demás a mi padre Daniel Rodrigo Rojas Altamirano Quien con su esfuerzo y su apoyo incondicional desde siempre no me ha dejado sola No fue fácil, pero lo logre, valoro todos sus esfuerzos, siempre estaré eternamente agradecida porque ustedes son lo mejor. Este Trabajo de Titulación es para mi gran y querido segundo padre Juan Heriberto Altamirano Pacheco que desde donde este se siente orgulloso de la gran profesional que crio. Con orgullo pudo decir que este se logró uno de mis objetivos. A mis hermanos, Nafly Wellington, Jefferson , Sara Andrea , quiénes de una u otra manera estuvieron apoyándome durante mi carrera profesional, por su tiempo, amor y palabras motivadoras. Por estar conmigo entre risas y peleas, son mi fuente de motivación, he aprendido de cada uno de usted 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 titulación ustedes pueden lograr absolutamente todo objetivo deseado. A mis amigos, Dayana , Karen , Laura , Carolina , Vanesa , Darwin , Rafael , Fatima , Mayra , Jose, Cesar, Enma , Francisco con los que he compartido momentos de alegrías y tristezas, por sus palabras alentadoras, por todo el tiempo juntos, por aquellos días universitarios difíciles y a pesar de ello estuvieron conmigo cuando necesite de cada uno de ustedes, los llevare en mi corazón.

Jhoana

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por sus bendiciones, amor y bondad, por darme la vida, ser mi fortaleza y guiar mis pasos día a día. A mi familia, Amada Altamirano, Rodrigo Rojas por ser parte de esta etapa muy importante de mi vida, siempre velaron por mí, sobre todo estuvieron en las situaciones más adversas que se me han presentado en la trayectoria de mi formación profesional. Gracias por motivarme constantemente para poder culminar mi carrera. Al Ingeniero Manolo Espinoza, por haber formado parte fundamental de esta investigación, su apoyo durante todo este proceso ha sido muy valioso, su buena predisposición, tiempo y sobre toda su ayuda desinteresada ha hecho que pueda culminar con el presente trabajo de titulación, por su amistad sincera. Quedo infinitamente agradecida. A mi tribunal conformado por los Ingenieros Miguel Ángel Guallpa (director) y Norma Ximena Lara (asesor), por su tiempo, paciencia, enseñanzas y sugerencias para la realización de mi trabajo de titulación. Además, quiero hacer un agradecimiento muy especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, primordialmente a la Escuela de Ingeniería Forestal por haberme brindado el conocimiento necesario y hacer de mí hoy, una profesional de tan prestigiosa carrera.

Jhoana

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	Objetivos.....	4
1.2.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.2.2.	<i>Objetivos específicos</i>	4
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Hipótesis.....	4
1.4.1.	<i>Hipótesis nula</i>	4
1.4.2.	<i>Hipótesis alternante</i>	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Referencias teóricas.....	5
2.1.1.	<i>Descripción de la especie</i>	5
2.1.1.1.	<i>Taxonomía</i>	5
2.1.1.2.	<i>Descripción dendrológica de Pinus radiata</i>	5
2.1.1.3.	<i>Características edafoclimáticas</i>	6
2.1.1.4.	<i>Factores limitantes de crecimiento</i>	6
2.2.	Plantaciones forestales.....	6
2.2.1.	<i>Plantaciones forestales en el Ecuador</i>	7
2.2.2.	<i>Productos que se obtienen de plantaciones forestales</i>	7
2.2.3.	<i>Inventarios forestales</i>	8
2.3.	Tipos de inventarios.....	8
2.3.1.	<i>Método estadístico</i>	8

2.3.2.	<i>Método según su objetivo</i>	8
2.4.	Evaluación de plantaciones forestales	9
2.5.	Mediciones dasométricas	9
2.5.1.	<i>Mediciones del diámetro</i>	9
2.5.2.	<i>Mediciones de altura</i>	10
2.5.2.1.	<i>Tipos de altura</i>	10
2.5.2.2.	<i>Área basal</i>	10

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	11
3.1.	Enfoque de la investigación	11
3.2.	Nivel de Investigación	11
3.3.	Diseño de investigación	11
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	11
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	11
3.4.	Tipo de estudio	12
3.5.	Población, planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	12
3.6.	Metodología	12
3.6.1.	Caracterización del lugar	12
3.6.1.1.	<i>Localización de la plantación en estudio</i>	12
3.6.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	12
3.7.	Materiales y equipos de campo	13
3.8.	Materiales u equipos de oficina e informáticos	13
3.9.	Estimación del crecimiento de la plantación de <i>Pinus radiata</i>	13
3.9.1.	<i>Delimitación del área en estudio</i>	13
3.9.2.	<i>Sistema de muestreo e instalación de las parcelas</i>	14
3.9.3.	<i>Levantamiento de las variables dasométricas (cuantitativas) de la plantación</i>	15
3.9.4.	<i>Análisis de las variables cuantitativas de crecimiento y productividad.</i>	17
3.9.5.	<i>Evaluación de la calidad de los árboles en pie de la plantación en estudio</i>	20
3.9.5.1.	<i>Bifurcación</i>	20
3.9.5.2.	<i>Inclinación del árbol</i>	21
3.9.5.3.	<i>Rectitud del fuste</i>	22
3.9.5.4.	<i>Daño mecánico</i>	22
3.9.5.5.	<i>Grosor de ramas</i>	23
3.9.5.6.	<i>Grano espiral</i>	23

3.9.5.7.	<i>Número de trozas podadas</i>	24
3.9.5.8.	<i>Ángulo de inserción de las ramas</i>	24
3.9.5.9.	<i>Estado fitosanitario</i>	24
3.9.5.10.	<i>Calidad de las trozas</i>	25
3.10.	Análisis de las variables cualitativas (discretas o discontinuas)	25
3.11.	Elaboración de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento de la plantación en estudio	26
3.11.1.	<i>Análisis de la información</i>	27
3.11.2.	<i>Propuesta de aprovechamiento</i>	27

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	28
4.1.	Crecimiento y productividad de los árboles de <i>Pinus radiata</i> de la plantación .	28
4.2.	Diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio por árbol	29
4.3.	Altura comercial promedio por árbol	29
4.4.	Altura total promedio por árbol	29
4.5.	Área basal promedio por árbol	29
4.6.	Volumen comercial promedio por árbol	30
4.7.	Volumen total promedio por árbol	30
4.8.	Área Basal por hectárea	30
4.9.	Volumen comercial y total por hectárea	30
4.10.	Volumen comercial y total del área neta de plantación de <i>Pinus radiata</i>	30
4.11.	Incremento medio anual (IMA) de la plantación de <i>Pinus radiata</i>	31
4.12.	Evaluación de la calidad de los árboles en pie de la especie en estudio	32
4.12.1.	<i>Bifurcación</i>	34
4.12.2.	<i>Inclinación</i>	34
4.12.3.	<i>Rectitud</i>	35
4.12.4.	<i>Daño mecánico</i>	35
4.12.5.	<i>Grosor de ramas</i>	36
4.12.6.	<i>Ángulo de ramas</i>	36
4.13.	Estado fitosanitario	37
4.14.	Grano espiral	37
4.15.	Calidad de trozas	38
4.16.	Índice de Calidad General de la plantación evaluada	39

4.16.1.	<i>Elaboración de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento de la plantación en estudio</i>	39
4.16.2.	<i>Manejo silvicultural</i>	40
4.16.2.1.	<i>Raleo</i>	40
4.16.2.2.	<i>Poda</i>	40
4.17.	Propuesta de aprovechamiento forestal	41
4.17.1.	<i>Información básica</i>	41
4.17.1.1.	<i>Estado de la tenencia de la tierra</i>	41
4.17.1.2.	<i>Infraestructura existente</i>	42
4.17.1.3.	<i>Aspectos legales</i>	42
4.17.1.4.	<i>Ubicación geográfica</i>	42
4.17.1.5.	<i>Localización política y administrativa forestal</i>	42
4.17.1.6.	<i>Superficie de la plantación a ser aprovechada</i>	42
4.17.1.7.	<i>Edad y característica de los árboles</i>	43
4.17.2.	<i>Objetivo de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento</i>	43
4.17.3.	<i>Inventario forestal</i>	43
4.17.4.	<i>Planificación del aprovechamiento</i>	44
4.17.4.1.	<i>Caminos internos</i>	44
4.17.4.2.	<i>Sistema de corta y extracción</i>	44
4.18.	Evaluación económica	44
4.18.1.	<i>Discusión</i>	45
4.18.2.	<i>Comprobación de la hipótesis</i>	49
4.18.3.	<i>Prueba de Wilcoxon de una muestra</i>	49
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES	52
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Taxonomía de <i>Pinus radiata</i>	5
Tabla 3-1: Ubicación geográfica de la plantación en estudio	12
Tabla 3-2: Características edafoclimáticas de la plantación en estudio	13
Tabla 3-3: Número de árboles registrados por parcela en la plantación	14
Tabla 3-4: Fórmulas para el cálculo de las variables dasométricas	17
Tabla 3-5: Fórmulas para la evaluación de las variables cualitativas	26
Tabla 4-1: Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación.....	28
Tabla 4-2: Resumen de las variables cualitativas de las plantaciones de estudio	33
Tabla 4-3: Promedio de trozas por categoría de calidad	38
Tabla 4-4: Índice de calidad general de la plantación.....	39
Tabla 4-5: Resumen del inventario de la plantación.....	39
Tabla 4-6: Volúmenes de raleo y cosecha final proyectado.....	40
Tabla 4-7: Numero de árboles a podar.....	41
Tabla 4-8: Localización de la plantación	42
Tabla 4-9: Volumen proyectado para la cosecha de la plantación.....	45
Tabla 4-10: Análisis económico	45
Tabla 4-11: Estadísticos descriptivos.....	49
Tabla 4-12: Shapiro-Wilk	49
Tabla 4-13: Estadísticas descriptivas	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de Ubicación de la plantación en estudio.....	14
Ilustración 3-2: Distribución de las parcelas de muestreo en la plantación.....	15
Ilustración 3-3: Medición de DAP con forcípula	16
Ilustración 3-4: Estimación de las alturas con el clinómetro SUNNTO.....	16
Ilustración 3-5: Bifurcación con puntuación 2	21
Ilustración 3-6: Árboles con puntuación 1	21
Ilustración 3-7: Árbol “A” (recto), y Árbol “B” (leve torcedura)	22
Ilustración 3-8: Puntuación 1 Árbol “A” (sin daño mecánico), y Árbol “B” (con daños).	23
Ilustración 3-9: Árbol con ramas gruesas, calificación 2	23
Ilustración 3-10: Árbol con grano espiral, calificación 2.	24
Ilustración 4-1: Incremento Medio Anual en volumen de 8 años ($m^3 \cdot ha^{-1}/año$)	31
Ilustración 4-2: Incremento Medio Anual para altura en 8 años ($m \cdot ha^{-1}/año$)	31
Ilustración 4-3: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación	34
Ilustración 4-4: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación	34
Ilustración 4-5: Porcentaje de árboles respecto a la variable rectitud	35
Ilustración 4-6: Porcentaje de árboles respecto a la variable daño mecánico.....	35
Ilustración 4-7: Porcentaje de árboles respecto a la variable grosor de ramas	36
Ilustración 4-8: Porcentaje de árboles respecto a la variable ángulo de ramas	36
Ilustración 4-9: Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario	37
Ilustración 4-10: Porcentaje de árboles respecto a la variable grano espiral.....	37
Ilustración 4-11: Porcentaje de trozas respecto a la variable calidad	38

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECONOCIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

ANEXO B: INSTALACIÓN DE PARCELAS Y MARCACIÓN

ANEXO C: TOMA DE MUESTRAS CON EL BARRENO DE PRESSLER PARA ESTIMAR LA EDAD DE LA PLANTACIÓN

ANEXO D: CONTEO DE ANILLOS DENDROCRONOLÓGICOS

ANEXO E: FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

ANEXO F: TABULACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO EN EXCEL

ANEXO G: MEDICIÓN DE DAP Y ALTURAS

ANEXO H: EVALUACIÓN DE LA VARIABLE RECTITUD DEL FUSTE

ANEXO I: EVALUACIÓN DEL DAÑO MECÁNICO DE LOS FUSTES

ANEXO J: EVALUACIÓN DEL GROSOR DE RAMAS

ANEXO K: EVALUACIÓN DEL GRANO ESPIRAL

ANEXO L: EVALUACIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO

ANEXO M: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS TROZAS (CALIDAD TRES)

ANEXO N: TIPOS DE INVENTARIO Y UNIDADES DE MUESTREO A ESTABLECER SEGÚN MAG

ANEXO O: HOJA DE CÁLCULO PARA INVENTARIOS FORESTALES MAG

ANEXO P: COSTOS REFERENCIALES DE LA MADERA EN SUS DIFERENTES FORMAS DE COMERCIALIZACIÓN

ANEXO Q: INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA), *PINUS RADIAT*

ANEXO R: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ANTIPLAGIO

RESUMEN

La investigación sobre la plantación de *Pinus radiata* en la Parroquia Palmira Provincia de Chimborazo reveló varios aspectos importantes. En términos de crecimiento, los árboles mostraron una altura promedio comercial de 7.96 metros y un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 12.93 cm, cifras inferiores a estudios previos debido a variaciones en altitud y densidad de plantación. El incremento medio anual (IMA) en volumen fue de 2.73 m³·ha-1/año y en altura de 1.13 m·ha-1/año, valores significativamente menores a los registrados en Ecuador forests, lo que señala la influencia del manejo silvicultural en la productividad. En cuanto a la calidad de los árboles, se observó un alto porcentaje de árboles rectos y sin bifurcaciones, lo cual beneficia la calidad de la madera. Aunque se registró un leve alabeo y algunos casos de daño mecánico, el estado fitosanitaria en general fue buena. No obstante, la mayoría de las trozas fueron clasificadas como calidad 4, lo que sugiere la necesidad de aplicar un manejo silvicultural adecuado. El análisis económico reveló una rentabilidad positiva en las actividades de raleo y cosecha, con proyecciones alentadoras para las etapas posteriores. Aunque los costos de inversión son significativos, los ingresos por la venta de madera a USD 22/m³ fueron suficientes para generar ganancias en cada fase del manejo. La cosecha final fue la más lucrativa, subrayando la importancia de prácticas silviculturales efectivas para maximizar los rendimientos económicos.

Palabras clave: < CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA >, < PLANTACIONES FORESTALES >, < PROPUESTA DE MANEJO SILVICULTURAL Y COSECHA >, < VARIABLES CUALITATIVAS >, < VARIABLES CUANTITATIVAS >.

0867-DBRA-UPT-2024

28-06-2024

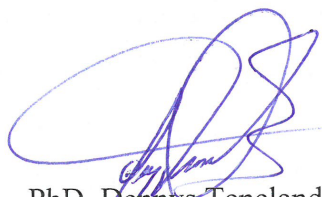


ABSTRACT

The objective was to characterize the dasometric growth of a *Pinus radiata* D. Don plantation for silvicultural management purposes in the Palmira Parish, Chimborazo Province. The research revealed several important aspects in terms of growth. The trees showed an average commercial height of 7.96 meters and an average diameter at breast height (DBH) of 12.93 cm, which is lower than in previous studies due to variations in altitude and density of the plantation. The average annual increase (AAI) in volume was 2.73 m³-ha-1/year, and in height was 1.13 m-ha-1/year, values significantly lower than those recorded in Ecuador forests, which indicates the influence of silvicultural management. in productivity. Regarding the quality of the trees, a high percentage of straight trees without forks was observed, which benefits the quality of the wood. Although slight warping and some cases of mechanical damage were recorded, the overall phytosanitary status was good. However, most of the logs were classified as quality 4, suggesting the need to apply adequate silvicultural management. The economic analysis revealed positive profitability in thinning and harvesting activities, with encouraging projections for subsequent stages. Although the investment costs are significant, the income from the sale of wood at USD 22/m³ was sufficient to generate profits in each management phase. The final harvest was the most lucrative, underscoring the importance of effective silvicultural practices to maximize economic returns.

Keywords: <DASOMETRIC CHARACTERIZATION>, <FOREST PLANTATIONS>, <PROPOSAL FOR FOREST MANAGEMENT AND HARVEST>, <QUALITATIVE VARIABLES>, <QUANTITATIVE VARIABLES>.

Riobamba, July 4th, 2024



PhD. Dennys Tenelanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales son consideradas como uno de los componentes más importantes en cuanto se refiere a la sostenibilidad, estas conforman aproximadamente 131 millones de hectáreas, representado el 3 % de la superficie forestal del planeta (CONAFOR, 2022 pág. 6). Aportan al desarrollo socioeconómico de cientos de millones de pobladores de las distintas zonas, de donde obtienen una variedad de productos maderables, medicinales, combustibles y otros productos alimenticios (Da Silva, 2018, pág. 17).

