



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

**COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO DASOMETRICO EN DOS  
PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON UBICADAS EN LAS  
PARROQUIAS LICAN Y CALPI DE LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:**

**ANTHONY ALEXANDER GARCÉS CARRERA**

Riobamba – Ecuador

2023



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

**COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO DASOMETRICO EN DOS  
PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON UBICADAS EN LAS  
PARROQUIAS LICAN Y CALPI DE LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:** ANTHONY ALEXANDER GARCÉS CARRERA

**DIRECTOR:** Ing. MIGUEL ÁNGEL GUALPA CALVA, MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

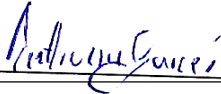
© 2023, Anthony Alexander Garcés Carrera

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, Anthony Alexander Garcés Carrera, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 30 de mayo de 2023.



---

**Anthony Alexander Garcés Carrera**

**CI: 1805326830**

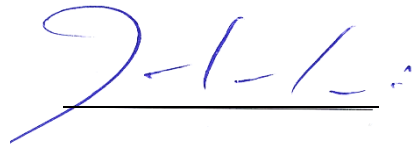
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO DASOMETRICO EN DOS PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON UBICADAS EN LAS PARROQUIAS LICAN Y CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por el señor: **ANTHONY ALEXANDER GARCÉS CARRERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Rolando Fabian Zabala Vizuet, MSc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2023-05-30

Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva, MSc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-05-30

Ing. Daniel Arturo Román Robalino, MSc.  
**ASESOR DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-05-30

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado primero a Dios por haberme dado la fuerza en los momentos más difíciles y seguir luchando por mis sueños. A mi madre que siempre estuvo pendiente y dando su apoyo para que siempre siga hacia adelante sin importar de las circunstancias. A mi padre que dese el cielo sé que me guía en mi camino para siempre ser alguien mejor. A mi familia y a mis amigos que siempre han estado presentes apoyándome.

Anthony

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fuerza para seguir adelante en este largo viaje. Gracias a mi tutor Ing. Miguel Gualpa y asesor el Ing. Daniel Román por ayudar en las dudas, también gracias al Ing. Manolo por su ayuda y a la Ing. Elizabeth Pachacama por las enseñanzas en el laboratorio de suelos. Gracias a las personas que me ayudaron en todo este camino.

Anthony

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación .....	2
1.3.	Objetivos .....	2
1.3.1.	<i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.4.	Hipótesis.....	3
1.4.1.	<i>Hipótesis nula – Ho</i> .....	3
1.4.2.	<i>Hipótesis alterna – H1</i> .....	3

### CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	4
2.1.	Plantación Forestal .....	4
2.1.1.	<i>Evaluación de plantaciones forestales</i> .....	4
2.2.	Dasometría.....	4
2.2.1.	<i>Diámetro a la altura del pecho(DAP)</i> .....	5
2.2.2.	<i>Altura total</i> .....	5
2.2.3.	<i>Área basal</i> .....	6
2.2.4.	<i>Volumen total</i> .....	6
2.2.5.	<i>Tipos de mediciones</i> .....	7
2.3.	Métodos de muestreo .....	7
2.3.1.	<i>Muestreo probabilístico</i> .....	7
2.3.2.	<i>Muestreo sistemático</i> .....	7



<b>2.4.</b>	<b>Propiedades Físicoquímicas del suelo.....</b>	<b>8</b>
<b>2.4.1.</b>	<b><i>Propiedades físicas</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4.1.1.</b>	<i>Humedad</i> .....	8
<b>2.4.1.2.</b>	<i>Textura del suelo</i> .....	9
<b>2.4.1.3.</b>	<i>Estructura</i> .....	9
<b>2.4.1.4.</b>	<i>Porosidad</i> .....	9
<b>2.4.1.5.</b>	<i>Color</i> .....	10
<b>2.4.1.6.</b>	<i>Consistencia</i> .....	10
<b>2.4.1.7.</b>	<i>Densidad aparente</i> .....	11
<b>2.4.1.8.</b>	<i>Densidad real</i> .....	11
<b>2.4.1.9.</b>	<i>Estabilidad estructural</i> .....	11
<b>2.4.2.</b>	<b><i>Las propiedades químicas</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2.1.</b>	<i>Capacidad de intercambio catiónico</i> .....	12
<b>2.4.2.2.</b>	<i>pH</i> .....	12
<b>2.4.2.3.</b>	<i>Nitrógeno</i> .....	12
<b>2.4.2.4.</b>	<i>Fósforo</i> .....	13
<b>2.4.2.5.</b>	<i>Potasio</i> .....	13
<b>2.4.2.6.</b>	<i>Calcio</i> .....	13
<b>2.4.2.7.</b>	<i>Magnesio</i> .....	13
<b>2.4.2.8.</b>	<i>Zinc</i> .....	13
<b>2.4.2.9.</b>	<i>Manganeso</i> .....	14
<b>2.4.2.10.</b>	<i>Hierro</i> .....	14
<b>2.4.2.11.</b>	<i>Compactación del suelo</i> .....	14
<b>2.5.</b>	<b>Características de la especie <i>Pinus radiata</i> D. Don.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.1.</b>	<b><i>Perspectiva histórica P. radiata</i> .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2.</b>	<b><i>Distribución geográfica</i> .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.3.</b>	<b><i>Taxonomía y descripción morfológica de la especie</i>.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.4.</b>	<b><i>Requisitos del sitio</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.5.</b>	<b><i>Usos</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.6.</b>	<b><i>Silvicultura</i> .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5.7.</b>	<b><i>Tolerancia a la temperatura</i> .....</b>	<b>17</b>

### CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.</b>	<b>Enfoque de la investigación .....</b>	<b>18</b>

<b>3.2.</b>	<b>Localización del estudio</b> .....	18
<b>3.2.1.</b>	<i>Localización de las plantaciones evaluadas</i> .....	18
<b>3.2.2.</b>	<i>Ubicación Geográfica</i> .....	18
<b>3.2.3.</b>	<i>Localización del sitio</i> .....	19
<b>3.2.4.</b>	<i>Características climáticas</i> .....	20
<b>3.3.</b>	<b>Alcance</b> .....	20
<b>3.4.</b>	<b>Diseño de investigación</b> .....	20
<b>3.4.1.</b>	<i>Sistema de muestreo</i> .....	20
<b>3.4.2.</b>	<i>Fase de campo</i> .....	21
<b>3.5.</b>	<b>Tipo de estudio</b> .....	21
<b>3.6.</b>	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	22
<b>3.7.</b>	<b>Materiales y Equipos</b> .....	22
<b>3.7.1.</b>	<i>Materiales y equipos de campo</i> .....	22
<b>3.7.2.</b>	<i>Materiales y equipos de oficina e informáticos</i> .....	22
<b>3.7.3.</b>	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i> .....	22
<b>3.7.4.</b>	<i>Reactivos</i> .....	22
<b>3.8.</b>	<b>Metodología</b> .....	23
<b>3.8.1.</b>	<i>Reconocimiento y observación de los sitios de investigación</i> .....	23
<b>3.8.2.</b>	<i>Levantamiento planimétrico</i> .....	23
<b>3.8.3.</b>	<b>Sistema de muestreo e instalación de las parcelas</b> .....	23
<b>3.8.4.</b>	<i>Levantamiento de las variables dasométricas de las plantaciones valoradas</i> .....	24
<b>3.8.4.1.</b>	<i>Variables cuantitativas</i> .....	24
<b>3.8.4.2.</b>	<i>DAP, altura total y altura comercial</i> .....	24
<b>3.8.4.3.</b>	<i>DC, forma del fuste</i> .....	25
<b>3.8.4.4.</b>	<i>Área basal</i> .....	25
<b>3.8.4.5.</b>	<i>Volumen total</i> .....	25
<b>3.8.4.6.</b>	<i>Volumen comercial</i> .....	26
<b>3.8.4.7.</b>	<i>Cálculo de la productividad</i> .....	26
<b>3.8.4.8.</b>	<i>Cálculo de la edad de las plantaciones</i> .....	26
<b>3.8.4.9.</b>	<i>Incremento medio anual volumen , altura y diámetro</i> .....	26
<b>3.8.5.</b>	<i>Fase de campo evaluación edáfica</i> .....	27
<b>3.8.6.</b>	<b>Parámetros físicos</b> .....	27
<b>3.8.6.1.</b>	<i>Humedad</i> .....	27
<b>3.8.6.2.</b>	<i>Color</i> .....	27
<b>3.8.6.3.</b>	<i>Estructura</i> .....	27
<b>3.8.6.4.</b>	<i>Consistencia</i> .....	28

3.8.6.5.	<i>Densidad aparente</i> .....	28
3.8.6.6.	<i>Densidad real</i> .....	28
3.8.6.7.	<i>Porosidad</i> .....	28
3.8.6.8.	<i>Clase textural</i> .....	28
3.8.6.9.	<i>Estabilidad estructural</i> .....	29
3.8.7.	<b><i>Parámetros Químicos</i></b> .....	29
3.8.7.1.	<i>Materia orgánica</i> .....	29
3.8.7.2.	<i>pH</i> .....	29
3.8.7.3.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	30
3.8.7.4.	<i>Elementos Químicos</i> .....	30
3.9.	<b>Análisis estadístico</b> .....	30

