



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 SAN JUAN, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

FATIMA LUCIA GUAMAN TISALEMA

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 SAN JUAN, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTOR: FATIMA LUCIA GUAMAN TISALEMA.

DIRECTOR: ING. MIGUEL ANGEL GUALLPA CALVA.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Fatima Lucia Guamán Tisalema**

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, Fatima Lucia Guamán Tisalema, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 06 de junio del 2024



Fatima Lucia Guamán Tisalema

1805172838

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DASOMÉTRICO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don CON FINES DE MANEJO SILVICULTURAL EN LA PARROQUIA SAN JUAN, PROVINCIA DE CHIMBORAZO** , realizado por la señorita: **FATIMA LUCIA GUAMAN TISALEMA**, 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. Carpio Coba Carlos Francisco, MsC PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2024-06-06
Ing. Miguel Ángel Gualpa Calva, MsC. DIRECTOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-06
Ing. Norma Ximena Lara Vásconez, MsC. ASESOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-06

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Integración Curricular a Dios, ser supremo y razón de mi existir, que con su gracia divina me acompañó e iluminó en cada paso del camino, guiándome por la senda del conocimiento y la sabiduría. A Santa Lucía protectora de la vista, por derramar sobre mí su valiosísima intercesión para conservar la paz interior y la esperanza inquebrantable de culminar con éxito esta etapa crucial de mi formación académica y profesional. A mis padres Fausto y María por su apoyo incondicional y sobre todo por confiar en mí pese a las dificultades. A mis hermanos Ricardo, Daniela, Tatiana y Mayte quiénes de una u otra manera estuvieron apoyándome durante mi carrera profesional, por su tiempo y palabras de motivación. Por estar conmigo entre risas y peleas, son mi fuente de motivación. A mis amigos 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

Fatima.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría, la fuerza y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa de mi formación académica. Quiero agradecer a mi director de tesis Ing. Miguel Guallpa y a mi asesora Ing. Norma Lara por su orientación, paciencia durante todo el proceso los cuales han sido esenciales para el éxito de este trabajo. También quiero expresar mi gratitud a los Ingenieros Técnicos del Proyecto LIDAR, Dayana y Fabian por haber formado parte fundamental de esta investigación, su apoyo durante todo este proceso ha sido muy valioso, su buena predisposición, tiempo y sobre todo su ayuda desinteresada han hecho que pueda culminar con el presente trabajo de titulación. Además, quiero extender un agradecimiento muy especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, primordialmente a la Facultad de Ingeniería Forestal por haberme formado académicamente.

Fatima

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
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 TEORICO REFERENCIAL.....	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</i>	5
2.2. Características edafoclimáticas.....	6
2.2.1. <i>Requerimientos edáficos</i>	6
2.2.2. <i>Factores limitantes de crecimiento</i>	6
2.3. Plantaciones forestales.....	7
2.3.1. <i>Plantaciones forestales en el Ecuador</i>	7
2.3.2. <i>Especies forestales utilizadas para aprovechamiento de madera</i>	7
2.4. Inventarios Forestales.....	8
2.4.1. <i>Clasificación de los inventarios</i>	8

2.4.1.1.	<i>Inventarios al 100 por ciento.</i>	8
2.4.1.2.	<i>Inventarios por muestreo.</i>	8
2.5.	Mediciones dasométricas	8
2.5.1.	<i>Medición del Diámetro</i>	9
2.5.2.	<i>Medición de Alturas</i>	9
2.5.2.1.	<i>Altura Total</i>	9
2.5.2.2.	<i>Altura comercial</i>	10
2.5.2.3.	<i>Altura del fuste</i>	10
2.5.3.	<i>Volumen de árboles en pie</i>	10
2.5.3.1.	<i>Volumen total</i>	10
2.5.3.2.	<i>Volumen comercial</i>	10
2.5.4.	<i>Calidad de plantación</i>	11
2.5.5.	<i>Variables de Calidad</i>	11

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLOGICO	12
3.1.	Enfoque de la investigación	12
3.2.	Nivel de Investigación	12
3.3.	Diseño de investigación	12
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	12
3.4.	Tipo de estudio	13
3.5.	Población y Planificación, Selección y cálculo del tamaño de la muestra	13
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	13
3.6.1.	<i>Características del lugar</i>	13
3.6.1.1.	<i>Localización de la plantación</i>	13
3.6.2.	<i>Ubicación Geográfica</i>	13
3.7.	Materiales y Equipos	14
3.7.1.	<i>Reconocimiento y observación del sitio en estudio</i>	14
3.7.2.	<i>Levantamiento planimétrico</i>	14
3.7.3.	<i>Sistema de muestreo e instalación de las parcelas</i>	15
3.7.4.	<i>Levantamiento de las variables dasométricas de las plantaciones</i>	16
3.7.5.	<i>Tabulación de datos de las variables cuantitativas</i>	16
3.7.6.	<i>Estimadores estadísticos</i>	17
3.7.6.1.	<i>Variables Cuantitativas</i>	18
3.7.7.	<i>Registro de variables de calidad de los árboles en pie</i>	20

3.7.7.1. Variables Cualitativas.....	21
--------------------------------------	----

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
4.1. Clases diamétricas.....	27
<i>4.1.1. Área Basal proyectado a una hectárea - DAP y Altura promedio.....</i>	<i>27</i>
<i>4.1.2. Calculo del volumen comercial de la plantación en estudio</i>	<i>28</i>
<i>4.1.3. 4.1.3.1 Volumen comercial de las parcelas inventariadas por clases diamétricas y Tipo de madera.....</i>	<i>28</i>
<i>4.1.3.1. 4.1.3.4 Volumen comercial de la plantación proyectado a una hectárea en función de las clases diamétricas</i>	<i>28</i>
4.2. Valorar la calidad de madera en pie, de la especie en estudio	31
<i>4.2.1. Bifurcación.....</i>	<i>33</i>
<i>4.2.2. Inclinación.....</i>	<i>33</i>
<i>4.2.3. Rectitud del fuste</i>	<i>34</i>
<i>4.2.4. Grosor de ramas</i>	<i>35</i>
<i>4.2.5. Grano espiral.....</i>	<i>36</i>
<i>4.2.6. Índice de calidad general</i>	<i>37</i>
4.3. Prueba de Hipótesis.....	43
<i>4.3.1. Prueba T Student de una muestra</i>	<i>44</i>
4.4. Discusión	44
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	50
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Ubicación geográfica de la plantación en estudio	13
Tabla 3-2: Número de árboles registrados por parcela en la plantación.	15
Tabla 3-3: Tabulación de datos de las variables cuantitativas	16
Tabla 3-4: Tabulación de estimadores estadísticos e Índice de calidad general	17
Tabla 4-1: Calculo de clases diamétricas por método de Sturges	27
Tabla 4-2: Área basal, Altura comercial, DAP proyectados a una hectárea	27
Tabla 4-3: Volumen comercial de las parcelas inventariadas por clases diamétricas y tipo de madera.....	28
Tabla 4-4: Volumen y numero de árboles de una hectárea.....	29
Tabla 4-5: Volumen y número de árboles en las 6,88 hectáreas.....	29
Tabla 4-6: Cálculo del volumen comercial total promedio de la plantación de <i>P. radiata</i>	30
Tabla 4-7: Variables cualitativas de la plantación de estudio	32
Tabla 4-8: Promedio de trozas por categoría de calidad.....	36
Tabla 4-9: Índice de calidad general en la plantación de <i>Pinus radiata</i>	37
Tabla 4-10: Precio promedio de la madera en pie.....	42
Tabla 4-11: Valor económico total de la madera en pie.	42
Tabla 4-12: Costos de operación y aprovechamiento.	43
Tabla 4-13: Costo de operación y aprovechamiento, venta y ganancia de la madera en pie	43
Tabla 4-14: Prueba de normalidad.....	43
Tabla 4-15: Prueba T Student de una muestra	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Pasguazo.....	15
Ilustración 3-2: Medición de DAP con Forcípula	19
Ilustración 3-3: Distanciómetro.....	19
Ilustración 3-4: Estimación de alturas con el Clinómetro Digital	20
Ilustración 3-5: Estimación de Diámetro de copa con la cinta métrica	20
Ilustración 3-6: Registro de las variables cualitativas	21
Ilustración 3-7: Bifurcación con calificación 2	21
Ilustración 3-8: Inclinación del árbol calificación 2.....	22
Ilustración 3-9: Rectitud del fuste	22
Ilustración 3-10: Daño mecánico, calificación 1	23
Ilustración 3-11: Grosor de ramas, Calificación 1.....	23
Ilustración 4-1: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación.	33
Ilustración 4-2: Porcentaje de árboles respecto a la variable Inclinación.....	33
Ilustración 4-3: Porcentaje de árboles respecto a la variable Rectitud del fuste	34
Ilustración 4-4: Porcentaje de árboles respecto a la variable de Daño mecánico.....	34
Ilustración 4-5: Porcentaje de árboles respecto a la variable Grosor de ramas	35
Ilustración 4-6: Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario	35
Ilustración 4-7: Porcentaje de árboles respecto a la variable de Grano espiral	36
Ilustración 4-8: Porcentaje de árboles respecto a la variable Calidad de troza	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: LEVANTAMIENTO DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS DE LAS PLANTACIONES

RESUMEN

Este trabajo de investigación se enfocó en caracterizar el crecimiento dasométrico de una plantación de *Pinus radiata* D. Don de aproximadamente 28 años de edad, ubicada en la Parroquia San Juan, Provincia de Chimborazo, con fines de proponer un manejo silvicultural adecuado. Los principales resultados obtenidos fueron: un diámetro promedio a la altura del pecho (DAP) de 32,33 cm, una altura total promedio de 13,18 m, un área basal de 62,79 m²/ha y un volumen estimado de madera en pie de 425,19 m³/ha. Estos valores representan el 38,58%, 68,73% y 121,5% respectivamente en comparación con los datos de crecimiento referenciados por Ecuador Forestal para esta especie. Estos mayores crecimientos se atribuyen a la calidad de la planta utilizada, la escasa aplicación de raleos y podas, la alta densidad de plantación y las condiciones edafoclimáticas específicas del sitio. Por otro lado, se evaluó la calidad de los árboles en pie considerando factores como bifurcaciones, inclinación, rectitud del fuste, daños, grosor de ramas, estado fitosanitario, grano espiral y calidad de trozas. Estos rasgos estructurales determinaron un índice de calidad general del 2,40%, afectado por la ausencia de manejo silvícola, limitando así el valor comercial y usos industriales de la madera. Finalmente, se propuso un plan de aprovechamiento forestal mediante tala rasa, con el objetivo principal de comercializar la madera en pie a un precio promedio de \$11/m³, ajustado al marco legal forestal vigente en el país. Esta propuesta busca un manejo regulado y responsable de los recursos maderables.

Palabras clave: <*Pinus radiata*>, <PLANTACIÓN FORESTAL>, <CRECIMIENTO DASOMÉTRICO>, <CALIDAD DE MADERA>, <MANEJO SILVICULTURAL>, <APROVECHAMIENTO FORESTAL>

0749-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

This research focused on characterizing the dasometric growth of a *Pinus radiata* D. Don plantation of approximately 28 years of age, located in the San Juan town, Chimborazo Province, in order to propose adequate silvicultural management. The main results obtained were an average diameter at breast height (DBH) of 32.33 cm, an average total height of 13.18 m, a basal area of 62.79 m²/ha and an estimated volume of wood in foot of 425.19 m³/ha. These values represent 38.58%, 68.73% and 121.5% respectively compared to the growth data referenced by Ecuador Forestal for this species. These greater growths are attributed to the quality of the plant used, the scarce application of thinning and pruning, the high planting density and the specific edaphoclimatic conditions of the site. On the other hand, the quality of the standing trees was evaluated considering factors such as bifurcations, inclination, straightness of the trunk, damage, thickness of branches, phytosanitary status, spiral grain and quality of logs. These structural features determined a general quality index of 2.40%, affected by the absence of silvicultural management, thus limiting the commercial value and industrial uses of the wood. Finally, a forestry harvesting plan was proposed through clear felling, with the main objective of marketing standing timber at an average price of \$11/m³, adjusted to the forestry legal framework in force in the country. This proposal seeks regulated and responsible management of timber resources.

Keywords: <*Pinus radiata*>, <FOREST PLANTATION>, <DASOMETRIC GROWTH>, <WOOD QUALITY>, <FORESTRY MANAGEMENT>, <FOREST USE>



PhD. Dennys Tenelanda López

ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales desempeñan un papel esencial en la gestión sostenible de los recursos naturales y en la satisfacción de las múltiples demandas de la sociedad a nivel global (FAO, 2020). *Pinus radiata* D. Don es una de las especies forestales más prominentes a nivel mundial, con aproximadamente cuatro millones de hectáreas plantadas en la actualidad (Mead, 2013). Aunque su origen se ubica en una estrecha franja costera de California, su cultivo se ha extendido de manera significativa, y hoy en día se encuentra en países como Chile, Nueva Zelanda, Portugal, España y Ecuador (Golfari, 1959; Gerding y Schlatter, 1995).

En Ecuador, la introducción del *Pinus radiata* D. Don fue más tardía que en otros países, realizándose en 1905 (Guayasamín, 2000). La cobertura de bosques en todo el país abarca el 34,7% de la superficie, con un 98,5% de bosques naturales y un 1,5% de plantaciones en el patrimonio forestal nacional (Grijalva, 2012). Entre los años 2007 y 2010, se autorizó el aprovechamiento de madera proveniente en un 58,5% de plantaciones forestales (Palacios y Quiroz, 2012).

De las 165.000 hectáreas de plantaciones forestales existentes en Ecuador, según el informe de (CORPEI, 2007), aproximadamente 90.000 hectáreas se encuentran en la región de la sierra y están destinadas al cultivo de pino y eucalipto. La utilización y comercialización de la madera de pino y sus productos derivados desempeñan un papel importante en la economía nacional, representando alrededor del 1,2% del Producto Interno Bruto (PIB) (Vásconez et al., 2018). Esta especie exótica se ha establecido en la región montañosa del país y se caracteriza por su destacada capacidad de adaptación y rápido crecimiento, con aplicaciones que abarcan la provisión de materia prima para la industria forestal, la producción de celulosa y papel, aserrado, suministro de leña, construcción y artesanías (Gallegos, 2009; Aguirre y Vizcaíno, 2010).

El inventario forestal nacional (IFN) tiene como finalidad evaluar los recursos forestales y los recursos de árboles fuera del bosque, proporcionando información cualitativa y cuantitativa sobre el estado, utilización, ordenación y tendencias de estos recursos (FAO, 2018). Cubre una extensa gama de variables biofísicas y socioeconómicas, brindando una visión holística del uso del suelo para el país. Esta información es esencial para planificar, diseñar y aplicar políticas y estrategias nacionales e internacionales para la utilización sostenible y la conservación de los ecosistemas forestales, y para comprender las relaciones entre los recursos y los usuarios del bosque y de los árboles fuera del bosque (Ministerio del Ambiente, 2020).