Las plantaciones forestales complementan a los bosques naturales de manera importante, contribuyendo en la mitigación de la presión sobre los bosques nativos, al ofrecer una alternativa viable para la producción maderera y otros productos forestales (CORPEI, 2012 pág. 12).

Contextualizando la situación en cuanto a la superficie forestal del Ecuador, según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con corte al año 2020, se tiene que 13 357 741,95 hectáreas de superficie corresponden al Bosque nativo, mientras que las plantaciones forestales ocupan una extensión de 258 690,86 hectáreas, de esta superficie las plantaciones de pino ocupan una extensión de 60 127,71 hectáreas distribuidas especialmente en la serranía ecuatoriana.

Pinus radiata D. Don. es una de las especies forestales introducida que posee una gran adaptabilidad en distintos sitios de climas templados y en suelos con textura franco-arenosa (Evans, 2009, pág. 25), además que la madera de esta especie es muy versátil, empleándose de forma estructural como decorativas, en paredes, vigas, paneles, marcos y como materia prima para la elaboración de carbón. Otra función importante es que las plantaciones forestales, son una alternativa de sumideros de carbono atmosférico, fijando carbono en la biomasa, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático (Indira y Eufemia, 2020 pág. 1).

Todo lo anteriormente mencionado conduce a que se vuelva relevante el estudio de las plantaciones forestales, en este caso la caracterización dasométricas, el cual se refiere al estudio detallado y la evaluación de las variables y parámetros que describen la estructura y el crecimiento de los árboles dentro de una plantación. El manejo silvícola que se debe aplicar a las plantaciones forestales debe estar basado en mediciones dasométricas de la especie que consideran los incrementos en diámetro, altura y producción en volumen maderable (González et al. 2012 pág. 8).

En este sentido, la presente investigación se centra en el estudio del crecimiento dasométrico de una plantación de *Pinus radiata*, enfocándose en optimizar su manejo silvicultural. En la actualidad, se identifica una falta de información específica sobre el crecimiento dasométrico de estas plantaciones en la parroquia Palmira, representando un obstáculo al momento de implementar prácticas de manejo silvicultural efectivas. Además, este estudio no solo se limita a analizar el crecimiento de la especie, sino que también propone una propuesta de aprovechamiento de la plantación, una vez que se alcance el turno de cosecha óptimo

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La plantación de *Pinus radiata* en la parroquia Palmira, cuyos terrenos pertenecen a la comunidad local, actualmente no cuenta con información dasométrica suficiente. Esta falta de datos afecta la planificación y ejecución de un manejo y aprovechamiento forestal adecuados, tanto durante el crecimiento de la plantación como en su fase de cosecha. Como consecuencia directa de esta deficiencia en la gestión, se prevé la obtención de una masa forestal con madera de calidad inferior, lo que afecta negativamente la rentabilidad.

Esta situación no solo disminuye el valor económico de la plantación, sino que también incrementa su vulnerabilidad a enfermedades y plagas, anticipando así costos elevados en intervenciones futuras por la falta de un plan de manejo silvicultural eficaz que contemple prácticas como podas, raleos, limpieza, fertilización, entre otros.

Además, se prevé que, a largo plazo, los árboles presentarán problemas significativos al momento de la cosecha debido a este manejo deficiente, resultando en un incremento de los costos de gestión y una disminución de la rentabilidad para los propietarios, debido a que el valor de la plantación no será suficiente para cubrir los gastos generados por su mal estado.

La información obtenida en este estudio formará parte del proyecto, Evaluación de las variables dasométricas AEREO y ESCANER LASER terrestre, en plantaciones forestales pertenecientes a las parroquias de San Juan, Palmira, y Sicalpa en la provincia de Chimborazo. Por lo tanto, es imperativo recolectar datos dasométricos, tanto cualitativos como cuantitativos, y establecer estrategias de manejo silvicultural para asegurar un aprovechamiento sostenible de la plantación. El conocimiento de las variables de crecimiento y productividad será fundamental para la toma de decisiones respecto al manejo de las plantaciones en estudio.

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 Palmira, Provincia de Chimborazo

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Estimar el crecimiento de una plantación de *Pinus radiata* en la Parroquia Palmira
- ✓ Evaluar la calidad de los árboles en pie de la plantación en estudio
- ✓ Elaborar una propuesta de manejo silvicultural de la plantación en estudio.

1.3. Justificación

A pesar de ser una plantación joven esta no ha tenido un adecuado manejo silvicultural, además de no realizar un seguimiento o mantenimiento. Para ello es necesario partir de información procedentes de evaluaciones sobre el crecimiento y productividad mediante la recopilación de variables cualitativas y cuantitativas que nos permitirán conocer el DAP, altura, volumen de árboles en pie al igual que la calidad de su madera, los resultados permitirán estimar en qué estado se encuentra cada plantación y que alternativas se pueden emplear para mejorar las mismas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis nula

El crecimiento dasométrico de la plantación de *Pinus radiata* que se encuentra ubicada en la parroquia Palmira es similar a los valores de crecimientos 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 Palmira Al menos una de las variables no es similar a los valores indicados por Ecuador Forestal.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. Descripción de la especie

2.1.1.1. Taxonomía

En 1836, David Don proporcionó la descripción de la especie *Pinus radiata*. A continuación, se muestra la clasificación taxonómica de esta especie.

Tabla 2-1: Taxonomía de *Pinus radiata*

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre Científico
Plantae	Pinophyta	Pinopsida	Pinales	Pinaceae	Pinus	Radiata	<i>Pinus radiata</i> D. Don

Fuente: Trujillo, 2002; citado en Velastégui, 2017, pág. 11

Algunos de los nombres comunes con los que se conoce a esta especie son: pino Pino insigne, Pino candelabro

2.1.1.2. Descripción dendrológica de *Pinus radiata*

Las especies del género *Pinus* fueron introducidas en Ecuador en el año de 1925 por el Sr. Luciano Andrade Marín con fines de aprovechamiento y desde entonces se ha ido incrementado progresivamente, posicionándose como la especie más plantada seguida de las especies del género *Eucaliptus*. (Mancheno, 2020, pp. 16-17).

Estos árboles pueden llegar a medir hasta 50 metros de altura y tener un diámetro de 100 cm, con un tronco de forma cónica y recta. Su corteza interna es de color rosa crema y presenta resina. Sus hojas son aciculares y poseen de 3 a 12 flores masculinas con estambres redondeados, mientras que las flores femeninas son de forma cónica (Ecuador Forestal, 2013 pág. 5)

Los frutos de esta planta tienen una forma similar a la de conos. Se agrupan en grupos de 4 o 5, formando una especie de pirámide. Además, estos frutos parecen estar unidos al tallo y adheridos

a las ramas. La base de los conos es muy asimétrica, ya que las escamas del lado opuesto de la rama son más grandes. Estos frutos pueden permanecer en los árboles durante varios años sin abrirse hasta que finalmente se desprenden (Velastegui, 2017 pág. 30).

La madera de alta densidad tiene una textura adecuada para su uso en carpintería de construcción y arquitectura. También se emplea en la construcción de barcos, en trabajos de carpintería para muebles y en la fabricación de armarios y estanterías. Además, se utiliza en la creación de paneles, barandillas, molduras, columnas y mangos de herramienta (Palacios y Quiroz, 2012 pág. 6).

2.1.1.3. Características edafoclimáticas

De acuerdo con Ecuador forestal (2013), indica que los requerimientos climáticos son:

Altitud: 1.800 - 3.500 msnm

Precipitación: 800 – 1.300 mm

Temperatura: 11 – 17 °C

2.1.1.4. Factores limitantes de crecimiento

El *Pinus radiata* D. Don, también conocido como pino insigne, no prospera en áreas con neblina ni en suelos anegados que carecen de oxígeno. Además, es vulnerable a plagas y sufre daños causados por insectos que se alimentan de sus hojas y perforan su corteza. Esta especie también es propensa a enfermedades como el damping-off, quemaduras y manchas en las acículas, así como a la marchitez y la muerte descendente (Ecuador Forestal, 2013 pág. 5).

2.2. Plantaciones forestales

Una plantación forestal es un grupo de árboles establecido por la actividad humana. Puede estar compuesta por una sola especie o por diferentes especies forestales. Estas plantaciones se crean de manera artificial mediante la siembra o la plantación. En su mayoría, las plantaciones consisten en árboles de la misma especie, ya sean nativos o introducidos. Estos árboles tienen la misma edad y están espaciados uniformemente. Las plantaciones pueden abarcar al menos 1 hectárea y están destinadas a la producción de productos madereros o no madereros (Paredes, 2012 pág. 60).

Las plantaciones forestales con fines comerciales se presentan como una opción para aliviar la presión sobre los bosques explotados de manera ilegal. Estas plantaciones suministran materia prima a las industrias forestales para su producción. Desde una perspectiva ambiental,

contribuyen a reducir la erosión del suelo, capturan carbono y sirven como refugio principal para la flora y fauna. Además, estas plantaciones también tienen un impacto positivo en la economía (Rueda et al. 2021 pág. 131).

2.2.1. Plantaciones forestales en el Ecuador

Ecuador, debido a su ubicación geográfica privilegiada, goza de una gran diversidad climática. Es considerado uno de los países más biodiversos del mundo, especialmente en lo que respecta a las especies forestales y su rápido crecimiento de árboles (Ecuador Forestal, 2013 pág. 5)

Según Ecuador forestal (2013, pág. 5) cerca del 52% del territorio de Ecuador posee potencial forestal. Hasta 2018, la superficie boscosa de Ecuador abarcaba 12,514,340 hectáreas. La mayor proporción de estos bosques, un 74%, se localiza en la región amazónica. Además, alrededor de 1,883,674 hectáreas, que representan el 15%, se ubican en la región costera, mientras que la región de la sierra alberga 1,329,947 hectáreas, equivalente al 11 %.

En Ecuador, la principal fuente de madera son las plantaciones forestales, que representaron un promedio del 62,81% del volumen autorizado entre 2007 y 2009. En la región de la sierra, predominan especies introducidas para plantaciones forestales, como el pino y el eucalipto. En contraste, en la región costera, se encuentran especies como el pachaco, la teca y la melina. Estas especies ocupan los primeros puestos en términos de volumen autorizado para su aprovechamiento (Romero y Velastegui, 2011 pág. 6).

2.2.2. Productos que se obtienen de plantaciones forestales

Las plantaciones forestales proporcionan una variedad de productos primarios, entre los que se incluyen la madera en rollo y la madera en rollo industrial, que se procesan para obtener trozas y otros componentes. Se fabrican también productos semielaborados como tableros, aglomerados, contrachapados, MDF y astillas de eucalipto, que se utilizan en la producción de pulpa. Además, se elaboran productos de mayor valor agregado (PMVA) como muebles, molduras decorativas, puertas, marcos, ventanas, pisos e incluso palillos de dientes (CORPEI, 2012 pág. 11).

2.2.3. Inventarios forestales

El inventario forestal es una técnica empleada para registrar datos de los árboles presentes en una plantación o bosque. Este proceso se lleva a cabo a través de establecimiento de parcelas de muestreo dentro de un área determinada (Cunachi, 2010 pág. 3).

Por otro lado, CATIE (2002, pág. 16) también define el inventario forestal como un proceso eficiente que permite recopilar información sobre el área, la ubicación, la cantidad, la calidad y el crecimiento de los recursos maderables en un bosque o plantación.

2.3. Tipos de inventarios

Los inventarios forestales se pueden clasificar de la siguiente manera, según CATIE (2002, pág. 16).

2.3.1. Método estadístico

- **Inventarios al 100 % y muestreo al azar (estratificados y sin estratifica)**

Según Cárdenas (1995, pág. 15), el inventario consiste en la medida, control y conteo de todos los individuos, componentes o parámetros de una población. Estos pueden ser analizados y procesados de acuerdo con sus cualidades cuantitativas y cualitativas. Este tipo de inventario es relativamente sencillo, su realización puede ser trabajosa, especialmente dependiendo del área de trabajo. Se aborda desde dos perspectivas: precisión y costo. Por otro lado, según CATIE (2002, pág. 16) un inventario puede diseñarse considerando la totalidad de la muestra o tomando una muestra al azar y teniendo en cuenta la división de estratos existentes.

- **Muestreo sistemático (estratificados y sin estratificar)**

El diseño implica una disposición uniforme con espacios iguales entre las unidades de muestreo, un enfoque comúnmente empleado en el muestreo forestal (Duaber, 1995 pág. 18). Para CATIE (2002, pág. 16) la realización de un muestreo sistemático puede o no coincidir con la segmentación en estratos.

2.3.2. Método según su objetivo

- **Inventario exploratorio**

De acuerdo con Meléndez (2017, pág. 22), el inventario exploratorio implica un muestreo en terreno para recopilar datos cualitativos y cuantitativos sobre el bosque o plantación. El margen de error del muestreo puede oscilar entre el 15% y el 20% en relación con la media del volumen total, con un nivel de confianza del 95%. Este tipo de inventario se enfoca en aspectos como los tipos de vegetación, formaciones ecológicas, uso del suelo y accesibilidad (Arce, 2002 pág. 17).

- **Inventario para manejo de bosques naturales**

Se enfoca en la evaluación de los procesos dinámicos que tienen lugar en el bosque. Esto abarca la supervisión del crecimiento, la muerte natural y la identificación de nuevas especies. Este proceso se realiza en parcelas de muestreo permanentes, utilizando un diámetro predefinido (Carrera, 1994 pág. 12).

- **Inventario para aprovechamiento forestal**

Según Arte Forestal (2017), este tipo de inventario se enfoca en recopilar datos sobre la fitosanidad de las plantas, la descripción física y el volumen de la madera. Además, tiene como objetivo determinar el valor cualitativo y cuantitativo del recurso maderero. Las autoridades pertinentes requieren este inventario para permitir la intervención en los bosques o plantaciones, ya sean de propiedad privada o pública. Por otro lado, Egoavil (2003 pág. 19) enfatiza que el volumen es el factor más relevante del inventario para aprovechamiento, ya que indica el potencial o capacidad de productiva de la plantación.

2.4. Evaluación de plantaciones forestales

Las valoraciones dasométricas son útiles para reunir datos que permitan identificar problemas y futuras oportunidades con el objetivo de optimizar los resultados, lo que a su vez mejora la eficiencia en la planificación y ejecución (Vega, 2013 pág. 6).

2.5. Mediciones dasométricas

2.5.1. Mediciones del diámetro

Según Lara (2018 pág. 21), el diámetro se mide directamente a 1,3 metros del suelo. Esta medida, conocida como DAP (diámetro a la altura del pecho), es la más importante para evaluar el diámetro de los árboles. Puede expresarse en centímetros o pulgadas y es una medida fundamental

para los árboles en pie. El diámetro se relaciona con el volumen y otros elementos del árbol (Diéguez, 2005 pág. 60).

2.5.2. Mediciones de altura

La altura de un árbol, junto con su diámetro, nos permite calcular el volumen de madera, dependiendo de la especie. Además, nos ayuda a comprender su proceso de crecimiento y desarrollo volumétrico (Imaña et al. 2014 págs. 46-53).

Según la FAO (2004, pág. 74), la medición de la altura se lleva a cabo en varias etapas:

- El operario se coloca a una distancia de 15.20 metros del árbol para evitar errores de medición.
- Se observa el final de la copa del árbol.
- Se observa el inicio de la base del árbol.
- Luego, se suma o resta los dos resultados de observación, dependiendo de si el operario está en la parte alta o baja de la ladera en relación con el árbol.

2.5.2.1. Tipos de altura

• Altura total y altura comercial

La altura total es la longitud que existe desde el suelo hasta el ápice de la copa del árbol. En contraste, la altura comercial es la longitud que va desde la parte inicial del tocón hasta el punto del fuste aprovechable para la venta. El criterio para determinar la altura comercial depende de la persona que realiza la medición y considera hasta dónde se puede aprovechar, considerando los parámetros establecidos (Ugalde, 1981 págs. 1-6).

2.5.2.2. Área basal

Se posiciona sobre la proyección en el plano horizontal para determinar el límite que posea la copa, la segunda proyección se coloca desde la línea vertical se toma el dato hasta el límite hasta la corteza del árbol (Wabo, 2011 pág. 3).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación se alinea principalmente con un enfoque cuantitativo. Este enfoque se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos para identificar patrones estadísticos, tendencias o relaciones entre variables. En este caso, el estudio dasométrico implica mediciones precisas de características y de crecimiento de los árboles, como el diámetro, la altura, el volumen de madera, entre otros, para evaluar de manera cuantitativa el desarrollo de la plantación y su potencial de manejo silvicultural. Según Hernández (2014, pág. 4) este enfoque implica la obtención de datos para validar hipótesis a través de mediciones cuantitativas y el uso del análisis estadístico.