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	31
4.1.	<b>Procesamiento análisis e interpretación de resultados</b> .....	31
4.1.1.	<b><i>Crecimiento y productividad de Pinus radiata D. Don</i></b> .....	31
4.1.1.1.	<i>Número de árboles por parcela/ha</i> .....	31
4.1.1.2.	<i>Diámetro promedio de los árboles de Pinus radiata</i> .....	32
4.1.1.3.	<i>Altura comercial promedio de los árboles de Pinus radiata</i> .....	32
4.1.1.4.	<i>Altura total promedio de los árboles de Pinus radiata</i> .....	33
4.1.1.5.	<i>Área basal promedio de los árboles de Pinus radiata</i> .....	33
4.1.1.6.	<i>Volumen comercial promedio de los árboles de Pinus radiata</i> .....	33
4.1.1.7.	<i>Volumen total promedio de los árboles de Pinus radiata</i> .....	34
4.1.2.	<b><i>Características Físicas plantación A y plantación B del suelo</i></b> .....	34
4.1.2.1.	<i>Densidad aparente y densidad real</i> .....	35
4.1.2.2.	<i>Contenido de humedad</i> .....	35
4.1.2.3.	<i>Porcentaje de porosidad</i> .....	36
4.1.3.	<b><i>Parámetros químicos plantación A, plantación B</i></b> .....	37
4.1.3.1.	<i>Potencial de Hidrógeno</i> .....	37
4.1.3.2.	<i>Materia orgánica</i> .....	38
4.1.3.3.	<i>Amonio y Fósforo</i> .....	39
4.1.3.4.	<i>Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio</i> .....	39
4.1.3.5.	<i>Manganeso, Hierro y Zinc</i> .....	40
4.1.3.6.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	41
4.1.3.7.	<i>Capacidad de intercambio catiónico</i> .....	42

4.2.	Prueba de hipótesis .....	43
4.3.	Discusión .....	44

## **CAPITULO V**

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1.	Conclusiones .....	47
5.2.	Recomendaciones .....	48

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Taxonomía de la especie <i>Pinus radiata</i> .....	15
<b>Tabla 1-3:</b>	Ubicación geográfica de las plantaciones de estudio .....	18
<b>Tabla 2-3:</b>	Características climáticas de las plantaciones de estudio .....	20
<b>Tabla 3-3:</b>	Número de árboles registrados por parcela en cada plantación.....	21
<b>Tabla 4-3:</b>	Propiedades físicas y químicas evaluadas del suelo .....	21
<b>Tabla 1-4:</b>	Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación A.....	31
<b>Tabla 2-4:</b>	Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación B .....	32
<b>Tabla 3-4:</b>	Diámetro promedio <i>Pinus radiata</i> .....	32
<b>Tabla 4-4:</b>	Altura comercial promedio de <i>Pinus radiata</i> .....	33
<b>Tabla 5-4:</b>	Altura total promedio de <i>Pinus radiata</i> .....	33
<b>Tabla 6-4:</b>	Área basal promedio de <i>Pinus radiata</i> .....	33
<b>Tabla 7-4:</b>	Volumen comercial promedio de <i>Pinus radiata</i> .....	34
<b>Tabla 8-4:</b>	Volumen total promedio de <i>Pinus radiata</i> .....	34
<b>Tabla 9-4:</b>	Características físicas del suelo .....	34
<b>Tabla 10-4:</b>	Valores de los elementos químicos obtenidos en la plantación A y B .....	37
<b>Tabla 11-4:</b>	Valores de elementos para interpretación de datos.....	43
<b>Tabla 12-4:</b>	Estadística de contraste de <i>Pinus radiata</i> .....	43

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Partes de una carta de colores Munsell .....	10
<b>Ilustración 2-2:</b>	Individuo adulto de <i>P. radiata</i> , hojas, flor y frutos .....	16
<b>Ilustración 1-3:</b>	Mapa de la plantación A(Licán).....	19
<b>Ilustración 2-3:</b>	Mapa de la plantación B (Calpi) .....	19
<b>Ilustración 1-4:</b>	Densidad aparente y densidad real .....	35
<b>Ilustración 2-4:</b>	Contenido de humedad.....	36
<b>Ilustración 3-4:</b>	Porcentaje de porosidad .....	36
<b>Ilustración 4-4:</b>	Valores del potencial de hidrógeno .....	38
<b>Ilustración 5-4:</b>	Porcentaje de materia orgánica .....	38
<b>Ilustración 6-4:</b>	Amonio y Fósforo .....	39
<b>Ilustración 7-4:</b>	Elementos químicos K-Ca-Mg-Na.....	40
<b>Ilustración 8-4:</b>	Elementos químicos Mn-Fe-Zn.....	41
<b>Ilustración 9-4:</b>	Conductividad eléctrica.....	42
<b>Ilustración 10-4:</b>	Capacidad de intercambio catiónico.....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A:** FORMULARIO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PLANTACIONES DE ESTUDIO

**ANEXO B:** RECONOCIMIENTO Y OBSERVACION DE LOS SITIOS DE INVESTIGACIÓN

**ANEXO C:** LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y TOMA DE DATOS

**ANEXO D:** TOMA DE MUESTRAS DE LAS CALITAS Y LA REALIZACIÓN DE LAS MISMAS

**ANEXO E:** DATOS EN LABORATORIO PROPIEDADES FÍSICAS

**ANEXO F:** DATOS EN LABORATORIO PROPIEDADES QUÍMICAS

**ANEXO G:** ESTIMACIÓN DE LAS EDADES DE LAS PLANTACIONES A-B

**ANEXO H:** PRUEBA DE NORMALIDAD Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue comparar el crecimiento dasométrico y edáfico en dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don ubicadas en las parroquias Licán y Calpi, provincia de Chimborazo. Para lo cual, primero se realizó un recorrido y reconocimiento de las dos plantaciones en estudio, se llevó a cabo un inventario en el cual se implementó un muestreo sistemático no alineado con parcelas circulares de un radio inicial de 11,23 m abarcando un área de 400 m<sup>2</sup>, se instalaron 4 parcelas para la plantación A y 4 parcelas en la plantación B. Dentro de cada unidad de muestro se tomaron datos de variables cuantitativas tales como: DAP (diámetro a la altura del pecho), altura total, altura comercial y diámetro de copa, para evaluar las propiedades fisicoquímicas se seleccionaron 4 puntos de muestreo para realizar las calicatas distribuidos en las dos plantaciones, 2 puntos en cada plantación las calicatas a dos profundidades con rangos de 0-30 cm y 30-100 cm se recogió un kilogramo de muestra para cada profundidad las cuales se analizaron en el laboratorio de suelos de la FRN de la ESPOCH determinando su color, consistencia, densidad real, materia orgánica, textura, conductividad eléctrica y elementos químicos. Las variables cuantitativas de la plantación A, obtuvieron promedios de diámetro a la altura del pecho de 16 cm, altura comercial 10,02 m, y volumen total promedio de 265,63 m<sup>3</sup>, la plantación B diámetro a la altura del pecho de 14 cm, altura comercial 3,48 m, y volumen total promedio de 155 m<sup>3</sup>, los parámetros físicos químicos obtuvieron valores bajos. Se concluyó que las dos plantaciones obtuvieron bajos valores de crecimiento y productividad, por lo que se recomendó realizar actividades silviculturales para mejorar la producción de las plantaciones.

**Palabras clave:** <PINO (*Pinus radiata*)>, <MUESTRO SISTEMÁTICO>, <DASOMETRÍA>, <DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP)>, <PLANTACIÓN>.

0975-UPT-DBRA-2023

  
D.B.R.A.I.  
Ing. Cristian Castillo





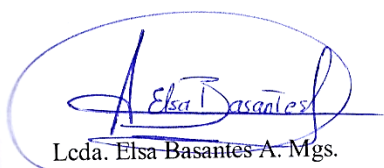
## ABSTRACT

The aim of the research was to compare the dasometric and edaphic growth in two plantations of *Pinus radiata* D. Don located in the Licán and Calpi parishes, province of Chimborazo. For this purpose, first a tour and reconnaissance of the two plantations under study was made, an inventory was carried out in which a systematic non-aligned sampling was implemented with circular plots of an initial radius of 11.23 m covering an area of 400 m<sup>2</sup>, 4 plots were installed for plantation A and 4 plots in plantation B. Within each sampling unit, data were collected for quantitative variables such as: DBH (diameter at breast height), total height, commercial height and crown diameter, to evaluate the physicochemical properties 4 sampling points were selected to perform the calicatas distributed in the two plantations, Two points were selected in each plantation at two depths with ranges of 0-30 cm and 30-100 cm. A kilogram of sample was collected for each depth and analyzed in the soil laboratory of the FRN of the ESPOCH to determine its color, consistency, real density, organic matter, texture, electrical conductivity and chemical elements. The quantitative variables of plantation A, obtained averages of diameter at breast height of 16 cm, commercial height 10.02 m, and average total volume of 265.63 m<sup>3</sup>, plantation B diameter at breast height of 14 cm, commercial height 3.48 m, and average total volume of 155 m<sup>3</sup>, the chemical physical parameters obtained low values. It was concluded that the two plantations obtained low values of growth and productivity, so it was recommended to carry out silvicultural activities to improve the production of the plantations.