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el crecimiento de las variables dasométricas de D. Don en la Parroquia San Juan de la Provincia de Chimborazo, donde actualmente no se dispone de información ni de un manejo silvicultural adecuado para planificar y sustentar la gestión de su aprovechamiento. Este estudio contribuirá a generar conocimientos fundamentales para el manejo sostenible de las plantaciones de esta especie en la región, lo cual es crucial debido a la importancia económica y ambiental que representan estas plantaciones en el país (Añazco et al., 2010; Murillo y Badilla, 2004)

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

La falta significativa de información dasométrica específica en la plantación de *Pinus radiata* de la Parroquia San Juan genera actualmente diversas consecuencias negativas. Si bien existen algunos estudios previos de crecimiento dasométrico de esta especie en otras localidades de la provincia de Chimborazo, no se dispone de datos enfocados a las condiciones propias de esta parroquia, lo cual es esencial para una adecuada planificación y gestión silvicultural.

Esta carencia de información dasométrica local impide definir claramente la tasa de crecimiento esperada, la forma de fuste más apropiada, los momentos óptimos para realizar podas, raleos y otras prácticas silvícolas en concordancia con las características específicas del sitio. Como resultado, se obtienen plantaciones con árboles de baja calidad maderable, malformaciones en el fuste, y alta competencia entre individuos, aspectos que impactan directamente la productividad y rentabilidad actual y futura.

Adicionalmente, la plantación deficiente genera efectos ecológicos adversos como un mayor riesgo de plagas y enfermedades, posibilidad de incendios debido a material combustible no manejado, y un desequilibrio en el ecosistema por especies invasoras. En este contexto, el presente estudio dasométrico permitirá caracterizar adecuadamente el crecimiento de *Pinus radiata* bajo las condiciones de la Parroquia San Juan, proveyendo información de línea base para poder planificar y ejecutar prácticas silvícolas acordes a esta localidad.

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 San Juan, Provincia de Chimborazo.

1.2.2. Objetivos específicos

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

1.3. Justificación

La falta de información precisa sobre el comportamiento dasométrico del *Pinus radiata* en la Parroquia San Juan ha limitado históricamente el establecimiento de prácticas silvícolas técnicamente sustentadas. Esto se evidencia en el deficiente desarrollo y crecimiento actual de la plantación, con árboles de baja calidad maderable.

Caracterizar las variables dasométricas como la tasa de crecimiento diamétrico y en altura, la forma de fuste y la distribución espacial es indispensable para implementar un manejo silvícola óptimo de cualquier plantación forestal. Este tipo de estudios adaptados a las condiciones locales permiten planificar adecuadamente intervenciones de poda, raleo, control de plagas y enfermedades, cosecha final y otras prácticas culturales en función del comportamiento real de la especie en el sitio.

Por esto, el presente trabajo de investigación busca llenar el vacío de conocimiento existente sobre las variables dasométricas del *Pinus radiata* en la Parroquia San Juan. Los resultados obtenidos sentarán una línea base técnica para formular estrategias de manejo silvícola específicas que mejoren la productividad y sostenibilidad de la plantación. Además, la metodología podrá extrapolarse a otras plantaciones actuales y futuras de esta valiosa especie en la provincia de Chimborazo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis Nula

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

1.4.2. Hipótesis Alternante

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

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1. Referencias Teóricas

2.1.1. Descripción de la especie

2.1.1.1. Taxonomía

Pinus radiata fue descrita en 1836 por David Don, a continuación, se presenta la clasificación taxonómica de la especie.

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: Radiata

Nombre Científico: *Pinus radiata* D. Don

Nombre Común: Pino

Nombres comunes relacionados: Pino insigne, Pino candelabro

(Trujillo, 2012; citado en Velastégui, 2017, P.11).

2.1.1.2. Descripción dendrológica

Según lo explicado por López & Mateo (2003), citado en (Peña, 2019, p. 28-29), la descripción dendrológicas se detalla a continuación.

Árbol: El árbol muestra un diámetro que se sitúa entre los 30 y 60 cm, con una altura que varía de 13 a 33 metros; su copa es densa y exhibe una forma que va desde redonda hasta piramidal.

Corteza: Presenta en un tono gris ceniciento con un grosor que oscila entre 3 y 5 cm, mostrando cicatrices de color canela. La superficie de la corteza es áspera, con una textura escamosa y presenta fisuras.

Ramas: Presentan una textura escamosa y un tono glauco grisáceo. Las ramillas son delgadas y se destacan por su apariencia escamosa de color gris.

Hojas: Muestran una textura rígida a gruesa, con un color verde oscuro y una longitud de 7 a 10 cm. Las brácteas, que caen eventualmente, están separadas y no son decurrentes, dejando escamas en las ramas. Las vainas, persistentes y anilladas, miden entre 6 y 12 cm, y los bordes de las hojas muestran finos dientes aserrados.

Semillas: Tienen una forma elipsoidal algo comprimida, con un color muy oscuro y un tamaño de aproximadamente 6 mm. Poseen un ala de tono moreno claro, longitudinalmente estriada, que se ensancha hacia arriba y se orienta oblicuamente en el ápice. Las semillas miden entre 18 y 25 mm de largo por 6 a 8 mm de ancho.

2.2. Características edafoclimáticas

Según Ecuador Forestal (2013), indica que los requerimientos climáticos son:

Altitud: 1.800 – 3.500 msnm
Precipitación: 800 – 1.300 mm.
Temperatura: 11 – 17 °C

2.2.1. Requerimientos edáficos

El *Pinus radiata*, comúnmente conocido como pino insigne, muestra un óptimo desarrollo en suelos franco-arenosos, los cuales se consideran altamente adecuados para su crecimiento. Es fundamental que estos suelos mantengan un pH que fluctúe entre neutro y ligeramente ácido para favorecer su prosperidad. Además, para una adaptación exitosa de esta especie, es necesario que el sustrato contenga una cantidad adecuada de nutrientes esenciales, como fósforo, boro y zinc. Destacar la importancia de estos elementos en el suelo resalta la necesidad de garantizar su presencia para asegurar un desarrollo saludable y sostenible de los bosques de *Pinus radiata* (Ecuador Forestal, 2013, p.1).

2.2.2. Factores limitantes de crecimiento

La especie objeto de estudio muestra una escasa tolerancia a la neblina y a los suelos saturados de agua, lo que destaca la importancia de proporcionar condiciones específicas para su crecimiento saludable. Las principales amenazas para esta especie incluyen plagas como insectos defoliadores y barrenadores, los cuales pueden ocasionar daños significativos a los bosques de *Pinus radiata*. Además, la presencia de enfermedades como el *Diplodia pinea*, quemadura y manchas de acículas, junto con problemas como marchitez y muerte descendente, subraya la

necesidad de implementar estrategias de manejo preventivas y correctivas para conservar la salud y la productividad de esta especie forestal (Ecuador Forestal, 2013, p.1).

2.3. Plantaciones forestales

Se puede definir como la práctica de establecer plantaciones de árboles forestales con el propósito de comercializar su madera. Este enfoque se implementa estratégicamente en áreas previamente no utilizadas, siguiendo un plan y manejo silvicultural meticuloso. El objetivo final es lograr una producción sostenible de madera en pie a lo largo de un período prolongado, adaptándose según la especie de árbol seleccionada para el cultivo y las condiciones específicas del entorno (MAE, 2004, p.34).

2.3.1. *Plantaciones forestales en el Ecuador*

La posición geográfica estratégica de Ecuador conlleva una amplia diversidad climática, lo que lo convierte en el país con la mayor diversidad biológica a nivel mundial. Esta abundancia se manifiesta especialmente en la amplia variedad de especies forestales, ya que las condiciones climáticas propician un rápido crecimiento de los árboles (MAE, 2010: p. 3-7).

A nivel nacional, se identifican al menos 336 variedades de especies forestales, que abarcan tanto especies autóctonas como exóticas, siendo explotadas para la obtención de productos maderables. En las plantaciones forestales de la sierra ecuatoriana, se evidencia la presencia de especies foráneas, principalmente eucalipto y pino, mientras que en la región costa se destacan el pachaco, la teca y la melina. Curiosamente, estas cinco especies introducidas ocupan las posiciones más prominentes en cuanto al volumen autorizado para la explotación a nivel nacional, constituyendo en conjunto el 46,08 % del total (MAE, 2010: p. 3-7).

2.3.2. *Especies forestales utilizadas para aprovechamiento de madera*

El aprovechamiento de las plantaciones forestales surge de la intervención en una extensión de 20,832.59 hectáreas, aprobándose 2,227 programas, principalmente relacionados con Programas de Corta para plantaciones Forestales. Al analizar estas estadísticas, se evidencia una disminución en la tendencia de crecimiento del aprovechamiento a nivel nacional, con una caída del 5,53 % en términos porcentuales. Esta reducción se hace patente al contrastar con el año 2009, cuando representó el 60,25 % del volumen total autorizado para ese periodo. En el año 2010, la producción media por hectárea de plantación pura se situó en 102,17 m³/ha, mientras que para una hectárea con árboles plantados fue de 76, 93 m³/ha (Ministerio del Ambiente,2010: p.1-3).

Cotopaxi ocupa la segunda posición, abarcando el 19.47 % del volumen total aprobado, equivalente a 406,062.14 m³ de madera, mayoritariamente de especie pino. Por otro lado, Pichincha se ubica en el tercer puesto con el 13.97 % del total autorizado, que representa 283,174.85 m³. Por otro lado, en cinco provincias se observa una notable reducción en la autorización de madera proveniente de plantaciones en comparación con lo aprobado en el año 2009. Destaca especialmente la provincia de Chimborazo, donde se registra una disminución de 59,147.45 m³, representando un decrecimiento del 23.53 % a nivel provincial (Ministerio del Ambiente,2010: p.1-3).

2.4. Inventarios Forestales

Un inventario forestal implica la recopilación metódica de información sobre los recursos forestales presentes en una determinada área. Este proceso facilita la evaluación del estado actual de los bosques y sienta las bases para el análisis y la planificación, elementos esenciales para el desarrollo de una gestión forestal sostenible. La relevancia del inventario radica en la necesidad de basar las decisiones en datos confiables y sólidos. Por lo tanto, se destaca la importancia de un ciclo continuo que involucre la recopilación de datos, la toma de decisiones y la evaluación de los resultados obtenidos para garantizar la gestión efectiva de los recursos forestales (FAO,2022, p.1).

2.4.1. Clasificación de los inventarios

2.4.1.1. Inventarios al 100 por ciento.

Este tipo de inventario, también conocido como censo o inventario pie a pie, se usa comúnmente en los bosques tropicales naturales para la planificación de la cosecha; Obtenga mapas de la distribución espacial de tipos de áreas y características del terreno como un producto, mejore la planificación de rutas, ayude a reducir los costos de las máquinas y reduzca la intensidad de la destrucción de los bosques restantes (Ecuador Forestal, 2013).

2.4.1.2. Inventarios por muestreo.

El inventario por muestro es el más utilizado y común dado que implica evaluar muestras pequeñas del bosque, estas deben ser muestras representativas y bien distribuidas. Los inventarios por muestreo ahorran mucho tiempo, esfuerzo y dinero; sin embargo, se ven afectados por errores de muestreo (Ecuador Forestal, 2013. p. 1).

2.5. Mediciones dasométricas

2.5.1. Medición del Diámetro

Conocida comúnmente como DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) es una medición directa a 1,3 metros del suelo, el valor se puede obtener en centímetros o pulgadas la cual es una medida fundamental en la evaluación de árboles en pie, ya que está relacionada con diversas variables del árbol, como la altura, diámetro sin corteza, volumen, edad, incremento, entre otras (Ferreira,1994, p.38) citado en Lara (2018: p.21).

2.5.2. Medición de Alturas

(Ferreira,1994, p.38) menciona que existe una dificultad de utilizar instrumentos de medición directa o por contacto, como reglas o varas, cuando la altura supera los 8 a 10 metros, y con frecuencia se utilizan instrumentos ópticos basados en principios de trigonometría y geometría. Una de las variables dasométricas importantes es la altura del árbol, que junto con el diámetro se puede estimar el volumen de madera de la especie, a su vez para conocer el proceso de desarrollo del crecimiento al igual que el incremento del volumen (Imaña et al., 2014: pp. 46-53).

De acuerdo con la (FAO, 2004, p. 74) señala que la medición de la altura se realiza en varias etapas:

- Colocarse a una distancia que puede estar a 10,15,20,30 o 40 metros del árbol, así se evitará los errores de medición, se debe tener en consideración que la distancia establecida debe ser equivalente a la altura.
- Observación de la copa del árbol.
- Observación de la base del árbol.
- Corrección por pendiente.

2.5.2.1. Altura Total

La altura total de un árbol se refiere a la distancia vertical desde la base del árbol (al nivel del suelo) hasta la parte más alta de su copa. Es la medida completa desde la base hasta la punta del árbol y suele expresarse en metros o pies. Incluye tanto el tallo o tronco como las ramas más altas. Mide el tamaño vertical total del árbol de pie y proporciona información importante sobre el crecimiento, la edad, el hábitat y el potencial de almacenamiento de carbono del árbol. Es una medición estándar utilizada en inventarios forestales, estudios ecológicos y evaluaciones del dosel forestal. Generalmente se determina utilizando equipos de medición láser, mediciones directas con reglas telescópicas u otros métodos de estimación visual en campo (Rondeux, 2010. p. 1).

2.5.2.2. Altura comercial

La altura comercial se define como la distancia desde la base del árbol hasta el punto en el fuste donde el diámetro estipulado como comercialmente aprovechable es alcanzado (Rondeux, 2010. p. 1)

2.5.2.3. Altura del fuste

La altura del fuste de un árbol es la longitud del tronco limpio, sin ramificaciones, medida desde la base del árbol al nivel del suelo, hasta la parte inferior de la copa viva, es decir, hasta la inserción de la rama viva más baja. Se mide generalmente en metros o pies. Refleja la porción aprovechable del tallo para producción de madera y está estrechamente relacionada al rendimiento y valor comercial de un árbol. Es una variable dasométrica importante para estimar biomasa y carbono en estudios forestales (Rondeux, 2010. p. 1)

2.5.3. Volumen de árboles en pie

El volumen en pie es una medida forestal importante que cuantifica la biomasa maderable y el rendimiento potencial de un árbol individual como materia prima. Incluye la madera de todo el fuste o tallo comercial, desde un diámetro especificado en la base o tocón, hasta un diámetro mínimo de punta superior, incluyendo la corteza. Generalmente se expresa en metros cúbicos sólidos m^3 por árbol y se estima a partir de ecuaciones de volumen o modelos de forma del fuste. Permite realizar inventarios forestales y planificar aprovechamientos forestales (Avery y Burkhart, 2022, p. 211).