3.2. Nivel de Investigación

Este estudio se enmarca en el nivel descriptivo, ya que se enfoca en la caracterización de las variables dasométricas, tanto cuantitativas como cualitativas. Para evaluar el crecimiento de los árboles y la productividad de la plantación en estudio tal como se presenta en su entorno natural.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente*

Las variables dasométricas evaluadas fueron: altura total de los árboles, área basal del rodal, diámetro a la altura del pecho (DAP) y volumen maderable total. Estas variables son comúnmente utilizadas en estudios forestales para caracterizar el crecimiento, desarrollo y productividad de las masas forestales, sin intervención o manipulación por parte de los investigadores, por lo tanto se trata de una investigación no experimental, debido a que no se manipuló de forma deliberada la variable independiente (Díaz y Núñez, 2016 págs. 115-121).

3.3.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

Esta investigación adoptó un enfoque transversal, tal como lo describen Vega et al. (2021, págs. 164-170), que implica la recolección de datos en un solo periodo de tiempo y su posterior análisis dentro de ese mismo periodo temporal. Por lo tanto, este estudio es de naturaleza transversal, ya

que se recogieron y analizaron datos de las variables dasométricas de la plantación durante un periodo específico.

3.4. Tipo de estudio

Este estudio se enmarca en las categorías de investigación de campo y documental. De campo porque se realizó el registro de datos de las variables dasométricas en el sitio mismo de la plantación mediante un muestreo aleatorio (Cajal, 2019 págs. 1-13). Y documental porque el análisis de los datos se realizó en la oficina mediante comparaciones con artículos científicos, libros y estudios con temas similares (Morales, 2003 pág. 20).

3.5. Población, planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

La población objeto de estudio fue una plantación de *Pinus radiata* de 19 hectáreas, donde se aplicó una intensidad de muestreo del 3,68 % mediante la instalación de 14 parcelas circulares de forma aleatoria con un radio inicial de 12,62 m.

3.6. Metodología

3.6.1. Caracterización del lugar

3.6.1.1. Localización de la plantación en estudio

La presente investigación se realizó en una plantación de *Pinus radiata* D. Don en la parroquia de Palmira en la provincia de Chimborazo. La plantación tiene una superficie de 19 ha, propiedad de la de Sra. Julieta Valverde

3.6.1.2. 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
A	X	Y	(msnm)
	751727	9770343	3320 a 3360

Realizado por: Rojas, J., 2024

Tabla 3-2: Características edafoclimáticas de la plantación en estudio

Categoría	Descripción	Fuente
Precipitaciones	Promedio de 500-700 mm	
Temperatura	Promedio de 8-10 °C	
Ecosistema	Área categorizada como intervenida según clasificación de ecosistemas del Ecuador continental	(Instituto Geográfico Militar 2022)
Suelos	Textura gruesa tipo 1, inceptisoles, andepts. Suelos de ceniza volcánica, arenoso profundo, arena fina de 0,5 mm, menos de 1 % de Materia orgánica (MO) entre 0 a 20 cm. Buen drenaje	
Topografía	Cuencas deprimidas, relieves moderados a altos, medianamente disectados. Pendientes de 25 a 70 %	

Realizado por: Rojas, J., 2024

3.7. Materiales y equipos de campo

Clinómetro SUUNTO, hipsómetro, forcípula, distanciómetro digital, cinta métrica, cuerda, GPS, pintura, brochas, hoja de campo, lápiz, calculadora, borrador.

3.8. Materiales u equipos de oficina e informáticos

Computadora, calculadora, papel de impresión, impresora, hojas de registro.

3.9. Estimación del crecimiento de la plantación de *Pinus radiata*

Para la ejecución del primer objetivo específico que es determinar el crecimiento y la productividad de los árboles de *Pinus radiata* D. Don, se ejecutaron las siguientes actividades:

3.9.1. Delimitación del área en estudio

Se realizó el recorrido y reconocimiento de la plantación acompañado del tutor y los ingenieros a cargo del proyecto LIDAR (ANEXO A), durante el recorrido se observó el estado en el que se encontraba la plantación, el acceso disponible, la distancia y el tipo de terreno, con la información adquirida se estableció las actividades para la ejecución del levantamiento de información de la plantación.

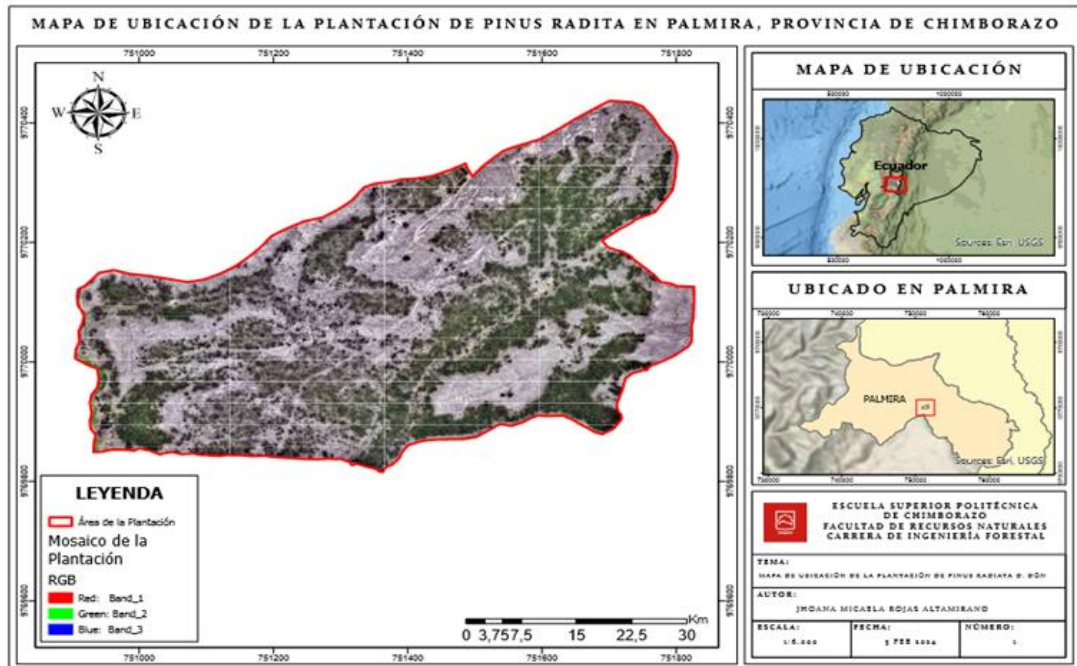


Ilustración 3-1: Mapa de Ubicación de la plantación en estudio

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.2. Sistema de muestreo e instalación de las parcelas

El inventario forestal se llevó a cabo con el diseño de muestreo sistemático, con una intensidad del 3,68 % con la instalación 14 parcelas (Tabla 3-3) circulares de 500 m² cuyo radio fue de 12,62 m (ANEXO B), con la ayuda GPS Garmin y la aplicación Gaia GPS y una libreta de campo (ANEXO E) se levantó el área estimada de la plantación, además se registró; la longitud, latitud y altura, información que se procesó en el software ArcGIS para la creación del mapa de la zona (Ilustración 3-1, 3-2).

Tabla 3-3: Número de árboles registrados por parcela en la plantación

Nº Parcelas	Nº Árboles	Especie
1	19	<i>P. radiata</i>
2	10	
3	29	
4	41	
5	30	
6	18	
7	29	

8	14
9	16
11	15
12	15
13	31
14	14
15	8

Realizado por: Rojas, J., 2024.

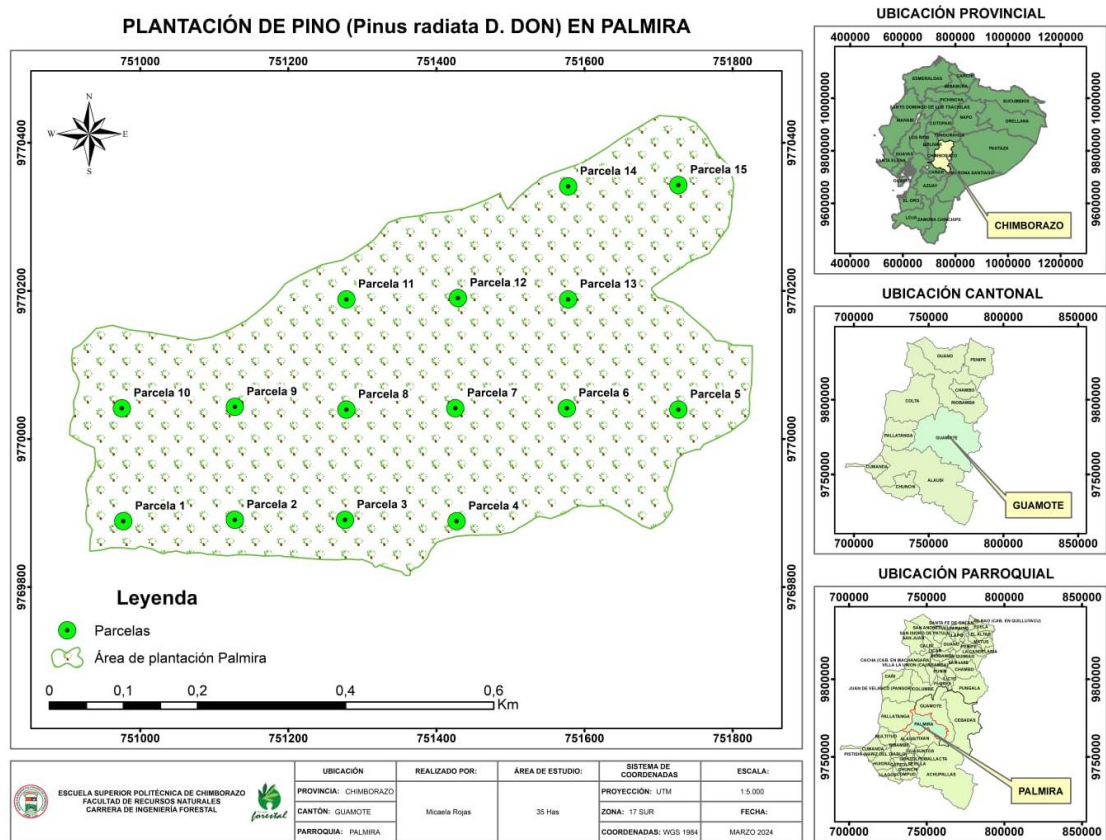


Ilustración 3-2: Distribución de las parcelas de muestreo en la plantación

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.3. Levantamiento de las variables dasométricas (cuantitativas) de la plantación

- **DAP, Altura total y Altura comercial**

El DAP se midió desde la base del árbol a 1,30 m de altura, utilizando la forcípula para tomar el diámetro del fuste de aquellos árboles registrados dentro del radio de la parcela, estos datos se registraron en cm (Ilustración 3-3).



Ilustración 3-3: Medición de DAP con forcípula

Realizado por: Rojas, J., 2024.

La estimación de la altura total se realizó ubicándose a una distancia considerable del árbol a 15 m, con la ayuda del distanciómetro digital se enfocó el centro para conocer a cuántos metros de distancia nos encontramos, con el clinómetro SUUNTO o hipsómetro se observó la primera toma de datos el ápice y la segunda de base del árbol (ANEXO G), posteriormente se procedió a realizar los cálculos para la altura comercial se llevó a cabo el mismo procedimiento, se visualizó hasta donde el fuste tenga un diámetro mínimo que sea aprovechable (Ilustración 3-4).



Ilustración 3-4: Estimación de las alturas con el clinómetro SUNNTO

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.4. Análisis de las variables cuantitativas de crecimiento y productividad.

Los datos obtenidos en campo de las variables cuantitativas se pasaron a una hoja de Excel (ANEXO F) para calcular el N° árboles/parcela, N° árboles/ha, DAP, altura total, altura comercial, área basal, Volumen total, Volumen comercial, Volumen total/hectárea, Volumen comercial/ha, Volumen total/área neta de plantación, Volumen comercial/área neta de la plantación, por lo cual se calculó los siguientes estimadores estadísticos como la media, desviación estándar, coeficiente de variación, índice de Calidad General, límite superior e inferior y error de muestreo relativo. Todos los cálculos se realizaron en Excel aplicando las fórmulas que se detallan en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Fórmulas para el cálculo de las variables dasométricas

Parámetro	Fórmula	Descripción
N.º Árboles/Parcela	$Nap = \frac{st}{np}$	<p>Donde:</p> <p>Nap: Número de árboles/parcela</p> <p>st: Sumatoria de todos los árboles de las parcelas</p> <p>np: Número de parcelas establecidas</p>
Número de árboles/ha	$Nah = \frac{N^{\circ}ap}{0,025}$	<p>Donde:</p> <p>Nah: Número de árboles por hectárea</p> <p>Nap: N° Árboles/Parcela</p> <p>0,025: área de la parcela circular (m²) /10 000 m²</p>
DAP	$DAP = \frac{CAP}{\pi}$	<p>Donde:</p> <p>DAP: Diámetro a la altura del pecho, (m)</p> <p>CAP: Circunferencia a la altura del pecho, (m)</p> <p>π: 3.1416</p>
Altura total	$Ht = (A+B) *d$	<p>Donde:</p> <p>Ht: Altura total, (m)</p> <p>A: Ángulo del extremo superior del árbol, (%)</p>

B: Ángulo de la base del árbol, (%)
d: Distancia horizontal del árbol, (m)

<p>Altura comercial</p>	$H_c = (A+B) * d$	<p>Donde: Hc: Altura comercial, (m) A: Ángulo del fuste comercialmente aprovechable, (%) B: Ángulo de la base del árbol, (%) d: Distancia horizontal del árbol, (m)</p>
<p>Área basal</p>	$AB = \frac{\pi * DAP^2}{4}$	<p>Donde: AB: Área basal, (m²) π: 3.1416 DAP: Diámetro a la altura del pecho, (m)</p>
<p>Volumen total</p>	$V_t = AB * H_t * ff$	<p>Donde: Vt: Volumen total de madera, (m³) AB: Área basal, (m²) Ht: Altura total, (m) ff: Factor de forma del pino (0,5)</p>
<p>Volumen comercial</p>	$V_c = AB * H_c * ff$	<p>Donde: Vc: Volumen comercial de madera, (m³) AB: Área basal, (m²) Hc: Altura comercial, (m) ff: Factor de forma del pino</p>
<p>Volumen total/hectárea</p>	$V_t = \frac{V_t * N^{\circ} arboles}{ha}$	<p>Donde: Vt/ha: Volumen total/hectárea, (m³) Vt: Volumen total (m³) N°árboles/ha: Número de árboles/hectárea</p>

Volumen comercial/hectárea

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

Donde:

Vt/ha: Volumen total/hectárea, (m³)

Vt: Volumen total (m³)

N°árboles/ha: Número de árboles/hectárea

Volumen total/área neta de la plantación

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

Donde:

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

Vt/ha: Volumen total/hectárea (m³)

anp: Área neta de plantación

Volumen comercial/área neta de la plantación

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

Donde:

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

Vc/ha: Volumen comercial/hectárea (m³)

anp: Área neta de plantación

Realizado por: Rojas, J., 2024

Estimadores estadísticos

Parámetro	Fórmula	Descripción
Media	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	<p>Donde:</p> <p>X̄: Media</p> <p>Σ_{i=1}ⁿXi: Sumatoria de todas las unidades de muestreo</p> <p>n: Número de las unidades de la muestra</p>
Desviación estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$	<p>Donde:</p> <p>S: Media</p> <p>Σx²: La suma de los valores elevados al cuadrado de todas las mediciones individuales</p> <p>(Σx)²: El cuadrado de la suma de todas las mediciones</p>

**Coefficiente de
variación**

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

Donde:

Cv: Coeficiente de variación

S: Desviación estándar

\bar{X} : Media

Índice de Calidad General

**Índice de
calidad
General**

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

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.5. *Evaluación de la calidad de los árboles en pie de la plantación en estudio*

Para la ejecución del segundo objetivo específico que consiste en la evaluación de la calidad de madera en pie de la especie en estudio, se utilizó la metodología propuesta por Olman Murillo (1991, págs. 19-30), denominada, “Evaluación de Calidad y Valoración de Plantaciones Forestales”.

En las parcelas de muestreo, se registraron los datos de calidad de los árboles en un formulario de campo (ANEXO E). Esta información se recopiló de acuerdo con la escala de calificación propuesta por Murillo y Camacho (1997, págs. 189-206) para cada una de las variables de calidad evaluadas. Esto con el fin de obtener información sobre el valor de la plantación y evaluar los objetivos futuros de producción.

A continuación, se detalla los procedimientos realizados para la evaluación de las variables de calidad y las escalas de calificación de acuerdo con la metodología anteriormente mencionada:

3.9.5.1. *Bifurcación*

Se observó a cada árbol de la parcela desde la base hasta el ápice (Ilustración 3-5), otorgando los siguientes valores de calificación: Calificación “1” cuando no hay bifurcación en la parte comercial, calificación “2” cuando el árbol está bifurcado en algún lugar del fuste principal



Ilustración 3-5: Bifurcación con puntuación 2

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.5.2. *Inclinación del árbol*

Para la evaluar esta variable, se consideró cada árbol como un eje totalmente vertical (Ilustración 3-6) y dependiendo del grado de inclinación estimado, se procedió a calificar de la siguiente manera:

Calificación “1” cuando es recto, es decir, con un ángulo de inclinación igual o menor a 30° ;

Calificación “2” si el árbol es inclinado, si el ángulo de inclinación vertical es superior a los 30°



Ilustración 3-6: Árboles con puntuación 1

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.5.3. *Rectitud del fuste*

Para evaluar esta variable, se observó desde la base del árbol (ANEXO H), recorriendo su contorno y evaluando si el fuste comercial asciende de manera perpendicular y uniforme, o si presenta algún defecto de curvatura (Ilustración 3-7). 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 presento torceduras tan severas, que no permitiría obtener ninguna pieza a partir de un corte longitudinal de una sierra.