Keywords:<PINE (*Pinus radiata*)>, <SYSTEM SAMPLING>, <DASOMETRY>, <DIMETERAT BREAST HEIGHT (DBH)>, <PLANTING>.

Riobamba, June 20<sup>th</sup>, 2023

0975-UPT-DBRA-2023



Lcda. Elsa Basantes A. Mgs.  
C.I:0603594409

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador el 34,7% de la superficie se encuentra cubierta por bosques, el 98,5% corresponde a bosques naturales, las plantaciones no rebasan el 1,5%. *Pinus radiata* D. Don se caracteriza por su rápido crecimiento, buena adaptabilidad y gran rentabilidad en su producción, esta especie forestal predomina en climas templados y en diversos suelos (Gualpa et al., 2018, p. 229).

Las principales especies aprovechadas a nivel nacional provienen de plantaciones forestales ubicadas en la sierra y costa ecuatoriana. El eucalipto y pino son las predominantes de la sierra (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013, p. 22). En la actualidad es muy usada para la fabricación de tableros, aglomerados y de fibra, otra forma de uso es establecer cortinas rompevientos, cercas vivas, sistemas silvopastoriles o en plantaciones puras (Gualpa et al., 2018, p. 229).

*Pinus radiata* es la tercera especie que más se autorizó a nivel nacional, por medio de la aprobación de 442 programas de corta de plantaciones en 10 provincias, haciendo hincapié en Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Pichincha, Azuay y Bolívar; y el volumen restante se autorizó mediante Programas de Corta de Árboles Plantados en 7 provincias, principalmente en Bolívar, Chimborazo, Tungurahua y Pichincha. Para el 2010 se aprovechó un total de (30,78%) lo que corresponde de pino (Arias y Robles, 2011, pp. 10-11).

La aplicación de diferentes técnicas tanto para el establecimiento y manejo con diferentes actividades de limpieza en corona, raleo y podas ayudan en el incremento medio anual con valores que van desde 5 a 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. La información que se tiene sobre la evolución de las variables dasométricas en su fase juvenil, estas llega a ser un limitante al momento de estimar su crecimiento y productividad de los árboles de pino a nivel de sitio en estudio (Gualpa et al., 2018, p. 230).

El estudio busca determinar el área neta de cada plantación, la medición y registro de variables tanto de crecimiento como de productividad en las dos plantaciones en estudio. Teniendo en cuenta la influencia edafoclimática del área geográfica donde se desarrolla y la ausencia de labores silviculturales. El objetivo del presente estudio es comparar el crecimiento dasométrico en dos plantaciones de *Pinus radiata*, a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total promedio y el volumen total, así mismo se busca identificar los parámetros fisicoquímicos del suelo de las dos plantaciones a comparar.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Actualmente existe escasa información de indicadores técnicos de crecimiento y productividad específicos de las dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don ubicados en las parroquias Licán y Calpi. Lo cual impide la toma de decisiones acertadas para la aplicación de actividades silviculturales de las plantaciones en estudio. Esto conlleva a la obtención de una masa forestal de baja calidad de madera, propensa a enfermedades.

En un futuro los árboles de las plantaciones presentaran problemas al momento de la cosecha, ya que un mal manejo ocasionará un aumento en el costo de manejo, perjudicando al propietario de la plantación en términos económicos, porque el precio de la plantación no completará los gastos por encontrarse en mal estado.

#### 1.2. Justificación

La investigación se realizó en las dos plantaciones de *Pinus radiata* para su posterior comparación de sus características dasométricas y edáficas. Tanto Licán como Calpi son parroquias que están destinadas principalmente a la agricultura y ganadería, dejando un lado la producción forestal esto se debe principalmente por la escasa de información, por lo que se llevó a cabo el estudio, con esta investigación se busca obtener indicadores técnicos para mejorar los rendimientos con prácticas silviculturales respecto al crecimiento, productividad y manejo de las plantaciones en estudio.

#### 1.3. Objetivos

##### 1.3.1. *Objetivo general*

Comparar el crecimiento dasométrico en dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don ubicadas en las parroquias Licán y Calpi de la provincia de Chimborazo.

### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Comparar el crecimiento y productividad entre dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don localizadas en las parroquias Licán y Calpi.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos a dos profundidades de los suelos de las plantaciones en estudio.

## **1.4. Hipótesis**

### ***1.4.1. Hipótesis nula – Ho***

Las variables DAP, altura y volumen totales de madera en pie que caracterizan a las dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don no difieren significativamente del valor.

### ***1.4.2. Hipótesis alterna – H1***

Al menos una de las Variables DAP, altura o volumen totales de madera en pie que caracterizan a las dos plantaciones de *Pinus radiata* D. Don difieren significativamente del valor.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Plantación Forestal

Se refiere a la masa arbórea establecida por la actividad humana esta puede ser con una o más especies forestales. Las plantaciones forestales comerciales se obtienen de forma artificial esta puede ser mediante plantación o siembra. Por lo general los árboles pertenecen a una misma especie esta puede ser nativa o introducida, teniendo los mismos años de vida, presentando una separación homogénea, con una superficie mínima de 1 ha, pueden tener como objetivo la producción de productos madereros o no madereros (Paredes, 2012, p. 60).

Las plantaciones forestales comerciales son representadas como alternativa para mejorar la presión que existe sobre los bosques, asegurando así el abastecimiento de materias primas a la industria forestal, también genera servicios ambientales como menor erosión, captura de carbono, refugio de flora y fauna, aportando también a la economía generando empleo (Rueda et al., 2021, p. 131).

##### *2.1.1. Evaluación de plantaciones forestales*

Las evaluaciones son importantes para recabar información definiendo problemas y oportunidades mejorando resultados haciendo más eficiente la planeación y ejecución (Vega, 2013, p. 6).

#### 2.2. Dasometría

Prodan et al. (1997, p. 15) nos indica que se le conoce a la mensura forestal la ciencia encargada de la medición de los bosques y los productos del mismo; utilizando ciencias como matemática, estadística, geometría y física. Permitiendo resolver problemas de medición en cada aspecto de las ciencias forestales y está compuesta por tres ramas fundamentales.

Por otro lado Juárez (2014, p. 2) indica que la dasometría se encarga del estudio y medición de árboles y masas forestales, también del estudio de leyes métricas que rigen su crecimiento. Se lo divide en tres partes: Dendrometría, Estereometría y Epidometría.

- **Dendrometría.** Estudia la medición del árbol desde un punto de vista estático ya sea en pie o estático, incluyendo distintos componentes del árbol (diámetro, altura, corteza, copa, ramas, etc.).
- **Esteriometría.** Estudia la medición de las masas forestales desde un punto de vista estático, comparando a poblaciones que conviven en un espacio común.
- **Epidometría.** Estudia la medición de las masas forestales desde un punto de vista dinámico, su crecimiento. Incluye la definición y cálculo de conceptos de crecimiento y producción.

Las mediciones pueden llegar a ser directas o indirectas, la medición directa es una determinación; como en el caso del DAP y circunferencia a la altura del pecho (CAP), y una indirecta es cuando se encuentra fuera del alcance del hombre, como la altura y volumen del árbol en pie. También es considerada medición cuando existe contacto con el instrumento (Prodan et al., 1997, p. 16).

### ***2.2.1. Diámetro a la altura del pecho(DAP)***

Es la variable más fácil de medir y necesario para cuantificar otras variables, como el volumen, área basal, etc. El diámetro del fuste se mide a una altura referencial a 1,30 m del suelo, para luego calcular el diámetro, la cual también se mide a 1,30 m y por esto se denomina circunferencia normal. La cinta métrica se mide la circunferencia y con la forcípula se mide el diámetro. En el uso de la cinta métrica, la medición tiene que dividirse entre  $\pi$  para generar el diámetro. Existe cintas métricas con dos escalas, una para medir circunferencias y otra para medir directamente el diámetro, cuando se mide el diámetro con una forcípula, se realizan dos mediciones calculando una media (Rodríguez et al., 2020, p. 1399).

### ***2.2.2. Altura total***

Se puede definir a altura del árbol en pie (h) a la distancia entre su “cima” y la zona de la base del árbol que se encuentra en contacto con el suelo. Por cima o ápice del árbol se entiende a la parte más alta de la “copa” que sea la prolongación del eje del tronco. Todos los instrumentos de medición indirecta de la altura de un árbol en pie se basan en el lanzamiento de visuales al ápice y a la base del árbol desde una determinada distancia; por lo tanto, es necesario tener estos puntos claramente localizados (Juárez, 2014, p. 24).