2.5.3.1. Volumen total

El volumen total cuantifica todo el material leñoso en un árbol, tanto la parte comercializable (fuste) como las ramificaciones. Incluye el volumen de la madera del fuste principal desde la base del tocón hasta un diámetro mínimo en la punta, además del volumen de todas las ramas vivas y muertas de un determinado diámetro mínimo. Es útil para estimar la biomasa total, el almacenamiento de carbono y la productividad potencial en bosques (Husch et al. 2003, p.289).

2.5.3.2. Volumen comercial

El volumen comercial de un árbol individual refiere al volumen del fuste comercializable, el cual se define mediante una altura comercial desde la base y un diámetro mínimo de punta que delimitan la porción utilizable para productos sólidos o fibrosos (Crow y Schlaegel, 1988, p.173).

2.5.4. *Calidad de plantación*

(Murillo ,991: pp. 19-30) las plantaciones forestales el concepto de calidad ha evolucionado poco y no se ha incorporado a las prácticas habituales de manejo de este recurso. Ante esto, define el control de calidad en plantaciones con fines industriales como el proceso que permite valorar la masa forestal para identificar si cumplirá los objetivos productivos para los cuales fue establecida. Asimismo, indica que la evaluación de una plantación determinará su nivel de calidad. Esta evaluación, al aplicar ciertas técnicas de recopilación de información sobre una o más características, y luego analizar los datos, posibilitará efectuar un plan o estrategias eficientes para la administración y manejo de la masa arbolada.

En síntesis, el autor argumenta que el concepto de calidad ha sido poco desarrollado en plantaciones forestales. Propone entonces definir el control de calidad como un proceso de valoración que permite determinar si se cumplen los objetivos productivos. Además, resalta que la evaluación sistemática de las plantaciones utilizando diversas técnicas de medición permite obtener información para mejorar las estrategias de manejo.

2.5.5. *Variables de Calidad*

Las variables dasométricas convencionales como altura dominante, diámetro medio o cuadrático y número de árboles por hectárea son mediciones indispensables, pero no suficientes de la calidad de una plantación forestal. Se requiere también evaluar la supervivencia, la forma del fuste, la presencia de defectos, el estado fitosanitario, la vulnerabilidad climática y la adaptabilidad de la especie plantada al sitio (Murillo ,991: pp. 19-30)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLOGICO.

3.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo para variables dasométricas para conocer el crecimiento y productividad de la plantación y enfoque cualitativo para analizar la calidad general de la plantación a *P. radiata* que se encuentra ubicada en la Parroquia San Juan, comunidad Pazguaso perteneciente a la Provincia de Chimborazo.

3.2. Nivel de Investigación

Esta investigación se enmarca en un nivel descriptivo, ya que caracteriza y detalla las variables dasométricas como altura, diámetro, área basal y volumen, así como las variables cualitativas relacionadas con la calidad de la plantación, tales como el estado fitosanitario, la rectitud del fuste, la distribución espacial y el grosor de ramas. Esto permite obtener una descripción detallada del crecimiento de los árboles y la productividad actual de la plantación.

3.3. Diseño de investigación

Para la evaluación de las variables de crecimiento de la plantación de *P. radiata* se aplicó un muestreo sistemático con la instalación de 8 parcelas circulares con una intensidad del 5%, en el área de estudio, tomando en cuenta que la superficie neta fue 6,88 ha; en el caso de las variables cualitativas se evaluó la calidad de árboles de la plantación en pie.

3.3.1. Según la manipulación o no de la variable independiente

Es una investigación de tipo no experimental, en la cual no se manipula la variable independiente. Se analizaron las siguientes variables dasométricas: altura total, área basal, diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro de copa y volumen total. Además, se evaluaron variables cualitativas de cada árbol presentes en las parcelas establecidas, tales como bifurcación, inclinación, rectitud del fuste, estado fitosanitario, grosor de ramas y calidad de trozas.

3.4. Tipo de estudio

La investigación es de tipo campo; ya que se realizó un muestro sistemático con la instalación de 8 parcelas circulares dentro de la plantación *P. radiata*; para la recolección de datos dasométricos tanto variables cuantitativas y cualitativas.

3.5. Población y Planificación, Selección y cálculo del tamaño de la muestra

La población objeto de estudio fue una plantación de *P. radiata* de 6,88 hectáreas, se aplicó una intensidad del 5 % mediante la instalación de 8 parcelas circulares de forma sistemática con un radio de 12,62 m

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Características del lugar

3.6.1.1. Localización de la plantación

El sitio se encuentra localizado en el cantón Riobamba, la cual se ubica en la parroquia San Juan comunidad Pasguazo en la provincia de Chimborazo.

3.6.2. 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

Plantación	Coordenadas		Altura (msnm)
	X	Y	
Pazguaso	738442	9821884	3800 a 3880

Realizado por: Guamán, F. 2024.

Zona de vida

Paramo Pluvial

Tipo de suelo

Una transición entre suelo Pseudo limoso muy negro con más del 50% de agua a pF 3, sobre una muestra sin desecación y el suelo de derivados de materiales alofanicos, franco arenosos gran capacidad de retención de agua, saturación de bases.

3.7. Materiales y Equipos

3.7.1 *Materiales y Equipos de campo*

GPS, Clinómetro (SUUNTO), cámara fotográfica, Distanciómetro, lápiz, cuaderno de apuntes, Flexómetro, Pintura líquida, forcípula, cinta métrica, hipsómetro.

3.7.2 *Materiales y equipos de oficina e informáticos*

Hojas de papel, calculadora, computadora, hojas de Excel para el registro de las diferentes variables.

3.8 Metodología

Para el cumplimiento del primer objetivo se realizó el reconocimiento de la plantación en estudio para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

3.7.1. *Reconocimiento y observación del sitio en estudio*

Se realizó un recorrido con los ingenieros a cargo del proyecto LIDAR en la plantación de *P. radiata* en el predio de la comunidad Pasguazo perteneciente a la parroquia San Juan, mientras se realizaba el trayecto del reconocimiento se observó el estado en el que se encontraba la plantación, el acceso y el tipo de terreno con esa información se estableció las siguientes actividades para la ejecución de las parcelas.

3.7.2. *Levantamiento planimétrico*

Para el levantamiento planimétrico se realizó con la ayuda de un GPS, con el cual se procedió a tomar las coordenadas geográficas UTM (latitud y longitud) de todo el perímetro de las plantaciones de estudio, para luego a nivel de gabinete mediante, la utilización del software ArcGIS en el cual se procesaron los datos y se calculó la superficie de la plantación al igual que se definió el número de parcelas e intensidad de muestreo del área de estudio.

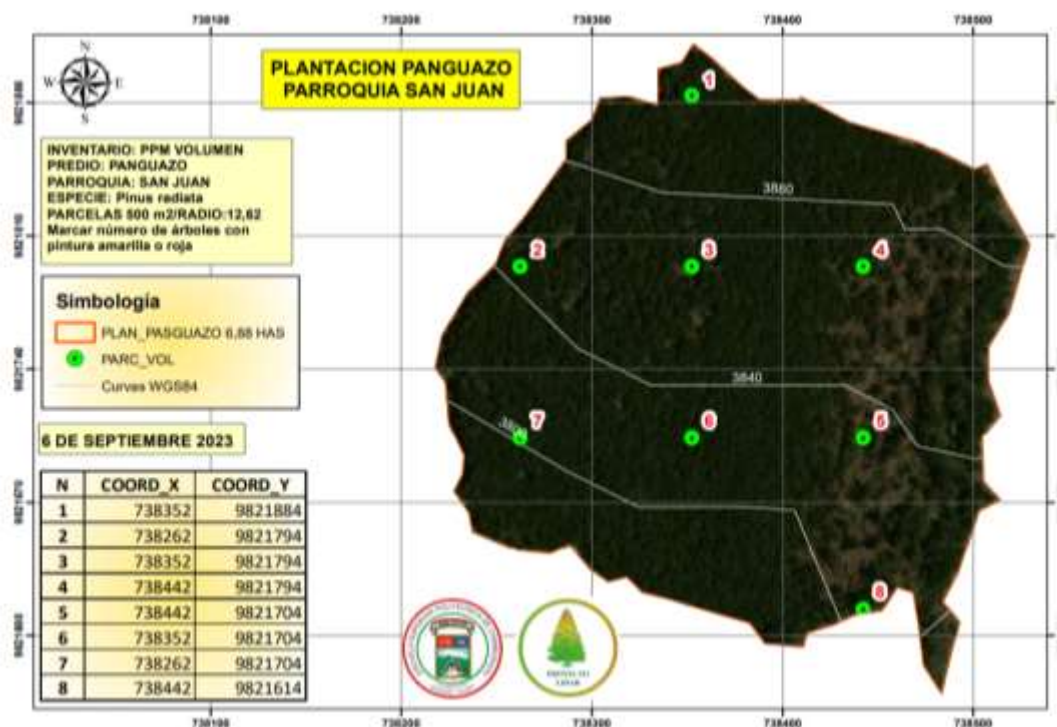


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Pasguazo
 Realizado por: Proyectó LIDAR,2023

3.7.3. Sistema de muestreo e instalación de las parcelas

El inventario forestal fue realizado utilizando un diseño de muestreo sistemático, estableciendo 8 parcelas circulares en el predio de Pasguazo. Empleando una cuerda, se verificó que el radio de cada parcela correspondía a 12,62 metros. Este procedimiento de medición se llevó a cabo en las 8 parcelas previamente establecidas con el fin de estimar parámetros importantes como la densidad de árboles y el volumen de madera presente en el predio. En cada parcela circular se registraron sus diámetros a la altura del pecho y alturas totales. Esta cuidadosa recolección de datos en parcelas de muestreo circular sistemático permitirá realizar los cálculos para caracterizar adecuadamente el inventario forestal del área de estudio,

Tabla 3-2: Número de árboles registrados por parcela en la plantación.

Plantación	N° Parcelas	N° Árboles
Pasguaso	1	24
	2	42
	3	33
	4	34
	5	37
	6	41
	7	42
	8	36

Realizado por: Guamán, F. 2024.

3.7.4. Levantamiento de las variables dasométricas de las plantaciones

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

3.7.5. Tabulación de datos de las variables cuantitativas

Se registraron en Excel los datos de campo de las variables cuantitativas para calcular: número de árboles por parcela y por hectárea, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura comercial total, área basal, volumen comercial, volumen comercial por hectárea, volumen total por hectárea, volumen comercial por área neta de plantación y volumen total por área neta de plantación. A partir de esto se estimaron estadígrafos como media, desviación estándar, coeficiente de variación, límite superior e inferior y error de muestreo relativo (Tabla 3- 4).

Tabla 3-3: Tabulación de datos de las variables cuantitativas

Cálculo	Formula	Descripción
N.º Árboles/Parcela	$Nap = \frac{st}{np}$	Nap: Número de árboles/parcela
		st: Sumatoria de todos los árboles de las parcelas
		np: Número de parcelas establecidas
Número de árboles/ha	$Nah = \frac{N^{\circ}ap}{0,05}$	Nah: Número de árboles por hectárea
		Nap: N.º Árboles/Parcela
		0,05: área de la parcela circular (m ²) /10 000 m ²
Altura total	$Ht = (A+B) *d$	Ht: Altura total, (m)
		A: Ángulo del extremo superior del árbol, (%)
		B: Ángulo de la base del árbol, (%)
		d: Distancia horizontal del árbol, (m)
Altura comercial	$Hc = (A+B) *d$	Hc: Altura comercial, (m)
		A: Ángulo del fuste comercialmente aprovechable, (%)
		B: Ángulo de la base del árbol, (%)
		d: Distancia horizontal del árbol, (m)
		AB: Área basal, (m ²)

Área basal	$AB = \frac{\pi * DAP^2}{4}$	π : 3,1416
		DAP : Diámetro a la altura del pecho, (m)
Volumen total	$Vt = AB * Ht * ff$	Vt : Volumen total de madera, (m ³)
		AB : Área basal, (m ²)
		Ht : Altura total, (m)
		ff : Factor de forma del pino (0,5)
Volumen comercial	$Vc = AB * Hc * ff$	Vc : Volumen comercial de madera, (m ³)
		AB : Área basal, (m ²)
		Hc : Altura comercial, (m)
		ff : Factor de forma del pino (0,5)
Volumen total/hectárea	$V = \frac{Vt * N^{\circ}arboles}{ha}$	Vt/ha : Volumen total/hectárea, (m ³)
		Vt : Volumen total (m ³)
		N° árboles/ha : Número de árboles/hectárea
Volumen comercial/hectárea	$Vc = \frac{Vc * N^{\circ}arboles}{ha}$	Vt/ha : Volumen total/hectárea, (m ³)
		Vt : Volumen total (m ³)
		N° árboles/ha : Número de árboles/hectárea
Volumen total/área neta de la plantación	$\frac{Vt}{anp} = \frac{Vt}{ha} * anp$	Vt/anp : Volumen total/área neta de plantación, (m ³)
		Vt/ha : Volumen total/hectárea (m ³)
		anp : Área neta de plantación
Volumen comercial/área neta de la plantación	$\frac{Vc}{anp} = \frac{Vc}{ha} * anp$	Vc/anp : Volumen comercial/área neta de plantación, (m ³)
		Vc/ha : Volumen comercial/hectárea (m ³)
		anp : Área neta de plantación

Realizado por: Guamán, F. 2024.

3.7.6. Estimadores estadísticos

Tabla 3-4: Tabulación de estimadores estadísticos e Indicé de calidad general

Estimadores estadísticos	Formula	Descripción
--------------------------	---------	-------------

Media	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	\bar{X} : Media
		$\sum_{i=1}^n X_i$: Sumatoria de todas las unidades de muestreo
		n : Número de las unidades de la muestra
Coefficiente de variación	$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$	Cv : Coeficiente de variación
		S : Desviación estándar
		\bar{X} : Media
Índice de Calidad General	$ICGEN = \frac{N_1 * 1 + N_2 * 2 + N_3 * 3}{N_1 + N_2 + N_3}$	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: Guamán, F. 2024.

3.7.6.1. Variables Cuantitativas

Los datos se tomaron de forma directa con la ayuda de la forcípula para el DAP a la altura del pecho, y el clinómetro SUUNTO para las alturas comercial y total de los árboles en pie

- **DAP, Altura total, Altura comercial y Diámetro de copa**

El DAP se midió desde la base del árbol a 1,30 m de altura, utilizando la forcípula se tomó el diámetro del fuste de aquellos arboles registrados dentro del radio de las parcelas ya definidas anteriormente, estos datos se registraron en cm (Ilustración 3-2).



Ilustración 3-2: Medición de DAP con Forcípula

Realizado por: Guamán, F. 2023.