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

Realizado por: Rojas, J., 2024

3.9.5.4. *Daño mecánico*

Se observó si el fuste presentaba alguna lesión, ya sea por prácticas silviculturales o por agentes externos como lluvia (ANEXO I), viento, entre otros, otorgando las siguientes calificaciones: Calificación “1” Si el árbol no muestra evidencia de algún daño, Calificación “2” Cuando presenta heridas (Ilustración 3-6).



Ilustración 3-8: Puntuación 1 Árbol “A” (sin daño mecánico), y Árbol “B” (con daños).

Realizado por: Rojas, J., 2024

3.9.5.5. *Grosor de ramas*

Este variable se evaluó observando el grosor de todo el conjunto de ramas del árbol evaluado, considerando como rama gruesa aquella que superaba los 4cm de diámetro (ANEXO J), por lo que se asignó la calificación de: “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- 9).



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

Realizado por: Rojas, J., 2024

3.9.5.6. *Grano espiral*

Se estimó observando la dirección de la fibra del fuste (ANEXO K), por lo tanto: Se calificó con “1” cuando externamente presento fibra recta. Se calificó con “2” (Ilustración 3-10) si presento

una leve torcedura se calificó con “3” si es torcida “3” si es torcida (Murillo y Camacho, 1997 págs. 189-206).



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

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.9.5.7. *Número de trozas podadas*

Se tomó en cuenta las alturas comerciales de cada árbol, se dividió por 2,5 m de longitud, y se contabilizó cuántas trozas estaban libres de ramas, si la troza evaluada poseía ramas esta quedaba descalificada.

3.9.5.8. *Ángulo de inserción de las ramas*

Se estimó de acuerdo al ángulo que forma la rama y el eje perpendicular del fuste, otorgando las siguientes calificaciones: **Calificación “1”** cuando las ramas se insertan entre 45° y 90°, **Calificación “2”** si al menos una rama se inserta a menos de 45°.

3.9.5.9. *Estado fitosanitario*

Se evaluó cada uno de los árboles desde la base hasta el fuste si tenía presencia de plagas, deficiencia de nutrientes, entre otros (ANEXO L); los mismos que se reflejaban en su morfología, por lo que se calificó de acuerdo con los siguientes criterios propuestos por (Murillo y Camacho, 1997 págs. 189-206). Calificación “1” totalmente sano. - Árbol sin evidencia de problemas fitosanitarios, con buen aspecto nutricional y morfológico. Calificación “2”. 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 “3” Enfermo: Aquel que tenía problemas fitosanitarios en más del 50 % de las hojas y fuste principal.

3.9.5.10. Calidad de las trozas

Para evaluar la calidad de las trozas, se consideró la altura comercial de los árboles (ANEXO M), la cual se dividió para 2,50 metros de longitud, dado que esta medida es el tamaño estándar para la comercialización de las trozas. Posteriormente, cada una de las trozas fue evaluada visualmente, tomando en cuenta los criterios de calidad establecidos por Murillo (1991, págs. 19-30):

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.

3.10. Análisis de las variables cualitativas (discretas o discontinuas)

Se llevó a cabo un análisis de las variables cualitativas (también conocidas como discretas o discontinuas). Estas variables se midieron visualmente, sin el uso de herramientas, de acuerdo a la escala de calificación, según corresponda (distribución binomial). Por lo tanto, las estadísticas de estas variables, como la media y la varianza, se calculan de manera diferente. En este tipo de diseño de muestreo, donde se utilizan parcelas de área fija, es común encontrar grandes diferencias en el número de observaciones (n) entre las parcelas (Murillo y Camacho, 1997 págs. 189-206). Por lo tanto, el método más recomendado para estos datos es el cociente entre promedios, propuesto por Akca (1993) y citado en Murillo y Camacho (1997, págs. 189-206). Los datos recogidos

en el campo de las variables cualitativas se introdujeron en una hoja de Excel, donde se realizaron los cálculos utilizando las fórmulas que se detallan a continuación.

Tabla 3-5: Fórmulas para la evaluación de las variables cualitativas

Fórmula	Descripción
$P = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\sum y_i}{\sum x_i}$	<p>Donde:</p> <p>P: Promedio entre cocientes de la variable cualitativa</p> <p>$y\bar{i}$: El número total de individuos con la característica “i”</p> <p>$x\bar{i}$: El número promedio de individuos (n) en todas las parcelas</p> <p>Su estimado de varianza se obtuvo con la siguiente ecuación</p>
$s_{p^2} = \frac{1}{x^2} * \frac{s_{y^2} + \bar{p}^2 + s_{x^2} - 2 * \bar{p} * s_{xy}}{n - 1}$	<p>Donde:</p> <p>s_{p^2} : Varianza estimada de la relación entre s_{y^2} y s_{x^2}</p> <p>s_{y^2} : Varianza estimada para los valores de y (la característica i)</p> <p>s_{x^2} : Varianza estimada para los valores de x (el número de individuos n)</p> <p>s_{xy}: Covarianza estimada entre los valores “y” y “x”</p>
$s_{xy} = \frac{\sum xi * yi - \frac{\sum xi * \sum yi}{n}}{n - 1}$	<p>n: Tamaño de la muestra (número de parcelas).</p>

Realizado por: Rojas, J., 2024.

3.11. Elaboración de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento de la plantación en estudio

Para la formulación de la propuesta de aprovechamiento forestal, se tomó en cuenta diversas consideraciones que van desde el aspecto técnico, el marco normativo y el económico. A continuación, se presentan detalladamente los aspectos clave que se consideró para el desarrollo de la propuesta.

3.11.1. Análisis de la información

Se recopiló información básica sobre la plantación, como la ubicación, la superficie total, la edad promedio y las características del terreno.

3.11.2. Propuesta de aprovechamiento

Para la elaboración de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento en primer lugar se definió el objetivo de la propuesta de manejo. Dentro del aspecto técnico se definió las prácticas silviculturales más adecuadas y la descripción de las prácticas silviculturales a realizar, incluyendo el momento de la aplicación. Se definió el tipo de inventario forestal, los métodos de muestreo adecuados según las normas de la legislación vigente y la estimación de volúmenes.

Posteriormente se definió la planificación para de la propuesta del aprovechamiento se realizó una revisión del Marco legal y normativo, Identificando cuales son las leyes y normas aplicables al aprovechamiento forestal de una plantación como : el sistema de corta que consiste en seleccionar el método más adecuado de tala, el diseño de caminos forestales para el acceso y transporte de la madera, el aspecto económico y por último establecer medidas de protección ambiental en caso de ser necesario como la protección de cursos de agua, la fauna y la flora.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Crecimiento y productividad de los árboles de *Pinus radiata* de la plantación

La plantación objeto de estudio tiene una superficie neta de 19 hectáreas. Dentro de esta área, se distribuyeron 14 parcelas de muestreo, cada una con 500 m², sumando un total de 7000 m² de área evaluada. Se halló un promedio de 20 árboles por parcela, lo que equivale a 400 árboles por hectárea, proyectando un total de 7600 árboles en toda la plantación. Utilizando estos datos preliminares, junto con las mediciones de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), altura total (Ht) y comercial (Hc), Área Basal (AB), y los volúmenes totales (Vt) y comercial (Vc) obtenidos de las parcelas muestreadas, se procedió al cálculo de los estimadores estadísticos. Estos cálculos se realizaron considerando un nivel de confianza del 95 % (T=Student), y los resultados se presentan en la tabla 4-1.

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

Variables	\bar{X}	S (DesvSta)	Cv	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)	Error muest %
Nº Parcelas	14					
Área neta de la plantación (ha)	19					
Nº Árboles/Parcela	20	8,93	44,64	20,24	19,76	1,18
Nº Árboles·ha ⁻¹	400					
DAP (cm)	12,93	4,44	34,32	13,45	12,41	4,05
Hc (m)	5,97	2,53	42,35	6,27	5,68	5,00
Ht (m)	7,96	2,88	36,17	8,30	7,62	4,27
AB (m ²)	0,01	0,01	88,79	0,02	0,01	10,47
Vc (m ³)	0,05	0,09	167,32	0,06	0,04	19,74
Vt (m ³)	0,07	0,11	152,11	0,08	0,06	17,94
AB·ha ⁻¹ (m ²)	5,87			6,48	5,25	
Vc·ha ⁻¹ (m ³)	21,48			25,72	17,24	
Vt·ha ⁻¹ (m ³)	27,67			32,63	22,70	
Vc/Área neta de plantación	408,08					
Vt/Área neta de plantación	525,70					

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio por árbol

El Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) promedio en la plantación es de 12,93 cm, con una desviación estándar de 4,44 cm, lo que indica una variabilidad en el diámetro de los árboles. El coeficiente de variación del 34,32 % muestra una dispersión considerable en relación con el promedio. Los límites de confianza, que van de 12.41 cm a 13.45 cm, sugieren que hay un 95 % de probabilidad de que el DAP promedio real de todos los árboles se encuentre dentro de este rango. Como efectivamente se encontró (12,93 cm) (Tabla 4-1).

4.3. Altura comercial promedio por árbol

La altura comercial (Hc) promedio de los árboles en la plantación es de 5,97 m, con una desviación estándar de 2,53 m, indicando una variabilidad considerable en las alturas comerciales. El coeficiente de variación es del 42,35 %, mostrando una alta dispersión relativa en comparación con el promedio. El intervalo de confianza al 95 % va de 5,68 a 6,27 m, lo que significa que hay un 95 % de probabilidad de que la media real de la altura comercial de todos los árboles de la plantación se encuentre dentro de este rango. Es decir que el promedio 5,97 m hallado está dentro del rango (Tabla 4-1).

4.4. Altura total promedio por árbol

La altura total (Ht) promedio de los árboles es de 7,96 metros, con una variación notable en las alturas con una desviación estándar de 2,88 m. Hay un 95 % de confianza de que la altura comercial media está entre 7,62 y 8,30 m, lo cual el valor encontrado está dentro de este rango (Tabla 4-1).

4.5. Área basal promedio por árbol

El área basal (AB) promedio por árbol en la plantación es de 0,01 m² con una alta variabilidad, reflejada en un coeficiente de variación del 88,79 %, reflejando una dispersión muy grande en relación con la media. Esto sugiere que hay una amplia gama de tamaños de árboles en la plantación. El intervalo de confianza de 0,01 a 0,02 m² indica que la mayoría de los árboles se sitúan dentro de este rango de tamaño, como efectivamente se halló en este estudio (0,01 m²) (Tabla 4-1).

4.6. Volumen comercial promedio por árbol

El volumen comercial (V_c) promedio de la plantación es $0,05 \text{ m}^3$, con una alta variabilidad (desviación estándar de $0,09 \text{ m}^3$) y un coeficiente de variación muy alto del 167,32 %, indicando una alta dispersión en los volúmenes comerciales entre árboles. El intervalo de confianza del 95 % oscila entre $0,04$ y $0,06 \text{ m}^3$, lo que refleja la probabilidad de que el volumen comercial real promedio esté dentro de este rango. Como efectivamente se encontró ($0,05 \text{ m}^3$) (Tabla 4-1).

4.7. Volumen total promedio por árbol

El volumen total (V_t) promedio de los árboles es $0,07 \text{ m}^3$, con una desviación estándar de $0,11 \text{ m}^3$, lo que muestra una gran variabilidad de volúmenes entre árboles. El intervalo de confianza al 95 % es de $0,06$ a $0,08 \text{ m}^3$ indicando una probabilidad alta de que el volumen total promedio esté dentro de este rango, tal como se encontró en este estudio ($0,07 \text{ m}^3$) (Tabla 4-1).

4.8. Área Basal por hectárea

El área basal (AB) promedio proyectado por hectárea es de $5,87 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, con un intervalo de confianza que va de $5,25$ a $6,48 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Este valor representa la suma de las áreas basales de todos los árboles por hectárea y es un indicador de la densidad y productividad de la plantación (Tabla 4-1).

4.9. Volumen comercial y total por hectárea

El volumen comercial promedio de madera por hectárea, con un intervalo de confianza al 95 % que va de $17,24$ a $25,72 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, es de $21,48 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ indicado efectivamente que este valor promedio hallado está dentro del rango. De la misma manera el promedio de Volumen de madera total por hectárea es de $27,67 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, el cual se encuentra dentro del intervalo de confianza que va de $22,70$ a $32,63 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tabla 4-1).

4.10. Volumen comercial y total del área neta de plantación de *Pinus radiata*.

Tras realizar los cálculos pertinentes considerando los parámetros estadísticos correspondientes, se determinó que, en el área neta de la plantación, cuya superficie es de 19 hectáreas, existe un volumen de madera comercial de $408,08 \text{ m}^3$ y un volumen total de $525,70 \text{ m}^3$ (Tabla 4-1).

4.11. Incremento medio anual (IMA) de la plantación de Pinus radiata

El incremento medio anual (IMA) volumen ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} / \text{año}$) es igual a 2,73 mientras que el IMA para la altura es igual a 1,13 $\text{m} \cdot \text{ha}^{-1} / \text{año}$. Datos que se muestran en las ilustraciones 4-1 y 4-2

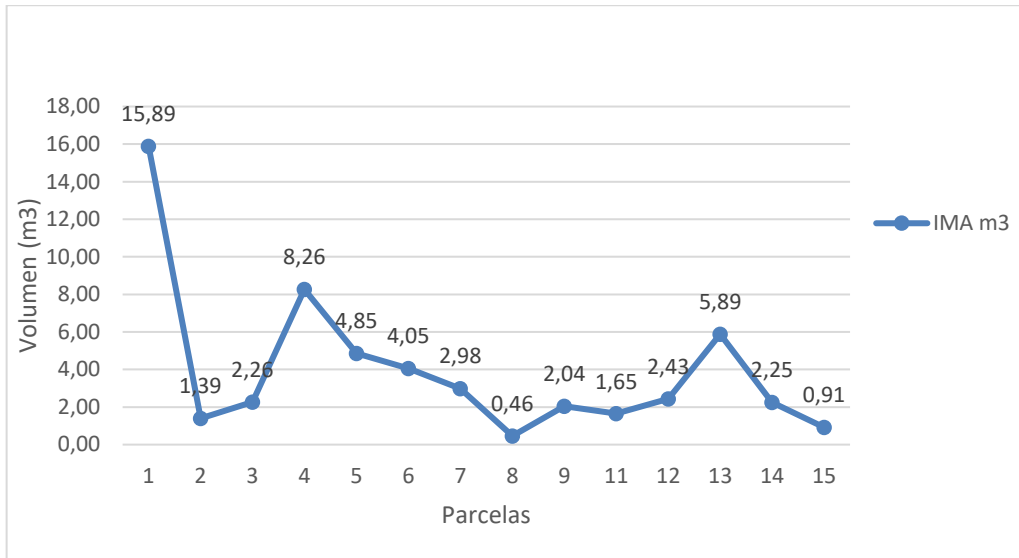


Ilustración 4-1: Incremento Medio Anual en volumen de 8 años ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} / \text{año}$)

Realizado por: Rojas, J., 2024

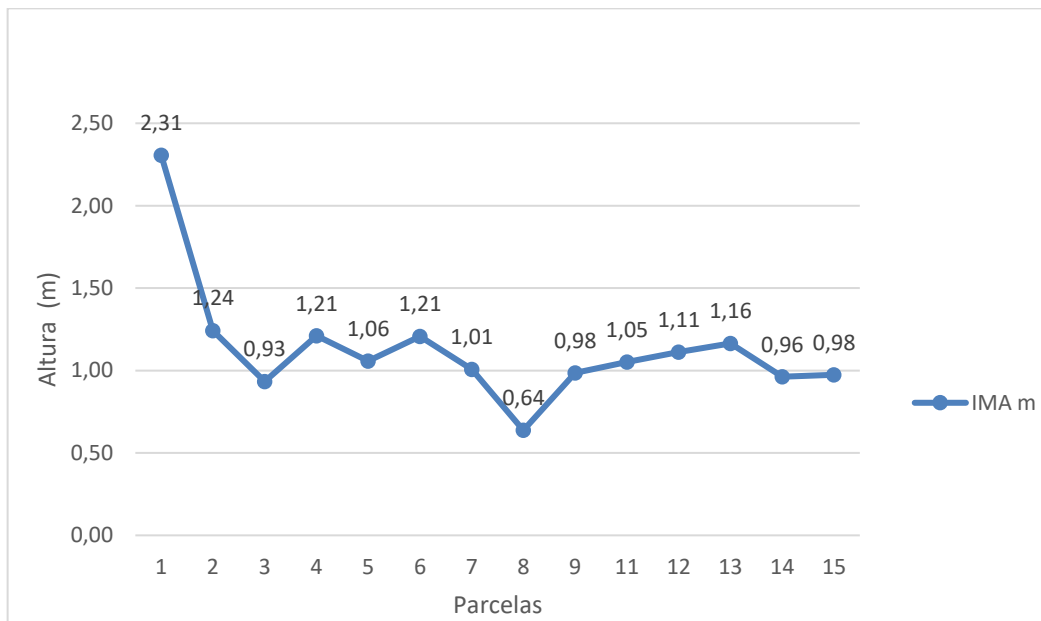


Ilustración 4-2: Incremento Medio Anual para altura en 8 años ($\text{m} \cdot \text{ha}^{-1} / \text{año}$)

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12. Evaluación de la calidad de los árboles en pie de la especie en estudio

Con relación a los datos asociados a las variables cualitativas, se puede encontrar los resultados detallados en la tabla 4-5. Esta tabla presenta los valores promedio, porcentajes de desviación estándar que han sido evaluados en todas las parcelas de la plantación en estudio.