En los árboles adultos y doseles relativamente cerrados, la valoración de la altura puede representar algún tipo de dificultad y se encuentra sujeta a errores de medición. Para un rodal coetáneo, con una especie creciendo bajo condiciones de sitio parecidas, existe una relación no

lineal entre la altura de los árboles y su correspondiente valor del diámetro a la altura del pecho. Estas relaciones vienen a ser afectadas por la calidad de sitio y la densidad del rodal, la curva de alturas de rodales jóvenes en sitios buenos en general tiene una pendiente más fuerte, con edades mayores y en sitios malos, la pendiente se aplana (Arias, 2012, p. 39).

### **2.2.3. Área basal**

Es un indicador de la productividad de las especies forestales. Algunos de los factores que influyen vienen a ser la densidad del rodal, edad del arbolado, calidad del sitio, altitud y exposición. La información con relación a la altitud y exposición en bosques de alta montaña es útil para comprender la variación del crecimiento arbóreo en terrenos forestales el área basal se registra en la anchura de los anillos, por lo que en especies sensibles al clima se pueden encontrar patrones explicados por los cambios en temperatura. Cuando en una serie de anillos de crecimiento anual se identifica una respuesta común de crecimiento, es posible comparar distintas condiciones ambientales para entender la variación del crecimiento arbóreo en el paisaje (Núñez et al., 2021, p. 74).

### **2.2.4. Volumen total**

Es la medida de la cantidad de madera sólida que más se utiliza. En el árbol se pueden identificar diferentes categorías de volumen. El árbol completo, considerando todos los componentes, es el volumen total; todos aquellos componentes cuyas dimensiones son aceptables para el mercado constituyen el volumen comercial.

Para conocer el volumen de un árbol con el mayor grado de exactitud se pueden seguir diferentes métodos los cuales son: por desplazamiento de agua, por peso (Relación entre volumen y peso), por cubicación (Medida de dimensiones geométricas). Los métodos de desplazamiento y por peso se usan con muchas limitaciones, aunque son más exactos que por cubicación. La cubicación permite obtener el volumen de un árbol a través de la medición de ciertas dimensiones como el DAP y altura para árboles en pie y espesor, ancho y largo en madera aserrada (Cancino, 2012, p. 50).

$$V = AB \times Ht \times FF$$

Donde:

V = Volumen del tallo de un árbol

Ht = Altura total

AB = Área Basal

FF= 0,5

### ***2.2.5. Tipos de mediciones***

- **Mediciones directas:** obtenidas en una única medición y con un instrumento de lectura directa obteniendo de una manera inmediata.
- **Mediciones indirectas:** Es obtenida a partir de los valores de otras magnitudes, relacionados entre sí mediante funciones matemáticas. Un ejemplo de mediciones indirectas es la distancia entre centros de agujeros o ejes. Otra caso de mediciones indirectas, son las mediciones por comparación, en donde las mediciones se realizan con comparadores y patrones (Godino et al., 2002, p. 623).

## **2.3. Métodos de muestreo**

### ***2.3.1. Muestreo probabilístico***

Para asegurar la validez de las inferencias es recomendable seleccionar la muestra mediante una técnica aleatoria. Se puede definir que todos los individuos de la población tienen la posibilidad de ser parte de la muestra. Los diseños que son realizados al azar producen muestras importantes la mayoría de las veces, aunque no garantizan la representatividad de la población que sometemos a estudio. Es importante seleccionarla a lo más parecida posible a la población de interés. Muestreo no probabilístico. Utiliza métodos en los que el azar no interviene y por ende, se desconoce la probabilidad de cada individuo para formar parte de la muestra. El problema que presenta este método es que no puede asegurarse la representatividad de la muestra (Canal, 2006, p. 121).

### ***2.3.2. Muestreo sistemático***

Es muy parecido al muestreo aleatorio simple. Este tipo de muestreo se divide el total de la población de estudio entre el tamaño de la muestra, obteniendo una constante. La primera unidad que formará parte de la muestra debe estar entre 1 y  $k$  y esta se la elige al azar; a partir de esta unidad se van seleccionando sistemáticamente uno de los  $k$  individuos siguiendo un orden ya definido. Ejemplo, si se obtiene un valor de  $k=10$  y seleccionamos al azar, Es un método de muestreo sencillo de realizar y que cuando la población se encuentra ordenada siguiendo una tendencia conocida, asegura una cobertura de todos los tipos. La desventaja es que si la constante se asocia al fenómeno de interés puede cometerse un sesgo (Canal, 2006, p. 132).

Castro (2017, p. 1) menciona que el muestreo sistemático es un tipo de muestreo que se aplica cuando los elementos de la población sobre la que se realiza el muestreo se encuentran ordenados.



Se toman muestras de una manera directa y ordenada a partir de una sola unidad que se selecciona en primer lugar, el resto de unidades de la muestra vienen determinadas automáticamente. La obtención de una muestra sistemática de tamaño  $n$  de una población de  $N$  elementos se consigue con el siguiente procedimiento:

- 1) Conseguir un listado que este ordenado de los  $N$  elementos de la población.
- 2) Decidir el tamaño muestral  $n$ .
- 3) Establecer el tamaño del salto sistemático  $k$  dado por  $k = N/n$ .
- 4) Escoger un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$  ( $\delta$ =arranque aleatorio). Este número obtiene la primera unidad muestral.
- 5) A partir de la posición  $\delta$ , dando un salto de  $k$  unidades, conseguiremos la segunda unidad de la muestra  $u_{\delta+k}$  y de esta forma, saltando de  $k$  en  $k$  unidades, el resto de la muestra se encontrará formada por las unidades  $u_{\delta+2k}$ ,  $u_{\delta+3k}$ , ...,  $u_{\delta+(n-1)k}$ .

## **2.4. Propiedades Físicoquímicas del suelo**

### **2.4.1. Propiedades físicas**

Son las encargadas en gran parte de un correcto desarrollo de las plantas. Pero no se las tiene en cuenta. Generalmente sólo se consideran las características químicas. En la realidad. Para que se dé un óptimo crecimiento de las plantas debe existir una correcta interacción dinámica entre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Las propiedades físicas son fundamentales en ellas encontramos el color, la textura, la estructura, la densidad, la consistencia, la temperatura, etc. (Ramírez, 1997, p. 9).

La textura es la encargada de determinar la proporción en la que se hallan las partículas minerales de diversos tamaños que se localizan en el suelo. La estructura viene a ser la conformación de las partículas del suelo se unen para formar agregados. La densidad se encarga de la distribución de la vegetación. Los suelos más densos son capaces de sustentar más cantidad de vegetación. La temperatura es esencial en la distribución de la vegetación, en especial la altitud. El color depende de componentes y cambiar con la cantidad de humedad presente en el suelo (UNLP, 2019, p. 5).

#### **2.4.1.1. Humedad**

El contenido de humedad viene a ser la relación que existe del peso del agua que se encuentra en el interior de la muestra en su forma natural y el peso de la muestra luego de haberla sido secado

en un horno, tanto el comportamiento y la resistencia que tienen los suelos dependen de la cantidad de agua que existe en el interior ya que influye directamente al cambio de volumen, para representar el contenido de humedad se representa en porcentaje que va de 0% cuando el suelo está seco a un valor máximo cercano al 100% (Cañar, 2017, p. 14).

#### 2.4.1.2. *Textura del suelo*

Todos los suelos están constituidos por fracciones y partículas minerales con distintos tamaños, las más gruesas se las conoce como arenas, las medianas son limos y las más pequeñas son las arcillas. El tamaño de las partículas se clasifica de acuerdo con la siguiente escala:

Hasta 2 micrones..... Arcilla  
de 2 a 20 micrones.....Limo  
de 20 a 200 micrones.....Arena fina  
de 200 a 2000 micrones.....Arena gruesa  
más de 2000 micrones..... Gravillas y gravas  
1 micrón = milésima parte de un milímetro

Las únicas que se pueden identificar a la vista son las arenas que miden entre 2 milímetros y 1 centésimo de milímetro (2 mm y 0,02 mm), como por ejemplo arenas de ríos. Los limos y arcillas se pueden ver con lentes de aumento o con microscopios (Blanquer et al., 2017, p. 1).

#### 2.4.1.3. *Estructura*

La estructura se refiere a la agregación del suelo, en la cual se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla formando una apariencia de partículas mayores, las cuales se las conoce como agregados. Esta agregación ocurre en diferentes formas, dando como resultado variadas estructuras de suelo (Álvarez, 2017, párr. 2).

