



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

**CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE DOS PLANTACIONES**  
**DE *Pinus radiata* D. Don, CON FINES DE MANEJO EN LA**  
**PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN GUANO**

**Trabajo de integración curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA: XIOMARA ALEXANDRA MONCAYO CHAMORRO**

**DIRECTOR: Ing. MIGUEL ÁNGEL GUALLPA CALVA MSc.**

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Xiomara Alexandra Moncayo Chamorro**

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 Xiomara Alexandra Moncayo Chamorro declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en los documentos 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 titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de septiembre del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Xiomara Moncayo', with several loops and flourishes.

**Xiomara Alexandra Moncayo Chamorro**

**060393607-1**

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

El Tribunal del trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE DOS PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. Don, CON FINES DE MANEJO EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN GUANO**, realizado por la señorita: **XIOMARA ALEXANDRA MONCAYO CHAMORRO**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTANEDA</b>	02-09-2021
Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>MIGUEL ANGEL GUALLPA CALVA</b>  Firmado digitalmente por <b>MIGUEL ANGEL GUALLPA CALVA</b> Fecha: 2021.11.09 22:27:20 -05'00'	02-09-2021
Ing. Juan Hugo Rodríguez Guerra MSc. <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JUAN HUGO RODRIGUEZ GUERRA</b>	02-09-2021

## **DEDICATORIA**

A mi novio, Alex Patricio Lucero Tapia, quién ha sido parte fundamental en mi vida, quién estuvo conmigo siempre y supo darme la fuerza necesaria para seguir adelante y no desmayar, por todo su amor y apoyo incondicional durante mi formación profesional, por sus palabras de aliento para que no me rindiera cuando se presentaban situaciones complejas en el proceso, ánimos mi futura Ingeniera cada vez está más cerca usted puede, palabras que siempre llevare en mi corazón, las cuales el día de hoy se hacen realidad. Este logro se lo dedico con amor. Este triunfo es de los dos. Gracias totales.

A mi madre, Silvana Jacqueline Chamorro Luzuriaga, mi ejemplo, por ser aquella mujer fuerte, valiente, luchadora, quien con su inmenso amor y apoyo incondicional me supo sacar adelante, por sus sabios consejos, valores, retadas, por todo ello soy la mujer de hoy en día. No fue fácil, pero lo logre, valoro todos sus esfuerzos, siempre estaré eternamente agradecida porque usted es mi madre, la mejor. Este Trabajo de Titulación es para usted. Con orgullo puedo decir que no fue necesario que este aquella persona en mi vida para lograr mis objetivos.

A mis hermanos, Alexander, Jesús, Génesis, quiénes de una u otra manera estuvieron apoyándome durante mi carrera profesional, por su tiempo, amor y palabras motivadoras. Por estar conmigo entre risas y peleas, son mi fuente de motivación, he aprendido de cada uno de usted para poder ser una hermana ejemplar. Con esfuerzo, perseverancia, dedicación, disciplina y sobre todo las ansias de superación, se puede lograr cualquier sueño anhelado. Con el ejemplo plasmado en este Trabajo de titulación ustedes pueden lograr absolutamente todo objetivo deseado.

A mis amigos, Sabrina, Daniel, Juan Carlos y Kiabeth 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.

**XIOMARA ALEXANDRA MONCAYO CHAMORRO**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por sus bendiciones, amor y bondad, por darme la vida, ser mi fortaleza y guiar mis pasos día a día.

A mi familia, Alex, Silvana, Alexander, Jesús y Génesis por ser parte de esta etapa muy importante de mi vida, siempre velaron por mí, sobre todo estuvieron en las situaciones más adversas que se me han presentado en la trayectoria de mi formación profesional. Gracias por motivarme constantemente para poder culminar mi carrera.

A Jesús Moncayo, parte fundamental en este trabajo, por su apoyo durante este proceso, quién dedicó todo su tiempo con amor y paciencia para poder culminar con mi gran sueño.

A mis suegros, Luis Lucero y Jenny Tapia, mis segundos padres, por su cariño inmenso, quedare eternamente agradecida por todo el apoyo que me brindaron durante mi estadía en su hogar, forman parte de este gran logro. Han sido y serán los mejores.

Al Ingeniero Manolo Espinoza, por haber formado parte fundamental de esta investigación, su apoyo durante todo este proceso ha sido muy valioso, su buena predisposición, tiempo y sobre todo su ayuda desinteresada han hecho que pueda culminar con el presente trabajo de titulación, por su amistad sincera. Quedo infinitamente agradecida.

A mi tribunal conformado por los Ingenieros Miguel Ángel Gualpa (director) y Juan Hugo Rodríguez (asesor), por su tiempo, paciencia, enseñanzas y sugerencias para la realización de mi trabajo de titulación.

A los Ingenieros Danilo Román, Hugo Rodríguez, Norma Lara y María Elena Vallejo; por brindarme sus enseñanzas y convertirse en pilares fundamentales a lo largo de todo este periodo académico.

Además, quiero hacer un agradecimiento muy especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, primordialmente a la Escuela de Ingeniería Forestal por haberme brindado el conocimiento necesario y hacer de mí hoy, una profesional de tan prestigiosa carrera.

XIOMARA ALEXANDRA MONCAYO CHAMORRO

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Bases Teóricas.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Descripción de la especie.....</b>	<b>5</b>
1.1.1.1. Taxonomía.....	5
1.1.1.2. Descripción dendrológica.....	5
<b>1.1.2. Características edafoclimáticas.....</b>	<b>6</b>
1.1.2.1. Requerimientos edáficos.....	6
1.1.2.2. Factores limitantes de crecimiento.....	6
<b>1.1.3. Usos de la madera.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Plantaciones forestales.....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Plantaciones forestales en el Ecuador.....	7
1.2.2. Especies forestales utilizadas para aprovechamiento de madera.....	8
1.2.3. Productos primarios que se obtienen de las plantaciones forestales.....	8
<b>1.3. Inventarios forestales.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1. Tipos de inventarios.....</b>	<b>8</b>
1.3.1.1. Método estadístico.....	8
1.3.1.2. Método según su objetivo.....	9
<b>1.4. Mediciones dasométricas.....</b>	<b>10</b>
1.4.1. Mediciones del diámetro.....	10
1.4.2. Mediciones de altura.....	10
1.4.3. Tipos de alturas.....	11
1.4.3.1. Altura total (Ht).....	11
1.4.3.2. Altura comercial (Hc).....	11
1.4.3.3. Altura del fuste.....	11

1.4.4.	<i>Área basal</i> .....	11
1.4.5.	<i>Volumen de árboles en pie</i> .....	11
1.4.5.1.	<i>Volumen total</i> .....	11
1.4.5.2.	<i>Volumen comercial</i> .....	12
1.4.6.	<i>Calidad de plantación</i> .....	12

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	13
2.1.	<b>Caracterización del lugar</b> .....	13
2.1.1.	<i>Localización de las plantaciones evaluadas</i> .....	13
2.1.2.	<i>Ubicación Geográfica</i> .....	13
2.1.3.	<i>Características climáticas</i> .....	13
2.1.4.	<i>Clasificación ecológica</i> .....	14
2.2.	<b>Materiales y Equipos</b> .....	14
2.2.1.	<i>Materiales y equipos de campo</i> .....	14
2.2.2.	<i>Materiales y equipos de oficina e informáticos</i> .....	14
2.3.	<b>Metodología</b> .....	14
2.3.1.	<i>Reconocimiento y observación de los sitios de investigación</i> .....	14
2.3.2.	<i>Levantamiento planimétrico</i> .....	14
2.3.3.	<i>Sistema de muestreo e instalación de las parcelas</i> .....	15
2.3.4.	<i>Levantamiento de las variables dasométricas de las plantaciones valoradas</i> .....	16
2.3.4.1.	<i>Variables cuantitativas</i> .....	16
2.3.5.	<i>Evaluación de la calidad de los árboles dentro de la parcela</i> .....	18
2.3.5.1.	<i>Variables cualitativas</i> .....	18
2.3.6.	<i>Tabulación de datos de las variables cuantitativas</i> .....	23
2.3.7.	<i>Análisis de las variables cualitativas (discretas o discontinuas)</i> .....	28

## CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN, Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> 29	
3.1.	<b>Crecimiento y productividad de los árboles de <i>Pinus radiata</i> por plantación</b> .....29	
3.1.1.	<i>Número de árboles por parcela /ha</i> .....	29
3.1.2.	<i>Diámetro promedio de los árboles de <i>Pinus radiata</i> por plantación</i> .....	30
3.1.3.	<i>Altura comercial promedio de los árboles de <i>Pinus radiata</i> por plantación</i> .....	30
3.1.4.	<i>Altura total promedio de los árboles de <i>Pinus radiata</i> por plantación</i> .....	31



3.1.5.	<i>Área basal promedio de los árboles de Pinus radiata por plantación</i>	31
3.1.6.	<i>Volumen comercial promedio de los árboles de Pinus radiata por plantación</i>	32
3.1.7.	<i>Volumen total promedio de los árboles de Pinus radiata por plantación</i>	32
3.1.8.	<i>Prueba de Mann Whitney</i>	32
3.2.	<b>Valorar la calidad de madera en pie de la especie en estudio</b>	33
3.2.1.	<i>Bifurcación</i>	35
3.2.2.	<i>Inclinación</i>	35
3.2.3.	<i>Rectitud</i>	36
3.2.4.	<i>Daño mecánico</i>	36
3.2.5.	<i>Grosor de ramas</i>	37
3.2.6.	<i>Ángulo de ramas</i>	37
3.2.7.	<i>Estado fitosanitario</i>	38
3.2.8.	<i>Grano espiral</i>	38
3.2.9.	<i>Trozas podadas</i>	39
3.2.10.	<i>Calidad de trozas</i>	39
3.2.11.	<i>Índice de Calidad General de las Plantaciones evaluadas</i>	40
3.3.	<b>Discusión</b>	41
<b>CONCLUSIONES</b>		45
<b>RECOMENDACIONES</b>		46
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Ubicación geográfica de las plantaciones de estudio .....	13
<b>Tabla 2-2:</b>	Características climáticas de las plantaciones de estudio .....	13
<b>Tabla 5-2:</b>	Número de árboles registrados por parcela en cada plantación .....	16
<b>Tabla 1-3:</b>	Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación A.....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación B .....	30
<b>Tabla 3-3:</b>	Diámetro promedio <i>Pinus radiata</i> .....	30
<b>Tabla 4-3:</b>	Altura comercial promedio <i>Pinus radiata</i> .....	31
<b>Tabla 5-3:</b>	Altura total promedio <i>Pinus radiata</i> .....	31
<b>Tabla 6-3:</b>	Área basal promedio <i>Pinus radiata</i> .....	31
<b>Tabla 7-3:</b>	Volumen comercial promedio <i>Pinus radiata</i> .....	32
<b>Tabla 8-3:</b>	Volumen total promedio <i>Pinus radiata</i> .....	32
<b>Tabla 8-4:</b>	Prueba de Mann Whitney para el DAP y volumen total entre las plantaciones ....	33
<b>Tabla 9-3:</b>	Variables cualitativas de las plantaciones de estudio .....	34
<b>Tabla 10-3:</b>	Promedio de trozas por categoría de calidad .....	40
<b>Tabla 11-3:</b>	Índice de calidad general de las plantaciones de Pino .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Medición del CAP con cinta métrica .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Figura 2-2.</b>	Estimación de la altura con el clinómetro SUNNTO .....	17
<b>Figura 3-2.</b>	Registro de datos de las variables cualitativas .....	18
<b>Figura 4-2.</b>	Bifurcación con calificación 2 .....	19
<b>Figura 5-2.</b>	Árboles con calificación 1 .....	19
<b>Figura 6-2.</b>	Árbol “A” (recto), y Árbol “B” (leve torcedura) .....	20
<b>Figura 7-2.</b>	Árbol con daño mecánico, calificación 2 .....	21
<b>Figura 8-2.</b>	Árbol con ramas gruesas, calificación 2.....	21

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b>	Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Haro Maderas .....	15
<b>Gráfico 2-2.</b>	Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Cuatro Esquinas.....	15
<b>Gráfico 1-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación.....	35
<b>Gráfico 3-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable rectitud .....	36
<b>Gráfico 4-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable daño mecánico .....	36
<b>Gráfico 5-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable grosor de ramas.....	37
<b>Gráfico 6-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable ángulo de ramas .....	37
<b>Gráfico 7-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario.....	38
<b>Gráfico 8-3.</b>	Porcentaje de árboles respecto a la variable grano espiral .....	38
<b>Gráfico 9-3.</b>	Número de trozas podas en la plantación A .....	39
<b>Gráfico 10-3.</b>	Porcentaje de trozas respecto a la variable calidad.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** FORMULARIO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PLANTACIONES DE ESTUDIO
- ANEXO B:** PLANTACIONES EVALUADAS
- ANEXO C:** ESTABLECIMIENTO DE LAS PARCELAS EN LAS PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON
- ANEXO D:** MARCACIÓN DE LOS ÁRBOLES EN CADA UNA DE LAS PARCELAS ESTABLECIDAS
- ANEXO E:** UNIDADES DE MUESTRO UBICADAS Y REGISTRADAS
- ANEXO F:** LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN: TOMA DE DIÁMETROS Y ALTURAS DE LOS ÁRBOLES
- ANEXO G:** TOMA Y REGISTRO DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

## RESUMEN

La presente investigación propone: caracterizar la productividad y calidad de madera de dos plantaciones de *Pinus radiata*, con fines de manejo en el cantón Guano. Mediante el inventario por muestro sistemático no alineado con parcelas circulares de un radio de 8,92 m, se instalaron 5 parcelas en la plantación A y 6 en la B. Dentro de cada unidad de muestreo se tomaron los datos de las variables cuantitativas tales como la circunferencia a la altura del pecho (CAP), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, altura comercial. Así mismo, se registró parámetros cualitativos como bifurcación, inclinación, rectitud del fuste, daño mecánico, grosor de ramas, número de trozas podadas, ángulo de inserción de ramas, estado fitosanitario, grano espiral y calidad de trozas. Para el procesamiento de los datos de las variables cuantitativas, se aplicó el cálculo de estimadores estadísticos y la frecuencia para las variables cualitativas. De acuerdo a los resultados obtenidos, la plantación A obtuvo el mejor crecimiento promedio por árbol con 0,23 m de DAP, 19,61 m de altura total, 14,07 m de altura comercial, a diferencia de la plantación B con 0,19 m de DAP, 13,85 m de altura total, 10,57 m de altura comercial. Por su parte la plantación A presentó un volumen total promedio por árbol de 0,41 m<sup>3</sup>, debido a la aplicación parcial de actividades de manejo silvicultural, a comparación de la plantación B con 0,22 m<sup>3</sup> de volumen total y 0,17 m<sup>3</sup> de volumen comercial, caracterizada por la ausencia de manejo. Finalmente, el Índice de Calidad General de la plantación A presenta el valor de 1,90 y la plantación B con un valor de 3,00. Por ello a plantaciones productivas de *Pinus radiata*, es fundamental aplicar tratamientos silviculturales para mejorar la productividad y calidad de madera a obtener con fines comerciales.