La estimación de la altura total se realizó ubicándose a una distancia horizontal del árbol, con la ayuda del distanciómetro se enfocó en el centro de este para conocer a cuántos metros de distancia estaba, ya que por la densidad de la plantación no era tan útil la cinta métrica para lograr observar a que distancia estaba, por la misma razón se utilizó el clinómetro digital. (Ilustración 3-3)

Para la altura comercial se llevó a cabo la misma metodología, se visualizó hasta donde el fuste tenga un diámetro de 10 cm, es decir que se pueda aprovechar (Ilustración 3-4)



Ilustración 3-3: Distanciómetro

Realizado por: Guamán, F. 2023.



Ilustración 3-4: Estimación de alturas con el Clinómetro Digital

Realizado por: Guamán, F. 2023.

El diámetro de copa se estimó con la cinta métrica de N-S y E-O de extremo a extremo de cada árbol que se encontraba dentro del radio de las parcelas establecidas (Ilustración 3-5)



Ilustración 3-5: Estimación de Diámetro de copa con la cinta métrica

Realizado por: Guamán, F. 2023.

Para cumplir con el segundo objetivo planteado, se llevó a cabo una valoración de la calidad de la madera en pie del rodal en estudio. Se empleó la metodología para evaluación y tasación de plantaciones forestales desarrollada por Olman Murillo. Esta consistió en las siguientes Actividades:

3.7.7. Registro de variables de calidad de los árboles en pie

En el trabajo de campo, se evaluó y documentó la calidad de los árboles de acuerdo con la escala para tipos de calidad de madera que forma parte de la metodología desarrollada previamente por (Murillo y Camacho 1997). Dicha metodología fue implementada en este estudio para categorizar la

calidad de la madera en pie según parámetros como nudos, ramas, bifurcaciones, daños, entre otros.

3.7.7.1. Variables Cualitativas

Con el fin de proporcionar información sobre el potencial productivo de cada plantación y su capacidad para cumplir con los objetivos futuros de producción, se describieron las variables a evaluar, cuyos datos fueron consignados en el formulario de campo N°1 (Anexo A; Ilustración 3-6)



Ilustración 3-6: Registro de las variables cualitativas

Realizado por: Guamán, F. 2024

- **Bifurcación**



Ilustración 3-7: Bifurcación con calificación 2

Realizado por: Guamán, F. 2024.

Al examinar a detalle cada árbol dentro de las parcelas desde la base hasta la copa, se realizó una valoración de bifurcaciones según lo siguiente: se asignó "1" en caso de no presentar bifurcación

en la sección comercializable del fuste, y "2" si el ejemplar exhibía alguna bifurcación a lo largo del fuste principal. (Ilustración 3-7)

- **Inclinación del árbol**

Para evaluar la inclinación del fuste, se consideró cada árbol como un eje vertical y con base en el grado de inclinación percibida, se realizó la siguiente categorización: se asignó "1" a árboles rectos, con un ángulo de inclinación de 30° o menor y "2" para árboles inclinados, con un ángulo mayor a 30° respecto a la línea vertical (Ilustración 3-8)



Ilustración 3-8: Inclinación del árbol calificación 2

Realizado por: Guamán, F. 2023.

- **Rectitud del fuste**

Para evaluar la rectitud del fuste, se examinó visualmente el contorno desde la base de cada árbol, observando si la sección comercializable ascendía perpendicular y uniformemente o presentaba alguna curvatura. Con base en esto, se realizó la siguiente categorización:

Árbol de rectitud "1": fuste completamente recto, semejante a un poste eléctrico.

Árbol de rectitud "2": fuste con ligeras torceduras o alabeos a lo largo de la sección comercial.



Ilustración 3-9: Rectitud del fuste

Realizado por: Guamán, F. 2023.

Árbol de rectitud "3": fuste con severas torceduras que no permitirían obtener piezas comerciales mediante cortes longitudinales (Ilustración 3-9).

- **Daño mecánico**

Se examinó la presencia de lesiones en el fuste, ya sea por prácticas silvícolas o agentes ambientales como lluvia y viento, entre otros. De acuerdo con esto, se asignó "1" a árboles que no evidenciaban daños, y "2" cuando se observaban heridas en el fuste (Ilustración 3-10).



Ilustración 3-10: Daño mecánico, calificación 1

Realizado por: Guamán, F. 2023.

- **Grosor de ramas**

El grosor de las ramas se estimó de forma general para todos los árboles, considerando ramas gruesas aquellas con diámetros superiores a 4 cm. Con base en esto, se asignó "1" a árboles sin ramas gruesas a lo largo del fuste comercial, y "2" si se observaba al menos una rama gruesa en la sección comercializable (Ilustración 3-11).



Ilustración 3-11: Grosor de ramas, Calificación 1

Realizado por: Guamán, F. 2023.

- **Estado Fitosanitario**

Se observó de cada árbol desde la base a la copa, observando la presencia de plagas, deficiencias nutricionales u otros problemas que se reflejaran en su morfología. La condición fitosanitaria se categorizó siguiendo los siguientes criterios (Murillo & Camacho, 1997):

Totalmente sano (1): Sin evidencia de problemas fitosanitarios, buen estado nutricional y morfológico.

Aceptablemente sano (2): Alguna evidencia de problemas fitosanitarios afectando menos del 50 % del follaje, sin heridas severas o daños económicamente importantes en el fuste.

Enfermo (3): Problemas fitosanitarios en más del 50 % del follaje y fuste principal.

- **Grano espiral**

La dirección de la fibra en el fuste se estimó visualmente, categorizando de la siguiente manera (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).

Fibra recta (1): Fuste externamente con fibras en línea recta.

Fibra levemente torcida (2): Fuste con una ligera torsión en la dirección de las fibras.

Fibra torcida (3): Fuste con fibras notoriamente torcidas.

- **Calidad de troza**

Se realizó una estimación de la calidad de cada troza de los árboles observándolas individualmente y categorizándolas en 4 niveles según los siguientes criterios (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206): la calidad “1” corresponde a trozas rectas o levemente torcidas, sin presencia de plagas, enfermedades, heridas importantes, nudos grandes, grano en espiral o horqueta; la presencia de cualquier rama descalifica esta calidad.

La calidad “2” presenta un fuste recto o aserrable, con ramas en ángulo de 60°, evidencia de ramas gruesas y abundantes, y diámetros mayores a 15 cm.

La calidad “3” muestra al menos una característica como torceduras severas, grano en espiral, bifurcaciones, ángulo de inserción de ramas menor a 45°, heridas de poda, ramas secas o daños de plagas, que permitan solo un 50% de aprovechamiento.

La calidad “4” la conforman trozas no aserrables, ya sea por sus dimensiones (diámetros menores a 10 cm) o sus características físicas.

Para cumplir con el tercer objetivo de diseñar la propuesta de aprovechamiento forestal de la plantación en estudio, seguimos una metodología integral y bien estructurada por el (MAG,2017):

Recopilación de información base: Se realizó un inventario forestal detallado de la plantación, Además, se revisaron las normativas y regulaciones forestales vigentes, así como los compradores de madera en pie.

Planificación del sistema de aprovechamiento: Se diseñó un plan de aprovechamiento que contempló las técnicas de corta, los sistemas de extracción de la madera, la logística de transporte y las medidas de mitigación ambiental.

Evaluación de impactos: Se llevó a cabo una evaluación de los potenciales impactos ambientales, sociales y económicos del aprovechamiento forestal, incluyendo medidas de prevención, mitigación y compensación.

Plan detallado de operaciones: Se elaboró un plan detallado que incluye las actividades a realizar, el cronograma, los responsables, los costos estimados y las potenciales fuentes de financiamiento.

Determinación del valor económico de madera en pie: Con el fin de determinar el valor económico de la madera disponible en el sitio, se tomaron en cuenta los datos volumétricos resultantes del inventario forestal realizado en el área de estudio. Estos datos, que reflejaban el volumen comercialmente aprovechable, se complementaron con la información promedio recopilada a través de encuestas aplicadas en campo (Murillo et al., 1996, p. 85) citado en (Sanaguano,2022, p.24).

En la actualidad a nivel nacional no hay registros disponibles sobre el precio de la madera en pie de *P. radiata*. Por lo tanto, para calcular su costo, es necesario considerar el tiempo requerido para que esta madera madure y sea óptima para su aprovechamiento, lo cual suele ser entre 18 y 25 años para alcanzar un estado óptimo de aprovechamiento. Basándose en los valores de mercado locales, se ha determinado el precio por metro cúbico de madera. (Martínez et al., 2006. p. 825) citado en (Sanaguano,2022, p.24).

Para determinar el valor económico de una plantación forestal, se emplearon datos obtenidos del inventario, como el volumen comercializable en metros cúbicos, así como el precio vigente en el mercado de la madera por especie en su estado natural (Murillo et al., 1996. p. 85).

$$VET = V * PM$$

Dónde:

VET =Valor económico total (\$)

V = Volumen (m²)

PM = Precio de mercado

Para saber el precio de madera en el mercado se realizó encuestas a los propietarios de la plantación y de igual forma para saber los costos de mano de obra.

Redacción de la propuesta: Se redactó una propuesta completa que integró todos los componentes anteriores, más un plan de monitoreo y seguimiento.

Implementación y seguimiento: Se contempla la implementación fomentando la participación de las comunidades locales y adoptando un enfoque multidisciplinario que integre los aspectos técnicos, legales, ambientales y socioeconómicos (MAG,2017).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en relación con el objetivo principal de la investigación, que consiste en estimar el crecimiento de la plantación de *P. radiata* en función a las clases diamétricas.

4.1. Clases diamétricas

En la tabla 1-4 se presentan información relevante sobre el proceso de cálculo de las clases diamétricas de una muestra de 284 árboles de la especie de *Pinus radiata*

Tabla 4-1: Calculo de clases diamétricas por método de Sturges

Total, de Observaciones	V.max (DAP1.30m)	V.min (DAP1.30m)	Número de clases diamétricas	Amplitud de clase
284	65	10	11	5

Realizado por: Guamán, F. 2024.

V.max: Valor máximo

V.min: Valor mínimo

El total de observaciones fue de 284, lo que significa que se midió y registró datos de 284 árboles de *Pinus radiata* en la muestra estudiada. La columna "V.max" muestra el diámetro máximo registrado a 1.30 metros desde el suelo. En este caso, el valor máximo fue de 65 centímetros. La columna "V. mín." indica el diámetro mínimo medido también a 1,30 metros de altura. Aquí el valor mínimo fue de 10 centímetros.

La amplitud de clase hace referencia a la diferencia entre las dimensiones entre las divisiones diamétricas definidas. En el presente estudio, se optó por trabajar con una amplitud de segmento de 5 centímetros. De esta forma se establecieron 11 segmentos diamétricos de 5 centímetros cada uno.

4.1.1. Área Basal proyectado a una hectárea - DAP y Altura promedio.

El área basal de la plantación en estudio es de 62,79 m² con una altura comercial promedio de 13,18 m y un DAP promedio de 32,33 cm.

Tabla 4-2: Área basal, Altura comercial, DAP proyectados a una hectárea

AB \bar{X} /ha	Altura comercial	DAP
62,79 m ²	13,18 m	32,33 cm

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.1.2. *Calculo del volumen comercial de la plantación en estudio*

De acuerdo con el objetivo uno planteado en la presente investigación, la cual fue estimar el crecimiento dasométrico de la plantación en estudio se presentan los siguientes resultados.

4.1.3. *4.1.3.1 Volumen comercial de las parcelas inventariadas por clases diamétricas y Tipo de madera.*

La Tabla 4-3 se observa un análisis del volumen comercial total distribuido en diferentes clases diamétricas en las 8 parcelas inventariadas. Se evidencia que el volumen comercial total de las 8 parcelas de un total de 284 árboles evaluados es igual a 156,79 m³. También presenta un análisis del tipo de madera dividido en dos categorías de Tipo de madera:” Delgada “y “Gruesa”.

Tabla 4-3: Volumen comercial de las parcelas inventariadas por clases diamétricas y tipo de madera.

N°	Clase Diamétrica cm.	DAP cm.	Área Basal m ²	Alt.Com. m.	Fact. forma	Vol. Unit. m ³	En 0,40ha		Tipo de madera
							Frec	Vol. m ³	
1	10,1 - 15	13,4	0,0141	7,12	0,691	0,07	5	0,35	Delgada
2	15,1 - 20	17,3	0,0236	10,95	0,619	0,16	18	2,88	Delgada
3	20,1 - 25	23,0	0,0415	11,84	0,570	0,28	38	10,63	Delgada
4	25,1 - 30	27,7	0,0601	11,91	0,533	0,38	57	21,74	Gruesa
5	30,1- 35	32,7	0,0842	13,30	0,505	0,57	67	37,88	Gruesa
6	35,1 -40	37,7	0,1115	13,96	0,481	0,75	44	32,95	Gruesa
7	40,1-45	43,2	0,1465	19,43	0,462	1,32	35	46,05	Gruesa
8	45,1-50	47,6	0,1777	15,57	0,445	1,23	13	16,01	Gruesa
9	50,1-55	52,7	0,2179	8,98	0,431	0,84	4	3,37	Gruesa
10	55,1-60	56,9	0,2543	11,85	0,418	1,26	2	2,52	Gruesa
11	60,1-65	62,0	0,3019	18,02	0,407	2,21	1	2,21	Gruesa
TOTAL							284	176,59	

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.1.3.1. *4.1.3.4 Volumen comercial de la plantación proyectado a una hectárea en función de las clases diamétricas*

La tabla 4-4 presenta información sobre el volumen y el número de árboles proyectado por una hectárea en función de diferentes clases diamétricas.

Tabla 4-4: Volumen y numero de árboles de una hectárea.

N°	Clase Diamétrica cm.	Volumen/árbol m ³	Frecuencia	Vol. / Clase. Diamétrica (m ³)
1	10,1 - 15	0,07	11,1	0,8
2	15,1 - 20	0,16	40,0	6,4
3	20,1 - 25	0,28	84,4	23,6
4	25,1 - 30	0,38	126,7	48,3
5	30,1 - 35	0,57	148,9	84,2
6	35,1 -40	0,75	97,8	73,2
7	40,1-45	1,37	77,8	106,5
8	45,1-50	1,23	28,9	35,6
9	50,1-55	0,84	8,9	7,5
10	55,1-60	1,26	4,4	5,6
11	60,1-65	2,21	2,2	4,9
SUMA				396,63

Realizado por: Guamán, F. 2024.

Se distingue una tendencia de aumento en el volumen por árbol a medida que aumenta el diámetro del árbol. Esto es lógico, ya que árboles más grandes tienen más volumen comercial. Por ejemplo, los árboles en la clase diamétrica "40,1-45 cm" tienen el volumen por árbol más alto (1,37 m³), en comparación con la clase más pequeña "10,1-15 cm" (0,07 m³). El volumen comercial por hectárea se distribuye de manera desigual entre las diferentes clases diamétricas.