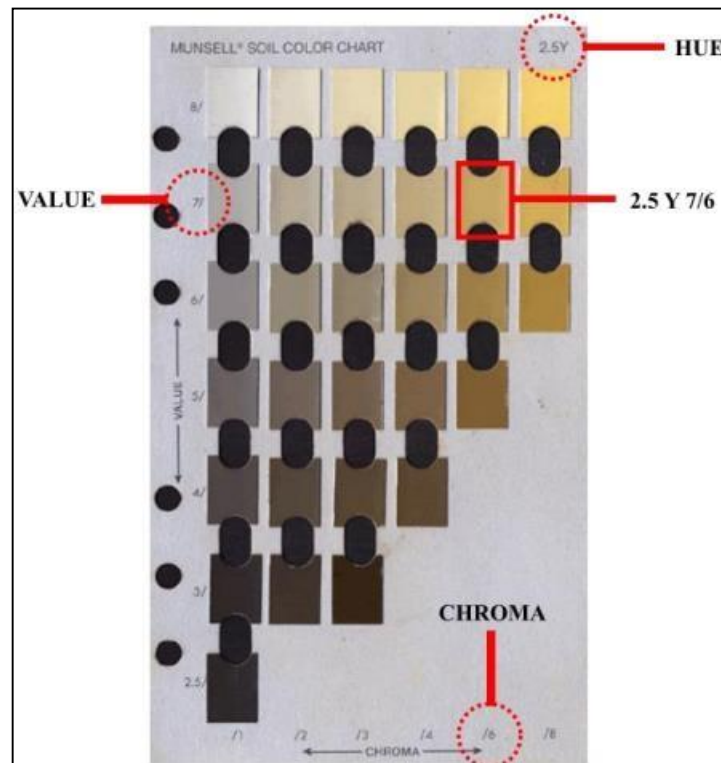
#### 2.4.1.4. *Porosidad*

Los poros del suelo son espacios que tienen agua, gases y la actividad biológica del suelo. La manera correcta de referenciar es porosidad del horizonte, ya que al igual que la estructura, cambia de una capa a otra. Estos cambios por lo general se la por la mano del hombre (cultivos, laboreo, ganado, maquinaria entre otras). Existe una importante relación entre porosidad y textura, ésta es

más estrecha con respecto a la estructura, ya que de la forma en que se encuentran las partículas del suelo determina la cantidad y naturaleza de los poros (UNLP, 2019, p. 2).

#### 2.4.1.5. Color

El color del suelo refleja procesos edafogénicos, como son la melanización o la rubefacción, y además propiedades como la composición mineral del suelo, la cual se encuentra muy relacionada con el material parental. El color se puede obtener de una muestra en húmedo para cada horizonte, haciendo uso de la tabla de colores Munsell. Los colores son designados de acuerdo con el matiz (hue), la luminosidad (value) y el croma (chroma). Se recomienda hacer la descripción del color del suelo bajo condiciones similares de cada muestra con la incidencia directa de los rayos del sol (Vargas et al., 2020, p. 14).



**Ilustración 1-2:** Partes de una carta de colores Munsell

**Fuente:** Vargas et al., 2020, p. 14.

#### 2.4.1.6. Consistencia

Describe al suelo a la resistencia de fuerzas externas tendientes a deformarlos (arado, pisoteo animal, etc.); incluye la resistencia a la compresión, friabilidad, plasticidad y propiedades que se comportan en forma distinta según varíen la cohesión y la adhesión, además la consistencia estudia las variaciones de respuesta que ofrece el suelo a una fuerza externa, a medida que va

cambiando el contenido de humedad del mismo. Si se ejerce una fuerza sobre muestra de suelo seco, resiste la deformación y está lo suficientemente firme como para resistir grandes esfuerzos. Cuando el suelo está seco, la resistencia se da por la atracción molecular entre las partículas sólidas (Cañar, 2017, p. 2).

#### 2.4.1.7. *Densidad aparente*

La densidad aparente es muy influenciada por la textura y el contenido de humedad, se utiliza para analizar la compactación de los suelos, es un fundamental indicador en la resistencia de los suelos para el crecimiento de las raíces, en suelos que su textura es muy fina los valores adecuado de densidad aparente varían de 0,9 a 1,2 g.cm<sup>3</sup>, ya que valores encima de 1,2 restringen el desarrollo de las mismas y reducen la aireación del suelo (Cañar, 2017, p. 18).

$$D_a(\text{g cm}^{-3}) = \frac{\text{peso del solido de la muestra o peso seco}}{\text{volumen de los sólidos} + \text{Volumen de los poros}}$$

#### 2.4.1.8. *Densidad real*

Es una de las propiedades más estables del suelo y normalmente no se ve afectada por los tratamientos que se aplican en el mismo, la materia orgánica podría disminuir la densidad real pero esta reducción no sería significativa, se la puede definir como la masa de sólidos por unidad de volumen donde Ms es la masa de sólidos y Vs es el volumen de sólidos de un suelo. Para determinar la densidad real se utiliza el picnómetro y líquidos no polares, como por ejemplo el tolueno, o polares, como el agua (Cañar, 2017, p. 3).

$$D_r(\text{g cm}^{-3}) = \frac{\text{peso de los solidos de la muestra o peso seco}}{\text{volumen de los sólidos de la muestra}}$$

#### 2.4.1.9. *Estabilidad estructural*

La estabilidad estructural viene a ser la resistencia que tienen los agregados del suelo a desintegrarse o romperse por la acción del agua y la manipulación mecánica, teniendo en claro que la materia orgánica favorece la formación de agregados esferoidales, relativamente grandes y que estos son objetos de este estudio (Peña, 2015, p. 11).

#### *2.4.2. Las propiedades químicas*

Son relacionadas directamente con la calidad, disponibilidad de agua, nutrimentos para las plantas, entre ellas, es importante mencionar que el pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K extractables; de igual manera, las características físicas reflejan la forma como el suelo almacena y provee agua a las plantas y accede el desarrollo radical, entre ellas se encuentran propiedades tales como: densidad aparente, estructura, estabilidad de agregados, infiltración, y capacidad de almacenamiento (Calderón et al., 2018, p. 143).

##### *2.4.2.1. Capacidad de intercambio catiónico*

Es la capacidad que tiene el suelo de intercambiar arcilla y humus, permitiendo la entrega de nutrientes a las plantas por medio de la captura de partículas minerales. Fertilidad: Es el número de nutrientes que se encuentran disponibles para las plantas (UNLP, 2019, p. 6).

##### *2.4.2.2. pH*

El pH también se lo puede encontrar en el suelo además de en los líquidos ya que también posee un nivel de acidez, y dependiendo a esto se encuentran los micronutrientes o macronutrientes, los cuales son importantes para el desarrollo de las plantas. Dado que hay una gran variedad de suelo en el mundo cada uno de ellos se diferencian por sus propias características en cuanto a los nutrientes que posean, lo que formara las condiciones necesarias para el desarrollo de las especies.

Al pH del suelo, también es conocida como acidez del suelo, se puede expresar calcular usando la escala se lo puede expresar en una escala que va desde 0 hasta 14. Los suelos con pH mayor a 7 son básicos o dulces, los suelos con pH menor a 7 son ácidos o amargos, el suelo con pH de valor 7 es neutro. Los suelos sometidos a actividades humanas son expuestos a alteraciones en su pH mediante la aplicación de químicos o herbicidas con el fin de una mejor calidad (Rivera et al., 2018, p. 101).

##### *2.4.2.3. Nitrógeno*

Es el nitrógeno importante en las plantas ya que participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, como son clorofila, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleótidos. El nitrógeno se puede decir que es muy móvil dentro de la planta (Freire, 2012, p. 27).

#### 2.4.2.4. *Fósforo*

El fósforo forma parte de cada una de las células vivas existentes en la planta con la particularidad de que se presentan en la semilla en cantidades mayores que en el resto de las partes de la planta las fuentes naturales que proporcionan el fósforo al suelo minerales que proceden la roca madre, como son compuestos de calcio, magnesio, hierro, aluminio, con fósforo. Por regla general suele faltar en el suelo la reserva de fosforo asimilable que requiere un cultivo agrícola siendo con frecuencia el primer elemento que limita el desarrollo cuando un terreno es dedicado por primera vez al cultivo (Freire, 2012, p. 28).

#### 2.4.2.5. *Potasio*

El potasio por regla general es muy pequeño la cantidad que pueden ser asimiladas inmediatamente por el cultivo. Igualmente el lento movimiento del potasio en los suelos, siendo muy reducida las pérdidas experimentadas por efecto del lixiviado (Freire, 2012, p. 29).

#### 2.4.2.6. *Calcio*

Es un nutriente esencial de la planta que es captada por la misma, pero tiene una considerable importancia de la acción del calcio sobre el propio suelo, que se halla asociado con la práctica del encalado, la cual es en esencia la incorporación de forma especial del calcio al terreno. Manifiesta que es un elemento de particular importancia para el desarrollo de la planta, que desempeña una doble función (Freire, 2012, p. 30).

#### 2.4.2.7. *Magnesio*

En las plantaciones lo que suele ocurrir por la deficiencia de este nutriente es decoloración foliar y moteado de los peciolos, una clorosis o amarillamiento de los semi-limbos de las hojas viejas, luego con el tiempo estos puntos toman tonalidades oscuras hasta volverse necróticos (Castillo, 2019, p. 12).

#### 2.4.2.8. *Zinc*

Esencial en la formación de la clorofila, es el componente de enzima de crecimiento, asociado a Fe, Cu, Mn y a la absorción de agua. Su falta provoca racimos pequeños y deformes al igual que la reducción del fruto (Castillo, 2019, p. 13).