**Palabras clave:** < CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA >, < PLANTACIONES FORESTALES >, < MANEJO FORESTAL >, < VARIABLES CUALITATIVAS >, <VARIABLES CUANTITATIVAS >.

Firmado digitalmente por LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento (DN): cn=EC, ins=BOGAMIA, serialNumber=0602766974, cn=LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Fecha: 2021.10.13 08:35:18 -05'00'

LUIS ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS



1882-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

This research proposes to characterize the productivity and wood quality of two *Pinus radiata* plantations, for management purposes in the Guano canton. By means of the inventory by using non-aligned systematic sampling with circular plots with a radius of 8.92 m, 5 plots were installed in plantation A and 6 in plantation B. Into each sampling unit, data was collected for quantitative variables such as circumference, diameter, and breast height (CAP), diameter at breast height (DAP), total height, commercial height. Also, qualitative parameters were recorded such as bifurcation, inclination, straightness of the trunk, mechanical damage, branch thickness, number of pruned logs, angle of insertion pruned, branch insertion angle, phytosanitary condition, spiral grain and log quality. For data processing of the quantitative variables, the calculation of statistical estimators and frequency for qualitative variables was applied. According to the results obtained, plantation A obtained the best average plantation A obtained the best average growth per tree with 0.23 m DAP, 19.61 m total height, 14.07 m in commercial height, in contrast to plantation B with 0.19 m DAP, 13.85 m of total height, 10.57 m of commercial height. Plantation A showed an average total volume per tree of 0.57 m<sup>3</sup> per tree, due to the partial application of silvicultural management activities, compared to plantation B with 0.31 m<sup>3</sup> of total volume and 0.24 m<sup>3</sup> of commercial volume, characterized by the absence of management. Finally, the General Quality Index of plantation A presents the value of 1.90 and plantation B with a value of 3.00. Therefore, for productive *Pinus radiata* plantations. Therefore, it is essential to apply silvicultural treatments to improve the productivity and quality of wood to be obtained for commercial purposes.

**Key words:** < DASOMETRIC CHARACTERIZATION >, < FOREST PLANTS >, <FORESTRY MANAGEMENT>, <QUALITATIVE VARIABLES>, <QUANTITATIVE VARIABLES >.

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador el 34,7% de la superficie nacional está cubierta de bosques, el 98,5% son bosques naturales, sin embargo, las plantaciones forestales no exceden el 1,5 % restante del patrimonio forestal (Grijalva et al. 2012: pp. 11) . La madera autorizada por el Ministerio del Ambiente para el aprovechamiento de plantaciones forestales durante el período 2011 – 2014 fue del 58,1 % (Mogrovejo, 2017: pp. 30).

La especie *Pinus radiata* D. Don es una de las especies forestales exóticas que mayormente predomina en climas templados y suelos diversos (Evans, 2009: pp. 25). Debido a su rápido crecimiento, adaptabilidad y rentabilidad en su producción, esta especie exótica se encuentra difundida en la serranía ecuatoriana (Ecuador Forestal, 2010). A finales del año 2016 las superficies correspondientes a las plantaciones forestales abarcan 123 720 hectáreas (MAE, 2018: pp. 16). Siendo las tres especies *Pinus radiata*, *P. patula* y *Eucalyptus globulus* que representan el 75% del área plantada. El 90 % de las plantaciones se encuentran en la región Sierra y el 10 % en la Costa y Amazonía MAE & FFLA (2006), citado en (Aguirre et al., 2019: pp. 945).

Los establecimientos de plantaciones forestales en el Ecuador son realizados con distintos fines ya sea para el aprovechamiento de la madera, reforestar o forestar cuyos objetivos pueden estar encaminados con fines comerciales o a su vez conservación. Las plantaciones al igual que los bosques generan bienes y servicios ecosistémicos. Un aspecto fundamental es su valoración durante su crecimiento y desarrollo a fin de planear actividades de manejo silvicultural para generar una producción sostenible.

El presente trabajo tiene como finalidad caracterizar las variables dasométricas de las dos plantaciones de *Pinus radiata*, que en la actualidad disponen de forma parcial y no se puede planificar y sustentar la gestión de su aprovechamiento.



## **ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Actualmente no se dispone de información dasométrica de las dos plantaciones de *Pinus radiata* ubicadas en la parroquia San Andrés, las mismas que pertenecen a los predios de la comunidad Cuatro Esquinas y empresa Haro Maderas.

Uno de los problemas que más se presentan en el establecimiento de una plantación es el manejo inadecuado durante y después de la misma, esto conlleva a la obtención de una masa forestal de baja calidad de madera, propensa a enfermedades, lo que ocasiona elevados costos al realizar la cosecha ya que al no haber planificado un manejo silvicultural (podas, raleos, limpieza de malezas, coronas, fertilización, entre otras.)

Los árboles presentaran problemas dificultando así el aprovechamiento, se necesitará más operadores e incluso ocasionará que las herramientas tengan un desgaste acelerado lo cual es pérdida para el propietario ya que el costo del aprovechamiento será muy elevado y la plantación no suplirá el gasto al encontrarse en mal estado. Por lo tanto, se debe establecer estrategias de manejo silvicultural para obtener un aprovechamiento sostenible, el conocimiento de las variables de crecimiento y productividad será fundamental para la toma de decisiones sobre las dos plantaciones en estudio.

## **JUSTIFICACIÓN**

Una de las razones por la cuales las plantaciones no tienen éxito se deben a un mal manejo de la misma, no hay un seguimiento o mantenimiento como prácticas silviculturales. Para ello es necesario partir de información procedentes de evaluaciones sobre el crecimiento y productividad mediante la recopilación de variables cualitativas y cuantitativas que nos permitirán conocer el DAP, altura, volumen de árboles en pie al igual que la calidad de su madera, los resultados permitirán estimar en qué estado se encuentra cada plantación y que alternativas se pueden emplear para mejorar las mismas.

Con la presente investigación la Empresa Haro Maderas podrá obtener mejores rendimientos aumentando la productividad, ya que al ser una empresa maderera debe satisfacer la demanda de materia prima, reducir costos para elevar su nivel competitivo y a su vez puede generar empleo. Estos criterios únicamente se podrán cumplir evaluando las variables dasométricas de la plantación y con ello posteriormente generar alternativas, como una silvicultura productiva.

La Comunidad Cuatro Esquinas al pertenecer a la zona rural está encaminada a la producción agropecuaria lo cual deja a un lado la producción forestal, ya sea por falta de conocimiento lo que conlleva a un desinterés, con los resultados de esta investigación los directivos de la misma se beneficiarán al conocer el estado en el que se encuentra la plantación, se podrán plantear medidas para mejorar el área boscosa logrando elevar los rendimientos, dar impulso local en el cual se incluya a los propietarios de la masa forestal.

## **IMPORTANCIA**

A nivel mundial las plantaciones forestales comerciales han aumentado de manera acelerada en las últimas décadas. La industria forestal ecuatoriana tiene un fuerte impacto en la economía de nuestro país al producir cantidades relevantes de madera, dividiendo este sector en industria primaria y secundaria, mediante la industrialización de los productos forestales (Ecuador Forestal, 2019).

Sin embargo, el sector forestal industrial nacional, enfrenta retos cada vez más complicados, donde el tema de calidad es factor fundamental para subsistir en la competencia, la industria forestal necesita un suficiente conocimiento tecnológico de las especies forestales y un uso adecuado, en cuanto compete a su industrialización (Paguay, 2013: pp.17).

Según Merino (2010: pp. 12-13) debido al largo plazo de la actividad forestal y el retorno económico esperado, es vital poder estimar al más corto plazo posible, si la plantación conseguirá alcanzar las metas de producción proyectadas.

El poder conocer la calidad y el valor comercial en pie de la plantación forestal, se convierten entonces en un insumo vital para la toma de decisiones acertadas y oportunas sobre el futuro de la misma (Merino, 2010: pp. 12-13).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar las variables dasométricas de dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, con fines de manejo en la parroquia San Andrés, cantón Guano.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar el crecimiento y la productividad de los árboles de *Pinus radiata*

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

### **HIPÓTESIS**

#### **HIPÓTESIS NULA**

El crecimiento de las dos plantaciones es similar en el sector de estudio

#### **HIPÓTESIS ALTERNANTE**

El crecimiento de las dos plantaciones es diferente en el sector de estudio

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Bases Teóricas

##### 1.1.1. Descripción de la especie

###### 1.1.1.1. Taxonomía

*Pinus radiata* fue descrita en 1836 por David Don, a continuación, se presenta su clasificación taxonómica.

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** Pinus

**Especie:** Pinus radiata

**Nombre Científico:** *Pinus radiata* D. Don

**Nombre Común:** Pino

**Nombres comunes relacionados:** Pino insigne, Pino candelabro Trujillo (2002), citado en (Velástegui, 2017: pp. 26).

###### 1.1.1.2. Descripción dendrológica

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

**Árbol:** Presenta un diámetro de 30 a 60 cm, con una altura de 13 a 33 m; su copa es densa con una forma redondeada a piramidal.

**Corteza:** Color gris ceniciento, de 3 a 5 cm de espesor, con cicatrices de color canela, es áspera, escamosa y hendida.

**Ramas:** Son escamosas al igual que las ramillas, glaucas, de color grisáceo, y las ramillas son delgadas.

**Hojas:** Rígidas a gruesas, de color verde oscuro, su tamaño es de 7 a 10 cm de largo. Presenta brácteas caedizas, separadas, no decurrentes, dejando escamas en las ramas, vainas persistentes anilladas de 6 a 12 cm, dientes finamente aserrados.

**Semillas:** Elipsoidal, algo comprimida, muy oscura, de unos 6 mm, con ala de color moreno claro, longitudinalmente estriada, ensanchada hacia arriba y oblicua en el ápice, de 18 a 25 mm de largo por 6 a 8 mm de ancho.

### ***1.1.2. Características edafoclimáticas***

De acuerdo a Ecuador Forestal (2013), indica que los requerimientos climáticos es:

Altitud: 1.800 - 3.500 msnm

Precipitación: 800 – 1.300 mm

Temperatura: 11 – 17 °C

#### ***1.1.2.1. Requerimientos edáficos***

Para que la especie tenga un mejor rendimiento, un suelo franco-arenoso es el más apto para su crecimiento, con un pH neutro a ligeramente ácido, cuyos nutrientes principales esenciales que debe presentar el suelo es fósforo, boro y zinc (Ecuador Forestal, 2013).

#### ***1.1.2.2. Factores limitantes de crecimiento***

*Pinus radiata* D. Don no tolera la neblina ni suelos anegados, las principales plagas que pueden afectar son los insectos defoliadores y barrenadores, esta especie es susceptible al damping – off; quemadura y manchas de acículas; marchites y muerte descendente, chancro (Ecuador Forestal, 2013).

### ***1.1.3. Usos de la madera***

- Carpintería de armar
- Carpintería de interior (puertas, ventanas, frisos, molduras)
- Mobiliario, principalmente de apariencia rústica
- Envases y embalajes
- Madera laminada

- Tableros: contrachapados, alistonados, aglomerados, MDF (Maderame, 2019).

## **1.2. Plantaciones forestales**

Se define como el resultado de plantar árboles forestales cuyo fin es comercializar su madera establecida en zonas desprovistas, mediante un plan y manejo silvicultural obteniendo una producción de madera en pie después de varios años según la especie FRA (2005), citado en (Vinueza, 2015: pp. 28).

### ***1.2.1. Plantaciones forestales en el Ecuador***

La superficie terrestre de la región es de 28`356.000 ha. (aprox. 256.370 km<sup>2</sup>) se aprecia que 14.4 millones de hectáreas (130.002 km<sup>2</sup>) de tierra primordialmente son de uso forestal, por lo tanto, más del 50% del territorio nacional; alrededor de 164.00 has corresponden a plantaciones forestales, que representa el 1.14% de la superficie boscosa del Ecuador (CORPEI & EXPOECUADOR, 2007: pp. 12-24).

Según MAE (2010: p. 3-7) en el país, el mayor volumen de madera proviene de las plantaciones forestales, representando el 62,81% del total de madera autorizada en promedio entre el 2007 y 2009. La madera de plantaciones se aprovecha en un 60,64 % de las provincias de la región Sierra, y en menor intensidad de plantaciones en la Costa.

A nivel nacional se registran al menos 336 especies forestales (incluyendo nativas y exóticas), que están siendo aprovechadas para la obtención de productos maderables. En plantaciones forestales se observa la presencia de especies introducidas en la Sierra ecuatoriana, principalmente de eucalipto y pino, mientras que en la Costa son: pachaco, teca y melina. Justamente estas cinco especies introducidas ocupan los primeros lugares del volumen autorizado para aprovechamiento a nivel nacional, representando en su conjunto el 46.08% del total (MAE, 2010: p. 3-7).

Las ventajas comparativas de nuestro territorio, como la ubicación geográfica del país, la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia de corrientes marinas determinan que el Ecuador disponga de gran variedad de climas y formaciones vegetales. En algunas zonas disponen de 12 horas de luz al día, durante todo el año, lo que incide en una mayor velocidad de crecimiento de especies forestales valiosas tanto nativas como exóticas, que requiere el mercado nacional e internacional (CORPEI & EXPOECUADOR, 2007: pp. 12-24).

### ***1.2.2. Especies forestales utilizadas para aprovechamiento de madera***

Tituaña & Nicolalde (2019: p. 6) mencionan que a nivel provincial se registran 10 especies forestales entre exóticas y nativas, utilizadas en plantaciones, como árboles plantados en cercas vivas o sistemas agrosilvopastoriles; del volumen autorizado por el MAG para aprovechamiento, el Eucalipto representa el 63,08%, Pino el 33,78% y en menor proporción el Aliso con 1,82%, también el Ciprés con 0,96% y otras especies de árboles plantados como: Acacia, Casuarina, Sauce, Fresno, Balsa, Nogal, con 0,26%.