El volumen comercial estimado proyectado por hectárea es de 396,63 m³, esta cifra es el resultado de sumar el volumen de todas las clases diamétricas proyectadas por una hectárea.

Tabla 4-5: Volumen y número de árboles en las 6,88 hectáreas.

Clase cm.	Volumen/árbol m ³	Frecuencia	Vol./Clase. Diamétrica (m ³)	Tipo de madera
10,1 - 15	0,07	76,3	5,3	Delgada
15,1 - 20	0,16	274,8	44,0	Delgada
20,1 - 25	0,28	580,1	162,3	Delgada
25,1 - 30	0,38	870,2	331,9	Gruesa
30,1 - 35	0,57	1022,9	578,3	Gruesa
35,1 -40	0,75	671,7	503,0	Gruesa
40,1-45	1,37	534,3	731,9	Gruesa
45,1-50	1,23	198,5	244,4	Gruesa
50,1-55	0,84	61,1	51,5	Gruesa
55,1-60	1,26	30,5	38,5	Gruesa
60,1-65	2,21	15,3	33,8	Gruesa
SUMA		4336	2724,82	

Realizado por: Guamán Tisalema, Fatima,2024.

La Tabla 4- 5 presenta información sobre el volumen y el número de árboles en un área de 6,88 hectáreas, organizados por clases diamétricas y Tipo de madera. El volumen comercial estimado en las 6,88 hectáreas es de 2724,82 m³ con un total estimado de 4336 árboles en las 6,88 hectáreas.

Tabla 4-6: Cálculo del volumen comercial total promedio de la plantación de *P. radiata*.

Ha	Volumen m ³ ha ⁻¹
1	539,14
2	602,57
3	358,15
4	398,75
5	306,34
6	323,28
7	410,35
8	462,91
Total	3401,49
# Parcelas	8
Σ	425,19
σ	104,06
S²	10827,72
SE	6,17
Error de muestreo	12,44
Limite sup	437,63
Limite inf	412,74
C.V.	24,47
εr	17,31%
Superficie	6,88
VCT Σ	2925,28
Volumen comercial superior total	3010,88
Volumen comercial inferior total	2839,68

Realizado por: Guamán Tisalema, Fatima, 2024

La Tabla 4-6 proporciona un resumen detallado del cálculo del volumen comercial total promedio de *P. radiata*, el cual presenta un valor de 2925,28 m³ha⁻¹, con un volumen comercial superior total de 3010,88 m³ha⁻¹ y el volumen comercial inferior total de 2839,68 m³ha⁻¹ considerando la aplicación de estimadores estadísticos. Se determinó un error relativo del 17,31 % al igual que su error de muestreo presentó un valor de 12,44 en cuanto al límite superior tiene un valor de 437,63 m³ha⁻¹ y el límite inferior tiene un valor de 412,74 m³ha⁻¹.

4.2. Valorar la calidad de madera en pie, de la especie en estudio

Para poder llevar a cabo un mejor aprovechamiento de la plantación de *Pinus radiata* se debe partir de la valoración de la calidad de los árboles en pie, debido a que no se realizó ninguna práctica silvicultural apropiada y con ello la decadencia de la calidad en la madera proveniente de esta especie, por lo que a continuación se presenta el análisis de variables cualitativas.

Tabla 4-7: Variables cualitativas de la plantación de estudio

N	Bifurcación		Inclinación		Rectitud del fuste			Daño mecánico	Grosos de ramas		Estado fitosanitario			Grano espiral			Calidad de troza			
	1	2	1	2	1	2	3		1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
1	20	16	6	48	4	42	12	29	17	24	18	16	9	0	58		11	37		1
2	38	8	13	56	14	42	18	40	31	20	33	16	6		101	6	40	26		
3	31	4	8	50		62	6	33	33		31	4		33			26	14		
4	27	16	23	22	24	18	3	34	11	46		58	12		68				16	31
5	32	10	6	62	5	38	39	27	6	60		74			60	21		46	43	23
6	38		33	16		68	21	33	7	68		82			80	3		77	45	32
7	12	62	32	24	26	44	3	38	17	52		82	9		88			116		40
8	34			68		66	33	34		68		66	3		44				58	
Suma	232	116	121	346	73	380	135	268	122	338	82	398	39	33	499	30	77	376	104	127
Promedio	29	19,3	17	43,25	14,6	47,5	16,875	33,5	17,43	48,2857	27,33	49,75	7,8	16,5	71,286	10	25,67	53,43	34,7	25,4
Porcentaje	66,7	33,3	26	74	12,4	64,6	23	100	26,52	73,48	15,8	76,69	7,5	5,872	88,79	5,3381	11,26	54,97	15,2	18,57
Desviación (%)	9,06	21,4	12	19,85	10,3	16,9	13,60	4,24	10,86	19,68	8,14	32,45	3,42	23,33	19,57	9,64	14,5	34,46	16,2	14,91

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.1. Bifurcación

La ilustración 4-1, presenta en la plantación arboles sin bifurcación con el 66,7 %. En cambio, el valor de árboles bifurcados con el 33,3%.

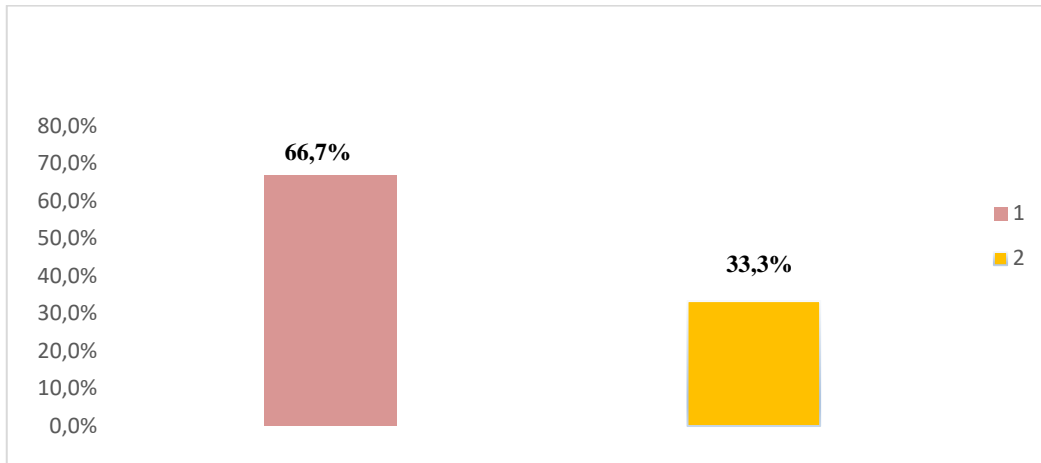


Ilustración 4-1: Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación.

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.2. Inclinación

En la plantación presentan arboles con un valor de inclinación del 26 % y a su vez presentan arboles con una incidencia en la inclinación del 74 %.

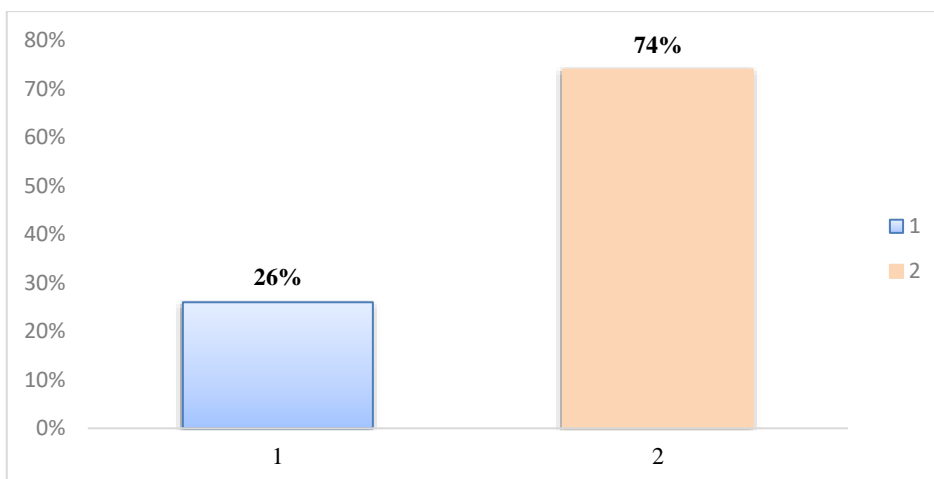


Ilustración 4-2: Porcentaje de árboles respecto a la variable Inclinación

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.3. Rectitud del fuste

En la ilustración 4-3 en la plantación presenta el valor de 12,40 % que son los árboles que se encuentran totalmente rectos, con un valor del 64,60 % son árboles que presentaron torceduras leves a lo largo del fuste y el 23 % son árboles que presentaron torceduras severas.

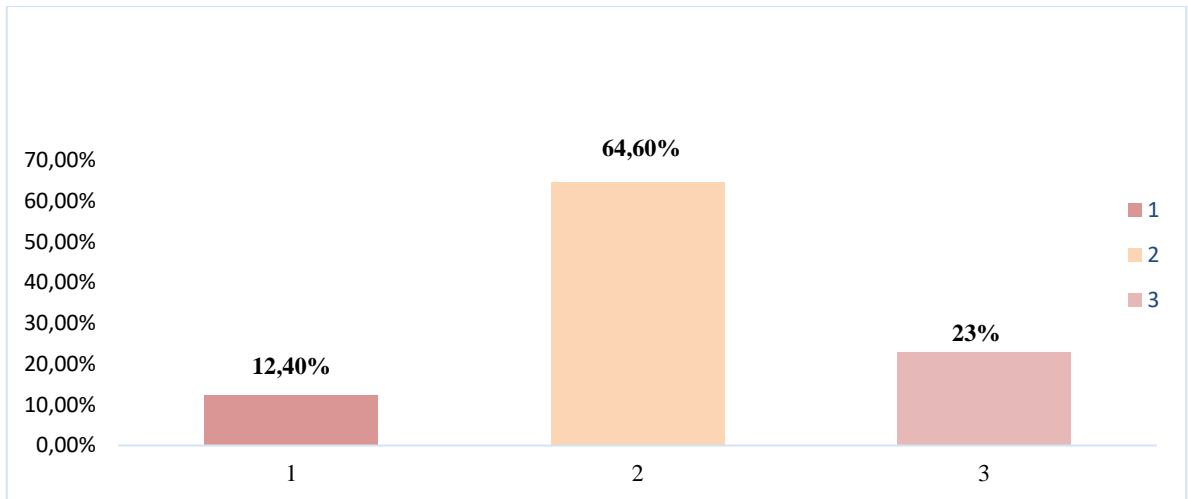


Ilustración 4-3: Porcentaje de árboles respecto a la variable Rectitud del fuste

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.4 Daño mecánico

La ilustración 4-4 muestra valores de la plantación donde se puede observar que todos los árboles están libres de daño mecánico, alcanzando un valor del 100 %.

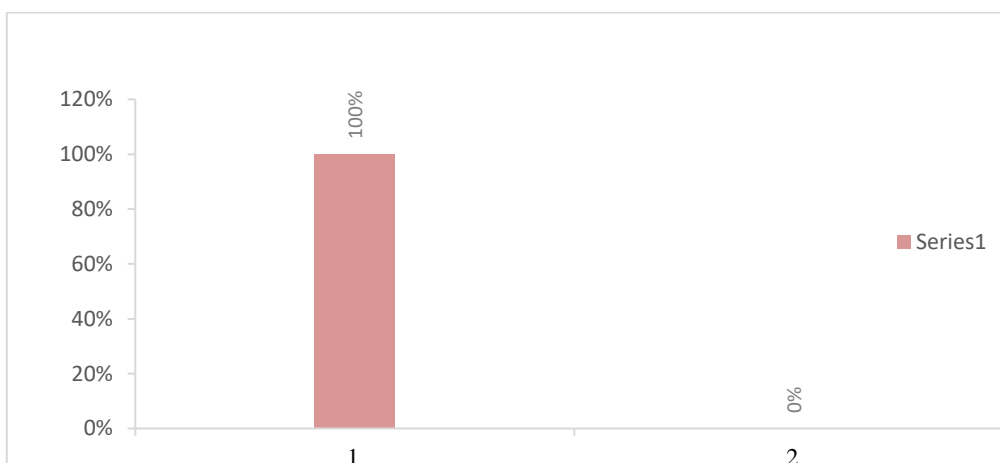


Ilustración 4-4: Porcentaje de árboles respecto a la variable de Daño mecánico

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.4. Grosor de ramas

En la ilustración 4-5, la plantación presenta mayor valor de árboles con ramas gruesas con el 73 %. La menor incidencia de árboles sin ramas gruesas se evidencia con un valor de 27 %.

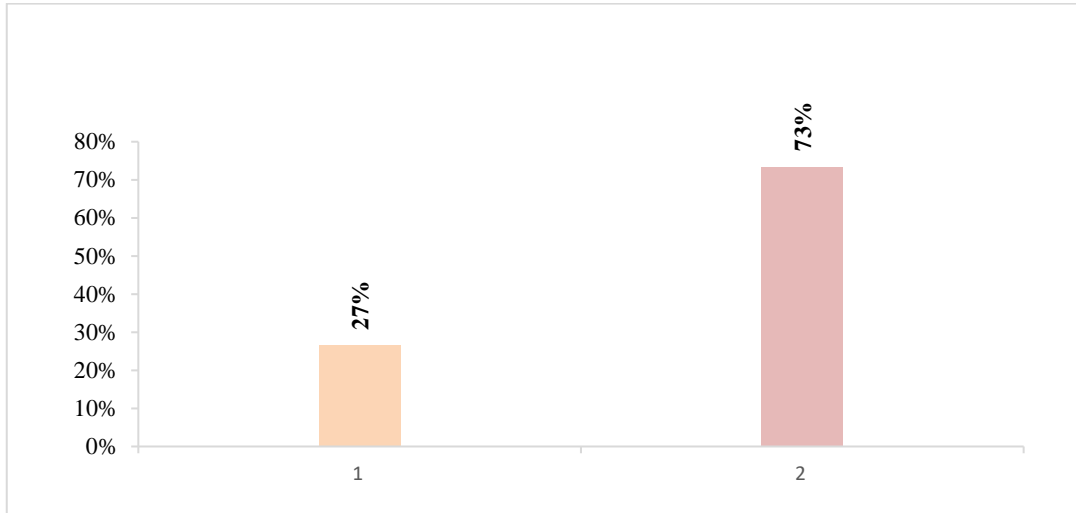


Ilustración 4-5: Porcentaje de árboles respecto a la variable Grosor de ramas

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.6 Estado fitosanitario

En el estado fitosanitario la plantación en estudio presenta un porcentaje del 15,8 % de árboles sanos, seguido de 76,7 % de árboles con alguna evidencia de problemas fitosanitarios y finalmente el 7,5 % de los árboles enfermas algunos en la parte del fuste y otros en las ramas.