Tabla 4-2: Resumen de las variables cualitativas de las plantaciones de estudio

N° Parcelas	Bifurcación		Inclinación del árbol		Rectitud del fuste		Daño mecánico		Grosor de ramas		Ángulo de inserción de las ramas		Estado fitosanitario		Grano espiral	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	15	3	13	4	10	8	13	5	0	18	0	18	6	12	13	5
2	2	8	2	8	1	9	7	3	0	10	0	10	9	1	4	6
3	29	0	29	0	29	0	29	0	0	29	0	29	29	0	29	0
4	38	0	38	0	35	3	38	0	0	38	0	38	38	0	38	0
5	29	1	29	1	29	1	30	0	0	30	0	30	26	4	30	0
6	18	0	18	0	18	0	18	0	0	18	0	18	17	1	18	0
7	29	0	28	1	26	3	29	0	0	29	0	29	29	0	14	15
8	14	0	14	0	14	0	14	0	0	14	0	14	14	0	7	7
9	16	0	13	4	13	3	16	0	0	16	0	16	9	7	8	8
11	14	0	13	1	12	2	14	0	0	14	0	14	2	12	14	0
12	15	0	15	0	14	1	15	0	0	15	0	15	12	3	15	0
13	27	0	25	2	25	2	26	1	0	27	0	27	27	0	27	0
14	14	0	14	0	10	4	14	0	0	14	0	14	13	1	14	0
15	7	1	6	2	6	2	8	0	0	8	0	8	7	1	8	0
SUMA	267	13	257	23	242	38	271	9	0	280	0	280	238	42	239	41
PROMEDIO	19,07	0,93	18,36	1,64	17,29	2,71	19,4	0,64	0,00	20,00	0,00	20,00	17,00	3,00	17,07	2,93
PORCENTAJE	95,36	4,64	91,79	8,21	86,43	13,57	96,8	3,21	0,00	100,00	0,00	100,0	85,00	15,0	85,36	14,64
DESVIACION(%)	9,90	2,20	10,02	2,31	9,96	2,76	9,33	1,50	0,00	8,93	0,00	8,93	10,86	4,30	10,13	4,63

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12.1. Bifurcación

La ilustración 4-2, representa dos categorías de árboles, aquellos que no presentan bifurcación, representando el 95,36 % del total y los árboles bifurcados que comprenden el restante 4,64 %.

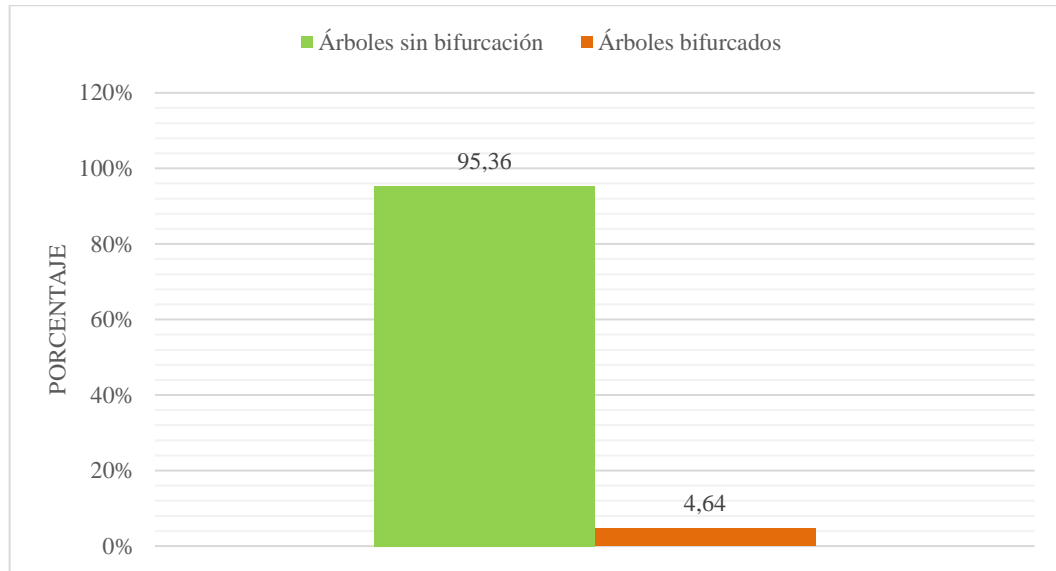


Ilustración 4-3: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12.2. Inclinación

En la plantación, se registran valores de árboles sin inclinación del 91,8 % y 8,2 % árboles inclinados respectivamente

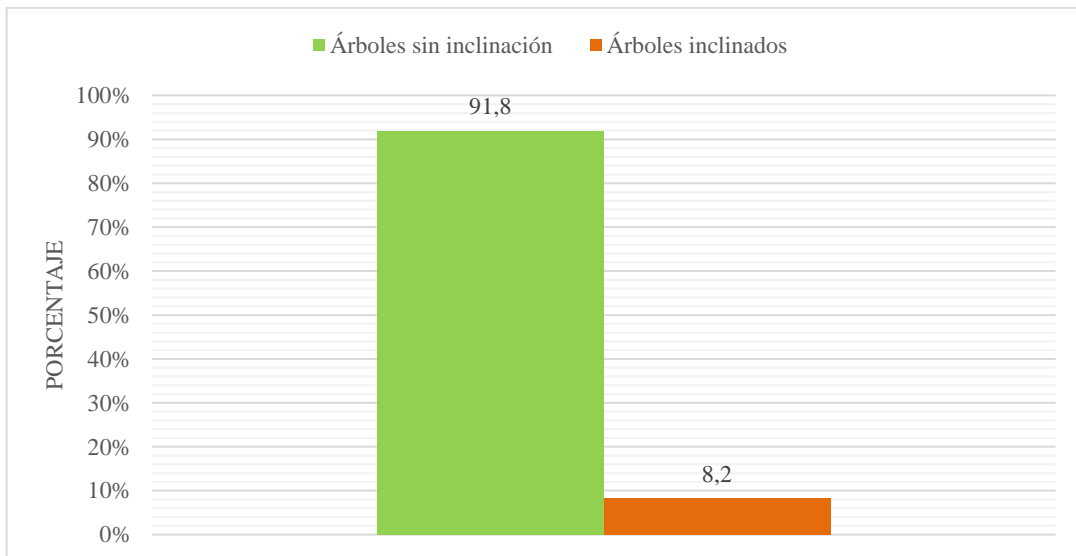


Ilustración 4-4: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12.3. Rectitud

En la ilustración 4-2 se registra un porcentaje de árboles rectos del 86,43 %, no obstante, dentro de la plantación los árboles muestran un índice de individuos con leves alabeos alcanzando un 13,57 %.

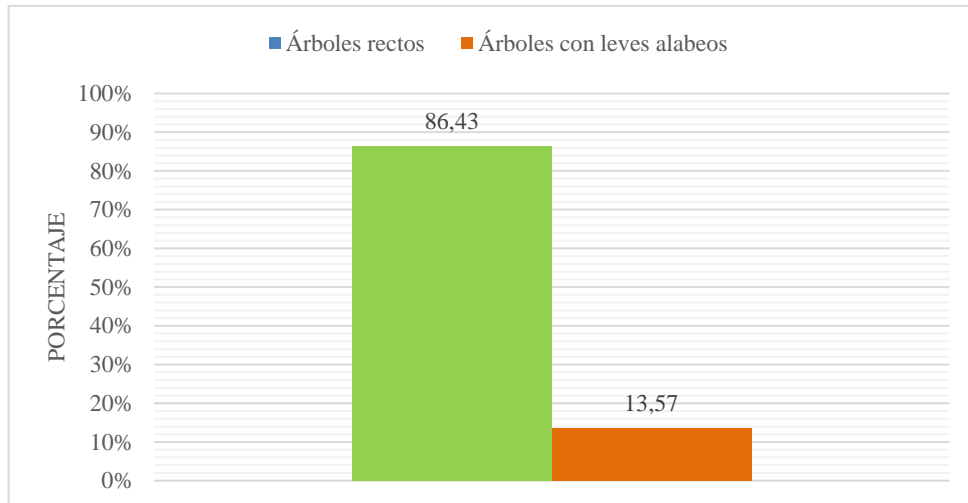


Ilustración 4-5: Porcentaje de árboles respecto a la variable rectitud

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12.4. Daño mecánico

En la ilustración 4-6 se registra un porcentaje árboles sin daño mecánico 96,79 %, no obstante, dentro de la plantación los árboles muestran un índice de individuos con un daño mecánico 3,21 %,

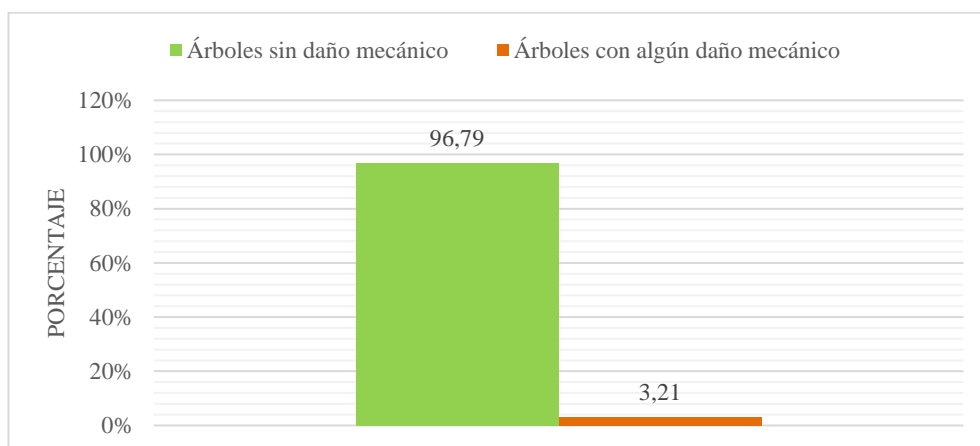


Ilustración 4-6: Porcentaje de árboles respecto a la variable daño mecánico

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12.5. Grosor de ramas

En la plantación se evidenciaron árboles que presenta el mayor valor de árboles con ramas gruesas con el 100 %.

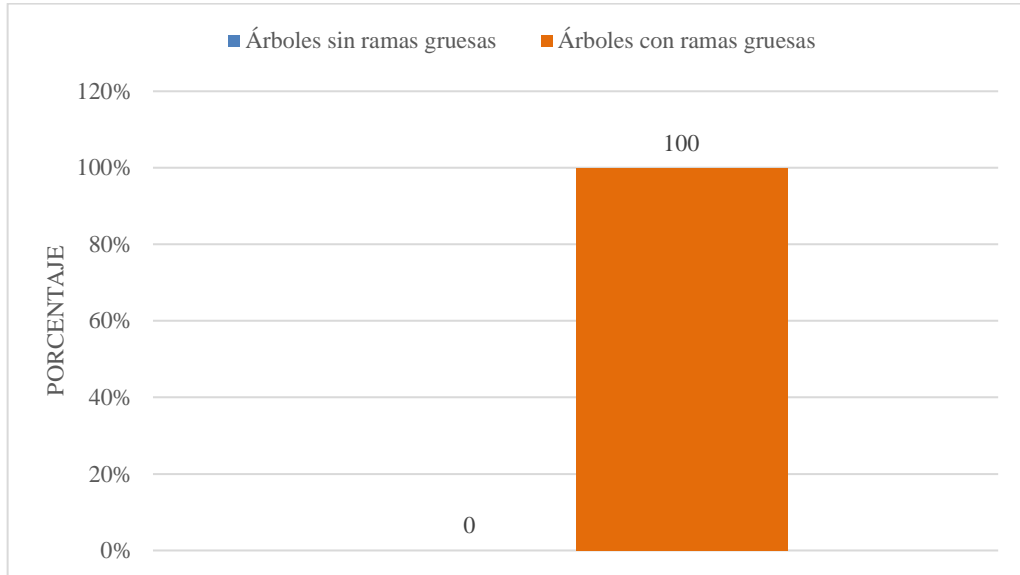


Ilustración 4-7: Porcentaje de árboles respecto a la variable grosor de ramas

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.12.6. Ángulo de ramas

La plantación presenta un porcentaje de 100 % respectivamente de árboles con ramas de inserción entre 45° y 90°.

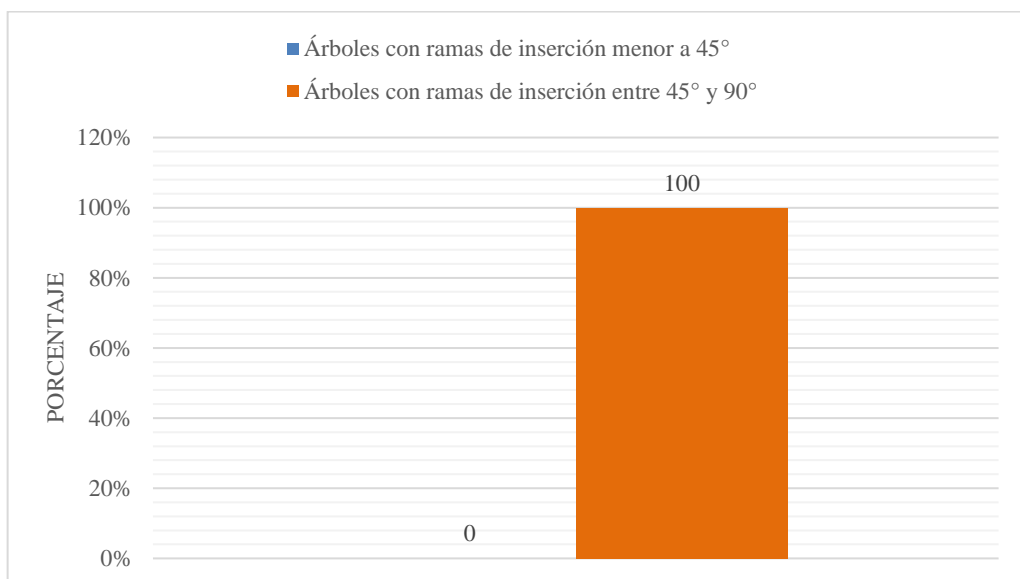


Ilustración 4-8: Porcentaje de árboles respecto a la variable ángulo de ramas

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.13. Estado fitosanitario

La plantación presenta un porcentaje de 85,00 % respectivamente de árboles sanos, a comparación de 15,00 % de árboles de árboles aceptablemente sanos.

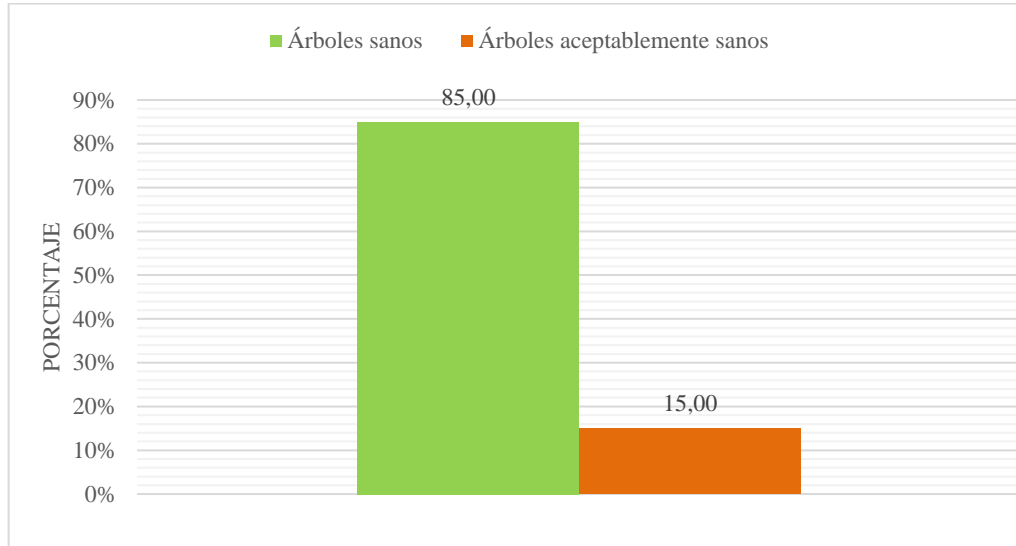


Ilustración 4-9: Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.14. Grano espiral

En la Ilustración 4-10, se observa que la plantación presentó un valor de 85,36 % de árboles con fibra recta y una presencia ligeramente con relación a la de árboles con fibra levemente torcida 14,64 %.