#### 2.4.2.9. *Manganeso*

Por lo general se encuentran en las hojas jóvenes a manera de una necrosis marginal rodeada por un halo clorótico estriado, el cual avanza en forma irregular hacia la nervadura central, la lámina foliar tiende a curvarse y las venas a engrosarse (Castillo, 2019, p. 13).

#### 2.4.2.10. *Hierro*

Se expresa en las hojas más jóvenes, a manera de una clorosis intervenal que se inicia en la parte basal y del margen hacia el interior provocando una coloración blanquecina. Catalizador en la formación de la clorofila, actúa en los mecanismos enzimáticos de los procesos de respiración (Castillo, 2019, p. 13).

#### 2.4.2.11. *Compactación del suelo*

En el momento que se da la compactación lo que ocurre es que se da una reducción del espacio poroso, esto afecta por lo común a los macroporos, que son los encargados de la infiltración de agua y la aireación del suelo. La compactación del suelo tiene un problema muy común que ocurre a medida que se prima el rendimiento operacional de las máquinas e implementos, y el manejo adecuado del suelo es renegado a un segundo plano. Esto se ha vuelto un problema muy grave a la calidad del suelo y a la construcción de una agricultura sostenible ya que modifica el flujo de agua y aire en el suelo, reduce absorción de nutrientes y la productividad (Rasche et al., 2020, p. 14).

Dentro de los efectos que tiene la compactación del suelo se encuentra la aireación que es una de las consecuencias de la compactación es el decrecimiento del espacio poroso, esto afecta directamente el intercambio gaseoso de  $O_2$  y  $CO_2$ . Otro efecto es el movimiento del agua que depende en gran medida de la cantidad de macroporos que existe en el suelo, la compactación del suelo disminuye la infiltración, de una forma que si el poro reduce 10 veces su tamaño, la cantidad de agua que fluye a través del mismo en un tiempo dado será 10,000 veces menos que antes.

Crecimiento de las raíces se conoce que las raíces cumplen un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes, la capacidad de penetración y exploración de la raíz se ve muy afectada por la compactación del suelo, esto se da por el aumento de la resistencia del suelo y la disminución del número de macroporos, una disminución de los poros que se puede ser de 0,2 a 0,3 mm de diámetro dificulta la penetración de las raíces. En la germinación la emergencia y sobrevivencia

de plántulas en ocasiones es afectada negativamente con la compactación del suelo, al no contar con las condiciones apropiadas para su correcto desarrollo (Fertilab, 2019, p. 2).

## 2.5. Características de la especie *Pinus radiata* D. Don

### 2.5.1. *Perspectiva histórica P. radiata*

Es una de las coníferas más conocidas de América del Norte, la madera de coníferas exótica más plantada en el mundo. Su nombre específico, *radiata*, viene de sus escamas de cono radiante. El nombre más común utilizado para la especie y la madera es pino radiata en español, pero también se lo conoce como Pino insigne o Pino de Monterrey en algunas áreas de habla hispana. El *P. radiata* fue descrito por David Don, profesor de Botánica en Kings College, Londres, a la Linnean Society el 2 de junio de 1835 (Soto, 2019, pp. 22-23).

### 2.5.2. *Distribución geográfica*

De forma natural podemos descubrir en las costas de California (Estados Unidos) y en las islas Guadalupe y Cambria (México). Como plantaciones la encontrar en Chile, Argentina, Uruguay, Ecuador y Nueva Zelanda. También se las puede encontrar en países como Australia y Sudáfrica (Condor y Pardo, 2021, p. 9).

### 2.5.3. *Taxonomía y descripción morfológica de la especie*

**Tabla 1-2:** Taxonomía de la especie *Pinus radiata*

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Filo</b>	Tracheophyta
<b>Clase</b>	Pinopsida
<b>Orden</b>	Pinales
<b>Familia</b>	Pinaceae
<b>Género</b>	<i>Pinus</i>
<b>Especie</b>	<i>Pinus radiata</i> D. Don

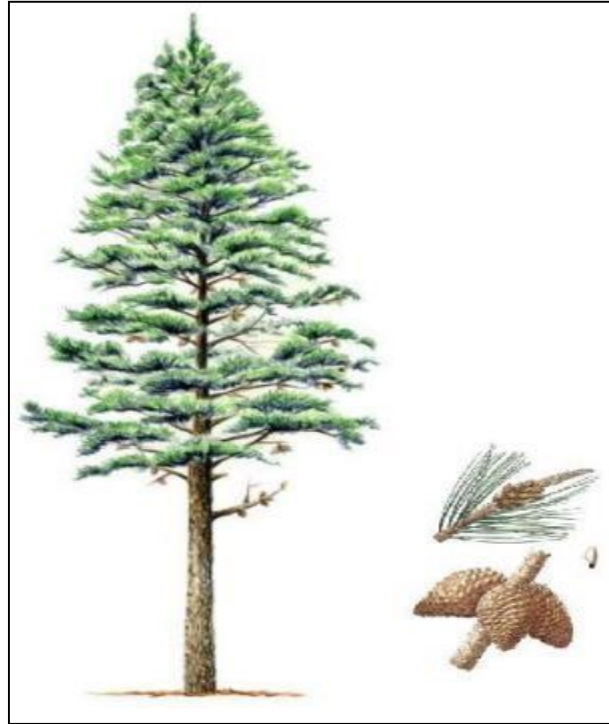
**Fuente:** Soto, 2019, p. 23.

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

Es conocida comúnmente como: pino insigne, pino de monterrey y pino de california, sus alturas pueden variar entre 20 a 30 m, sus acículas envainadas van de 3 en 3 de 10 a 15 cm, color verde vivo y brillante, copa densa y piñas perennes. Para la descripción macroscópica y microscópica: Albura color crema amarillenta y duramen marrón muy pálido, grano recto, brillo medio, textura fina, vetado líneas longitudinales, arcos superpuestos, olor muy característico. Anillos de



crecimiento con distribución irregular. Traqueidas de forma cuadrada o hexagonal de 4 a 5 lados, parénquima longitudinal escaso, conductos gomíferos longitudinales. Radios heterogéneos, de 3 a 12 células longitudinales y de 1 a 2 células transversales (Condor y Pardo, 2021, p.9).



**Ilustración 2-2:** Individuo adulto de *P. radiata*, hojas, flor y frutos

**Fuente:** Soto, 2019, p. 25.

#### ***2.5.4. Requisitos del sitio***

Es una especie con una gran adaptabilidad en sus principales países de adopción. A menudo se planta en una gran diversidad de sitios con aparentemente poco respeto por su nicho ecológico. Sin embargo, existen sitios donde hay lugares donde no se debe plantar y por ende otros sitios donde es ideal. Los factores abióticos que afectan el crecimiento de los árboles son el clima, la topografía y el suelo (Soto, 2019, p. 26).

#### ***2.5.5. Usos***

Se utiliza principalmente para la producción de madera, pulpa y celulosa, a nivel mundial es utilizado para aserrío, portería, cajas y en la construcción (Burgos, 2019, p. 9).

### **2.5.6. Silvicultura**

Se le reconoce como una planta heliófila, ya que requiere de una abundante luz solar, necesita además que el suelos sea franco-arenosos, bien drenados, con pH neutro a ligeramente ácido, con profundidades al menos de 25 cm para establecerse, y superiores a 1 m para alcanzar su altura normal, es una especie que exige Fósforo, Boro y Zinc, entre sus condiciones climáticas óptimas esta una temperatura que vaya de 11 a 17 °C, precipitación: 800 a 1300 mm y un rango altitudinal: 1800 a 3500 msnm (Asencio, 214, p. 27).

En suelos que presentan una textura franco-arenosa a franco limosa de una profundidad de 1,0 – 1,3 m o más son condiciones óptimas para su desarrollo. Se restringe en suelos con menos de 60 – 70 cm de profundidad sea por causa de material compacto subyacente. También el pino tendrá un mal crecimiento en suelos muy pedregosos, o de mal drenaje, o muy arcillosos sin una adecuada aeración. Más de 50% de arcilla en el suelo superior, con más de 70% en horizontes inferiores, o aún porcentajes menores de esta fracción, aquellos suelos que son pantanosos o continuamente inundables no son sitios apropiados para esta especie (Burgos, 2019, pp. 10-11).

### **2.5.7. Tolerancia a la temperatura**

La especie de *P. radiata* tiene una tolerancia a heladas leves durante el periodo reposo y no puede crecer en regiones con periodos secos marcadamente cálidos, ocupa preferentemente suelos que sean bien drenados y profundos, en suelos con suficiente contenido de cal la descomposición de la hojarasca ocurre sin dificultades (Asencio, 2014, p. 27).

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación tiene enfoque cuantitativo para determinar las variables dasométricas y características edáficas de las plantaciones en estudio para su comparación y así conocer el crecimiento de *Pinus radiata*, pertenecientes a las Parroquias Licán y Calpi, Provincia de Chimborazo, Ecuador.