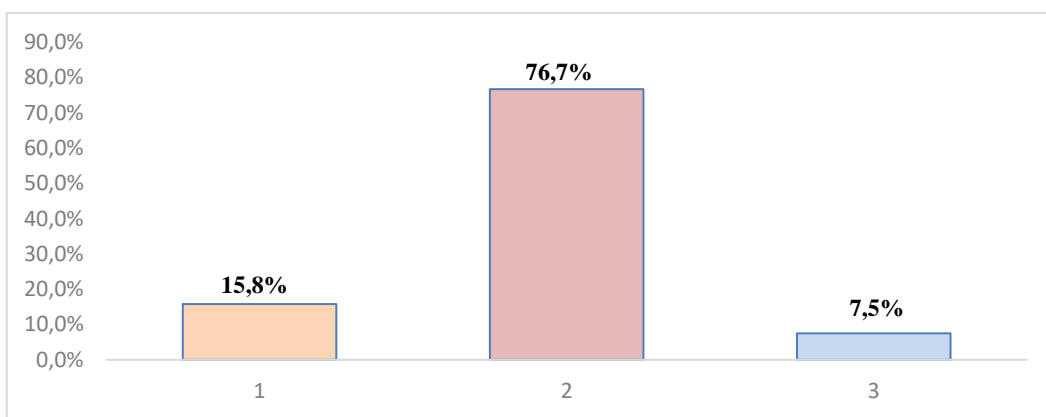


Ilustración 4-6: Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.5. Grano espiral

Ilustración 7-7, la plantación presenta un porcentaje de 5,87 % de árboles con fibra recta, seguidos de 88,79 % de árboles con fibra levemente torcida y 5,34 % de árboles con fibra torcida.

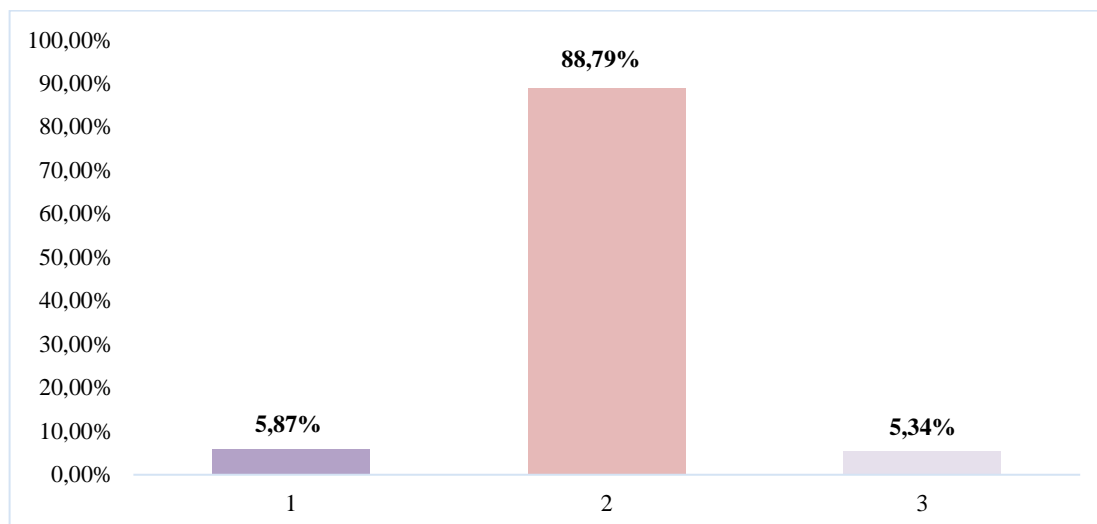


Ilustración 4-7: Porcentaje de árboles respecto a la variable de Grano espiral

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.8 Calidad de troza

Según los parámetros de evaluación analizados a cada troza se valoró como calidad 1, calidad2, calidad3, calidad 4, con la finalidad de obtener trozas comerciales útiles para la industria maderera. En la plantación en estudio el 19,59 % de las trozas son de calidad 1, es decir trozas que están completamente rectas. El 40,79 % son trozas de calidad 2, las cuales son trozas que se pueden aprovechar en más de un 50 %. El 20,23 % son trozas de calidad 3, siendo aquellas que presentan daño mecánico, ramas gruesas y abundantes, pueden ser utilizadas hasta un 50 % del fuste. El 19,39 % de calidad 4, son trozas no aserrables tanto en sus características físicas y sus dimensiones.

Tabla 4-8: Promedio de trozas por categoría de calidad.

Trozas en:	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Calidad 4
Parcela	25,67	53,43	26,5	25,4
Hectárea	1027	2137	1060	1016
Total, de plantación	7063,5	14703,5	7292,8	6990,1
%	19,59%	40,79%	20,23%	19,39%

Realizado por: Guamán, F. 2024.

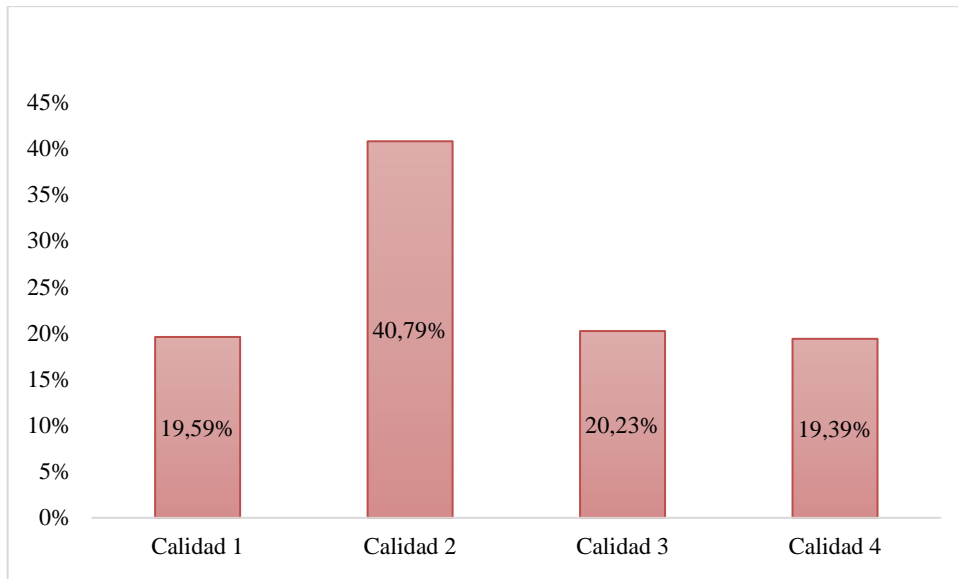


Ilustración 4-8: Porcentaje de árboles respecto a la variable Calidad de troza

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.2.6. Índice de calidad general

El índice de calidad general permite conocer el desarrollo que han tenido la plantación en estudio, el cual es de 2,40 % como se presenta en la Tabla N°4-9

Tabla 4-9: Índice de calidad general en la plantación de *Pinus radiata*.

Plantación	Especie	Índice de Calidad general
Pasguazo	<i>Pinus radiata</i>	2,40%

Realizado por: Guamán, F. 2024.

Propuesta de aprovechamiento forestal

a. Título de la propuesta

Propuesta de aprovechamiento forestal de la plantación de *Pinus radiata* ubicada en la Parroquia San Juan, comunidad Pasguazo.

b. Caracterización de área

La plantación de *Pinus radiata* está ubicada en la comunidad de Pasguazo, en la parroquia San Juan provincia de Chimborazo. La plantación abarca un área de aproximadamente 6,88 hectáreas, con una edad de 28 años. Se estima que el volumen aprovechable de madera es de aproximadamente 2925,28 m³ha⁻¹

c. Objetivo de aprovechamiento

Se busca implementar un sistema de aprovechamiento forestal para la venta de madera en pie de toda la plantación a distintas empresas de la industria forestal.

d. Marco Normativo

Si el aprovechamiento forestal se realiza únicamente en la plantación de *P. radiata*, la normativa y los requisitos se enfocan específicamente en esta especie. Algunos aspectos clave a considerar son:

Acuerdo Ministerial 327 del Ministerio del Ambiente de Ecuador (2014) - "Norma para el Manejo Forestal Sustentable para el Aprovechamiento de Madera en Plantaciones Forestales":

Dímetros Mínimos de Corta:

Para *P. radiata*, el diámetro mínimo establecido es de 25 cm a la altura del pecho (1,30 m). No se permite el aprovechamiento de individuos por debajo de este diámetro (Art. 17).

Ciclo de Corta y Método de Aprovechamiento:

Esta especie se maneja típicamente en ciclos de corta final (tala rasa) al final de la rotación, generalmente entre 20-30 años. Se pueden aplicar sistemas de aprovechamiento de árbol completo o de fustes y ramas (Art. 19).

Guía de Buenas Prácticas de Aprovechamiento:

Se recomienda utilizar técnicas de bajo impacto como la planificación de vías de arrastre, limpieza de caminos, y patios de acopio temporales (Anexo 2).

Licencia Ambiental y Requisitos de Informes:

Se debe obtener la Licencia Ambiental previa al aprovechamiento, presentando el Plan de Manejo. Durante y después del aprovechamiento se deben presentar informes de avance y final al Ministerio del Ambiente (Acuerdo Ministerial 327, Art. 10-12).

Normativa Nacional:

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (Codificación 17, 2004) establece los principios y normas para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales en Ecuador.

Regulaciones Locales:

Además de la normativa nacional, existen posibles regulaciones a nivel provincial y parroquial que complementan el marco legal forestal:

A nivel provincial (Chimborazo):

La Ordenanza del Sistema de Gestión y Administración de Áreas Naturales (2019) regula el manejo de áreas protegidas y recursos naturales. Además, pueden existir ordenanzas sobre prevención y control de incendios forestales aplicables a plantaciones.

A nivel parroquial (San Juan):

Podrían existir ordenanzas específicas de protección de fuentes de agua y caudales que limiten las plantaciones cerca de ríos, quebradas u otros cursos de agua. Algunas parroquias rurales tienen ordenanzas ambientales que norman aspectos como forestación/reforestación obligatoria en ciertas áreas. Asimismo, es posible que se requieran tasas o permisos parroquiales para el establecimiento y aprovechamiento de plantaciones forestales (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan, 2020).

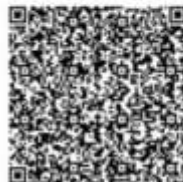
Licencia de aprovechamiento forestal

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica



LICENCIA DE APROVECHAMIENTO FORESTAL

CÓDIGO DE LA LICENCIA: 72555T66048
TIPO DE LICENCIA: LICENCIA TOTAL



Información proporcionada por: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE)

Fuente:(MAE,2010, p.1)

- **Guía de movilización de la madera**



Fuente: (MAG,2017)

e. Planificación de aprovechamiento

Tala rasa

Se recomienda llevar a cabo un aprovechamiento forestal mediante la técnica de tala rasa en la plantación, lo que implica el corte de todos los árboles en las 6,88 hectáreas. Para esta actividad, es crucial considerar la ubicación a una altitud de 3,880 msnm y planificar adecuadamente las operaciones de acuerdo con las condiciones específicas del sitio.

En zonas de gran altitud como esta, factores como las temperaturas, los vientos, las precipitaciones y la disponibilidad de oxígeno pueden presentar desafíos logísticos y de seguridad para las labores de aprovechamiento forestal. Por lo tanto, se requiere una evaluación detallada del área y la adaptación de las técnicas de tala rasa y el manejo posterior según las circunstancias particulares.

Esto puede implicar ajustes en los horarios de trabajo, implementación de medidas de seguridad adicionales para los trabajadores, planificación de rutas de extracción adecuada.

Una gestión y planificación adecuada teniendo en cuenta las características del sitio a gran altitud, serán esenciales para garantizar un aprovechamiento forestal seguro, eficiente y ambientalmente responsable mediante la técnica de tala rasa.

Labores de aprovechamiento

Para talar el árbol, se aconseja hacer un corte direccional que facilite el arrastre, sobre todo para no perjudicar los ejemplares restantes. También se recomienda que el corte sea lo más bajo posible en el fuste. Una vez realizada la tala, se recomienda luego desramar, haciendo cortes al ras del fuste para manipular mejor el arrastre, transporte e industrialización.

Limpieza de caminos forestales para el acceso a la plantación

La limpieza de caminos forestales es una práctica esencial que implica diversas tareas de mantenimiento y conservación. Primero se realiza un desbroce periódico de la vegetación, maleza y arbustos que crecen en el camino y sus bordes, mejorando la visibilidad y evitando daños a la superficie. Además, se retiran obstáculos como troncos caídos, ramas y rocas que obstruyen el paso.

También se nivelan y rellenan los baches con material granular adecuado para mejorar el acceso. Es fundamental limpiar y mantener en buen estado los sistemas de drenaje, cunetas y alcantarillas para permitir el libre flujo del agua de escorrentía y prevenir la erosión. Finalmente, se asegura una adecuada señalización y, de ser necesario, se controla el acceso para evitar el uso indebido o el tránsito de vehículos no autorizados.

f. Medidas de mitigación de impacto ambiental

Uso de técnicas de extracción de bajo impacto: Emplear métodos de extracción de madera que minimicen la compactación del suelo, la erosión y el daño a la vegetación circundante, como el uso de equipos de tracción ligera.

Producción agrícola: Una vez finalizado el aprovechamiento forestal en las 6,88 hectáreas de plantación, esa superficie no será reforestada, sino que se le dará un nuevo uso orientado a la producción agrícola. Tras la cosecha de los árboles, esas tierras serán habilitadas y acondicionadas para establecer cultivos y desarrollar actividades agropecuarias.

Manejo de residuos y detritos: Recolectar y gestionar adecuadamente los residuos de la cosecha, como ramas y restos de madera, para prevenir la acumulación de combustible y reducir el riesgo de incendios forestales, así como para evitar la obstrucción de cursos de agua y la alteración del hábitat de la fauna.

Monitoreo ambiental: Llevar a cabo un monitoreo regular de los impactos ambientales de la cosecha forestal.

g. Costos

De acuerdo con lo establecido los dueños de la plantación de la comunidad Pasguazo están de acuerdo en vender las 6,88 Ha de Pino de madera en pie a una empresa dedicada a la industria forestal, por lo cual se propone establecer los costos para la empresa que va a adquirir dicha plantación.

Determinación del precio de la madera en pie

Para establecer el costo de la madera en pie, se tomó en cuenta el volumen aprovechable obtenido del inventario forestal realizado y el precio promedio de la madera en pie, de acuerdo con los datos recopilados mediante encuestas realizadas a los propietarios de la plantación.

Tabla 4-10: Precio promedio de la madera en pie.