### ***1.2.3. Productos primarios que se obtienen de las plantaciones forestales***

Madera en rollo y madera en rollo industrial para la elaboración de trozas, puntales, pasta de madera, entre otros, los productos semielaborados, son los tableros, aglomerados, contrachapados, MDF, astillas de eucalipto que se utiliza en la fabricación de pulpa; y los productos de mayor valor agregado están muebles, molduras decorativas, puertas, marcos, ventanas, pisos, palillos de dientes (CORPEI & EXPOECUADOR, 2007: p. 12-24).

## **1.3. Inventarios forestales**

Es un método de recolección y registro de los diferentes árboles forestales que conforman el bosque, por medio de pequeñas parcelas de muestreo en una determinada área (Cunachi, 2008: pp. 3). Mientras que CATIE (2002: pp. 16) indica que la literatura clásica define a un inventario forestal como un procedimiento que permite recopilar eficientemente información del área, localización, cantidad, calidad, y crecimiento de los recursos maderables de un bosque.

### ***1.3.1. Tipos de inventarios***

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

#### ***1.3.1.1. Método estadístico***

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

Cardenas (1995: pp. 15) menciona que se basa en la medición, control o el conteo de todos los individuos, elementos o parámetros de la población, aptos de ser valorados o procesados en base a sus cualidades cuantitativas y cualitativas. Este inventario es bastante sencillo pero su realización es laboriosa, dependiendo del área a trabajar, es realizado desde dos puntos de vista

siendo la precisión y el costo. Para CATIE (2002: pp. 16) significa que un inventario puede ser diseñado considerando el total de la muestra, o bien que se tome una muestra al azar y se considere o no la división de estratos existentes.

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

Su diseño correspondiente es una distribución regular con distancias iguales entre las unidades de muestreo, es el método que normalmente se utiliza en un muestreo forestal y su ejecución es muy simple (Dauber, 1995: pp. 18). Para CATIE (2002: pp. 16) al realizar un muestreo sistemático se puede cumplir o no con la división de estratos.

#### *1.3.1.2. Método según su objetivo*

- **Inventario exploratorio**

Según Malleux (1982), citado en Melendez (2017: pp. 22) este inventario requiere de un muestreo de campo con cuyo fin es obtener información cualitativa y cuantitativa de la masa forestal. El error de muestreo puede variar entre 15 y 20 % con respecto a la media del volumen total a un 95% de confianza. Es un tipo de inventario que da mayor énfasis al área de los tipos de vegetación, formaciones ecológicas, uso de la tierra y accesibilidad (Arce, 2002: pp. 17).

- **Inventario para manejo de bosques naturales**

Este tipo de inventario está enfocado en evaluar los procesos dinámicos que ocurren en el bosque, es decir, un monitoreo en el crecimiento, mortalidad natural y el reclutamiento de nuevas especies, a partir de un diámetro establecido, este se realiza en parcelas permanentes de muestreo (Carrera & Tineo, 1994: pp. 12).

- **Inventario para aprovechamiento forestal**

Arte forestal (2017) menciona que este tipo de inventario busca obtener información para conocer el estado fitosanitario, caracterización física, volumen de la madera y conocer el valor cualitativo y cuantitativo del recurso maderable, siendo así un requisito por las entidades encargadas para aceptar la intervención en las masas forestales ubicadas en predios privados o públicos. CICAFOR (1981), citado en Egoavil (2013: pp. 19) recalca que el volumen es el resultado más importante del inventario para aprovechamiento, como el indicador del potencial o capacidad de producción de la plantación.



- **Inventario para manejo de plantaciones**

De acuerdo con Mora (2019: pp. 20-21) se basa en la recopilación de información del área, calidad de sitio, densidad, edad y distribución diamétrica de los árboles, con ello se podrá establecer la necesidad de podas o raleos para así conocer la cantidad y calidad en la que se encuentra la plantación. El inventario para manejo generará datos para mantener, fomentar o disminuir la competencia entre árboles estableciendo técnicas silviculturales (DFC et al., 1998: pp. 7).

#### **1.4. Mediciones dasométricas**

##### ***1.4.1. Mediciones del diámetro***

Según Ferreira (1995) citado en Lara (2018: pp. 21) define como una medición directa cuya ubicación se realiza a 1,3 m del suelo, esta medida se denomina DAP o diámetro a la altura del pecho, puede ser expresada en centímetros o pulgadas que es una medida muy importante en árboles en pie. El diámetro está relacionado principalmente con el volumen y otros aspectos del árbol, por lo tanto, es considerado como una medición básica de cualquier estudio dasométrico (Diéguez et al., 2005: pp. 12).

##### ***1.4.2. Mediciones de altura***

Otra 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: pp. 74) señala que la medición de la altura se realiza en varias etapas

- Colocarse a una distancia que puede estar a 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
- Adición o sustracción de los dos resultados de observación, si el operario está en pie en la parte alta de la ladera se realiza una suma y si se encuentra en la parte baja en relación con el árbol debe aplicarse la resta
- Corrección por pendiente

### **1.4.3. Tipos de alturas**

#### **1.4.3.1. Altura total ( $H_t$ )**

FAO (1981: pp. 27) define como la altura que implica la yema terminal del tallo, esta no es necesariamente el punto más alto del árbol, mientras que Cancino (2012: pp. 35-50) menciona como la medida entre el suelo y el ápice del fuste.

#### **1.4.3.2. Altura comercial ( $H_c$ )**

Para Reynaga (2013: pp. 10) y Cancino (2012: pp. 35-50) es la distancia vertical entre el nivel del tocón y el punto en donde el fuste tiene un diámetro comercialmente aprovechable.

#### **1.4.3.3. Altura del fuste**

Según SECF (2021) y Cancino (2012: pp. 35-50) es la altura sobre el nivel del suelo en el cual inicia la intersección de la primera rama formando la base de la copa.

### **1.4.4. Área basal**

Imaña et al. (2014: pp. 46-53) define al área basal como la superficie del corte horizontal hipotético en el tronco de un árbol, realizado a 1,30 m del suelo. Es decir, si todos los árboles de un rodal fuesen cortados en esa misma altura se obtendrá teóricamente la suma de todas esas áreas transversales cortadas.

### **1.4.5. Volumen de árboles en pie**

#### **1.4.5.1. Volumen total**

Vásquez & Ramírez (2005: pp. 11) definen como la cantidad de madera estimada en metros cúbicos a partir del tocón hasta el ápice del árbol, mientras Cancino (2012: pp. 35-50) menciona que es el árbol completo, esto es considerando todos los componentes.

#### *1.4.5.2. Volumen comercial*

El volumen comercial no incluye las ramas, partes afectadas del individuo y segmentos delgados del fuste (Vásquez & Ramírez, 2005: pp. 11). Sin embargo Cancino (2012: pp. 35-50) sostiene que constituyen todos aquellos componentes cuyas dimensiones son aceptables para el mercado.

#### *1.4.6. Calidad de plantación*

Murillo (1991: pp. 19-30) sostiene que en plantaciones forestales el concepto de calidad es un término que poco ha evolucionado y que no ha sido incorporado en las prácticas comunes de manejo de dicho recurso, por lo cual define el control de calidad para el caso de plantaciones forestales con fines industriales como el proceso de valoración de la masa forestal que permita identificar si ésta logrará cumplir con los objetivos de producción con los que fue establecida. A su vez Merino (2010: pp. 12-13) menciona que la evaluación de una plantación determinara la calidad de la misma, la cual al aplicar ciertas técnicas para la recopilación de la información de una o varias características, y que al ser analizadas se podrá efectuar un plan o estrategias eficientes para el manejo de la masa arbolada y la administración de la misma.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Caracterización del lugar

##### 2.1.1. Localización de las plantaciones evaluadas

La presente investigación se realizó en los predios empresa Haro Maderas (A), sector Tahuala, y comunidad Cuatro Esquinas (B), a 17 y 18 Km de la ciudad de Riobamba, respectivamente, las mismas que pertenecen a la Parroquia San Andrés, Cantón Guano, provincia de Chimborazo.

##### 2.1.2. Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica de las plantaciones de estudio corresponde a las coordenadas descritas en la tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Ubicación geográfica de las plantaciones de estudio

Plantaciones	Coordenadas		Altura (msnm)
	X	Y	
A	753002	9825850	3150
B	747986	9829585	3547

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

##### 2.1.3. Características climáticas

Las variables climáticas corresponden a las descritas en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Características climáticas de las plantaciones de estudio

Plantaciones	Temperatura	Precipitación	Humedad relativa
	°C	mm	%
A	13,3	560,1	85
B	12,7	600	80

**Fuente:** Estación Meteorológica de la ESPOCH; serie 1984-2014.

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

#### **2.1.4. Clasificación ecológica**

Según Sierra (1999: pp. 94), las áreas de estudio pertenecen a la clasificación ecológica:

- Plantación A: Bosque Húmedo Montano: bhM
- Plantación B: Bosque Muy Húmedo Montano: bmhM

### **2.2. Materiales y Equipos**

#### **2.2.1. Materiales y equipos de campo**

Libreta de apuntes, lápiz, cinta métrica, cinta diamétrica, forcípula, piola nylon, pintura aerosol, flexómetro, clinómetro (SUUNTO), distanciómetro, GPS, cámara fotográfica.

#### **2.2.2. Materiales y equipos de oficina e informáticos**

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

### **2.3. Metodología**

Para la ejecución del objetivo específico 1 se determinó el crecimiento y la productividad de los árboles de *Pinus radiata* D. Don, para ello se ejecutaron las siguientes actividades:

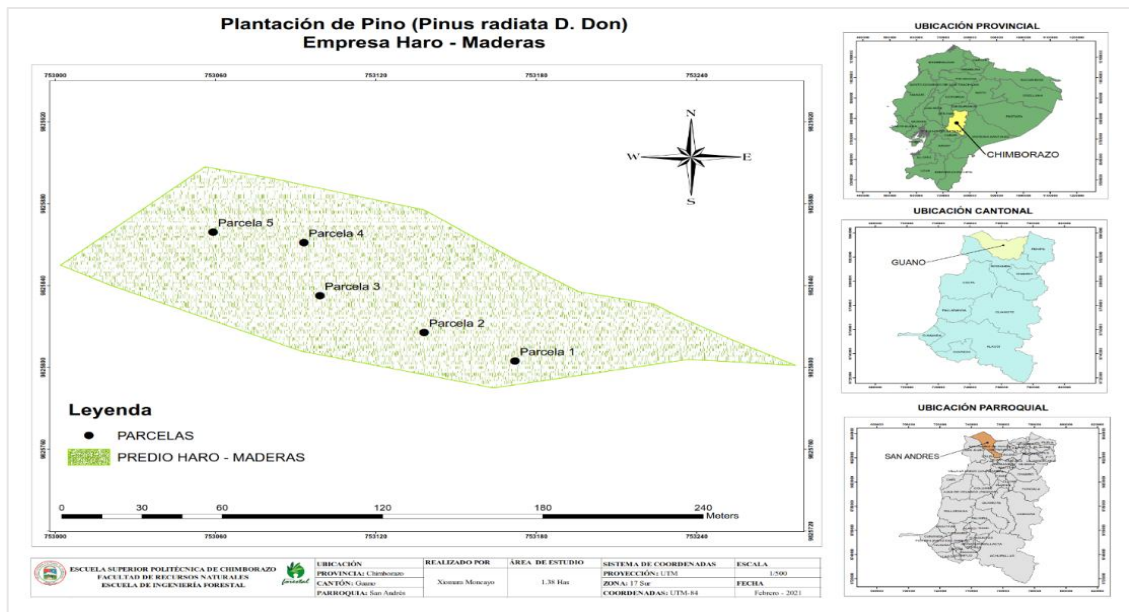
#### **2.3.1. Reconocimiento y observación de los sitios de investigación**

Se realizó un recorrido con los propietarios de las plantaciones de *Pinus radiata* en los predios de la comunidad Cuatro Esquinas y empresa Haro Maderas respectivamente, mientras se realizaba el trayecto del reconocimiento se observó el estado en el que se encontraba cada predio, el acceso y el tipo de terreno con esa información se entablo las actividades para la ejecución de la investigación de los dos rodales.

#### **2.3.2. Levantamiento planimétrico**

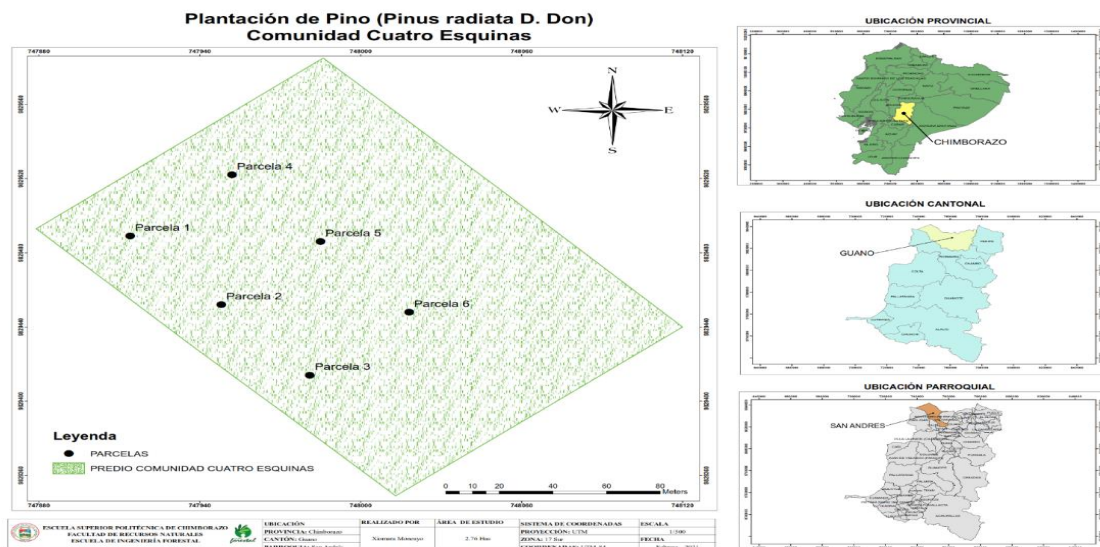
Para el levantamiento planimétrico se realizó con la ayuda de un GPS, con el cual se procedió a tomar las coordenadas geográficas UTM (latitud y longitud) de todo el perímetro de las plantaciones de estudio, para luego a nivel de gabinete mediante, la utilización del software

ArcGIS en el cual se procesaron los datos y se calculó la superficie de las plantaciones al igual que se definió el número de parcelas e intensidad de muestreo de las áreas de estudio.



**Gráfico 1-2.** Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Haro Maderas

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.