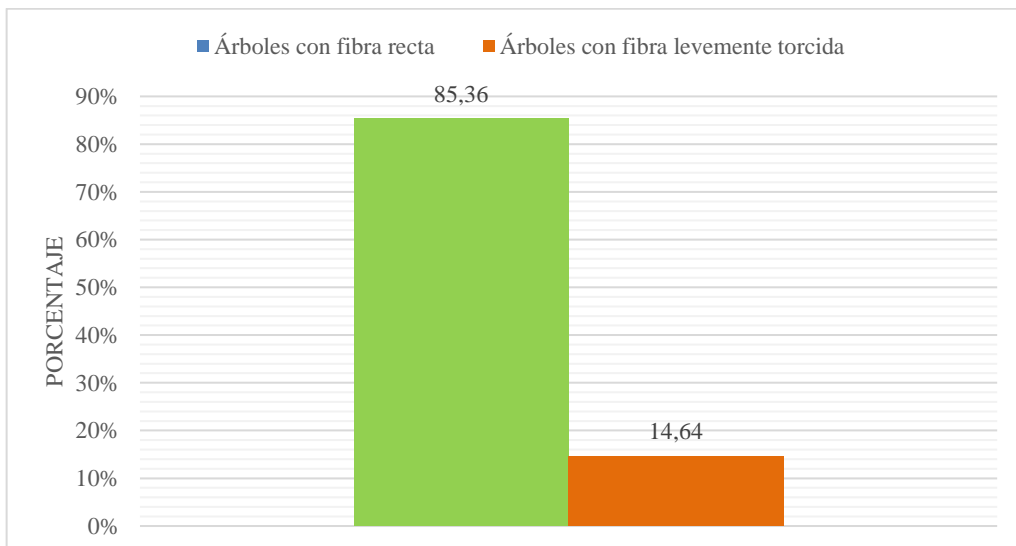


Ilustración 4-10: Porcentaje de árboles respecto a la variable grano espiral

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.15. Calidad de trozas

De acuerdo con los criterios de calidad (Tabla 4-3) de las trozas (calidad 1, calidad 2, calidad 3, calidad 4), el 10,50 % de todas las trozas evaluadas poseen atributos que las categorizan como de calidad 3. Esta categoría corresponde a trozas comerciales que son útiles para la industria maderera. Por otro lado, el 89,50 % de las trozas son de calidad 4, las cuales no cumplen con al menos uno de los criterios valorados. Sin embargo, más del 50 % del fuste de estas trozas puede ser aprovechado. El alto porcentaje de trozas de calidad 4 se debe a la juventud de la plantación.

Tabla 4-3: Promedio de trozas por categoría de calidad

Trozas	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Calidad 4	Total
Parcela	-	-	4,23	36,07	40,30
Hectárea	-	-	169	1443	1612,09
Total, plantación	-	-	3215,38	27414,29	30629,67
%	-	-	10,50	89,50	100,00

Realizado por: Rojas, J., 2024

La tabla 4-3 muestra que, en promedio, hay 4 trozas de calidad 3 y 36 trozas de calidad 4 por parcela. Al proyectar estos datos a una escala de hectáreas, se estima que existen, en promedio, 169 trozas de calidad 3 y 1443 trozas de calidad 4. Por lo tanto, en toda la plantación, se calcula un total aproximado de 30 629,67 trozas, incluyendo las de calidad 3 y 4. En la Ilustración 4-11 se visualiza que la plantación muestra mayor proporción de trozas de calidad 4, seguidas de calidad 3.

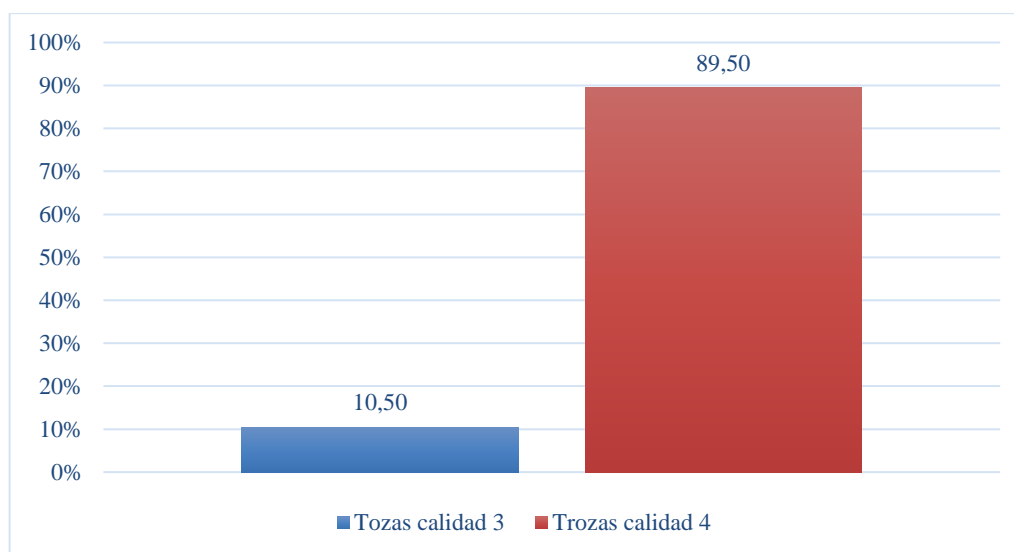


Ilustración 4-11: Porcentaje de trozas respecto a la variable calidad

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.16. Índice de Calidad General de la plantación evaluada

Este índice permite conocer el desarrollo que ha tenido la plantación en estudio, hasta el momento que se realizó su evaluación. El Índice de Calidad General de la plantación presenta el valor de 3,90 (Tabla 4-4).

Tabla 4-4: Índice de calidad general de la plantación

Plantación	Especie	Índice de Calidad General
	<i>Pinus radiata</i>	3,90

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.16.1. Elaboración de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento de la plantación en estudio

Para la elaboración de la propuesta de manejo silvicultural se parte del inventario realizado en campo, según los cuales se encontró los siguientes resultados (Tabla 4-5).

Tabla 4-5: Resumen del inventario de la plantación

Variable	Cantidad
Área de la plantación	19 ha
Edad	8 años
Densidad de la plantación	400 árboles/ha
Área basal	5,87 m ² /ha
Total, de árboles	7600
Volumen comercial/ha	21,48 m ³ /ha
Volumen total /ha	27,67 m ³ /ha
Volumen comercial área neta	408,08 m ³
Volumen total área neta	525,70 m ³
IMA volumen	2,73 m ³
IMA altura	1,13 m

Realizado por: Rojas, J., 2024

La plantación actualmente tiene 8 años, su aprovechamiento se pretende realizar dentro de 10 años, por lo cual en el transcurso de ese tiempo se debe realizar manejo silvicultural con el propósito de mejorar la calidad de la madera.

4.16.2. Manejo silvicultural

Generalmente el manejo silvicultural en esta especie consiste en realizar limpieas, podas y raleos sugiriendo la realización de tres raleos: el primero a los 7 años, el segundo a los 12 años y el tercero a los 17 años. La poda se la puede realizar con el primer raleo (Ecuador Forestal, 2024).

4.16.2.1. Raleo

La plantación tiene una densidad de 400 árboles por hectárea por lo que proyectado a 19 hectáreas existen 7600 árboles. Las intensidades de raleo a aplicar son del 30, 25, 25 %, con el fin de mejorar la calidad del fuste, reducir la competencia, eliminar árboles en mal estado fitosanitario y mejorar el acceso a la plantación en el momento de la cosecha.

Utilizando los datos del inventario presentados en la tabla 4-5 y considerando el Incremento Medio Anual (IMA) de la plantación, se realiza una proyección (Tabla 4-6) de los volúmenes de madera que se esperan cosechar durante cada raleo y en la cosecha final. Estos volúmenes proyectados serán fundamentales para el subsiguiente análisis económico.

Tabla 4-6: Volúmenes de raleo y cosecha final proyectado

Raleo y cosecha	Intensidad de raleo (%)	Total, de árboles a ralear	árboles que quedan en pie	IMA (m3/año)	Volumen proyectado (m3)
Primer Raleo (8 años)	30	2280	5320	2,73	160
Segundo Raleo (12 años)	25	1330	3990		101
Tercer Raleo (16)	25	998			89
Cosecha (18 años)			2993		237

Realizado por: Rojas, J., 2024

Ejecutado los raleos correspondientes, quedan para la cosecha final 2993 árboles equivalente al 40 % de la densidad inicial.

4.16.2.2. Poda

Considerando que el producto final a obtener es madera rolliza, es indispensable realizar las podas (Tabla 4-7), con el fin de obtener madera libre de nudos.

Tabla 4-7: Numero de árboles a podar

Poda	Número de árboles a podar
Primera Poda (8 años)	5320
Segunda Poda (12 años)	3990
Tercer a Poda (16 años)	2983

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.17. Propuesta de aprovechamiento forestal

Según Meza (2004, pág. 1) el objetivo del aprovechamiento de plantaciones forestales es obtener la mayor cantidad de productos de la mejor calidad, al menor costo posible y causando el mínimo impacto. Para poder lograr este objetivo las operaciones se deben realizar bajo el concepto de sistema.

El aprovechamiento forestal es un sistema de producción, por lo tanto, tiene una serie de etapas bien definidas, las cuales deben interactuar entre sí en forma ordenada y lógica, para lograr el objetivo señalado. La ejecución del aprovechamiento debe hacerse bajo una “estructura de servicio”, de modo que las operaciones de cada etapa se realicen logrando el mejor provecho del producto proveniente de la etapa anterior y facilitando la labor siguiente. Para lograr esta estructura es fundamental un proceso detallado de planificación de las actividades a ejecutar en cada etapa (Meza, 2004, pág. 1).

Considerando lo anterior a continuación se presenta la propuesta de aprovechamiento de la plantación forestal de *Pinus radiata*, objeto del presente estudio:

4.17.1. Información básica

4.17.1.1. Estado de la tenencia de la tierra

La plantación de *Pinus radiata* está compuesta por varios propietarios, sin embargo, se encuentra dentro del predio que es propiedad de la señora Julieta Valverde.

4.17.1.2. *Infraestructura existente*

Dentro de la plantación, no existe ningún tipo de edificación. No obstante, en sus inmediaciones pasa la vía E 35, troncal de la sierra, una carretera asfaltada de primer nivel que se encuentra en óptimas condiciones. A esto se suman tres caminos secundarios de tierra, los cuales tienen acceso directo a la plantación. La plantación se encuentra cerca de la cabecera parroquial Palmira, el mismo que cuenta con servicios de electricidad, agua potable y una estación de gasolina.

4.17.1.3. *Aspectos legales*

La presente propuesta de aprovechamiento forestal se registrará bajo el acuerdo ministerial 010 expedida por el Ministerio Agricultura y Ganadería (MAG), entidad gubernamental competente en cuanto se refiere a plantaciones forestales y el Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica (MAATE).

4.17.1.4. *Ubicación geográfica*

La plantación se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

Tabla 4-8: Localización de la plantación

Plantación	Coordenadas		Altura
A	X	Y	(msnm)
	751727	9770343	3320 a 3360

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.17.1.5. *Localización política y administrativa forestal*

La plantación políticamente pertenece a la parroquia Palmira, cantón Colta, provincia de Chimborazo. La jurisdicción administrativa forestal le corresponde a la Oficina Técnica de Riobamba, dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

4.17.1.6. *Superficie de la plantación a ser aprovechada*

La superficie de la plantación es de 19 hectáreas correspondiente a la especie *Pinus radiata*.

4.17.1.7. Edad y característica de los árboles

La plantación tiene 8 años. El promedio de la altura comercial de los árboles es de 5,97 m, mientras que la altura total promedio es de 7,96 m. En cuanto al DAP tiene un promedio de 12,93 cm. El fuste de los árboles es recto, no presentan mucho daño mecánico, presentan ramas gruesas, existe un bajo porcentaje de árboles con bifurcación. El estado fitosanitario de los árboles es sano.

4.17.2. Objetivo de la propuesta de manejo silvicultural y aprovechamiento

Analizar técnicamente las actividades que se realizará en la plantación en el momento de su manejo silvicultural y aprovechamiento con los costos asociados.

4.17.3. Inventario forestal

Para la realización del inventario forestal se tomará en cuenta la normativa establecida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, específicamente el acuerdo ministerial 010 en donde establece el tipo de inventario forestal a realizar (censo o muestreo de árboles). Para este propósito la normativa señala que se considerará la superficie (ANEXO N) y la forma de la plantación establecida. En este caso corresponde realizar un muestreo sistemático al azar. Siguiendo el siguiente criterio:

Para el levantamiento de la información en muestreo sistemático o al azar, la normativa señala que se debe utilizar parcelas circulares, rectangulares o cuadradas, de tamaño mayor o igual a 250 metros cuadrados. No obstante, recomienda usar parcelas circulares de 500 metros cuadrados debido a que son las que menor error de muestreo arrojan en la estimación de volumen (MAG, 2024, pág. 18).

Una vez establecido el método de muestreo y las unidades de muestreo se medirá las variables dasométricas como el DAP (diámetro a la altura del pecho) Altura comercial y altura total de los árboles. Se marcará los árboles, con el fin de facilitar la inspección en campo al momento de solicitar una licencia de aprovechamiento. Para la estimación del volumen de madera de la plantación se utilizará la hoja de cálculo para inventario forestal emitida por el MAG (ANEXO O)

4.17.4. Planificación del aprovechamiento

4.17.4.1. Caminos internos

Dentro de la plantación existe caminos, los cuales cubren casi la totalidad de la extensión de la plantación por lo que no hará falta la construcción de nuevos caminos, solamente hará falta una adecuación. Por otra parte, la vía principal de acceso a la plantación este situada a 100 metros, esta es la vía E35 troncal de la sierra, esta vía posibilita la extracción de la madera luego de la cosecha hacia los diferentes centros de comercialización.

4.17.4.2. Sistema de corta y extracción

En el momento de la cosecha, el sistema de corta será el de tala rasa, el cual es un sistema de corta en el que se corta todos o la mayoría de los árboles dentro de un área de plantación.

Se buscará dirigir la caída de los árboles en diagonal respecto a los caminos de extracción, con un ángulo de 30 y 60 grados, asegurando que el extremo del tronco quede orientado hacia el camino. Una vez derribados los árboles, se procederá a dividirlos en troncos de una longitud máxima de 11 metros, facilitando el arrastre hacia el patio de acopio.

Las máquinas encargadas de la extracción de árboles se desplazarán por caminos preestablecidos, tanto de entrada como de salida, en algunos casos utilizando tractores de oruga. Al llegar al sitio de extracción, el operador y su ayudante extenderán al máximo el cable de la máquina para minimizar el impacto ambiental causado por su ingreso. En ocasiones, se accederá al área en reversa para reducir los giros dentro de la plantación.

4.18. Evaluación económica

Para la evaluación económica se definirá el destino final de comercialización, depósitos de madera o empresas madereras. En este caso se pretende que el destino final de comercialización sea las empresas madereras, por lo que la evaluación financiera se realizará en base a precios referenciales actuales.

Teniendo en cuenta que el volumen promedio de plantación a los 8 años es de 0,07 m³ por árbol, y considerando un Incremento medio anual de 2,73 m³ por año, podemos proyectar el futuro crecimiento de esta plantación. Después de realizar los raleos necesarios, se estima que quedará

un total de 2 993 árboles para la cosecha final. Con estos datos, procedemos a calcular el volumen proyectado para cuando la plantación alcance los 18 años, que es la edad de rotación prevista para esta especie. Este análisis nos lleva a un volumen total proyectado de 237 m³. Sin embargo, hay que considerar que los raleos y las podas pueden variar el IMA de la plantación por lo que los valores proyectados son referenciales y se tendrán ajustar en el momento que se realice el análisis económico futuro.

Tabla 4-9: Volumen proyectado para la cosecha de la plantación

Numero de árboles para la cosecha final en 19 ha	Volumen Promedio por árbol actual (m³)	Incremento medio (IMA) m³/año	Volumen proyectado en 18 años (m³)
2993	0,07	2,73	237

Realizado por: Rojas, J., 2024

El análisis económico se llevó a cabo utilizando los costos de referencia actuales del mercado para la cosecha y comercialización de madera por metro cúbico (ANEXO P). A partir de estos datos, se estimaron los costos de inversión para las actividades de raleo y los ingresos proyectados, así como para la cosecha final. Los resultados de estos cálculos se presentan en la tabla 4-10.