Encuesta	Precio
1	\$ 10,00
2	\$ 10,00
3	\$ 10,50
4	\$ 11,00
5	\$ 11,50
6	\$ 12,00
7	\$ 10,00
8	\$ 10,50
9	\$ 11,00
Promedio	\$11,00

Realizado por: Guamán, F. 2024.

El precio promedio obtenido de las encuestas realizadas a propietarios de plantaciones sin manejo silvicultural es de \$11,00 por metro cúbico de madera en pie.

Tabla 4-11: Valor económico total de la madera en pie.

Precio promedio de las encuestas	m ³	Valor económico total
\$11,00	2925,28	\$ 31.365,50

Realizado por: Guamán, F. 2024.

Tabla 4-12: Costos de operación y aprovechamiento.

Costos	Valor/día	días	Cantidad	Costo total
Costos de mano de obra	\$30,90	15	40	\$18540
Costos de equipos y maquinaria	\$65,00	7	20	\$1300
Costos de transporte Tipo mula	\$75,00	8	5	\$3000
Costos de materiales y suministros	\$20,00	15	10	\$3000
Total				\$25840

Realizado por: Guamán, F. 2024.

Tabla 4-13: Costo de operación y aprovechamiento, venta y ganancia de la madera en pie

Costo del valor económico total	\$31365,50
Costo Total de operación y aprovechamiento	\$25840
Perdida/Ganancia	\$ 5525,5

Realizado por: Guamán, F. 2024.

El costo del metro cúbico de madera en pie de *Pinus radiata* asciende a \$17,551.68 para las 6,88 hectáreas evaluadas. Por otra parte, el costo estimado de las operaciones de aprovechamiento se calcula en \$12,300. Como se puede apreciar en la tabla, existe un margen de ganancia de \$5,251.68 para la plantación en estudio.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.4.1 Prueba de normalidad

El resultado del estadígrafo Shapiro-Wilk indica que los datos siguen una distribución normal. Puesto que el valor p es 0,583, que es mayor que el nivel de significancia de 0,05 (Tabla 4-14).

Tabla 4-14: Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk			Sig.
	Estadístico	Estadístico	gl	
Incremento medio anual de volumen de madera en pie	0,182	0,937	8	0,583

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.3.1. Prueba T Student de una muestra

La media del incremento medio anual por hectárea es 15,19 m³. Puesto que el valor p es 0.008, que es mayor que el nivel de significancia de 0,05, se acepta la hipótesis nula y concluye que el incremento medio anual por hectárea promedio de volumen de madera es superior al dato estimado de 12,5 m³ha⁻¹ (5 a 20 m³) acorde a lo señalado por (Ecuador Forestal 2013, p.1). El IC de 95 % indica que la media de la plantación probablemente sea mayor que 12,5 m³ (Tabla4 -15).

Tabla 4-15: Prueba T Student de una muestra

	Valor de prueba = 12,5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Incremento medio anual de volumen de madera en pie	2,044	7	0,08	2,68522	-0,4217	5,7922

Realizado por: Guamán, F. 2024.

4.4 Discusión

El presente estudio la plantación forestal se encuentra ubicada a una altitud de 3880 msnm, en el cual se obtuvo un DAP promedio de 32,33 cm, este dato es mayor al promedio reportado por (Morales,2023, p.27) en una plantación de pino de 15 años ubicada en la comunidad Tagualág perteneciente a la parroquia de San Andrés en la provincia de Chimborazo con un rango altitudinal inferior de 3150 msnm, se reportó un promedio de DAP de 26,32 cm, menor por 6,01 cm. La altura total promedio del estudio fue de 15,01 m, menor al obtenido por (Morales,2023, p.27) que registro una altura total de 26,26 m estas diferencias tanto en el DAP como en altura total se debe a la diferencia de edad y al rango altitudinal ya que la plantación estudiada es mayor por 13 años ala reportada por (Morales,2023, p.27).

El área basal promedio por hectárea del presente estudio es de 62,79 m² en comparación con el área basal de proyectado a una hectárea reportado por (Garces,2023) la cual presenta un valor de 31,25 m² en la plantación A y la plantación B un valor de 31 m² en una plantación de 15 años a una altitud de 3150 msnm. Estos valores obtenidos en el presente estudio entran en el rango de >59,17 lo cual indica que tiene una espesura de masa trabada (Lozano,2017, p.30) esta área basal obtenida obedece a la cantidad de árboles ya que obtener madera de calidad a largo plazo no es posible si no se realiza ningún manejo silvicultural.

En el estudio realizado por (Morales,2023, p.27) el incremento medio anual de volumen total por hectárea de la plantación fue de $32,12 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ correspondiente al año 2022, el incremento medio anual de la altura total fue de 1,75 m; en el presente estudio se obtuvo un incremento medio anual de volumen total de la plantación de $16,10 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ correspondiente al año 2023, el incremento medio anual de la altura total es de 0,50 m.

Los valores inferiores de incremento medio anual de volumen total por hectárea y altura total obtenidos en el presente estudio en comparación con el realizado por (Morales,2023, p.27) puede atribuirse principalmente a que no existió ningún manejo silvicultural de la plantación y existe mucha competencia entre árboles.

El volumen total promedio por hectárea de la plantación evaluada fue de $2925,28 \text{ m}^3$, con un incremento medio anual de 16,10. Estos valores se encuentran por debajo del dato de $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ presentado por (Ecuador forestal,2013) para plantaciones forestales en Ecuador. Esta diferencia podría atribuirse a la falta de operaciones silviculturales en la plantación estudiada, lo cual genera una mayor competencia por nutrientes y se ve reflejado en el volumen total. Al comparar con los resultados de la investigación realizada por (Garcés ,2023, p. 44), quien obtuvo un incremento medio anual de $17,71 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ en plantaciones con condiciones climáticas y edáficas similares, se evidencia que el valor ligeramente superior obtenido por este autor podría deberse a la aplicación de actividades silviculturales adecuadas.

Es importante destacar que la evaluación periódica de las plantaciones forestales es fundamental para identificar las causas que afectan su calidad y determinar su estado actual. De esta manera, se pueden tomar decisiones de manejo apropiadas, como la implementación de prácticas silviculturales, con el fin de mejorar el rendimiento y la calidad de la masa forestal (Nyland, 2016; Sabogal et al., 2018). Además, como señalan (Clutter et al. 1983), el monitoreo constante de variables como el volumen, el incremento y la calidad de los árboles es esencial para optimizar el manejo y la planificación de las operaciones forestales.

La calificación de calidad de plantación se realizó en base a la valoración de variables como: bifurcación, rectitud, estado fitosanitario, entre otros. En el estudio realizado por (Moncayo,2021, p.35), los valores obtenidos en la plantación A mostraron un 3,1 % de árboles bifurcados, mientras que en la plantación B, este porcentaje fue del 10,1 %. En contraste, los resultados obtenidos en el presente estudio revelan que el 33,3 % de los árboles presentan bifurcaciones, lo cual constituye un porcentaje considerablemente mayor al reportado anteriormente por (Moncayo,2021, p.35), Es importante destacar que la presencia de bifurcaciones afecta negativamente el rendimiento del

aserrío, ya que ocasiona una reducción del diámetro útil del fuste Murillo & Badilla (2010) citado en (González, 2017: pp. 37-43).

En cuanto a la variable inclinación presentó de un valor de 26% de árboles inclinados de la plantación en estudio, un valor significativamente mayor a los resultados reportados en el estudio de (Moncayo, 2021, p.35), donde la plantación A tuvo solo un 3,1% y la plantación B un 5,8% de árboles inclinados. Este valor superior de inclinación en los árboles puede ocasionar problemas graves durante el procesamiento y secado de la madera, como alabeo, rajaduras y colapsos. El alabeo ocurre cuando la madera se deforma y se tuerce debido a las tensiones internas causadas por el crecimiento inclinado del árbol. Las rajaduras, por otro lado, son grietas que se forman en la madera como resultado de estas tensiones desiguales. Además, el colapso de la madera puede ocurrir durante el secado, lo que resulta en una deformación y contracción excesiva de las fibras de la madera, reduciendo significativamente su calidad y valor comercial (Chan et al., 2002, pp. 29-38).

En cuanto a la rectitud del fuste, los valores obtenidos en el estudio de (Moncayo 2021, p.35) muestran que en la plantación A hubo un 21,9 % y en la plantación B un 34,4 % de árboles con leves torceduras. En contraste, los resultados del presente estudio arrojan cifras considerablemente más altas, con un 64,6 % de los árboles presentando torceduras leves y un 23 % con torceduras severas. Estas torceduras o desviaciones del fuste recto son especialmente problemáticas cuando ocurren en la primera troza del árbol, que es la sección más valiosa desde el punto de vista comercial. Las torceduras y alabeos reducen significativamente el rendimiento y la calidad del aserrío, ya que dificultan el proceso de corte y generan piezas de madera deformadas, con fibras retorcidas que disminuyen su resistencia mecánica y su apariencia estética. Además, esta situación aumenta los desperdicios y mermas durante el procesamiento de la madera, impactando negativamente en la rentabilidad de las operaciones forestales (Vignote et al. (2013: pp. 37).

Los valores obtenidos en el presente estudio indican que el 100 % de los árboles evaluados están libres de daños mecánicos, lo cual contrasta significativamente con los resultados reportados por (Moncayo 2021, p.35) en su investigación sobre plantaciones forestales. En dicho estudio, se encontró en la plantación B un valor de 44,4 % de los árboles que presentaban algún tipo de daño mecánico. Estos daños pueden ser ocasionados por diversos factores, como prácticas inadecuadas de manejo silvicultural, maquinaria utilizada en las operaciones forestales, inclemencias climáticas o incluso el pastoreo de animales en los rodales (Rickard et al., 2019). La ausencia de daños mecánicos en los árboles evaluados en el presente estudio constituye una condición favorable, ya que estos defectos pueden comprometer la calidad y el valor comercial de la madera. Como señalan (Beadle et al. 2013), los daños mecánicos en los fustes pueden generar pudriciones, decoloraciones, nudos muertos y

otras imperfecciones que disminuyen el rendimiento y la utilidad de la madera para diversos fines industriales.

En el estudio realizado por (Moncayo 2021, p.35) se reportaron valores de 3,1 % y 65,6 % de árboles con presencia de ramas gruesas en las plantaciones A y B, respectivamente. En comparación, los datos obtenidos en el presente estudio revelan que un 73 % de los árboles evaluados presentan ramas gruesas, un valor intermedio entre los encontrados en las plantaciones iniciales de (Moncayo 2021, p.35). La presencia de ramas gruesas en los árboles es un factor que incide directamente en el tamaño de los nudos de la madera y, por lo tanto, afecta su calidad y valor comercial. Según (Cahalan, 1998) y (Hubert & Lee 2005), los nudos grandes pueden disminuir significativamente las propiedades mecánicas de la madera, como su resistencia a la flexión, tracción y compresión, lo que limita su uso en aplicaciones estructurales y de ingeniería.

Además, los nudos grandes también pueden generar problemas estéticos en la madera, como irregularidades en la superficie y una apariencia poco uniforme, lo cual reduce su aceptación en usos decorativos y mueblería (Bhat et al., 2010; Gupta et al., 2018).

El estado fitosanitario del presente estudio presentó un valor de 76,7 % de los árboles muestran alguna evidencia de problemas fitosanitarios y el 7,5 % están enfermos. Esto se debe a que los árboles presentan acículas marchitas, ramas sin follaje y malformaciones, como cola de zorro rasgos que se identificaron para aquellos árboles con brotes epicórmicos sobre el fuste, pero sin presencia de ramas.

Respecto al índice de Calidad General, se obtuvo un valor de 2,40. Este valor se encuentra dentro del rango establecido por (Rojas & Murillo 2000, pp. 65-75), quienes indican que este índice produce valores que oscilan desde 1,0 hasta 4,0. Valores cercanos a 1 corresponden a plantaciones de la más alta calidad, mientras que valores cercanos a 4 se catalogan como plantaciones de muy pobre calidad. Al analizar los resultados, se puede inferir que la plantación evaluada presenta una calidad intermedia (2).

Sobre la base de lo determinado, se asume que la calidad de los árboles refleja, por un lado, la calidad de la planta utilizada durante el establecimiento de la plantación y, por otro lado, el efecto de factores edafoclimáticos y de manejo silvicultural, los cuales inciden en la formación de diferentes tipos de fustes. Factores como la procedencia genética del material vegetal, las técnicas de preparación del terreno, la fertilización, el control de malezas, las podas y los raleos, entre otros, influyen directamente en el desarrollo y la calidad final de los árboles en la plantación forestal Salazar (2008); Trujillo (2012), citado en (Gualpa et al., 2019: pp. 23).

La propuesta plantea un aprovechamiento forestal a través de la tala rasa de una plantación de 6,88 hectáreas de *Pinus radiata* de 28 años de edad en la comunidad de Pasguazo. El objetivo principal es la venta de toda la madera en pie a empresas de la industria forestal. En el cual se determina el valor económico de la madera en pie, con el precio promedio de venta de madera que en el estudio realizado mediante encuestas a los propietarios de la plantación que es de \$11,00 el m³ esto dato es similar con el estudio realizado por (Sanaguano,2022, p.24) en cuanto a la determinación del precio de la madera en pie es de \$ 5,33 dólares el m³ dado que las dos plantaciones no tienen un manejo silvicultural.

Un aspecto favorable de la propuesta es que se enmarca en el marco legal vigente en el país, específicamente la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. Esto garantiza que el proceso de aprovechamiento se lleve a cabo de manera regulada, cumpliendo con los requisitos establecidos, como la obtención de una licencia de aprovechamiento forestal y una guía de movilización de la madera, tal como lo indica el (Compendio de Legislación Ambiental Ecuatoriana, 2022) del Ministerio del Ambiente.

También es fundamental considerar los potenciales impactos ambientales que podría generar la tala rasa propuesta para toda la plantación de 6,88 hectáreas. Si bien se contemplan medidas de mitigación como el uso de técnicas de extracción de bajo impacto, según el estudio (Impactos Ambientales del Aprovechamiento Forestal en los Bosques Andinos de Ecuador, 2017), la tala rasa en sí misma puede tener consecuencias significativas en la biodiversidad, el hábitat de la fauna silvestre y la estabilidad del suelo.

Por otro lado, el artículo (Aprovechamiento Forestal en el Ecuador: Situación Actual y Perspectivas,2020) destaca la importancia de involucrar a las comunidades locales en los procesos de aprovechamiento forestal, asegurando una distribución justa de los beneficios económicos. Esto podría ser un aspecto para considerar en la propuesta, con el fin de promover la participación comunitaria y la aceptación del proyecto en la comunidad de Pasguazo.