**Gráfico 2-2.** Mapa de ubicación de puntos de muestreo plantación Cuatro Esquinas

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 2.3.3. Sistema de muestreo e instalación de las parcelas

El inventario forestal se llevó a cabo con el diseño de muestreo sistemático no alineado, estableciendo 5 parcelas circulares en el predio de la empresa Haro Maderas; para el predio de la comunidad Cuatro Esquinas se realizó de forma sistemática, instaurando 6 parcelas. Con la ayuda

de la cinta la parcela N° 1 se instauro a 15 metros del borde, luego cada 50 m; desde la N°1 se midió los 50 m y se procedió a instalar la siguiente parcela en este caso la parcela N° 2, se repitió el proceso hasta establecer dos hileras de 3 parcelas cada una, abarcando un área de 250 m<sup>2</sup> cada una de las parcelas de las dos plantaciones evaluadas, cuyos radios fueron de 8,92 m.

**Tabla 5-2:** Número de árboles registrados por parcela en cada plantación

Plantaciones	N° Parcelas	N° Árboles
<b>A</b>	1	11
	2	16
	3	14
	4	10
	5	13
<b>B</b>	1	30
	2	30
	3	34
	4	30
	5	28
	6	37

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

#### **2.3.4. Levantamiento de las variables dasométricas de las plantaciones valoradas**

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

##### **2.3.4.1. Variables cuantitativas**

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

- **CAP, DAP, altura total y altura comercial**

El CAP se midió desde la base del árbol a 1.30 m de altura, utilizando la cinta métrica se tomó la circunferencia del fuste de aquellos árboles registrados dentro del radio de parcela predefinido, a ese resultado se lo dividió para Pi (3.1416) para obtener el DAP, estos datos se registraron en cm (Figura 1-2).



**Figura 1-2.** Medición del CAP con cinta métrica

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

La estimación de la altura total se realizó ubicándose a una distancia horizontal del árbol, con la ayuda del distanciómetro se enfocó el centro del mismo para conocer a cuantos metros de distancia se estaba, con el clinómetro SUUNTO se observó el ápice y la base del árbol, para la altura comercial se llevó a cabo el mismo procedimiento, se visualizó hasta donde el fuste tenga un diámetro de 10 a 12 cm, es decir, que sea aprovechable (Figura 2-2).



**Figura 2-2.** Estimación de la altura con el clinómetro SUNNTO

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

Para la ejecución del objetivo específico 2 se valoró la calidad de madera en pie de la especie en estudio, se utilizó la metodología propuesta por Olman Murillo, denominada, “Evaluación de Calidad y Valoración de Plantaciones Forestales”, para ello se ejecutaron las siguientes actividades:



### ***2.3.5. Evaluación de la calidad de los árboles dentro de la parcela***

A nivel de campo se registró la calidad de los árboles y se estableció los tipos de calidad de madera de acuerdo a la escala de la metodología propuesta por (Murillo y Camacho, 1997) la cual se aplicó en la presente investigación.

#### ***2.3.5.1. Variables cualitativas***

Con el propósito de proveer información sobre el potencial de cada plantación y su posibilidad de cumplir con los objetivos futuros de producción, para ello se describió cada una de las variables a evaluar, cuyos datos fueron registrados en el formulario de campo N°1 (Anexo A; Figura 3-2).



**Figura 3-2.** Registro de datos de las variables cualitativas

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

- **Bifurcación**

Se observó uno por uno los árboles de cada parcela desde la base hasta el ápice, y se evaluó con los siguientes valores:

Se apuntó “1” cuando no hay bifurcación en la parte comercial y “2” cuando el árbol está bifurcado en algún lugar del fuste principal (Figura 4-2).



**Figura 4-2.** Bifurcación con calificación 2

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

- **Inclinación del árbol**

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

Se escribió “1” cuando es recto, es decir, con un ángulo de inclinación igual o menor a  $30^\circ$ , y “2” si el árbol es inclinado, si el ángulo de inclinación vertical es superior a los  $30^\circ$  (Figura 5-2).



**Figura 5-2.** Árboles con calificación 1

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

- **Rectitud del fuste**

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

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

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

Árbol de rectitud “3”, aquel que presento torceduras tan severas, que no permitiría obtener ninguna pieza a partir de un corte longitudinal de una sierra (Figura 6-2).



**Figura 6-2.** Árbol “A” (recto), y Árbol “B” (leve torcedura)

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

- **Daño mecánico**

Se revisó si el fuste presentaba alguna lesión, ya sea por prácticas silviculturales o por agentes externos como lluvia, viento, entre otros, por lo cual se calificó con “1” si el árbol no presentaba evidencia de algún daño y “2” cuando presentaba heridas (Figura 7-2).



**Figura 7-2.** Árbol con daño mecánico, calificación 2

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

- **Grosor de ramas**

Este valor se estimó observando de forma general el grosor de todas las ramas del árbol a evaluar, por lo cual, se consideró rama gruesa a aquella que superaba un diámetro de 4 cm, por lo tanto, se le asignó la calificación de “1” cuando no había ninguna rama gruesa a lo largo del fuste comercial y “2” si se notaba al menos una rama gruesa en la zona comercial del fuste (Figura 8-2).



**Figura 8-2.** Árbol con ramas gruesas, calificación 2

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

- **Número de trozas podadas**

Con el flexómetro se midió cada troza comercial de cada árbol, es decir a una altura de 2,5 m de longitud, y se contabilizó cuantas trozas estaban libres de ramas.

- **Ángulo de inserción de las ramas**

Se estimó de acuerdo al ángulo que forma la rama y el eje perpendicular del fuste, por lo cual se dio el valor de “1” cuando las ramas se insertan entre 45° y 90°, “2” si al menos una rama se inserta a menos de 45° (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).

- **Estado fitosanitario**

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

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

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

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

- **Grano espiral**

Se estimó observando la dirección de la fibra del fuste, por lo tanto, se calificó con “1” cuando externamente presento fibra recta, “2” si presento una leve torcedura y “3” si es torcida (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206).

- **Calidad de troza**

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

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

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

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

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

### **2.3.6. Tabulación de datos de las variables cuantitativas**

Los datos obtenidos en campo de las variables cuantitativas se pasaron a una hoja de Excel para calcular el N° árboles/parcela, N° árboles/ha, DAP, altura comercial, total, área basal, Volumen comercial, Volumen comercial/ha, Volumen total/ha, Volumen comercial/área neta de la plantación y Volumen total/área neta de la plantación, por lo cual se calculó los siguientes estimadores estadísticos como la media, desviación estándar, coeficiente de variación, límite superior e inferior y error de muestreo relativo.

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

#### **• N° Árboles/Parcela**

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

Donde:

**Nap:** Número de árboles/parcela

**st:** Sumatoria de todos los árboles de las parcelas

**np:** Número de parcelas establecidas

- **Número de árboles/ha**

$$N_{ah} = \frac{N^{\circ}ap}{0,025}$$

Donde:

**N<sub>ah</sub>**: Número de árboles por hectárea

**N<sub>ap</sub>**: N° Árboles/Parcela

**0,025**: área de la parcela circular (m<sup>2</sup>) /10 000 m<sup>2</sup>

- **DAP**

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Donde:

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

**CAP**: Circunferencia a la altura del pecho, (m)

**π**: 3.1416

- **Altura total**

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

Donde:

**H<sub>t</sub>**: 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**

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

Donde:

**H<sub>c</sub>**: Altura comercial, (m)

**A**: Ángulo del fuste comercialmente aprovechable, (%)

**B**: Ángulo de la base del árbol, (%)

**d**: Distancia horizontal del árbol, (m)

- **Área basal**

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

Donde:

**AB:** Área basal, (m<sup>2</sup>)

**π:** 3.1416

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

- **Volumen total**

$$Vt = AB * Ht * ff$$

Donde:

**Vt:** Volumen total de madera, (m<sup>3</sup>)

**AB:** Área basal, (m<sup>2</sup>)

**Ht:** Altura total, (m)

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

- **Volumen comercial**

$$Vc = AB * Hc * ff$$

Donde:

**Vc:** Volumen comercial de madera, (m<sup>3</sup>)

**AB:** Área basal, (m<sup>2</sup>)

**Hc:** Altura comercial, (m)

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

- **Volumen total/hectárea**

$$Vt/ha = Vt * N^{\circ} \text{ árboles/ha}$$

Donde:

**Vt/ha:** Volumen total/hectárea, (m<sup>3</sup>)

**Vt:** Volumen total (m<sup>3</sup>)

**N°árboles/ha:** Número de árboles/ hectárea



- **Volumen comercial/hectárea**

$$Vc/ha = Vc * N^{\circ} \text{árboles/ha}$$

Donde:

**Vt/ha:** Volumen total/hectárea, (m<sup>3</sup>)

**Vt:** Volumen total (m<sup>3</sup>)

**N°árboles/ha:** Número de árboles/ hectárea

- **Volumen total/área neta de plantación**

$$Vt/anp = Vt/ha * anp$$

Donde:

**Vt/anp:** Volumen total/área neta de plantación, (m<sup>3</sup>)

**Vt/ha:** Volumen total/hectárea (m<sup>3</sup>)

**anp:** Área neta de plantación

- **Volumen comercial/área neta de plantación**

$$Vc/anp = Vc/ha * anp$$

Donde:

**Vc/anp:** Volumen comercial/área neta de plantación, (m<sup>3</sup>)

**Vc/ha:** Volumen comercial/hectárea (m<sup>3</sup>)

**anp:** Área neta de plantación

### Estimadores estadísticos

- **Media**

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

Donde:

$\bar{X}$ : Media

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

**n:** Número de las unidades de la muestra

- **Desviación estándar**

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

Donde:

**S:** Media

$\sum x^2$ : La suma de los valores elevados al cuadrado de todas las mediciones individuales

$(\sum x)^2$ : El cuadrado de la suma de todas las mediciones

- **Coefficiente de variación**

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

Donde:

**Cv:** Coeficiente de variación

**S:** Desviación estándar

$\bar{x}$ : Media

- **Índice de Calidad General**

Se calculó con la siguiente ecuación:

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

Donde:

**ICGEN:** Índice de calidad General

**N:** Número de árboles por hectárea

**N<sub>1</sub>:** (N \* Trozas calidad 1) /Número de árboles por parcela

**N<sub>2</sub>:** (N \* Trozas calidad 2) /Número de árboles por parcela

**N<sub>3</sub>:** (N \* Trozas calidad 3) /Número de árboles por parcela

### 2.3.7. Análisis de las variables cualitativas (discretas o discontinuas)

Estas variables son aquellas cuya medición fue realizada en forma visual, sin la utilización de herramientas. Se las evaluó como 1 o 2, según corresponda (distribución binomial), por lo cual, las variables estadísticas, como el valor medio y varianza para este tipo de datos se obtienen de otra manera, debido a que, en este tipo de diseño de muestreos, donde se utilizan parcelas de área fija, es común encontrar diferencias relativamente grandes entre el número de observaciones (n) entre parcelas (Murillo y Camacho, 1997). Por lo que, el método más recomendado para este tipo de datos es el del cociente entre promedios Akca (1993) citado en (Murillo & Camacho, 1997: pp. 189-206). Los datos obtenidos en campo de las variables cualitativas se pasaron a una hoja de Excel desarrollándose los cálculos aplicando las fórmulas que se detallan a continuación.

$$P = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\sum y_i}{\sum x_i}$$

Donde:

**P:** Promedio entre cocientes de la variable cualitativa

$\bar{y}_i$ : El número total de individuos con la característica “i”

$\bar{x}_i$ : El número promedio de individuos (n) en todas las parcelas

Su estimado de varianza se obtuvo con la siguiente ecuación

$$S_{p^2} = \frac{1}{X^2} * \frac{S_{y^2} + \bar{p}^2 + S_{x^2} - 2 * \bar{p} * S_{xy}}{n - 1}$$

Donde:

$S_{p^2}$ : Varianza estimada de la relación entre  $S_{y^2}$  y  $S_{x^2}$

$S_{y^2}$ : Varianza estimada para los valores de y (la característica i)

$S_{x^2}$ : Varianza estimada para los valores de x (el número de individuos n)

$S_{xy}$ : Covarianza estimada entre los valores “y” y “x”

$$S_{xy} = \frac{\sum x_i * y_i - \frac{\sum x_i * \sum y_i}{n}}{n - 1}$$

**n:** Tamaño de la muestra (número de parcelas)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN, Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1. Crecimiento y productividad de los árboles de *Pinus radiata* por plantación

##### 3.1.1. Número de árboles por parcela /ha

En la tabla 1-3 la plantación A, tiene un promedio de 13 árboles por parcela lo que corresponde a 520 árboles por hectárea, a comparación con la plantación B (Tabla 2-3), hay un promedio de 31,5 árboles por parcela lo que representa a 1260 árboles por hectárea.

**Tabla 1-3:** Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación A

VARIABLES		$\bar{X}$	S	Cv %	Límite superior	Límite inferior	Error relativo %
Nº Parcelas	5						
Área neta de plantación (ha)	1,38						
Nº Árboles/Parcela		13			16	10	
Nº Árboles/ha		520			640	400	
DAP (m)		0,23	0,03	14,76	0,23	0,22	3,69
Hc (m)		14,07	2,86	20,33	14,78	13,35	5,08
Ht (m)		19,61	3,70	18,84	20,53	18,69	4,71
AB (m <sup>2</sup> )		0,041	0,01	29,88	0,044	0,038	7,46
Vc (m <sup>3</sup> )		0,30	0,13	44,32	0,33	0,26	11,07
Vt (m <sup>3</sup> )		0,41	0,17	41,95	0,45	0,37	10,48
Vc/ha (m <sup>3</sup> )		153,80			210,25	105,21	
Vt/ha (m <sup>3</sup> )		213,49			290,28	147,02	
Vc/Área neta de plantación		212,25			290,14	145,20	
Vt/Área neta de plantación		294,61			400,59	202,88	

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

**Tabla 2-3:** Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación B

Variables		$\bar{X}$	S	Cv %	Límite superior	Límite inferior	Error relativo %
Nº Parcelas	6						
Área neta de plantación (ha)	2,76						
Nº Árboles/Parcela		31,5			37	28	
Nº Árboles/ha		1260			1480	1120	
DAP (m)		0,19	0,05	25,05	0,20	0,19	3,59
Hc (m)		10,57	1,01	9,58	10,72	10,43	1,37
Ht (m)		13,85	1,88	13,57	14,12	13,58	1,95
AB (m <sup>2</sup> )		0,031	0,01	45,91	0,033	0,029	6,59
Vc (m <sup>3</sup> )		0,17	0,08	48,96	0,18	0,16	7,03
Vt (m <sup>3</sup> )		0,22	0,11	50,95	0,24	0,21	7,31
Vc/ha (m <sup>3</sup> )		211,69			266,12	174,95	
Vt/ha (m <sup>3</sup> )		278,70			351,30	229,61	
Vc/Área neta de plantación		584,26			734,50	482,86	
Vt/Área neta de plantación		769,20			969,58	633,74	

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.2. Diámetro promedio de los árboles de *Pinus radiata* por plantación

El diámetro promedio de los árboles de la plantación A es de 0,23 m, el valor real de esta variable no es menor a 0,22 m y tampoco mayor a 0,23 m, a comparación de los árboles de la plantación B con un diámetro promedio 0,19 m cuyo valor real de esta variable no es menor a 0,19 m y tampoco mayor a 0,20 m (Tabla 3-3).