Tabla 4-10: Análisis económico

Rubro*	Número árboles	Cantidad (m3)	Costo de inversión en raleo/cosecha (USD/m3)	Costo total cosecha/raleo (USD/m3)	Precio de venta madera (USD/m3)	Ingresos (USD)	Ganancia (USD)
Raleo 1 año 8	2280	160,00	9,25	1.480,00	22,00	3.520,00	2.040,00
Raleo 2 año 12	1330	101,00	9,25	934,25	22,00	2.222,00	1.287,75
Raleo 3 año 16	998	89,00	9,25	823,25	22,00	2.958,00	1.134,75
Cosecha de Madera	2993	237,00	9,25	2.192,25	22,00	5.214,00	3.021,75
TOTAL	7600	611,00		5.429,75		12.914,00	7.484,25

Realizado por: Rojas, J., 2024

4.18.1. Discusión

La investigación mostró que los árboles de *Pinus radiata* presentaron una altura promedio comercial y total de 7,96 y 5,96 metros, respectivamente, y un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 12,93 cm. Las mediciones de altura y DAP de este estudio son inferiores a

las reportadas por Paganquiza (2012 pág. 94), quien encontró alturas promedio de 12,20 metros y un DAP de 16,30 cm.

El incremento medio anual promedio (IMA) en volumen alcanzó los $2,73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$, mientras que para la altura fue de $1,13 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$. Estos valores contrastan con los reportados por Paganquiza (2012 pág. 88), quien indicó un IMA en volumen de $15,53 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$ y en altura de $1,53 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$.

El incremento medio anual promedio (IMA) en altura total por árbol en la plantación de *Pinus radiata* estudiada fue de $1,13 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$. Este valor es inferior al valor reportado para esta especie por Ecuador forestal (2013, pág. 5) que es de $1,22 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$. Por otro lado, se registró un valor de IMA promedio en volumen de $2,73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$, siendo este valor inferior al valor estimado de $12,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}/\text{año}$ (5 a 20 m^3) según lo señalado por Ecuador forestal (2013, pág. 5). En cuanto al diámetro se registró un valor de IMA de $1,83 \text{ cm}/\text{año}$, este valor es superior al reportado por Ecuador forestal que es de $1,68 \text{ cm}/\text{año}$.

De igual forma el área basal promedio hallado en este estudio fue de $5,87 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ lo cual contrasta con lo hallado por Paganquiza (2012 pág. 67), quien encontró un valor para el área basal de $21,15 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Las diferencias que se observan entre los estudios de Paganquiza y el presente estudio es la altitud y densidad de plantación a pesar de que ambas plantaciones solo difieren de edad solo un año. La plantación examinada en esta investigación se sitúa en un rango altitudinal de 3320 a 3360 metros sobre el nivel del mar (msnm), mientras que la plantación analizada por Paganquiza se encuentra a 3150 msnm. Además, la densidad de plantación difiere significativamente: en el estudio de Paganquiza, se registraron $980 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$, en contraste con los $400 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$ registrados en el presente estudio. Un aspecto importante que podría causar estas diferencias es posiblemente el manejo silvicultural. La plantación estudiada por Paganquiza fue gestionada, mientras que la plantación actual no ha recibido tal manejo, en ese sentido, según Cuellar y Ramos (2023, pág. 32) las plantaciones forestales con manejo silvicultural tienen mayor productividad que las no manejadas.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para el manejo silvicultural de *Pinus radiata* en la Parroquia Palmira y áreas similares. La optimización de las prácticas de manejo y los programas de poda y raleo podría mejorar significativamente el crecimiento y la productividad de las plantaciones (Díaz, et al. 2012 pág. 374). Las diferencias con estudios anteriores ponen en evidencia

cómo variaciones sutiles en altitud o densidad, pueden influir en el crecimiento de *Pinus radiata*. Esto refuerza la necesidad de un enfoque de manejo silvicultural personalizado, basado en una comprensión detallada de las condiciones locales.

En cuanto a la evaluación de la calidad de los árboles en pie dentro de la plantación objeto de estudio, Los resultados indican un alto porcentaje de árboles sin bifurcación (95,36 %), lo cual es un indicador favorable. Este factor es importante, puesto que, la bifurcación reduce la densidad de la madera y promueve una mayor variación dentro del tronco. Los troncos bifurcados disminuyen la densidad básica en dirección de la base a la parte superior (Barros et al. 2022 págs. 11-23).

La presencia de un 91,8 % de árboles sin inclinación y un 86,43 % de árboles rectos es otro aspecto positivo, ya que según Sierra De Grado et al., (2019, pág. 1) la rectitud del tronco es un criterio importante para determinar la calidad de la madera, especialmente para usos en los que se requiere longitud y uniformidad, como la fabricación de vigas y otros elementos estructurales. Sin embargo, la no aplicación de tratamientos silviculturales como la poda, tiene influencia sobre esta característica debido a la presencia de nudos, dando como resultado madera de baja calidad (Vignote y Villasanta, 2018 pág. 9). El leve alabeo presentado por un 13,57 % de los árboles podría afectar su clasificación final en categorías de calidad, aunque este porcentaje no es alto.

El daño mecánico afecta solo a un 3,21 % de los árboles, un porcentaje mínimo, sin embargo, representa un peligro latente debido a la entrada de patógenos (mayormente hongos) (Boa, 2008 pág. 6). Es importante destacar la ausencia de ramas gruesas en la totalidad de la plantación y que todas las ramas presentan una inserción entre 45° y 90°, características que favorecen la formación de madera sin defectos internos y facilitan las labores de poda y manejo (Gonzales, 2017 págs. 37-43) .

Pese a que la plantación no tuvo manejo, el estado fitosanitario de la plantación es bueno, con un 85 % de árboles clasificados como sanos y un 15 % como aceptablemente sanos, aunque se sugiere la importancia de continuar con prácticas de manejo que prevengan el deterioro de la salud de los árboles.

La calidad de la fibra, con un 85,36 % de árboles con fibra recta, es otro indicador positivo que sugiere un alto valor comercial de la madera, siendo la fibra recta preferida para numerosas aplicaciones industriales (Gysling et al. 2021 págs. 1-224). Sin embargo, un 14,64 % presenta una fibra levemente torcida lo cual, según Merino (2010, pág. 37) genera la descalificación del árbol o troza como producto maderable.

Sin embargo, es notable que, a pesar de estas características mayoritariamente favorables, solo un 10,50 % de las trozas se clasificaron como de calidad 3, mientras que el 89,50 % restante se consideró de calidad 4. La juventud de la plantación es un factor para considerar (Vignote y Villasanta, 2018 pág. 4), ya que con el tiempo y bajo un manejo forestal adecuado, es probable que la proporción de trozas de alta calidad aumente. Según Murillo et al., (2004, pág. 49) los defectos en la troza si tienen una repercusión directa en la industria primaria de transformación de la madera.

El índice general de calidad para la plantación se situó en 3,90, lo que se encuentra dentro del rango de valores típicos para plantaciones forestales. De acuerdo con Rojas y Murillo (2000, págs. 67-75), estos valores fluctúan entre 1 y 4, los índices próximos a 1 denotan plantaciones de elevada calidad, mientras que aquellos cercanos a 4 indican plantaciones de calidad inferior. Considerando esto la plantación en estudio es de una calidad inferior. El valor de índice general de calidad exhibido para la plantación en estudio posiblemente se deba a la calidad de plántulas utilizadas al momento de su establecimiento, un pobre manejo silvicultural y a las diferentes condiciones edafoclimáticas en las primeras etapas de su desarrollo, condicionantes que influyen en desarrollo integral de los árboles (Lasuen, 2017).

El análisis económico de la propuesta de manejo y aprovechamiento muestra una tendencia positiva en la rentabilidad de las actividades silviculturales a lo largo del tiempo. A pesar de que los costos de inversión en raleo y cosecha son referenciales de USD 9,25/m³ (valor actual en el mercado), por la venta de la madera a USD 22/m³ permite obtener ganancias en cada etapa.

Al analizar los raleos subsiguientes, se estima una disminución en la cantidad de madera cosechada, resultando en una reducción proporcional de los ingresos totales. Sin embargo, las ganancias se mantienen en un rango favorable, con USD 1 287,75 y USD 1 134,75 para el segundo y tercer raleo, respectivamente. Esto sugiere que, aunque la cantidad de madera disminuye, la eficiencia de los costos de inversión se optimiza.

La cosecha final presenta la mayor cantidad de volumen de madera y, consecuentemente, la ganancia más alta de USD 3.021,75. Este resultado es indicativo de la importancia de un manejo silvicultural como podas y raleos, los cuales incrementan la producción, maximizando los rendimientos económicos (Díaz, et al. 2012 pág. 374).

La propuesta de aprovechamiento forestal proporciona datos preliminares sobre la inversión necesaria para cada una de las actividades silviculturales a realizarse y la cosecha de la plantación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos valores son estimaciones y pueden variar anualmente en función de la volatilidad de los precios de los insumos en el mercado (Mohammad et al. 2023). Por lo tanto, será necesario ajustar estos costos en el momento de realizar cada actividad.

4.18.2. Comprobación de la hipótesis

La comprobación de la hipótesis se realizó en base a la variable dasométrica del incremento medio anual (IMA) en volumen.

Tabla 4-11: Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Incremento medio anual de volumen de madera en pie	14	0,41	13,9	3,4586	3,53
N válido (por lista)	14				

Realizado por: Rojas, J., 2024

De las 14 parcelas evaluadas, se observa un IMA mínima de 0,41 m³ y máxima de 13,90 m³, se observa una media de IMA de 3,45 m³ con una desviación estándar de 3,53 m³.

Tabla 4-12: Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Incremento medio anual de volumen de madera en pie	0,742	14	0,001

Realizado por: Rojas, J., 2024

Según la prueba de Shapiro-Wilk se refleja que los datos no siguen una distribución normal. Puesto que el valor p es 0.001, que es menor que el nivel de significancia de 0,05.

4.18.3. Prueba de Wilcoxon de una muestra

Tabla 4-13: Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
IMA V	14	2,73269

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta = 12,5$

Hipótesis alterna $H_1: \eta \neq 12,5$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
IMA V	14	1,00	0,001

Realizado por: Rojas, J., 2024

Dado que los datos de incremento medio anual por hectárea por año de la plantación de *Pinus radiata* no mostraron un comportamiento normal, se aplicó la prueba no paramétrica Wilcoxon se tiene que la mediana del incremento medio anual de volumen de madera por hectárea es 2,73 m³. Puesto que el valor p es aproximadamente 0.001, que es menor que el nivel de significancia de 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la mediana del incremento medio anual por hectárea por año de la plantación en estudio es menor al valor estimado de 12,5 m³ · ha⁻¹/año (5 a 20 m³) según lo señalado por Ecuador Forestal (2013, pág.5). Esto debido al escaso manejo aplicado a la plantación evaluada con ausencia de labores de poda, raleo y fertilización inicial.

CONCLUSIONES

Esta investigación ha permitido estimar con precisión el crecimiento de la plantación en estudio, en términos de la altura promedio, el diámetro a la altura del pecho (DAP), y los volúmenes. El incremento medio anual (IMA) para volumen y altura fue de $2,73 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} / \text{año}$ y $1,13 \text{ m/año}$ respectivamente, siendo estos valores inferiores a los valores reportados por Ecuador forestal para esta especie.

La evaluación de la calidad de los árboles en pie mostró que más del 80 % de los árboles presentan excelente calidad en términos bifurcación del fuste, inclinación, rectitud, daño mecánico, grosor de ramas, ángulo de inserción ramas y estado fitosanitario. No obstante, la plantación en general tiene un índice de calidad general pobre con un valor de 3,90.

Se elaboró una propuesta de manejo silvicultural y de aprovechamiento de la plantación. En el cual se incluye recomendaciones específicas para mejorar el crecimiento y la calidad de los árboles, con prácticas de raleo y poda. Por último, en esta propuesta también se incluye recomendaciones a seguir al momento de realizar la cosecha, tanto en aspectos legales, técnicos y económicos.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo estudios detallados para caracterizar el crecimiento dasométrico de la plantación, tomando en consideración los factores edáficos y las prácticas de manejo silvicultural como raleos y podas. Es importante comparar estos nuevos hallazgos con los resultados dasométricos obtenidos en el presente estudio, para obtener una comprensión más completa del desarrollo de la plantación.

Realizar una evaluación continua de la calidad de los árboles en pie cada 4 años, e implementar estrategias de manejo forestal, los cuales serán fundamentales para mejorar la proporción de trozas que cumplen con los estándares más altos de calidad, aumentando así su valor comercial y el índice de calidad general de la plantación.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARCE, J.**, *Inventario Forestal Exploratorio En Cinco Comunidades Ashaninka- Atalaya* [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 2002. Universidad Nacional Agraria De La Selva. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/597/T.FRS-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. **ARTE FORESTAL**. *Inventarios Forestales & Aprovechamiento Forestal*. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2024]. Disponible en: <http://arteforestal.com/portfolio-item/best-for-skin-2-2/>.
3. **BARROS, U.O., et al.** Effects of Tree Spacing and Forking on the Modification of Wood Density in a Trial Plantation of *Tachigali Vulgaris* for Energy in Amazonia. *Journal of Tropical Forest Science*, 2022. vol. 34, no. 1, pp. 11-23. ISSN 01281283. DOI 10.26525/jtfs2022.34.1.11.
4. **BOA, E.** *Guía ilustrada sobre el estado de salud de los arboles* [en línea]. San Salvador: FAO-OIRSA. 2008. ISBN 9789253050208. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y5041s/y5041s00.pdf>.
5. **CAJAL, A.** Investigación de campo: características, tipos y etapas. *Al-Qantara* [en línea], 2019. vol. 2, pp. 13. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lco/mendez_r_jj/capitulo4.pdf.
6. **CÁRDENAS, S.R.** *Inventario exploratorio del potencial maderable en los bosques de la Universidad Nacional Agraria de la selva-Tingo-Maria* [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 1995. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Disponible en: <https://revistas.ufrrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>.
7. **CARRERA, G.F.** *Curso Inventarios Forestales en Bosques Secos* [en línea]. Turrialba: CATIE. 1994. Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1056/Curso_inventarios_forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
8. **CATIE**. *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* [en línea]. II. Turrialba, Costa Rica: s.n. 2002. ISBN 9977-57-384-0. Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2600/Inventarios_forestales_para_bosques_latifoliados.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

9. **CORPEI.** *Planeación Estratégica Plantaciones forestales en el Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: EXPOECUADOR. 2012. Disponible en: https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf.
10. **CUELLAR, José & RAMOS Eloy.** *Manejo Silvicultural de Plantaciones Maderables para mejorar la calidad de la madera* [en línea]. I. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2023. ISBN 9786125086242. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/facultad/forestales/-LIBRO_SIL_DR_ELOY.pdf.
11. **CUNACHI, G.** *Manual práctico de inventarios forestales*. Atalaya, Perú: CORPIA. 2010.
12. **CVETKOVIĆ Vega.** Cross-sectional studies. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 2021. vol. 21, no. 1, pp. 164-170. ISSN 18145469. DOI 10.25176/rfmh.v21i1.3069.
13. **DÍAZ, S.** Efecto del raleo en el crecimiento y algunas propiedades de la madera de *Eucalyptus nitens* en una plantación de 15 años. *Maderas. Ciencia y tecnología* [en línea], 2012. vol. 14, no. ahead, pp. 0-0. [Consulta: 14 marzo 2024]. ISSN 0718-221X. DOI 10.4067/s0718-221x2012005000009. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2012000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
14. **DÍAZ, V. & NÚÑEZ.** Scientific articles, types of scientific research and productivity in health sciences. *Revista Ciencias de la Salud*, 2016. vol. 14, no. 1, pp. 115-121. ISSN 21454507. DOI 10.12804/revsalud14.01.2016.10.
15. **DIÉGUEZ, A.F.** *Prácticas de Dasometría. SMartForest Research Group* [en línea], 2005. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305640101_Practicas_de_dasometria.
16. **DUABER, E.** *Guía Práctica y Teórica para el Diseño de un Inventario Forestal de Reconocimiento* [en línea]. Santa Cruz, Bolivia: USAID. 1995. Disponible en: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnabx164.pdf.
17. **EGOAVIL, M.E.F.** *Inventario forestal para aprovechamiento de maderas comerciales en el bosque local de la comunidad de Monte Bello, Rio Ucayali, Loreto-Perú* [en línea]. Tesis de Grado. S.l.: 2003. Universidad Nacional De La Amazonía Peruana. Disponible en: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>.