CONCLUSIONES

Al concluir con la investigación y luego de analizar e interpretar los resultados obtenidos, se detalla que:

La plantación de *Pinus radiata* en la Parroquia San Juan, se caracteriza por tener una edad aproximada de 28 años de edad, un diámetro a la altura del pecho promedio de 32,33 cm, una altura total promedio de 13,18 m, un área basal de 62,79 m² ha⁻¹ y el volumen estimado de madera en pie de 425,19 m³ *ha⁻¹. Los datos estimados para las variables DAP, altura total y volumen comercial de madera en pie en esta investigación representan el 38,58 %; 68.73 % y 121,5 % respectivamente referencia a valores de crecimiento indicados por Ecuador Forestal. Los valores reflejados, se atribuye a la calidad de planta utilizada para su establecimiento, la escasa aplicación de actividades silviculturales, la competencia entre árboles debido a la densidad de plantación y las condiciones edafoclimáticas específicas del sitio.

La calidad de los árboles en pie de la plantación de *P. radiata* evaluada varía en función de diversos factores, como la presencia de bifurcaciones, la inclinación, la rectitud del fuste, el daño mecánico, el grosor de las ramas, el estado fitosanitario, el grano espiral y la calidad de la troza. Estos rasgos estructurales por ausencia de manejo inciden en la calidad de la madera de la especie valorada dando así un resultado del índice de calidad general del 2,40% de la plantación, lo que a su vez limita el valor comercial de la madera y su utilidad para fines industriales.

La propuesta de aprovechamiento forestal en la comunidad de Pasguazo plantea la tala rasa de una plantación de *Pinus radiata* de 28 años, con el objetivo principal de comercializar la madera en pie. Se destaca que el precio promedio de venta de la madera es de \$11 el m³ dado que durante los 28 años la plantación no tiene ningún manejo silvicultural. Además, la propuesta se ajusta al marco legal forestal vigente en el país, lo que garantiza un proceso regulado y responsable.

RECOMENDACIONES

Para conseguir madera de calidad en plantaciones de *Pinus radiata*, resulta crucial emplear material vegetal selecto durante el establecimiento e implementar un adecuado manejo silvicultural. Se recomienda monitorear periódicamente el crecimiento, productividad y calidad de la madera en pie, idealmente cada 3 a 5 años tras ejecutar actividades de manejo en dichas plantaciones.

Además, se recomienda complementar esto con estudios adicionales que evalúen variables edáficas, características del sitio, procedencia de semilla, calidad fenotípica y nutricional de las plantas en vivero, y por supuesto, las prácticas específicas de establecimiento y manejo silvicultural. Un análisis más preciso que aclare la influencia de todos esos factores sobre el rendimiento final de las plantaciones nos permitirá formular lineamientos técnicos sólidos y específicos para un manejo adecuado a nivel de cada predio.

GLOSARIO

VARIABLES discretas: son todas aquellas que registran características típicamente cualitativas, y, por tanto, no medibles con algún instrumento (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).

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

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

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

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

Radio de parcela: longitud de la parcela en cualquier dirección (Cancino, 2012: pp. 35-50).

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIRRE, C. & VIZCAÍNO, M.** Aplicaciones de la madera en la construcción: Presente y futuro. Revista Técnica "Ingenius", 4, 29-38. 2010
2. **AÑAZCO, M.,** et al. Establecimiento de parcelas permanentes de investigación forestal en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Ecuador. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 7(18-19), 1-12.
3. **AVERY, T. E. y BURKHART, H. E.** Medición de Árboles y Masas Forestales (6ª ed.). México: Editorial El Manual Moderno. 2022
4. **BEADLE, C., et al.** Problemas de calidad de la madera en plantaciones: ¿las prácticas silvícolas pueden contribuir a la solución? *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 10(25), 1-10. 2013
5. **CORPEL.** Caracterización del sector madera – muebles del Ecuador. Programa Nacional de Competitividad. Agroindustria y Forestación. 2007
6. **MURILLO, O., & BADILLA, Y.** Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal, [en línea] 28(2), 101-112. 2004. [Consulta: 2024 – 02 - 03]. Disponible en: https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=DLWieHEAAAAAJ&citation_for_view=DLWieHEAAAAAJ:q3oQSFYPqjQC
7. **CROW, T.R. & SCHLAEGEL, B.E.** A Guide to Southern Pine Seed and Cone Insects. Informe técnico R8-FR 14, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Atlanta, Georgia, Estados Unidos 1988.
8. **DYKSTRA, D. P.** Aprovechamiento de Impacto Reducido de las Operaciones Forestales Tropicales y sus Normas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2001
9. **ECUADOR FORESTAL.** Ficha Técnica No. 13 Pino (*Pinus radiata*) [en línea]. Quito-Ecuador: Ecuador Forestal, 2013, p. 1. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pinopinus-radiata/>.
10. **FAO.** Estado de los bosques del mundo 2020: Hacia una mejor gestión de los bosques para beneficio de las personas y el medio ambiente. [en línea] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2020. [Consulta: 2023 – 10 - 11]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca8642es/ca8642es.pdf>
11. **FERREIRA, C.A.** Fundamentos para la medición de árboles. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. 1994.

12. **GALLEGOS, P.** Situación actual de las plantaciones forestales de pino en el Ecuador. *Revista Cedamaz*, 1(1), 21-27. 2009
13. **GARCÉS, A.** Comparativo del crecimiento dasométrico en dos plantaciones de *Pinus radiata* d. don ubicadas en las parroquias Lican y Calpi de la provincia de Chimborazo. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 2-30. [Consulta: 02 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15888/1/33T00290.pdf>
14. **GERDING, V. y SCHLATTER, J.E.** Variables y factores del sitio de importancia para la productividad de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Suelos de Náhuelbuta, IX Región, Chile. *Bosque*, 16(2), 39-56. 1995.
15. **GOLFARI, L.** Zoneamiento ecológico para reforestamiento no Brasil. Serie Técnica No 7. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Forestal. 1959
16. **GRIJALVA, H. ()**. Situación actual de las plantaciones forestales en el Ecuador. Quito: MAGAP. 2012.
17. **GUALLPA, M.** Caracterización edáfica y dasométrica de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill y propuesta de manejo en la zona estepa espinosa Montano Bajo, Riobamba, Ecuador". *Enfoque UTE* [en línea], 2016, (Ecuador) 6(3), p.82. [Consulta: 17 febrero 2024]. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/103/109>
18. **GUAYASAMÍN, F.** Historia de la forestación en el Ecuador. En Ministerio del Ambiente del Ecuador (Ed.), *La forestación en el Ecuador: 70 años de historia* (pp. 77-108). Quito: PROFAFOR - MAE. *Espacios*, 39(51), 11. 2000
19. **HUSCH, B., et al.** *Forest Mensuration* (4ta edición). John Wiley & Sons, Hoboken, Nueva Jersey, Estados Unidos. 2003.
20. **IMAÑA, J., et al.** Algunas relaciones dimensionales en una plantación de *Pinus caribaea* Morelet en Uverito, Monagas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 58(1), 46-53. 2014.
21. **LÓPEZ, I. & MATEO, S.** *Pinus radiata: Análisis bibliográfico*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 2003
22. **LOZANO Fco.** La aplicación adecuada de los diferentes tratamientos selvícolas, el cálculo y manejo de la espesura y de la posibilidad, el conocimiento de las técnicas ... montes.. [en línea] 2017. [Consulta: 19 marzo 2024] Disponible: en: <https://www.amazon.com/aplicaci%C3%B3n-diferentes-tratamientos-posibilidad-conocimiento-ebook/dp/B0722932N5>
23. **MAE.** Memoria técnica de los costos nacionales de reforestación 2010. Autoridad Nacional Forestal. 2010.
24. **MARTÍNEZ, R.D., et al.** Comercialización de madera de pino para aserrado proveniente de plantaciones forestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), 121-126. 2006.

25. **MEAD, D. J.** Sustainable management of *Pinus radiata* plantations. FAO. 2013.
26. **MINISTERIO DEL AMBIENTE** Inventario Forestal Nacional. 2020. <https://www.ambiente.gob.ec/inventario-forestal-nacional/>
27. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE ECUADOR.** Manual para el establecimiento y aprovechamiento forestal sostenible de plantaciones forestales comerciales [en línea]. Quito: MAG, septiembre 2017 [consulta: 19 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://spf.agricultura.gob.ec/spf/manuales/Manual-plantaciones-sep.pdf>
28. **MONCAYO, X.** Caracterización dasométrica de dos plantaciones de *Pinus radiata* d. don, con fines de manejo en la parroquia San Andrés, Cantón Guano. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 2-30. [Consulta: 02 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15888/1/33T00290.pdf>
29. **Morales, A.** Evaluación dasométrica y edáfica en una plantación de *Pinus radiata* d. don en la parroquia San Andrés de la provincia de Chimborazo, Ecuador” [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 2-30. [Consulta: 02 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15888/1/33T00290.pdf>
30. **PALACIOS, W., & QUIROZ, D.** Boletín Estadístico MAGAP 2008-2011. Quito: MAGAP. 2012.
31. **PEÑA, J.C.** Caracterización estructural y volumétrica de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, en el bosque protector Cashca Totoras, cantón Bolívar, provincia del Carchi (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2019.
32. **PEÑA, P.** Crecimiento diametral del *Pinus radiata* D. Don plantación spacing trail en plantaciones AGROFORESTAL S.A. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. 2019.
33. **RICKARD, J., et al.** Daños mecánicos en árboles de plantación: causas, impactos y prevención. Revista Internacional de Ciencias Forestales, 92(3), 345-362. 2019.
34. **ROJAS O., & Murillo O.** Calidad de las plantaciones de teca en la Península de Nicoya, Costa Rica. [En línea] Agronomía Costarricense, 2000, vol. 24, no. 2, pp. 65-75. 2019. [Consulta: 02 enero 2024] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26459497_Calidad_de_las_plantaciones_de_teca_en_la_Peninsula_de_Nicoya_Rosta_Rica
35. **RONDEUX, J.** Medición de árbol y masas forestales. Gembloux, Bélgica: Presses Agronomiques de Gembloux. 2010.
36. **SABOGAL C, et al.** Restaurando para agua: El caso de la comunidad de Kiuñalla, en los Andes del sur del Perú. Programa Bosques Andinos. 21 pp. 2018.

37. **SANAGUANO, A.M.** Evaluación de la productividad maderable de *Pinus radiata* D. Don en la finca Luz María, parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022.
38. **SOTO, R.** Costos de Explotación Forestal. Editorial Universidad de Los Andes, Venezuela. 2009.
39. **TRUJILLO, E.** Monografía sobre *Pinus radiata* D. Don. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2002.
40. **VÁSCONEZ, G., et al.** Análisis del aporte de la actividad forestal en la economía del Ecuador. Caso de estudio: cultivos de pino. Revista. 2018.
41. **NYLAND,** Evolución y perspectivas de las evaluaciones forestales mundiales. Las evaluaciones forestales mundiales avanzan hacia el objetivo de tomar en consideración todos los múltiples beneficios de los bosques y de los recursos arbóreos. [En línea] 2016. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y4001s/y4001s02.htm>
42. **VELASTÉGUI, C.** Evaluación de tres dosis de fertilizante en plantación de *Pinus radiata* D. Don en la escuela de formación de soldados del Ecuador, cantón Ambato. [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. facultad de Recursos Naturales. carrera de Ingeniería Forestal, 2017, (Tesis) (Pregrado), pp. 26. [Consulta: 12 marzo 2024] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7662/1/33T0169.pdf>


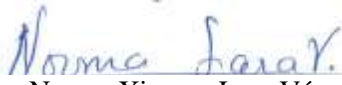


3	1	846	147	52	41	57			2	2										2
3	2	846	846	29	27	59			2	2										2
3	3	830	472	24	27	57			2	2										2
3	4	842	846	80	52	61			2	2										2
3	5	885	81	57	27	57			2	2										2
3	6	121		24	51	57			2	2										2
3	7	180		24	70	57			2	2										2
3	8	24	638	23	65	52			2	2										2
3	9	24	891	24	27	57			2	2										2
3	10	81	872	30	24	62			2	2										2
3	11	882	846	42	57	54			2	2										2
3	12	63	804	44	45	57			2	2										2
3	13	874	858	44	51	52			2	2										2
3	14	18		32	47	52			2	2										2
3	15	81		30	62	63			2	2										2
3	16	63	871	30	41	52			2	2										2
3	17	827	438	28	65	57			2	2										2
3	18	828	832	43	24	57			2	2										2
3	19	81	827	29	22	68			2	2										2
3	20	827	83	28	21	62			2	2										2
3	21	844	277	12	24	57		2	2	2										2
3	22	883	802	62	67	57			2	2										2
3	23	2084	827	28	45	57			2	2										2
3	24	824	81	27	67	52		2	2	2										2
3	25	872	878	28	61	50			2	2										2
3	26	2084	1025	42	64	57			2	2					2					2
3	27	827	871	30	64	52			2	2					2					2
3	28	47	23	30	21	57			2	2										2
3	29	61	45	30	24	58			2	2										2
3	30	61	63	27	56	57			2	2										2
3	31	80	81	30	72	61			2	2										2
3	32	57	21	28	55	61			2	2										2
3	33	22		24	24	57			2	2										2
4	1	208	834	44	47	780	730	2	2	2				2			2			2
4	2	838	871	28	26	630	470	2	1	1				2			2			2
4	3	734	821	255	26	880	350	1		1	1			2			2			2
4	4	880	832	324	38	8400		1		1	1			2			3			2
4	5	838	846	498	47	780	620	1		1	2			2			3			2
4	6	820	834	41	327	370	730	1		1	1			2			2			2
4	7	828	846	227	218	680	630	2	1		2			2			2			2
4	8	857	82	327	373	780	725	1		2		0		2			2			2
4	9	847	87	66	117	630	430	1		1	1			2			2			2
4	10	878	83	488	448	380	320	1		2	1			2			2			2
4	11	862	820	200	163	670	830	1		2	1			2			2			2
4	12	832	832	224	218	680	430	1		1		2		2			2			2
4	13	880	472	324	323	680	730	1		1		2		2			2			2
4	14	828	871	327	285	8400		1		2	1			2			3			2
4	15	388		388	31	NOTRE COPA		2	1		1			2			3			2
4	16	846	730	87	80	630	430	2		2	1			2			2			2
4	17	738	832	388	378	630	630	1	2		2	1		2			2			2
4	18	832	820	327	325	780	430	1		1	1			2			2			2
4	19	837	87	83	163	680	740	1		1	1			2			2			2
4	20	828	83	243	25	680	430	1		1	1			2			2			2
4	21	252	227	388	327	720	630	1		1	1			2			2			2



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

Fecha de entrega: 06/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Fatima Lucia Guamán Tisalema
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
 Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva, MsC. Director del Trabajo de Titulación  Ing. Norma Ximena Lara Vásquez, MsC. Asesora del Trabajo de Titulación