**Tabla 3-3:** Diámetro promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	DAP (m)		
	$\bar{X}$	Límite superior	Límite inferior
A	0,23	0,23	0,22
B	0,19	0,20	0,19

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.3. Altura comercial promedio de los árboles de *Pinus radiata* por plantación

La plantación A, presenta un promedio por árbol de 14,07 m de altura comercial, el valor real de esta variable no es menor a 13,35 m y tampoco es mayor a 14,78 m, mientras que la plantación B presenta un promedio de 10,57 m de altura comercial, lo cual el valor real de esta variable no es menor a 10,43 m y tampoco es mayor a 10,72 m (Tabla 4-3).

**Tabla 4-3:** Altura comercial promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	Hc (m)		
	$\bar{X}$	Límite superior	Límite inferior
A	14,07	14,78	13,35
B	10,57	10,72	10,43

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.4. *Altura total promedio de los árboles de Pinus radiata por plantación*

La plantación A presenta una altura total promedio de 19,61 m, por lo tanto, el valor real de esta variable no es menor a 18,69 m y tampoco es mayor a 20,53 m, lo cual difiere con la plantación B con una altura total promedio por árbol de 13,85 m, a su vez el valor real de esta variable no es menor a 13,58 m y tampoco es mayor a 14,12 m (Tabla 5-3).

**Tabla 5-3:** Altura total promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	Ht (m)		
	$\bar{X}$	Límite superior	Límite inferior
A	19,61	20,53	18,69
B	13,85	14,12	13,58

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.5. *Área basal promedio de los árboles de Pinus radiata por plantación*

Los valores del área basal promedio por árbol, muestran 0,041 m<sup>2</sup> en la plantación A, lo cual el valor real de esta variable no es menor a 0,038 m<sup>2</sup> y tampoco es mayor a 0,044 m<sup>2</sup> mientras que la plantación B presenta un promedio de 0,031 m<sup>2</sup> del área basal promedio, lo cual el valor real de esta variable no es menor a 0,029 m<sup>2</sup> y tampoco es mayor a 0,033 m<sup>2</sup> (Tabla 6-3).

**Tabla 6-3:** Área basal promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	AB (m <sup>2</sup> )		
	$\bar{X}$	Límite superior	Límite inferior
A	0,041	0,044	0,038
B	0,031	0,033	0,029

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.6. Volumen comercial promedio de los árboles de *Pinus radiata* por plantación

El volumen comercial promedio de la plantación A, muestra 0,30 m<sup>3</sup>, sin embargo, el valor real de esta variable no es menor a 0,26 m<sup>3</sup> y tampoco es mayor a 0,33 m<sup>3</sup>, en lo que discrepa a la plantación B con un volumen comercial promedio por árbol de 0,17 m<sup>3</sup>, es decir, el valor real de esta variable no es menor a 0,16 m<sup>3</sup> y tampoco es mayor a 0,18 m<sup>3</sup> (Tabla 7-3).

**Tabla 7-3:** Volumen comercial promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	Vc (m <sup>3</sup> )		
	$\bar{X}$	Límite superior	Límite inferior
A	0,30	0,33	0,26
B	0,17	0,18	0,16

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.7. Volumen total promedio de los árboles de *Pinus radiata* por plantación

Los datos correspondientes al volumen total promedio por árbol de las plantaciones evaluadas, destacándose la A con mayor volumen total promedio de 0,41 m<sup>3</sup>, el valor real de esta variable no es menor a 0,37 m<sup>3</sup> y tampoco es mayor a 0,45 m<sup>3</sup>, y con un menor volumen total promedio la plantación B con 0,22 m<sup>3</sup>, es decir, valor real de esta variable no es menor a 0,21 m<sup>3</sup> y tampoco es mayor a 0,24 m<sup>3</sup> (Tabla 8-3).

**Tabla 8-3:** Volumen total promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	Vt (m <sup>3</sup> )		
	$\bar{X}$	Límite superior	Límite inferior
A	0,41	0,45	0,37
B	0,22	0,24	0,21

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.1.8. Prueba de Mann Whitney

Al aplicar la Prueba de Mann Whitney se distingue dos diferencias significativas para el diámetro a la altura del pecho y volumen total entre las dos plantaciones ( $p < 0,0001$ ) (Tabla 8-4).

**Tabla 9-3:** Prueba de Mann Whitney para el DAP y volumen total entre las plantaciones A y B

Variable	Plantación	n	Media	Desv Std	Mediana	W	P
DAP	A	64	0,23	0,03	0,22	10487,50	0,0001
	B	189	0,19	0,05	0,19		
Volumen total	A	64	0,41	0,17	0,36	12146,00	0,0001
	B	189	0,22	0,11	0,21		

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2. Valorar la calidad de madera en pie de la especie en estudio

En cuanto corresponde a los datos de las variables cualitativas, se observan los resultados en la tabla 9-3, en la cual se indican los valores promedios, porcentajes y desviación estándar, evaluados en cada una de las parcelas de las plantaciones de estudio.



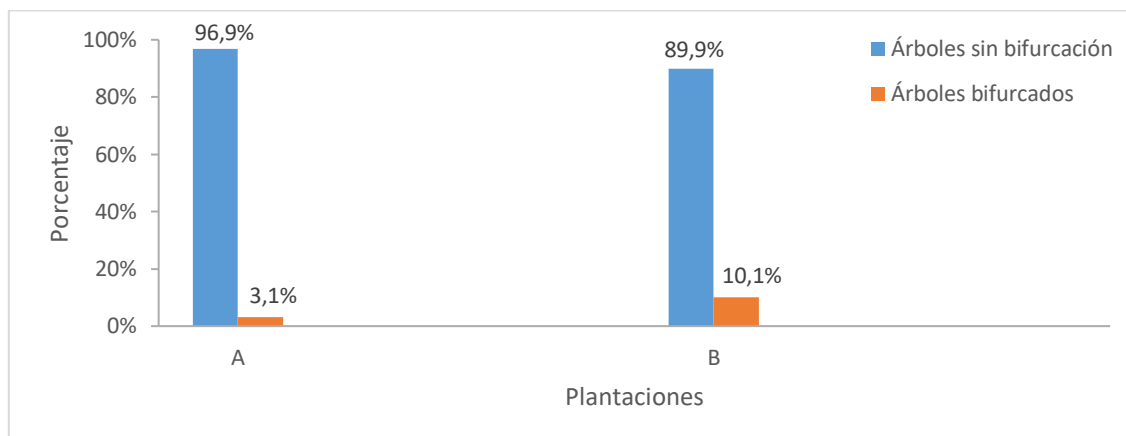
**Tabla 10-3:** Variables cualitativas de las plantaciones de estudio

N° Plantación	N° Parcela	Bifurcación		Inclinación		Rectitud		Daño Mecánico		Grosor Ramas		N° Trozas Podadas	Ángulo de Ramas		Estado Fitosanitario		Grano espiral	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		1	2	1	2	1	2
A	1	11	0	9	2	9	2	11	0	10	1	4	11	0	11	0	9	2
	2	14	2	16	0	11	5	16	0	15	1	13	16	0	16	0	16	0
	3	14	0	14	0	13	1	14	0	14	0	5	14	0	14	0	14	0
	4	10	0	10	0	8	2	10	0	10	0	10	10	0	10	0	10	0
	5	13	0	13	0	9	4	13	0	13	0	3	13	0	13	0	13	0
	Suma	62	2	62	2	50	14	64	0	62	2	35	64	0	64	0	62	2
	Promedio	12,4	0,4	12,4	0,4	10,0	2,8	12,8	0,0	12,4	0,4	7,0	12,8	0,0	12,8	0,0	12,4	0,4
	Porcentaje	96,9	3,1	96,9	3,1	78,1	21,9	100	0,0	96,9	3,1	54,7	100	0,0	100	0,0	96,9	3,1
	Desviación (%)	3,3	3,3	3,6	3,6	5,5	5,5	0,0	0,0	2,1	2,1	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,6
B	1	29	1	29	1	17	13	10	20	18	12	0	30	0	0	30	29	1
	2	27	3	28	2	13	17	12	18	10	20	0	28	2	0	30	28	2
	3	30	4	31	3	23	11	29	5	4	30	0	33	1	0	34	32	2
	4	30	0	28	2	21	9	7	23	21	9	0	30	0	0	30	28	2
	5	23	5	25	3	22	6	15	13	3	25	0	26	2	0	28	28	0
	6	31	6	37	0	28	9	32	5	9	28	0	37	0	0	37	37	0
	Suma	170	19	178	11	124	65	105	84	65	124	0	184	5	0	189	182	7
	Promedio	28,3	3,2	29,7	1,8	20,7	10,8	17,5	14,0	10,8	20,7	0,0	30,7	0,8	0,0	31,5	30,3	1,2
	Porcentaje	89,9	10,1	94,2	5,8	65,6	34,4	55,6	44,4	34,4	65,6	0,0	97,4	2,6	0,0	100	96,3	3,7
Desviación (%)	3,1	3,1	1,8	1,8	5,7	5,7	12,6	12,6	10,8	10,8	0,0	1,5	1,5	0,0	0,0	1,4	1,4	

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.1. Bifurcación

El gráfico 1-3, muestra por una parte que las plantaciones A y B presentan árboles sin bifurcación con el 96,9 y 89,9 %, respectivamente. En cambio, el mayor valor de árboles bifurcados con el 10,1 %, a comparación de la plantación A con el 3,1 % de árboles bifurcados.

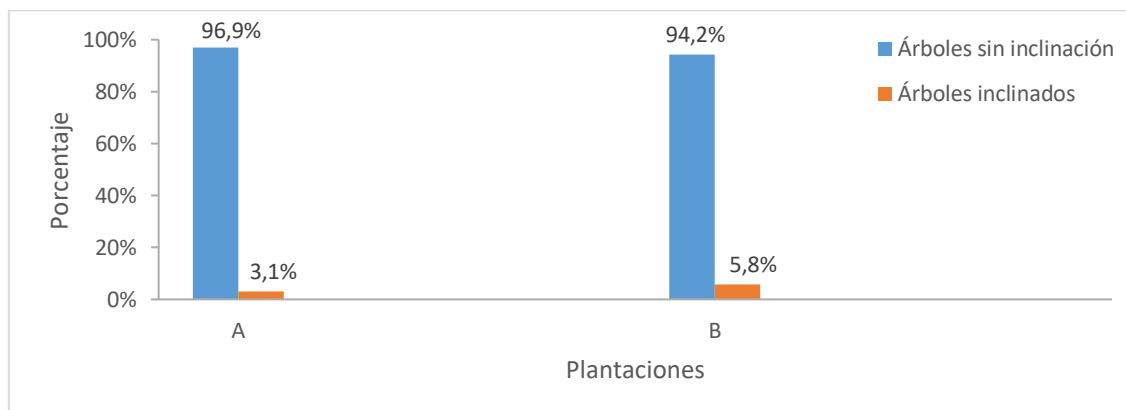


**Gráfico 1-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable bifurcación

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.2. Inclinación

Las dos plantaciones presentaron valores similares de árboles sin inclinación con el 96,9 y 94,2 %, respectivamente. A su vez la plantación con más incidencia de árboles inclinados corresponde a la B, con el mayor valor de 5,8 %, mientras que la plantación A fue del 3,1 % de árboles inclinados (Gráfico 2-3).

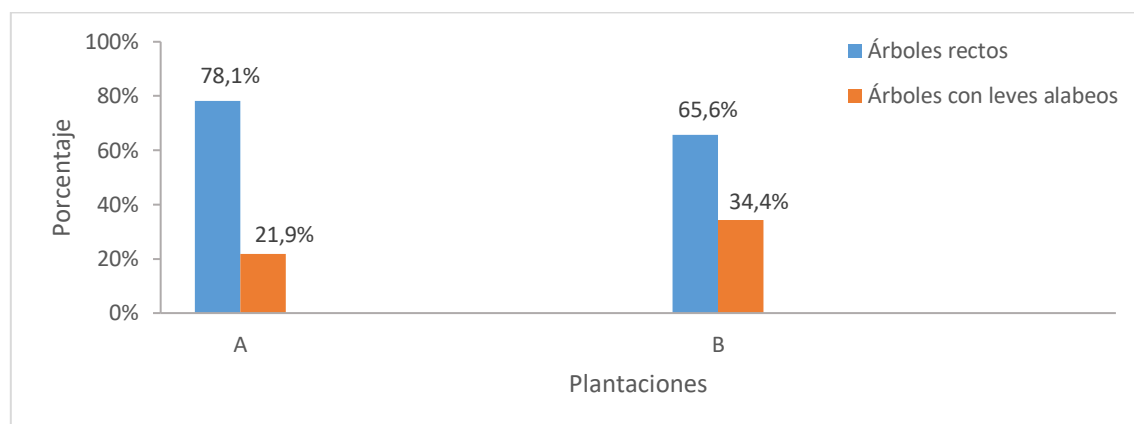


**Gráfico 2-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable inclinación

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.3. Rectitud

En el gráfico 3-3 las plantaciones A y B presentan valores de 78,1 y 65,6 % de árboles rectos, respectivamente. Sin embargo, los árboles de la plantación B presentan el mayor porcentaje de 34,4 %, de los individuos, con leves alabeos, siendo la plantación A con el menor valor de 21,9 % (Tabla 9-3).