#### 3.2. Localización del estudio

##### 3.2.1. Localización de las plantaciones evaluadas

La presente investigación se realizó en dos parroquias , Licán(A) en la comunidad Cunduana, ubicado a 15 minutos del centro de Riobamba y Calpi (B) en la comunidad San José de Gaushi, a 20 y 25 minutos del centro de la ciudad, las mismas que pertenecen al Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

##### 3.2.2. Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica de las plantaciones en estudio corresponde a las coordenadas descritas en la (Tabla 1-3).

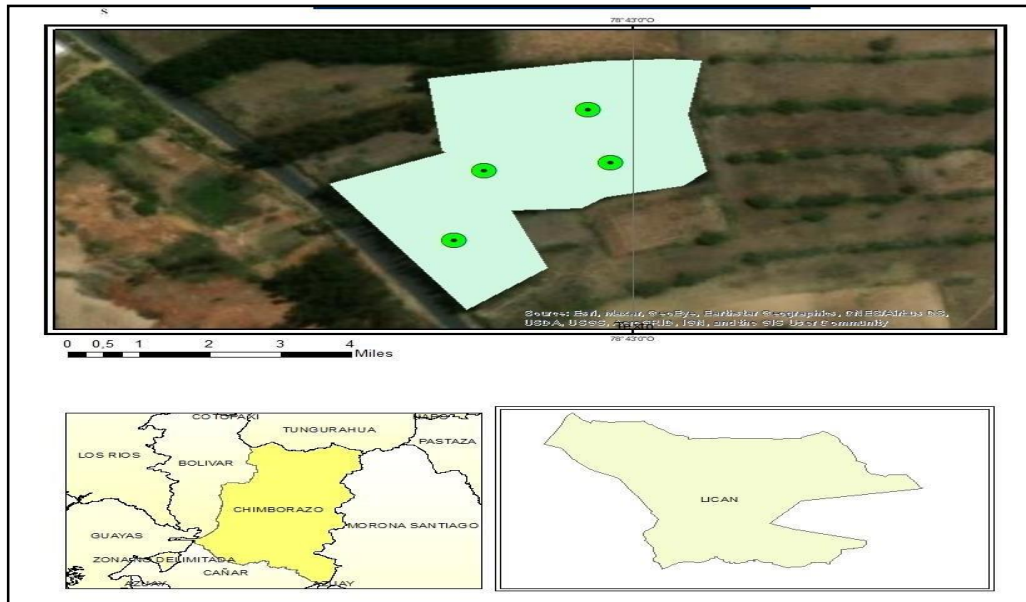
**Tabla 1-3:** Ubicación geográfica de las plantaciones de estudio

Plantaciones	Coordenadas		Altura (msnm)
	X	Y	
<b>A</b>	754060	9889317	3019
<b>B</b>	751694	9821507	3250

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

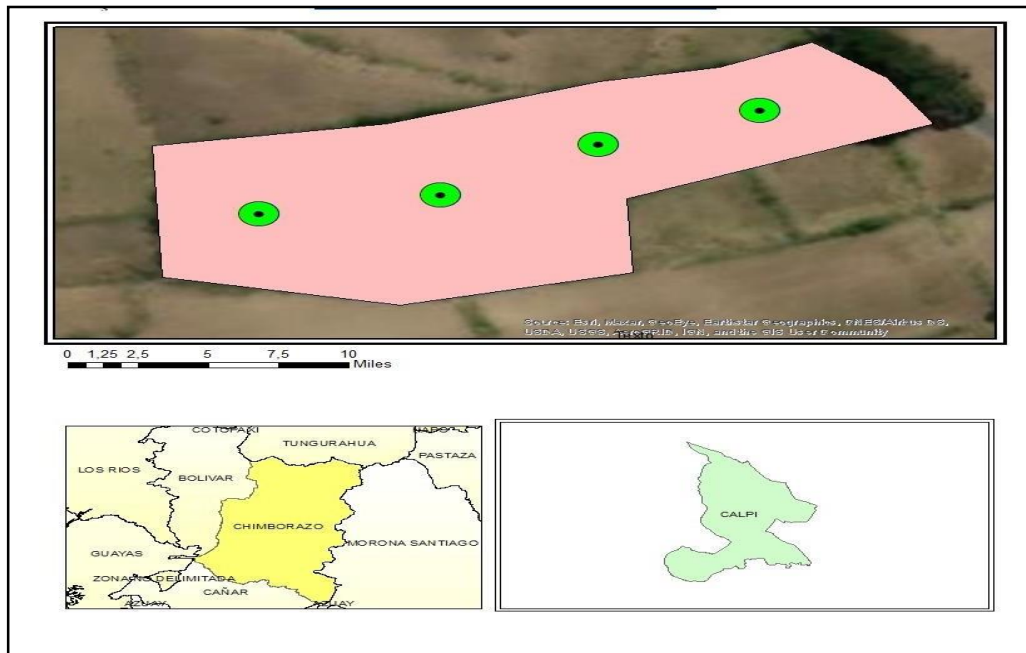
### 3.2.3. Localización del sitio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos plantaciones de *Pinus radiata* ubicadas en Licán plantación A (Ilustración 1-3) y Calpi plantación B (Ilustración 2-3), Provincia de Chimborazo, Ecuador. Para el levantamiento planimétrico se realizó con la ayuda de un GPS.



**Ilustración 1-3:** Mapa de la plantación A(Licán)

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.



**Ilustración 2-3:** Mapa de la plantación B (Calpi)

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

### 3.2.4. Características climáticas

Las variables climáticas corresponden a las descritas en la (Tabla 2-3).

**Tabla 2-3:** Características climáticas de las plantaciones de estudio

<b>Plantaciones</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Precipitación mm</b>	<b>Humedad relativa %</b>
<b>A</b>	12	400	74
<b>B</b>	12	500	74

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

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

### 3.3. Alcance

El presente estudio de investigación es de nivel descriptivo que caracteriza las variables tanto dasométricas y edáficas tomando en cuenta el crecimiento de los árboles y características edáficas del suelo con el objetivo de demostrar cual es la plantación que mejor crecimiento presenta por medio de un muestreo sistemático para las plantaciones A 4 parcelas 250 individuos, plantación B 4 parcelas 248 individuos, para los datos del suelo se realizó 2 calicatas tomando 2 profundidades.

### 3.4. Diseño de investigación

#### 3.4.1. Sistema de muestreo

El inventario forestal se llevó a cabo con el diseño de muestreo sistemático no alineado, con instalación de 4 parcelas circulares, en las dos plantaciones que se encuentran en Licán y Calpi (Tabla 3-3).

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

<b>Plantaciones</b>	<b>Nº Parcelas</b>	<b>Nº Árboles</b>
<b>A</b>	1	71
	2	72
	3	69
	4	50
<b>B</b>	1	59
	2	59
	3	61
	4	69

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

### **3.4.2. Fase de campo**

Se eligieron 4 puntos de muestreo distribuidos en las dos plantaciones, 2 en cada plantación, las calicatas a dos profundidades de 0-30 cm y 30-100 cm se evaluó sus propiedades físicas y químicas (Tabla 4-3).

**Tabla 4-3:** Propiedades físicas y químicas evaluadas del suelo

<b>Propiedades Químicas</b>	<b>Propiedades Físicas</b>
Humedad	pH
Estructura	CE
Color	CIC
Consistencia	N, P, K, Ca, Mg, Na
Densidad Aparente	Fe, Zn, Mn
Densidad Real	
Porosidad	
Estabilidad Estructural	
Clase textural	

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

### **3.5. Tipo de estudio**

La investigación es de tipo campo y laboratorio, se realizó un muestro sistemático no alineado para los datos dasométricos se colocó 4 parcelas circulares ubicadas en: Licán (A) en la

comunidad Cunduana, y Calpi (B) en la comunidad San José de Gaushi y la parte edáfica se realizó en el laboratorio de la Facultad de recursos naturales de la ESPOCH.

### **3.6. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra**

Las poblaciones de estudio fueron dos plantaciones de *Pinus radiata* plantación A 0,86 hectáreas, plantación B 0,71 hectáreas mediante la instalación de 4 parcelas circulares con un radio inicial de 11,28 m para cada plantación, Para la toma de muestras de suelo, se realizaron 4 calicatas 2 para cada plantación, se recolecto dos muestras y un kilogramo a cada profundidad de 0-30 cm y a la profundidad de 30-100 cm.

### **3.7. Materiales y Equipos**

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

Libreta de apuntes, lápiz, cinta métrica, pico, pala, barra , cinta diamétrica, forcípula, piola, pintura, brocha, flexómetro, clinómetro (SUUNTO), distanciómetro, GPS, cámara fotográfica, fundas plásticas.