18. **EVANS, J.** *Planted forests. Uses, Impacts and Sustainability* [en línea]. S.l.: FAO. 2009. ISBN 9781845935641. Disponible en: https://slunik.slu.se/kursfiler/SG0082/40002.1112/Evans__2010_Planted_forests_sustainability.Pdf.
19. **FAO.** Inventario forestal nacional. Manual de campo. *Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Documento de trabajo 94/S* [en línea], 2004. pp. 89. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ae578s/ae578s.pdf>.
20. **FORESTAL, C.N.** *Estado que Guarda el sector forestal en México* [en línea]. México: CONAFOR. 2022. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/778473/Libro_completo_EGSFM_DIGITAL_1NOV__1__compressed.pdf.
21. **FORESTAL, E.** 2013. Ficha Técnica No. 13 Pino (*Pinus radiata*). [en línea]. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>.
22. **GONZALES, A. et al.** *Controlde calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del Grupo Empresarial El Almendro* [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 2017. Universidad Nacional. Disponible en: [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14153/Control de calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del Grupo E.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14153/Control_de_calidad_de_madera_en_pie_y_madera_aserrada_para_el_mercado_de_construccion_del_Grupo_E.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
23. **GONZÁLEZ, G., et al.** Dasometric characterization and site index in mahogany plantations in Tabasco, Mexico. *Madera Bosques* [en línea], 2012. vol. 18, no. 1, pp. 7-24. ISSN 14050471. DOI 10.21829/myb.2012.181511. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000100002.
24. **GRAZIANO DA SILVA, J.** *Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible de los bosques del mundo-Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible* [en línea]. S.l.: FAO. 2018. ISBN 978-92-5-130715-1. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/es>.
25. **GYSLING, Kahler, et al.** *Madera y Cosntrucion hacia una Simbiosis Estratégica* [en línea]. Santiago del Estero: Instituto Forestal. 2021. ISBN 9789563181999. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31291/31291.pdf;jsessionid=00675CEFF1B895919607FA319609B6DA8?sequence=5>.
26. **HERNÁNDEZ, R.** *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n. 2014. ISBN 9781456223960.
27. **HERRERA, A.** *Análisis de los impactos en la calidad del suelo causados por el pino (*Pinus patula*) en comparación con el suelo ocupado por polylepis (*Polylepis reticulata*)*

- en el Parque Nacional Cajas* [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 2011. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1086/15/UPS-CT002204.pdf>.
- 28. IMAÑA, E., et al.** *Conceptos Dasométricos en los inventarios fitosociológicos* [en línea]. Nuevo León: Universidad Autónoma De Nuevo León. 2014. ISBN 978-85-87599-36-0. Disponible en: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>.
- 29. INDIRA, G. & EUFEMIA, L.** *Estimación de carbono en plantaciones de Cedrelingacatenaeformis D. Duke, Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken y Tabebuia donnell-smithii Rose en la hacienda los laureles, cantón Archidona* [en línea]. Tesis de Grado. S.l.: 2020. Universidad Estatal Amazónica. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/828/1/T.AMB.B.UEA.3267.pdf>.
- 30. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR.** Geoportal Ecuador – Infraestructura de Datos Espaciales. *REGME* [en línea]. [Consulta: 24 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>.
- 31. LARA, V.** *Caracterización dasométrica del bosque San Vicente de la curia diocesana de Riobamba, ubicado en la parroquia San Isidro del Cantón Guano, Provincia de Chimborazo* [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 2018. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10368/1/33T0203.pdf>.
- 32. LASUEN, U.** Control de calidad de planta forestal. [en línea]. Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=01521>.
- 33. MAG,** *Acuerdo Ministerial 010* [en línea]. S.l.: Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2024. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2018/07/Acuerdo-Ministerial-010.pdf>.
- 34. MELENDEZ, V.** *Evaluación De Un Bosque Local De Colinas Bajas Del Centro Poblado Nuevo San José, Con Fines De Manejo, En El Distrito De Contamana, Loreto, Peru - 2016* [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 2017. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Disponible en: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4477/Ida_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-06.pdf.

35. **MERINO, J.** *Evaluación de calidad y valoración de una plantación de pino (Pinus radiata D Don), en la comunidad Chausan San Alfonso, parroquia Palmira, canton Guamote, provincia de Chimborazo* [en línea]. Tesis de grado. S.I.: 2010. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/711/1/33T0065_MerinoRenato.pdf.
36. **MEZA, A.** El aprovechamiento de plantaciones forestales: un sistema de producción. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)* [en línea], 2004. vol. 1, no. 3, pp. 1-3. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5123284.pdf>.
37. **MOHOMMAD, A. et al.** La volatilidad de precios de las materias primas reduce el crecimiento y aumenta las fluctuaciones de la inflación. *Fondo Monetario Internacional BLOG* [en línea]. [Consulta: 14 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2023/03/28/volatile-commodity-prices-reduce-growth-and-amplify-swings-in-inflation>.
38. **MORALES, O.** Fundamentos de la Investigación Documental y la Monografía. En Manual para la elaboración y presentación de la monografía. *Universidad de Los Andes* [en línea], 2003. pp. 20. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16490/1/fundamentos_investigacion.pdf.
39. **MURILLO, C.R., et al.** Estimación del Valor Real y del Valor de Mercado en Pie de la Plantación Forestal. *Agronomía Costarricense* [en línea], 2004. vol. 28, no. 1, pp. 47-55. ISSN 0377-9424. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628105>.
40. **MURILLO, G.** Metodología para el control de calidad en plantaciones forestales. *Tecnología en marcha* [en línea], 1991. vol. 11, no. 1, pp. 19-30. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5678797>.
41. **MURILLO, O. & CAMACHO, P.** Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense* [en línea], 1997. vol. 21, no. 2, pp. 189-206. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf.
42. **PAGUANQUIZA, E.** *Elaboración de una línea base para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de Pinus pátula y Pinus radiata EN LA HACIENDA SAN JOAQUIN DE AGLOMERADOS COTOPAXI S.A (ACOSA)* [en línea]. Tesis de Grado. S.I.: 2012. Escuela Politécnica de Chimborazo. Disponible en: http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2214/1/33T0104_PAGUANQUIZA_EDWIN.pdf.
43. **PALACIOS, W. & QUIROZ, H.** *Sondeo de percepciones sobre la rentabilidad del aprovechamiento de madera por pequeños propietarios. Proyecto USAID Costas y Bosques sostenibles.* [en línea]. Quito-Ecuador: s.n. 2012. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261592003/html/>.

- 44. PAREDES, H.** Plan de forestación y reforestación de la provincia de Imbabura. *Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales de Ecuador* [en línea], 2012. pp. 1-180. Disponible en: <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/CONGOPE-PLAN-FORESTAL.pdf>.
- 45. ROJAS, O. & MURILLO, O.** Calidad de las plantaciones de teca en la península de nicoya, costa rica. *Agronomía Costarricense* 2 [en línea], 2000. vol. 24, no. 2, pp. 65-75. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26459497_Calidad_de_las_plantaciones_de_teca_en_la_Peninsula_de_Nicoya_Rosta_Rica.
- 46. ROMERO, M. & VELASTEGUI, D.** Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador. *Siempre bosque* [en línea], 2011. pp. 53. Disponible en: [https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2604/Technical/Publicación - cadena productiva 15 apr 2011.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2604/Technical/Publicación_-_cadena_productiva_15_apr_2011.pdf).
- 47. RUEDA, S., et al.** Assessment of *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. And *Swietenia macrophylla* King plantations in Central-Western Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2021. vol. 12, no. 67, pp. 130-146. ISSN 24486671. DOI 10.29298/remcf.v12i67.866. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v12n67/2007-1132-remcf-12-67-130.pdf>.
- 48. SIERRA, R., et al.** Is the responsiveness to light related to the differences in stem straightness among populations of *Pinus pinaster*? *Plants*, 2019. vol. 8, no. 10. ISSN 22237747. DOI 10.3390/plants8100383.
- 49. UGALDE, L.** *Conceptos básicos de dasometría* [en línea]. Costa Rica: CATIE. 1981. Disponible en: http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/886/Conceptos_basicos_de_dasometria.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- 50. VEGA, A.** *Evaluación de las plantaciones forestales comerciales establecidas entre 1994 y 1996 en los Tuxtles*. [en línea]. Tesis de grado. S.l.: 2013. Universidad Veracruzana. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/32685/vegaalarcon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- 51. VELÁSTEGUI, C.** *Evaluación de tres dosis de fertilizante en plantación de *Pinus radiata* D. Don en la escuela de formación de soldados del Ecuador, parroquia pisque, cantón Ambato*. [en línea]. Tesis de Grado. S.l.: 2017. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 15 marzo 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7662/1/33T0169.pdf>.

- 52. VIGNOTE, S.** *Silvicultura y calidad de madera* [en línea]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2018. Disponible en: <https://oa.upm.es/21580/1/SILVITCALIDADMADERA.pdf>.
- 53. WABO, E.** Medición de Diámetros, Alturas y Edad del Árbol. *Medición de Diámetros, Alturas y Edad del Árbol* [en línea]. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, pp. 1-3. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2596>.

ANEXOS

ANEXO A: Reconocimiento de la plantación



ANEXO B: Instalación de parcelas y marcación



ANEXO C: Toma de muestras con el barreno de Pressler para estimar la edad de la plantación



ANEXO G: Medición de DAP y alturas



ANEXO H: Evaluación de la variable rectitud del fuste



ANEXO I: Evaluación del daño mecánico de los fustes



ANEXO J: Evaluación del grosor de ramas



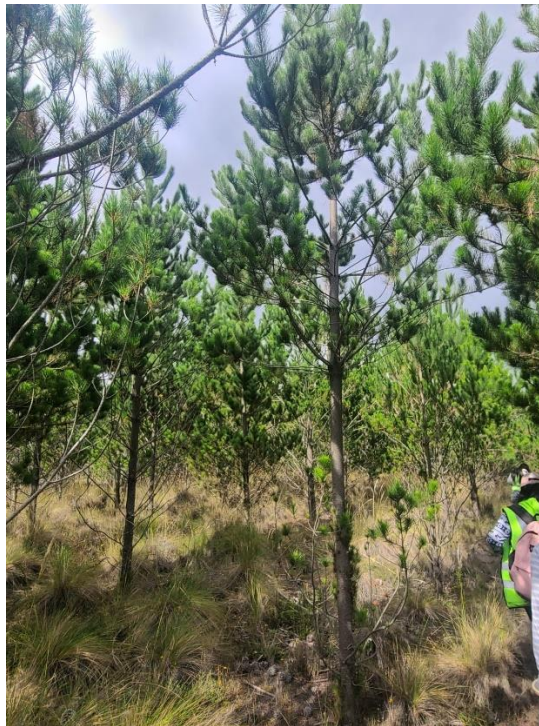
ANEXO K: Evaluación del grano espiral



ANEXO L: Evaluación del estado fitosanitario



ANEXO M: Evaluación de la calidad de las trozas (calidad tres)



ANEXO N: Tipos de inventario y unidades de muestreo a establecer según MAG

Tipo de inventario	Superficie		Unidades de Muestreo	Tipo de plantación (aplicar en)
	Desde	Hasta	N ^a	
	>0,25	3	4	Plantaciones de árboles de uso navideño
	>0,25	1	4	Para especies plantadas en bloques, que generen más de dos ejes en el rebrote, ejemplo Eucalyptus spp. (eucalipto)
Muestreo sistemático al azar (Parcelas)	>1	5	5	Para especies plantadas en bloques. En el caso de las especies que generen más de dos ejes en el rebrote.
	>5	10	7	
	>10	20	9	
	>20	40	12	
	>40	70	16	
	>70	110	20	
	>110		24	

Fuente: Acuerdo ministerial 010 MAG, 2024.

ANEXO O: Hoja de cálculo para inventarios forestales MAG

(<https://spf.agricultura.gob.ec/>).

ANEXO P: Costos referenciales de la madera en sus diferentes formas de comercialización


COSTO DE MADERA ROLLIZA DE PINO			
Empresa	\$ Valor/Ton (húmeda)	Costo \$/m3	Observaciones
NOVOPAN	24,00	21,60	Compra de grandes volúmenes sin restricción/ lapso de pagos facturación semanal
ACOSA	24,00	21,60	Compra de grandes volúmenes sin restricción/lapso de pagos mensual
Aserraderos Ambato		22,00	Restricción en compra de grandes cantidades
Aserradero Haro		22,00	Restricción en compra de grandes cantidades

Fuente: Entrevista directa

ANEXO Q: Incremento medio anual (IMA), *Pinus radiata*

PARCELA	AÑO	Especie	AB	AB(m2/ha)	Vl.par.(m3)	Vl (m3/ha)	N.arboles/par rcela	N.arboles/ha	Hm	DAP/Parcela	IMA m3/ha/año	IMA altura m/año	IMA DAP (cm/año)	AB (m2/ha/año)	Manejo
1	2016	P.radiata	0,68	13,63	5,56	111,23	18,00	360	16,14	20,28	15,89	2,31	2,90	1,95	no
2	2016	P.radiata	0,11	2,23	0,49	9,74	10,00	200	8,70	11,86	1,39	1,24	1,69	0,32	no
3	2016	P.radiata	0,21	4,13	0,79	15,85	29,00	580	6,54	9,08	2,26	0,93	1,30	0,59	no
4	2016	P.radiata	0,66	13,15	2,89	57,84	38,00	760	8,47	14,46	8,26	1,21	2,07	1,88	no
5	2016	P.radiata	0,45	8,95	1,70	33,98	30,00	600	7,41	13,46	4,85	1,06	1,92	1,28	no
6	2016	P.radiata	0,30	5,97	1,42	28,34	18,00	360	8,45	14,07	4,05	1,21	2,01	0,85	no
7	2016	P.radiata	0,28	5,51	1,04	20,89	29,00	580	7,05	10,49	2,98	1,01	1,50	0,79	no
8	2016	P.radiata	0,07	1,44	0,16	3,24	14,00	280	4,46	8,02	0,46	0,64	1,15	0,21	no
9	2016	P.radiata	0,20	4,03	0,72	14,30	16,00	320	6,89	12,55	2,04	0,98	1,79	0,58	no
11	2016	P.radiata	0,16	3,12	0,58	11,52	14,00	280	7,36	11,80	1,65	1,05	1,69	0,45	no
12	2016	P.radiata	0,21	4,18	0,85	17,04	15,00	300	7,78	13,21	2,43	1,11	1,89	0,60	no
13	2016	P.radiata	0,48	9,64	2,06	41,22	27,00	540	8,15	14,72	5,89	1,16	2,10	1,38	no
14	2016	P.radiata	0,22	4,36	0,79	15,77	14,00	280	6,73	13,86	2,25	0,96	1,98	0,62	no
15	2016	P.radiata	0,09	1,81	0,32	6,39	8,00	160	6,83	11,86	0,91	0,98	1,69	0,26	no
				5,87		27,67	20	400		12,84	3,95	1,13	1,83	0,84	

ANEXO R: Resultados del análisis de antiplagio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

JHOANA MICAELA ROJAS ALTAMIRANO

9%
Textos sospechosos

8% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas


< 1% Idiomas no reconocidos
< 1% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: JHOANA MICAELA ROJAS ALTAMIRANO.docx
ID del documento: 7a8928f1427304a71400597c19af1d5d820a2c4
Tamaño del documento original: 3,11 MB











Depositante: Miguel Angel Gualpa Calva
Fecha de depósito: 27/3/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 27/3/2024

Número de palabras: 11.547
Número de caracteres: 73.252






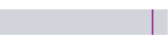

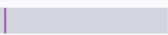


Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas








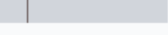

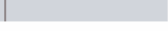
Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Fatima Lucia Guamán Tisalema.docx Fatima Lucia Guamán Tisalema #b63d7a El documento proviene de mi biblioteca de referencias 3 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (351 palabras)
2	 dspace.espoche.edu.ec http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/19428/1/33T0457.pdf 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (289 palabras)
3	 dspace.espoche.edu.ec http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/711/3/33T0065.pdf.txt 4 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (195 palabras)
4	 dspace.espoche.edu.ec http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/15941/3/33T00322.pdf.txt 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (118 palabras)
5	 dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835649.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (91 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #0ba355 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
2	 www.mag.go.cr https://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n01_047.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
3	 repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6919/1/T-UTEQ-363.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
4	 www.redalyc.org https://www.redalyc.org/pdf/617/61724713002.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
5	 fdocuments.ec METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA ...documentacion.ide... https://fdocuments.ec/document/metodologia-para-la-evaluacion-de-la-evaluacion-de-plantaciones-...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Fuentes ignoradas



Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 dspace.espoche.edu.ec http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/15888/3/33T00290.pdf.txt	11%		Palabras idénticas: 11% (1275 palabras)
2	 dspace.espoche.edu.ec http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/15888/1/33T00290.pdf	10%		Palabras idénticas: 10% (1132 palabras)
3	 Lisbeth Jhoana Pérez Silva.docx Lisbeth Jhoana Pérez Silva #a1a2f4 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	9%		Palabras idénticas: 9% (1037 palabras)
4	 ecuadorforestal.org http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
5	 www.scielo.org.mx Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantacione... https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=scl_arttext&pid=S1405-04712012000100002	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)



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: Jhoana Micaela Rojas Altamirano
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
 Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva Directora del Trabajo de Integración Curricular  Ing. Norma Ximena Lara Vásquez Asesora del Trabajo de Integración Curricular