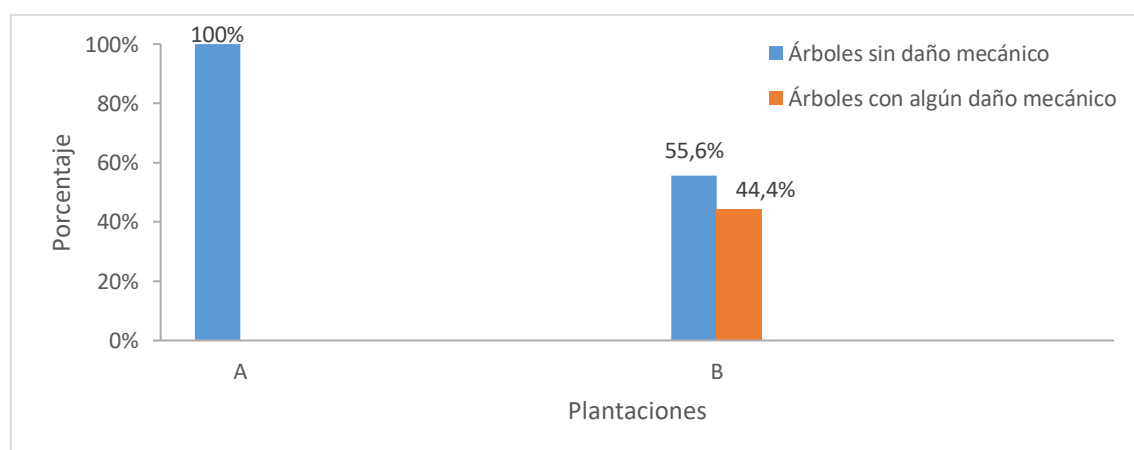


**Gráfico 3-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable rectitud

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.4. Daño mecánico

En la plantación A se evidenciaron árboles sin daño mecánico obteniendo así un valor del 100 % mientras que en la plantación B se registró un 55,6 %. Es decir, el mayor valor de árboles con daño mecánico corresponde a la misma plantación con el 44,4 % (Gráfico 4-3).

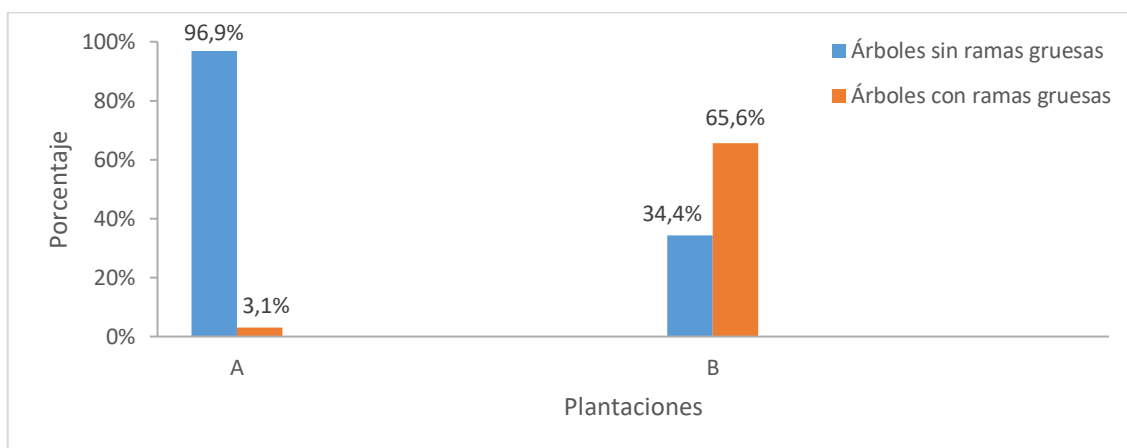


**Gráfico 4-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable daño mecánico

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.5. Grosor de ramas

En el gráfico 5-3, la plantación A presenta el mayor valor de árboles sin ramas gruesas con el 96,9 % siendo la plantación B con un menor valor del 34,4 %. La menor incidencia de árboles con ramas gruesas se evidenció en la plantación A con un valor de 3,1 % mientras que la plantación B presentó el valor más alto del 65,6 % (Gráfico 5-3).

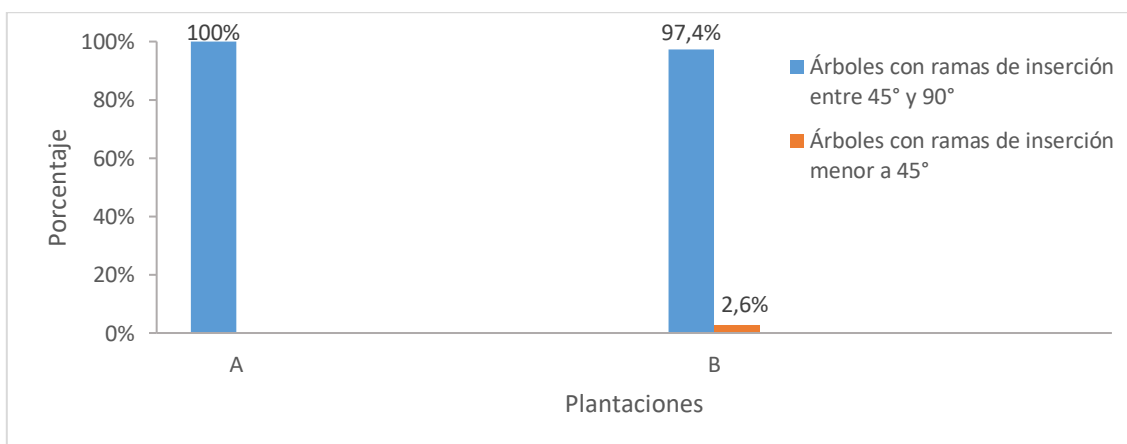


**Gráfico 5-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable grosor de ramas

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.6. Ángulo de ramas

Las dos plantaciones presentaron valores similares del 100 y 97,4 %, respectivamente, de árboles con ramas de inserción entre 45° y 90° a su vez la plantación con más incidencia de árboles con ramas de inserción menor a 45° corresponde a la B, con el 2,6 % (Gráfico 6-3).

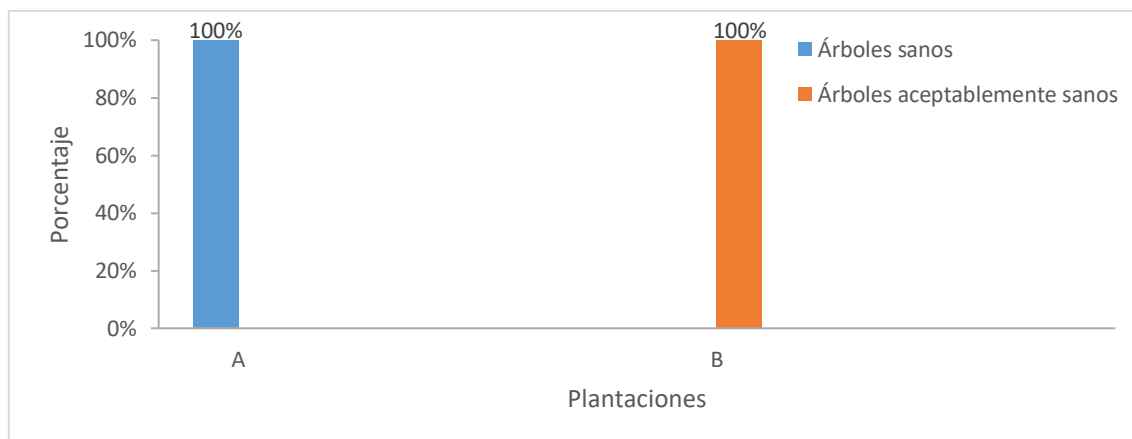


**Gráfico 6-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable ángulo de ramas

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.7. Estado fitosanitario

El estado fitosanitario de las plantaciones de estudio, se destaca la plantación A con el 100% de árboles sanos a diferencia de la plantación B con el 100% de árboles aceptablemente sanos (Gráfico 7-3).

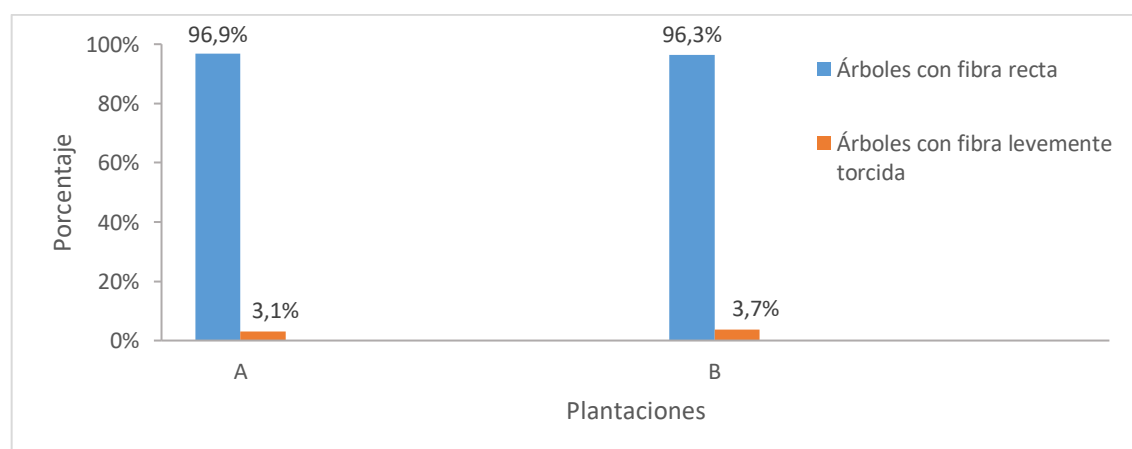


**Gráfico 7-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable estado fitosanitario

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.8. Grano espiral

En el gráfico 8-3, la plantación A presentó un valor ligeramente superior en relación a la plantación B con valores de 96,9 y 96,3 % de árboles con fibra recta, respectivamente. Las dos plantaciones de estudio presentan una baja incidencia de árboles con fibra levemente torcida, a pesar de ello la plantación B presenta el mayor porcentaje de 3,7 % y la plantación A con el 3,1 %.

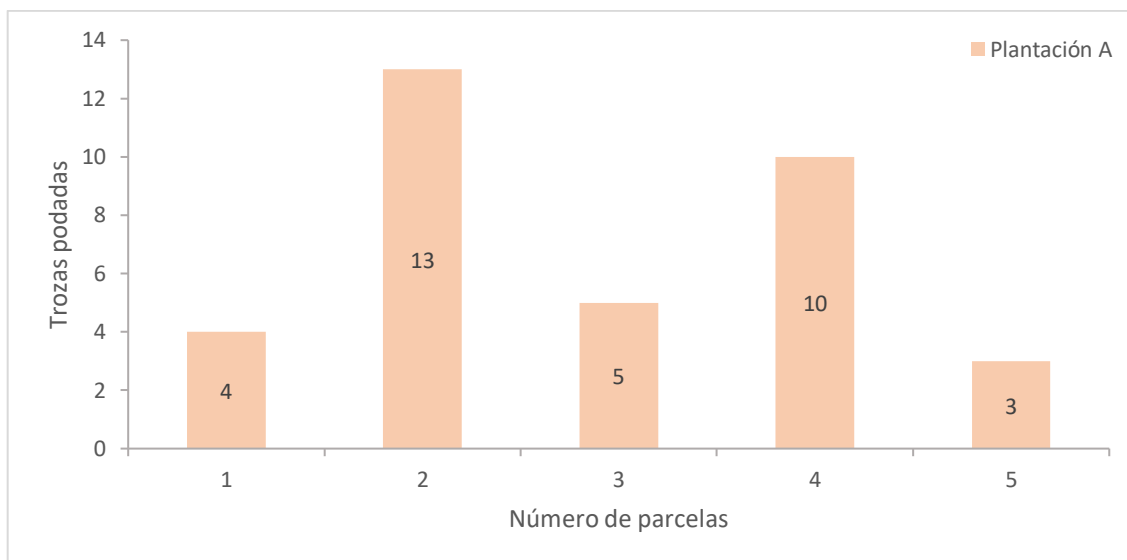


**Gráfico 8-3.** Porcentaje de árboles respecto a la variable grano espiral

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.9. Trozas podadas

La plantación A presenta un rango de trozas podadas que va desde 3 hasta 13, siendo la menor la parcela 5 y mayor en la parcela 2 respectivamente. En la plantación B no se registró ni una sola troza podada en ninguna de las unidades de muestreo (Gráfico 9-3).



**Gráfico 9-3.** Número de trozas podadas en la plantación A

**Realizado por:** Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.10. Calidad de trozas

Según los criterios de evaluación analizados a cada troza se valoró como calidad 1, calidad 2, calidad 3, con la finalidad de obtener trozas comerciales útiles para la industria maderera.

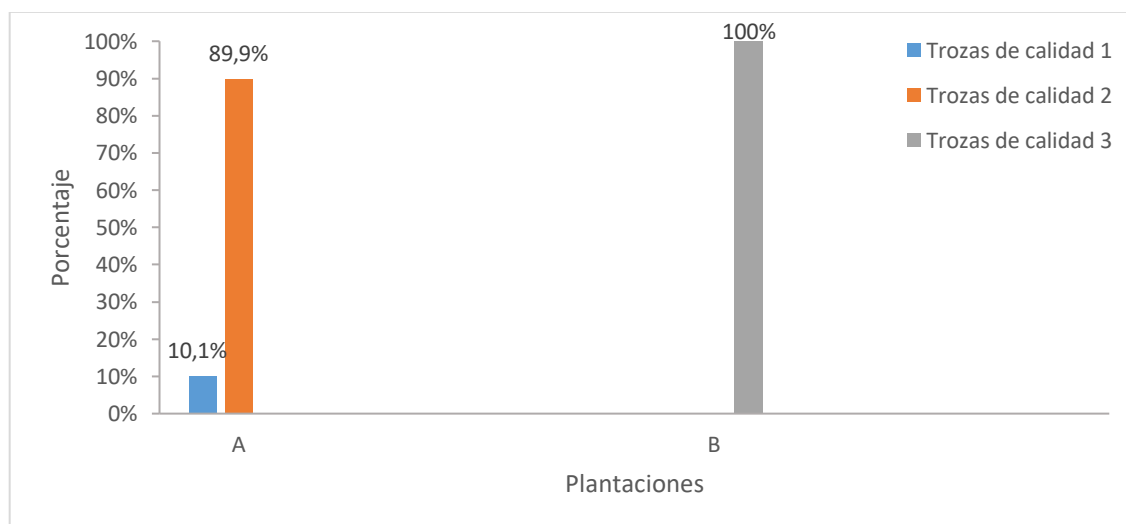
En la plantación A, el 10,1 % de las trozas son de calidad 1, es decir, aquellas que cumplen con todos los atributos de calidad evaluada. El 89,9% son trozas de calidad 2, por lo cual no han cumplido con al menos una de cualidades valoradas, aun así, son aprovechables en más del 50% del fuste. En lo que discrepa con la plantación B, el 100% son de calidad 3, siendo aquellas que presentaba daño mecánico, ramas gruesas y abundantes, sin embargo, pueden ser utilizadas hasta un 50% del fuste (Tabla 10-3).

**Tabla 11-3:** Promedio de trozas por categoría de calidad

N° Plantación	Trozas en:	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total
A	Parcela	6,6	59	-	65,6
	Hectárea	264	2360	-	2624
	Total plantación	364,3	3256,8	-	3621,1
	%	10,1	89,9	-	100
B	<b>Trozas en:</b>	<b>Calidad 1</b>	<b>Calidad 2</b>	<b>Calidad 3</b>	<b>Total</b>
	Parcela	-	-	3,9	3,9
	Hectárea	-	-	154	154
	Total plantación	-	-	425	425
	%	-	-	100	100

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

En el gráfico 10-3, se visualiza que la plantación A muestra mayor proporción de trozas de calidad 2, seguidas de calidad 1, mientras que la plantación B presentó trozas de calidad 3.



**Gráfico 10-3.** Porcentaje de trozas respecto a la variable calidad

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.2.11. Índice de Calidad General de las Plantaciones evaluadas

Este índice permite conocer el desarrollo que han tenido las dos plantaciones de estudio, hasta el momento que se realizó sus evaluaciones.

El Índice de Calidad General de la plantación A presenta el valor de 1,90 a comparación de la plantación B con un índice de 3,00 (Tabla 11-3).

**Tabla 12-3:** Índice de calidad general de las plantaciones de Pino

Plantaciones	Especie	Índice de Calidad General
A	<i>Pinus radiata</i>	1,90
B		3,00

Realizado por: Moncayo Chamorro, Xiomara, 2021.

### 3.3. Discusión

La variación en el crecimiento del diámetro promedio de las plantaciones evaluadas, obedece a que la plantación A presenta menor densidad de árboles promedio por hectárea (520), debido a la ejecución dos podas y un raleo, lo que ha permitido disminuir la competencia entre árboles por agua, nutrientes, espacio y luz. Esto influye para que exista un crecimiento mayor en diámetro en relación a la plantación B donde la densidad de árboles promedio por hectárea es mayor (1260) y el diámetro es menor. Esto concuerda con Paganquiza (2012: pp. 76-77) en su estudio realizado en Mulaló a 3150 msnm con dos sub rodales, el primero con 1627 árboles/ha el cual presenta un diámetro promedio menor de (0,06 m) a comparación del segundo con 980 árboles/ha con un promedio mayor de (0,16 m) para 6 y 8 años de edad respectivamente.

El incremento medio anual estimado en altura total promedio por árbol de las plantaciones en estudio de *Pinus radiata* fue de 1,63 m en la plantación A y de 1,15 m en la plantación B. Es decir, la plantación A es superior y la plantación B es ligeramente inferior al valor de 1,22 m indicado por (Ecuador Forestal, 2013).

El área basal promedio por hectárea proyectado, reportó un valor de 21,37 m<sup>2</sup>/ha en la plantación A y de 39,20 m<sup>2</sup>/ha en la B. Es decir, la plantación A es inferior y la B superior frente a 32,9 m<sup>2</sup>/ha para una plantación de 23 años de edad en la región de Biobío-Chile (Huber et al., 2010: pp. 4). En el rodal de *Pinus radiata* evaluado por Paganquiza (2012: pp. 76-77) en Mulaló es similar en la plantación A y 1.55 veces mayor en la plantación B en referencia a 21,15 m<sup>2</sup>/ha con una densidad de 980 árboles a los 8 años de edad.

El volumen total promedio por hectárea de las plantaciones A y B fueron de 213,49 y 278,70 m<sup>3</sup>, respectivamente. Asimismo, su incremento medio anual estimado resulto de 17,79 m<sup>3</sup> en A y de 23,22 m<sup>3</sup> en B. Siendo así la plantación A ligeramente inferior y la plantación B superior al dato de 20 m<sup>3</sup> según lo indicado por (Ecuador Forestal, 2013).



Las dos plantaciones de estudio tienen como objetivo la producción comercial por lo tanto un manejo silvicultural es un factor fundamental para lograr la producción estimada con madera de calidad. Por lo cual la plantación A, presenta un raleo, esto concuerda con Rivero (2020) el cual menciona que al realizar un raleo la densidad se reduce hasta los 550 – 700 árboles/ha para madera de aserrío, es decir la plantación A se encuentra dentro de los rangos técnicamente recomendados de forma parcial. En el caso de la plantación B, al no tener ninguna operación silvicultural, existirá competencia por nutrientes y se verá reflejado en el crecimiento no adecuado en diámetro debido a la densidad alta de árboles.

Las plantaciones A y B evaluadas pertenecen a la misma parroquia, sin embargo, presentaron diferentes resultados en las variables cuali-cuantitativas. En la plantación A se evidenció actividad de manejo de forma parcial y en la plantación B ausencia de manejo. Por lo tanto, la evaluación de las plantaciones forestales es necesario, para saber cuáles son las causas que afectan a su calidad y saber cuál es el estado y poder tomar decisiones de manejo (Barragán, 2015: pp. 89).

La calificación de calidad se realizó en base a la valoración de variables como: bifurcación, rectitud, estado fitosanitario, entre otros.

Para la variable bifurcación se obtuvo en la plantación A y B valores de 3,1 y 10,1 % de árboles bifurcados. La presencia de bifurcaciones ocasiona una reducción del diámetro de la sección del fuste, afectando el rendimiento del aserrío, a su vez variables como errores en la siembra, condiciones de sitio (suelo y viento sobre todo) y manejo, pueden empeorar este defecto Murillo & Badilla (2010) citado en (González, 2017: pp. 37-43).

Las plantaciones A y B reportaron un valor de 3,1 y 5,8 % de árboles inclinados, como respuesta del árbol ante los esfuerzos anormales que se presentan con el crecimiento inclinado Murillo (1991: pp. 19-30). Además, este defecto puede traer como consecuencia mayores incidencias de alabeo, rajaduras y colapsos de la madera durante el secado (Chan et al., 2002: pp. 29-38).

La variable rectitud en las plantaciones A y B presentaron datos de 21,9 y 34,4 % de árboles con leves alabeos. Analizando los resultados de la variable rectitud existe un porcentaje considerable de árboles con leves alabeos lo cual genera problemas en la productividad de la masa forestal, aún más si se presenta en la primera troza, esto se verá reflejado en el rendimiento del aserrío obteniendo un menor número de trozas, incrementando así los costos de aserrío. Tomando en referencia los resultados esta variable es muy importante, para lo cual Vignote et al. (2013: pp. 37) sostienen que la presencia de alabeos, causa defectos en el producto final, ya que la torcedura del

fuste le resta resistencia al producto ocasionando la curvatura, lo cual ha sido un parámetro importante para la aceptación o no de una madera con fines de transformación y comercialización.

En los árboles de las respectivas unidades de muestreo de la plantación B se evidencio el 44,4 % con daño mecánico, esto podría deberse a aspectos como el viento, que ocasiona la ruptura del ápice, algunos árboles tenían evidencia de poda, la misma que llegaba a 1,50 m, no cumplía con una troza comercial, la mala práctica silvicultural ocasiono daños severos en el fuste principal lo cual es un problema en cuanto a la calidad de la madera de la masa forestal. Por su parte González (2017: pp. 37-43) menciona que probablemente este daño se puede generar por la mala ejecución de la misma.

Las plantaciones A y B presentaron valores de 3,1 y 65,6 % de árboles con ramas gruesas, respectivamente. Esta variable es dependiente a la densidad de la plantación Barrio et al. (2009) citado en (González, 2017: pp. 37-43). Además, Millar (2003: pp. 19-20) indica que el grosor de las ramas incide directamente con la dimensión que alcancen los nudos. Analizando estos resultados la plantación B tiene 1260 árboles/ha, a comparación con la A que presenta 520 árboles/ha.

La plantación B presento el 2,6 % de ramas de inserción menor a 45°, conforme el ángulo de inserción de rama sea igual o lo más cercano a los 90 grados se obtienen nudos más pequeños que aquellos donde el ángulo de las ramas es más agudo Barrio et al. (2009) citado en (González, 2017: pp. 37-43).

El estado fitosanitario de la plantación B 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.

La variable trozas podadas únicamente se evidenció en la plantación A con un rango que va desde 3 hasta 13, en la plantación B no se registró ninguna troza comercial. Según Rojas & Murillo (2000: pp. 65-75 ) mencionan que esta valoración permite obtener un parámetro para conocer el potencial que tiene para el aprovechamiento primario o secundario dentro del proyecto forestal. A su vez, González (2017: pp. 37-43) manifiesta que se debe considerar el hecho de que las trozas de las clases 1 y 2 son de las que se obtendrá el mayor rendimiento al combinar con maquinaria y el esquema de corte en la conversión de madera rolliza a madera aserrada.

Respecto al Índice de Calidad General de las plantaciones A y B presentan valores de 1,90 y 3,00, respectivamente. Valores que se encuentran dentro de lo manifestado por Rojas & Murillo (2000: pp. 65-75 ) quienes indican que este índice producirá valores que oscilaran desde 1.0 hasta 4.0, por lo

tanto, valores cercanos a 1 corresponden a plantaciones de la más alta calidad, por el contrario valores cercanos a 4 se catalogan como plantaciones de muy pobre calidad. Analizando los resultados, la plantación A es de calidad 2 y la plantación B de calidad 3. En base a lo determinado, se asume que la calidad de los árboles, refleja por una parte la calidad de planta utilizada durante el establecimiento de la plantación y por otra, es el efecto de factores edafoclimáticos y de manejo silvicultural, que inciden en la formación de diferentes tipos de fustes Salazar (2008); Trujillo (2012), citado en (Gualpa et al., 2019: pp. 23).

## CONCLUSIONES

La plantación A obtuvo el mejor crecimiento promedio por árbol con 0,23 m de DAP, 19,61 m de altura total, 14,07 m de altura comercial, a diferencia de la plantación B con 0,19 m de DAP, 13,85 m de altura total, 10,57 m de altura comercial, cuyo crecimiento es menor debido posiblemente a la influencia de ciertos factores de sitio y grado de aplicación de actividades de manejo silvicultural.

El área basal de la plantación A presentó un valor de 21,37 m<sup>2</sup>/ha, por lo que se categoriza de espesura defectiva, a comparación de la plantación B con 39,20 m<sup>2</sup>/ha corresponde a una espesura excesiva, debido a la ausencia de raleo.

La plantación A de 12 años de edad presentó una productividad superior a la plantación B, con un volumen total promedio por árbol de 0,41 m<sup>3</sup> y 0,30 m<sup>3</sup> de volumen comercial, debido a la aplicación parcial de actividades de manejo silvicultural, a comparación de la plantación B con 0,22 m<sup>3</sup> de volumen total y 0,17 m<sup>3</sup> de volumen comercial, caracterizada por la ausencia de manejo y de similar edad a la plantación A.

La agrupación de las variables cualitativas, refleja que la plantación A presenta una masa forestal con árboles de calidad 2, y la plantación B se tipifica como un bosque plantado con árboles de calidad 3, resultado en respuesta a la calidad de planta utilizada en su establecimiento y las actividades de manejo aplicadas durante el crecimiento y desarrollo de las dos plantaciones valoradas.

## **RECOMENDACIONES**

Para obtener madera de calidad procedente de plantaciones de *Pinus radiata*, se sugiere utilizar plantas de calidad en su fase de establecimiento, más la ejecución de tratamientos silviculturales considerando los objetivos del proyecto forestal.

Valorar el crecimiento, productividad y la calidad de madera en pie con una frecuencia de monitoreo entre tres a cinco años posterior a la ejecución de actividades silviculturales en plantaciones de *Pinus radiata*.

Realizar estudios complementarios que integren factores del sitio, procedencia de semillas, calidad de planta en vivero, establecimiento y manejo silvicultural de plantaciones para conocer de forma específica para cada predio forestal que variables influyen en el rendimiento de la masa forestal y con ello establecer criterios que sustenten su gestión.

Promover la capacitación de propietarios en temas referentes a la valoración, manejo silvicultural y comercialización de plantaciones forestales.

## GLOSARIO

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

**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).

**Rodales:** unidades de vegetación homogénea o grupo de árboles que los forestales pueden manejar eficientemente como una unidad (Aguirre, 2017: pp. 20).

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

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

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

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

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

**Dasometría:** se ocupa de determinar las dimensiones, la forma, el peso, el crecimiento el volumen y la edad de los árboles, ya sea de manera individual como colectiva, y la dimensión de sus productos (FAO, 2021).

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGUIRRE N.** Silvicultura y Dinámica de Bosques. [en línea], 2017, pp. 20. Disponible en: <https://nikolayaguirre.files.wordpress.com/2013/04/1-introduccion3b3n-silvicultura.pdf>.

**AGUIRRE et al.** Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 2019, vol. 26, no. 3, pp. 945. ISSN 2413-3299. DOI 10.22497/arnaldoa.263.26306. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n3/a06v26n3.pdf>

**ARCE J.** INVENTARIO FORESTAL EXPLORATORIO EN CINCO COMUNIDADES ASHANINKA- ATALAYA. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, 2002, (Tesis) (Pregrado), pp. 17. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/597/T.FRS-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**ARTE FORESTAL.** Inventarios Forestales & Aprovechamiento Forestal. [en línea], 2017. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: <http://arteforestal.com/portfolio-item/best-for-skin-2-2/>.

**BARRAGÁN M.** EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTACIONES DE Balsa EN LOS CANTONES VALENCIA Y MOCACHE, PROVINCIA DE LOS RÍOS. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2015, (Tesis) (Pregrado), pp. 89. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/251/1/T-UTEQ-0005.pdf>

**CANCINO J.** Dendrometría Básica. [en línea], 2012, pp. 35-50 . Disponible en: [http://www.sibudec.cl/ebook/UDEC\\_Dendrometria\\_Basica.pdf](http://www.sibudec.cl/ebook/UDEC_Dendrometria_Basica.pdf) <http://repositorio.udec.cl/js-pui/handle/11594/407>.

**CARDENAS R.** "INVENTARIO EXPLORATORIO DEL POTENCIAL MADERABLE EN LOS BOSQUES DE TINGO MARIA". UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. CARRERA DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES, 1995, (Tesis) (Pregrado), pp. 15. Disponible en: [https://1library.co/document/download/qmwdj45z?page=1#=\\_](https://1library.co/document/download/qmwdj45z?page=1#=_)



**CARRERA F., & TINEO A.** INVENTARIOS FORESTALES EN BOSQUES SECOS [en línea], 1994, pp. 12. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6981e/A6981e.pdf>.

**CATIE.** Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados en America Central, 2002, pp. 16 . ISBN 9977-57-384-0. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6981e/A6981e.pdf>.

**CHAN et al.** Los defectos naturales en la madera aserrada. *Ingeniería*, 2002, vol. 6, no. 1, pp. 29-38. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen6/losdefectos.pdf>

**CONAF.** Plantaciones forestales. [en línea], 2011. [Consulta: 30 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/plantaciones-forestales/>.

**CORPEI., & EXPOECUADOR.** Planeación Estratégica Sub-Sector Plantaciones Forestales en el Ecuador. [en línea], 2007. pp. 12-24. [Consulta: 31 octubre 2020]. Disponible en: [https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE\\_Plantaciones.pdf](https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf).

**DAUBER E.** GUIA PRACTICA Y TEORICA PARA EL DISEÑO DE UN INVENTARIO FORESTAL DE RECONOCIMIENTO. [en línea], 1995. pp. 18. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnabx164.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnabx164.pdf).

**DFC et al.** MANEJO DE PLANTACIONES [en línea], 1998. pp. 7. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/004583/info/pdf/plantacion.pdf>.

**DIÉGUEZ et al.** Prácticas de Dasometría. [en línea], 2005. pp. 12. [Consulta: 1 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/305640101>.

**ECUADOR FORESTAL.** Fichas técnicas de Especies Forestales/ Ficha Técnica N°13 Pino (*Pinus radiata*). [en línea], 2013. [Consulta: 31 octubre 2020]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>.

**ECUADOR FORESTAL.** Sector Forestal Productivo Formal. [en línea], 2019. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productivo-formal/>.

**ECUADOR FORESTAL.** Ficha Técnica N° 11 PINO. 2010 .Disponible en:

<http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/PINO.pdf>

**EGOAVIL E.** "INVENTARIO FORESTAL PARA APROVECHAMIENTO DE MADERAS COMERCIALES EN EL BOSQUE LOCAL DE LA COMUNIDAD MONTE BELLO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA. FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES. CARRERA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL, 2013, [en línea]. (Tesis) (Pregrado), pp. 19 . Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3092/T634.98E29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**CUNACHI G.** Manual práctico de inventarios forestales. [en línea], 2008. pp. 3. Disponible en: [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/3033/Technical/TFL-SPD-030-12-R1-M-Manual-Practico-InventarioForestal.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3033/Technical/TFL-SPD-030-12-R1-M-Manual-Practico-InventarioForestal.pdf).

**EVANS J.** *Planted forests: Uses, impacts and sustainability*, 2009, pp. 25. ISBN 9781845935641. Disponible en: [https://slunik.slu.se/kursfiler/SG0082/40002.1112/Evans\\_\\_2010\\_Planted\\_forests\\_sustainability.pdf](https://slunik.slu.se/kursfiler/SG0082/40002.1112/Evans__2010_Planted_forests_sustainability.pdf)

**FAO.** Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. [en línea], 1981. pp. 27: Disponible en: <http://www.fao.org/3/ap354s/ap354s.pdf>.

**FAO.** Inventario Forestal Nacional - Manual de Campo. [en línea], 2004. pp. 74: Disponible en: [www.fao.org/3/a-ae578s.pdf](http://www.fao.org/3/a-ae578s.pdf).

**FAO.** Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). [en línea], 2021. [Consulta: 30 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-inventory/in-more-depth/es/>.

**GARCÍA et al.** Principios técnicos para el cultivo de especies Forestales de Entre Ríos Aspectos ambientales, manejo, costos y rentabilidad forestal, 2017, pp. 5. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_concordia\\_rentabilidad\\_final.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_rentabilidad_final.pdf)

**GONZÁLES A.** Control de calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del Grupo Empresarial El Almendro. UNIVERSIDAD NACIONAL. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR. CARRERA DE CIENCIAS AMBIENTALES, 2017, (Tesis) (Pregrado), pp. 37-43. Disponible en:

<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14153/Control%20de%20calidad%20de%20madera%20en%20pie%20y%20madera%20aserrada%20para%20el%20mercado%20de%20construcci%C3%B3n%20del%20Grupo%20E.pdf?sequence=2>

**GRIJALVA et al.** Situación de los Recursos Genéticos Forestales-Informe País- Ecuador, 2012 , pp. 11 . Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3825e/i3825e20.pdf>

**GUALLPA et al.** Valoración cualitativa de una plantación de Eucalyptus globulus Labill en el sector de Licto, Riobamba, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 2019, vol. 4, no. 4, pp. 23. ISSN 2550-682X. DOI 10.23857/pc.v4i4.940. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7164408>

**HUBER et al.** Efecto de plantaciones de Pinus radiata y Eucalyptus globulus sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *Bosque*, 2010, vol. 31, no. 3, pp. 4. ISSN 07179200. DOI 10.4067/S0717-92002010000300006. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002010000300006](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002010000300006)

**IMAÑA et al.** CONCEPTOS DASOMÉTRICOS EN LOS INVENTARIOS FITOSOCIOLÓGICOS [en línea], 2014. pp. 46-53. ISBN 9788587599360. Disponible en: [http://www.ghbook.ir/index.php?name=مجموعه مقالات دومین هم اندیشی سراسری رسانه تلویزیون و option=com\\_dbook&task=readonline&book\\_id=13629&page=108&chckhash=03C706812F&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component](http://www.ghbook.ir/index.php?name=مجموعه مقالات دومین هم اندیشی سراسری رسانه تلویزیون و option=com_dbook&task=readonline&book_id=13629&page=108&chckhash=03C706812F&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component)

**KOMETTER R.** MANEJO FORESTAL COMUNITARIO, 2013, pp. 4. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320672647\\_MANEJO\\_FORESTAL\\_COMUNITARIO\\_Nota\\_de\\_Concepto](https://www.researchgate.net/publication/320672647_MANEJO_FORESTAL_COMUNITARIO_Nota_de_Concepto)

**LARA D.** CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DEL BOSQUE SAN VICENTE DE LA CURIA DIOCESANA DE RIOBAMBA. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2018, (Tesis) (Pregrado), pp. 21. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/10368/1/33T0203.pdf>

**MADERAME.** Madera de Pino: Tipos, Propiedades y Usos.[en línea], 2019. [Consulta: 1 noviembre 2020]. Disponible en: <https://maderame.com/enciclopedia-madera/pino/>.

**MAE.** Aprovechamiento de los Recursos Forestales en Ecuador, 2010, pp. 3-7. Disponible en:

[http://www.ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/Aprov\\_RFE\\_0709.pdf](http://www.ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/Aprov_RFE_0709.pdf)

**MAE.** Estadísticas del patrimonio natural del Ecuador continental, 2018, pp. 16 . Disponible en: [https://proamazonia.org/wpcontent/uploads/2019/10/ECUADOR\\_Folleto\\_Patrimonio\\_Natural\\_compressed.pdf](https://proamazonia.org/wpcontent/uploads/2019/10/ECUADOR_Folleto_Patrimonio_Natural_compressed.pdf)

**MELLENDEZ V.** “EVALUACION DE UN BOSQUE LOCAL DE COLINAS BAJAS DEL CENTRO POBLADO NUEVO SAN JOSÉ, CON FINES DE MANEJO, EN EL DISTRITO DE CONTAMANA”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA. FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES. CARRERA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOLOGIA DE BOSQUES TROPICALES, 2017, [ en línea]. (Tesis) (Pregrado), pp. 22 . Disponible en: [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4477/Ida\\_Tesis\\_Titulo\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-06.pdf](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4477/Ida_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-06.pdf).

**MERINO J.** EVALUACION DE CALIDAD Y VALORACION DE UNA PLANTACIÓN DE PINO (*Pinus radiata D Don*) EN EL CANTON GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2010, [en línea]. (Tesis) (Pregrado), pp. 12. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/711/1/33T0065.pdf>.

**MILLAR J.** Análisis del crecimiento diametral de ramas de *Pinus radiata D . Don* en distintos sitios , entre las regiones VII y IX. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIA FORESTALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2003, (Tesis) (Pregrado), pp. 19-20. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fifm645a/doc/fifm645a.pdf>

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES et al.** MANUAL TÉCNICO DE PLANIFICACIÓN DE INVENTARIOS FORESTALES POR MEDIO DE SIG, 2018, pp. 11. Disponible en: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13171.pdf>

**MOGROVEJO P.** Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Área de Estudios Sociales y Globales, 2017, [en línea]. (Tesis) (Progrado), pp. 30. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5862/1/T2432-MCCNA-Mogrovejo-Bosques.pdf>

**MORA J.** Evaluación del método de muestreo angular para el inventario de plantaciones forestales de Teca en la Región Costa del Ecuador. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO. CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA, 2019, [en línea]. (Tesis) (Pregrado), pp. 20-21. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12545/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-146.pdf>.

**MURILLO O.** METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN PLANTACIONES FORESTALES. *Tecnología en marcha*, 1991, vol. 11, no. 1, pp. 19-30. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5678797>

**MURILLO O., & CAMACHO P.** METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES RECIEN ESTABLECIDAS. *Agronomía Costarricense*, 1997, vol. 21, no. 2, pp. 189-206. Disponible en: [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v21n02\\_189.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf)

**OCHOA C.** El muestreo: qué es y por qué funciona. [en línea], 2015. [Consulta: 30 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-que-es-porque-funciona>.

**PAGUANQUIZA E.** ELABORACION DE UNA LINEA BASE PARA DETERMINAR EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata* EN (ACOSA). ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL ,2012, [en línea]. (Tesis) (Pregrado), pp. 76-77. Disponible en: [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2214/1/33T0104\\_PAGUANQUIZA\\_EDWIN.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2214/1/33T0104_PAGUANQUIZA_EDWIN.pdf)

**PAGUAY I.** DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES ANDINAS. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2013, (Tesis) (Pregrado), pp. 17. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2788/1/33T0109%20.pdf>

**PEÑA D.** “Evaluación de la eficiencia de herbicidas para el control de malezas en plantación de *Pinus radiata* D. Don, parroquia Pifo, provincia de Pichincha. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2019, (Tesis) (Pregrado), pp. 28-29. Disponible en:

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3898/1/T-UTEQ-0103.pdf>

**REYNAGA M.** SITUACIÓN DEL PERU A NIVEL MUNDIAL EN RELACION AL BOSQUE NATURAL. [en línea], 2013. pp. 10. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie.pdf>.

**RIVERO J.** Cultivo de Pino - Manejo Agronomico y uso Forestal. [en línea], 2020. [Consulta: 5 marzo 2021]. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-pino/>.

**ROJAS O., & MURILLO O.** Calidad de las plantaciones de teca en la Península de Nicoya, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 2000, vol. 24, no. 2, pp. 65-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/26459497\\_Calidad\\_de\\_las\\_plantaciones\\_de\\_teca\\_en\\_la\\_Peninsula\\_de\\_Nicoya\\_Rosta\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/26459497_Calidad_de_las_plantaciones_de_teca_en_la_Peninsula_de_Nicoya_Rosta_Rica)

**SECF.** Altura de fuste. [en línea], 2021. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: [http://secforestales.org/diccionario\\_forestal\\_secf\\_publico?title=altura+de+fuste+](http://secforestales.org/diccionario_forestal_secf_publico?title=altura+de+fuste+).

**SIERRA R.** Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG Ecociencia. , no. January 1999, pp. 94. ISSN 1098-6596. DOI 10.13140/2.1.4520.9287. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/268390074\\_Propuesta\\_Preliminar\\_de\\_un\\_Sistema\\_de\\_Clasificacion\\_de\\_Vegetacion\\_para\\_el\\_Ecuador\\_Continental](https://www.researchgate.net/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental)

**SIGLA.** Inventarios forestales. [en línea], 2014. [Consulta: 30 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.sigla-sas.com/inventarios-forestales.html>.

**TITUAÑA L., & NICOLALDE L.** Aprovechamiento de plantaciones forestales en Imbabura, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* [en línea], vol. 8, no. 2, 2019, pp. 6. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7153080>

**VANEGAS A.** LA PODA EN FRUTALES, 2018, pp. 2. Disponible en: <http://www.agronomiaudec.cl/wp-content/uploads/2018/03/Poda-en-Frutales.pdf>

**VÁSQUEZ A., & RAMÍREZ A.** Guia de cubicación de madera. 2005, pp. 11. ISBN 9789588370422. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosismaticos/pdf/G>

obernanza\_forestal\_2/10.\_Gu%C3%ADa\_de\_Cubicaci%C3%B3n\_de\_Madera.pdf

**VELÁSTEGUI 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. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2017, (Tesis) (Pregrado), pp. 26. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7662/1/33T0169.pdf>

**VIGNOTE et al.** Silvicultura y calidad de madera, 2013 , pp. 37. Disponible en: <http://oa.upm.es/21580/1/SILVITCALIDADMADERA.pdf>

**VINUEZA L.** DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE PINO (*Pinus radiata* D. Don), CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. FACULTAD DE RECURSOS NATURALES. CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, 2015, (Tesis) (Pregrado), pp. 28. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3888/1/33T0140%20.pdf>

**VINUEZA M.** Guía práctica para el manejo del Bosque Secundario, 2005, pp. 9. Disponible en: <https://rngr.net/publications/guia-practica-para-el-manejo-del-bosque-secundario>





## ANEXO B: PLANTACIONES EVALUADAS

Empresa Haro Maderas (A)



Comunidad Cuatro Esquinas (B)



## ANEXO C: ESTABLECIMIENTO DE LAS PARCELAS EN LAS PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON

Plantación A



Plantación B



**ANEXO D: MARCACIÓN DE LOS ÁRBOLES EN CADA UNA DE LAS PARCELAS ESTABLECIDAS**

Plantación A



Plantación B



**ANEXO E: UNIDADES DE MUESTRO UBICADAS Y REGISTRADAS**

Plantación A



Plantación B



**ANEXO F: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN: TOMA DE DIÁMETROS Y ALTURAS DE LOS ÁRBOLES**

**Plantación A**



**Plantación B**



**ANEXO G: TOMA Y REGISTRO DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS**





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 16/11/2021

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

*Nombres – Apellidos: Xiomara Alexandra Moncayo Chamorro*

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** *Recursos Naturales*

**Carrera:** *Ingeniería Forestal*

**Título a optar:** *Ingeniera Forestal*

**f. Analista de Biblioteca responsable:** *Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.*

SWQJÁ  
QESÓÓUVUÁ  
ÓCEŦ @ UUA  
XOEJÓCEJ

DBRAI  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



1882-DBRA-UTP-2021