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

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

#### ***3.7.3. Materiales y equipos de laboratorio***

Muestras de suelo ,vasos, agua destilada, ligas, gasas, mufla, balanza digital en gramos, piseta, cilindros, papel periódico,

#### ***3.7.4. Reactivos***

Bicarbonato de sodio, EDTA, Superfloc, Fenol , Hidróxido de sodio en lentejuelas, Clorox, Tartrato de potasio y antimonio, Ácido sulfúrico concentrado (ml), Molibdato de amonio, Goma arábica, Ácido ascórbico, Óxido de Lantano polvo, ácido Clorhídrico fumante, Acetato de sodio, Hexametafosfato de Sodio, Carbonato de sodio.

### **3.8. 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:

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

Se realizó el recorrido y reconocimiento de las dos plantaciones con la compañía del tutor, las plantaciones se encuentran en la parroquia Licán y Calpi, mientras se realizó el reconocimiento se observó el estado en el que se encontraba cada plantación, el acceso disponible, la distancia y el tipo de terreno con la información adquirida, se estableció las actividades para la ejecución del levantamiento de información de las dos plantaciones (ANEXO B).

#### ***3.8.2. Levantamiento planimétrico***

Para el levantamiento planimétrico las coordenadas se tomaron con un GPS, con las cuales mediante el programa ArcGIS 10.4.1 se utilizó para definir la intensidad de muestreo, número de parcelas y calicatas en el área de estudio.

#### ***3.8.3. Sistema de muestreo e instalación de las parcelas***

El inventario forestal se llevó a cabo con el diseño de muestreo sistemático no alineado, en las dos plantaciones que se encuentran en Licán y Calpi. Para la plantación de Licán se instauró 4 parcelas circulares, luego cada 36 m; desde la N°1 se midió los 36 m y se procedió a instalar la siguiente parcela en este caso la parcela N° 2 el mismo proceso hasta la parcela N° 4, abarcando un área de 400 m<sup>2</sup>, cuyo radio fue de 11,28 m para cada parcela. Para la plantación de Calpi de igual manera se instauró 4 parcelas circulares, desde la N°1 se midió los 36 m y se procedió a instalar la siguiente parcela en este caso la parcela N°2 el mismo proceso hasta la parcela N°4, abarcando un área de 400 m<sup>2</sup>, cuyo radio fue de 11,28 m.



### 3.8.4. Levantamiento de las variables dasométricas de las plantaciones valoradas

#### 3.8.4.1. Variables cuantitativas

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

#### 3.8.4.2. DAP, altura total y altura comercial

El DAP se midió desde la base del árbol a 1,30 m de altura, utilizando la cinta diamétrica se tomó la circunferencia del fuste de aquellos árboles registrados dentro del radio de la parcela, estos datos se registraron en cm. La estimación de la altura total se realizó ubicándose a una distancia horizontal del árbol, con la ayuda del distanciómetro digital se enfocó el centro del mismo para conocer a cuantos metros de distancia nos encontramos, con el clinómetro SUUNTO se observó el ápice y la base del árbol, posteriormente se procedió a realizar los cálculos para la altura comercial se llevó a cabo el mismo procedimiento, se visualizó hasta donde el fuste tenga un diámetro de 10 a 12 cm, es decir, que sea aprovechable.

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

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)

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

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)

#### 3.8.4.3. *DC, forma del fuste*

Para el diámetro de copa N-S y E-O se realizó con la ayuda de otra persona para fijar un punto correcto colocándose a una distancia de la rama más sobresaliente del árbol en dos direcciones como el largo de copa se realizó con la ayuda del clinómetro y el distanciómetro.

$$AC = \frac{\pi}{4}(DC)^2$$

Donde:

AC= área de copa

DC= diámetro de copa en m<sup>2</sup>

#### 3.8.4.4. *Área basal*

Para obtener el valor de área basal se ocupó la siguiente fórmula:

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

Donde:

**AB:** Área basal, (m<sup>2</sup>)

**$\pi$ :** 3,1416

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

#### 3.8.4.5. *Volumen total*

Para obtener el volumen total se ocupó la siguiente fórmula:

$$Vt = AB*Ht*ff$$

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) (Diaz, 2018, p.27)

#### 3.8.4.6. *Volumen comercial*

Para obtener el volumen total se ocupó la siguiente fórmula:

$$V_c = AB * H_c * ff$$

Donde:

**V<sub>c</sub>**: Volumen comercial de madera, (m<sup>3</sup>)

**AB**: Área basal, (m<sup>2</sup>)

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

**ff**: Factor de forma de *Pinus radiata* (0,5)

#### 3.8.4.7. *Cálculo de la productividad*

Para el volumen comercial por hectárea, primero se obtuvo el promedio del volumen comercial de las dos plantaciones luego se obtuvo el número de árboles por hectárea, se procedió a multiplicar obteniendo la productividad por hectárea:

$$V_c/ha = V_c * N^{\circ} \text{ Árboles/ha}$$

#### 3.8.4.8. *Cálculo de la edad de las plantaciones*

Con la ayuda del tornillo Pressler se procedió a sacar las muestras de cada plantación tomando tres de cada una de cada árbol se obtuvo 4 radios, luego en el laboratorio se lijo las muestras hasta poder observar los anillos, una vez visibles se identificó el principio y el final de la muestra contando los anillos de cada muestra de los 4 anillos, sacando un promedio de cada muestra para la obtención de la edad (ANEXO G).

#### 3.8.4.9. *Incremento medio anual volumen , altura y diámetro*

Para el incremento medio anual se utilizó el valor promedio del volumen total, altura y diámetro y los mismos se procedió a dividir por los años de cada plantación.

Para la ejecución del objetivo específico 2 se evaluó los parámetros fisicoquímicos a dos profundidades de los suelos de las plantaciones en estudio, para ello se ejecutarán las siguientes actividades.

### ***3.8.5. Fase de campo evaluación edáfica***

Se seleccionaron 4 puntos de muestreo distribuidos en las dos plantaciones para la realización de las calicatas. Se realizaron dos calicatas por plantación, y en cada calicata se tomó dos muestras a una profundidad de 30 cm y 2 muestras a una profundidad de 100 cm en capsulas, además también se recogió un kilogramo de tierra tanto a los 0,3 cm y 100 cm, se almacenaron en bolsas y fueron transportadas en neveras, para ser procesadas en el laboratorio luego de su recolección recolectado por Anthony Garcés, recolectado en Licán y Calpi.

### ***3.8.6. Parámetros físicos***

#### ***3.8.6.1. Humedad***

Se tomaron las cápsulas de porcelana extraídas de la plantación en total 16, las cuales fueron etiquetadas y pesadas una vez pesadas se sometieron a secado. Transcurrido el tiempo se sacaron las capsulas para ser pesadas nuevamente. Posteriormente se procedió a medir cada capsula tanto el diámetro y la altura de cada capsula para realizar los cálculos respectivos. El peso se expresó en g.

#### ***3.8.6.2. Color***

Se utilizó el método de Munsell, el cual consistió en una comparación del suelo con los colores establecidos en el libro de color del suelo. Se procedió a colocar una muestra de suelo seco sobre una cuchara, luego comparar y encontrar colores similares y determinar el color del suelo utilizando el libro de Munsell una vez encontrado se procede anotar el matiz, croma y valor de las 8 muestras que se llevó del campo.

#### ***3.8.6.3. Estructura***

Para la estructura se lo identifico mediante el tacto, definiéndolo la forma en que se agrupan cada partícula, también se realizó con el tacto de los agregados presentes en las muestras comparando si hay presencia de finos, mediano y grueso.

#### 3.8.6.4. *Consistencia*

Se lo realizó en húmedo, seco y mojado, mediante el tacto, para la consistencia en húmedo se procedió a colocar la muestra en la palma de la mano y humedecer con la ayuda de una piseta posteriormente se observó las muestras analizadas, en seco se colocó en la palma de la mano y se observó si se adhería o si permanencia suelto, en mojado lo que se procedió analizar es la adherencia y plasticidad para esto se procedió a mojar una cantidad de la muestra estas para medir la adherencia se colocó en las yemas de los dedos y para medir la plasticidad se procedió a formar un cordón en la palma de las manos.

#### 3.8.6.5. *Densidad aparente*

Se realizó mediante el método del cilindro metálico. Que es el peso del cilindro entero sobre el volumen del contenedor.

#### 3.8.6.6. *Densidad real*

Para la determinación de la densidad real se procedió primero a pesar el balón y aforar con agua hasta la marca establecida pesando nuevamente, posteriormente se vació el balón hasta la mitad y pesamos el suelo 5g, pasar la tierra al embudo y aforar nuevamente con agua destilada hasta la marca obteniendo otro peso, esto procedimiento se dio con todas las muestras.

#### 3.8.6.7. *Porosidad*

La porosidad del suelo se determinó de una manera directa a partir del valor de la densidad aparente

#### 3.8.6.8. *Clase textural*

Se tamizó las 8 muestras y etiqueto los frascos, se pesó 100 g de tierra en la balanza encerrada en los frascos se colocó 10 mm de la solución y posteriormente 20 mm se revolvió todo durante 10 minutos, la tierra mezclada se la colocó en una probeta con la ayuda de la pipeta, luego se sacó toda la tierra del frasco, llenar la probeta hasta los 900 mm de 1000 mm, se colocó el hidrómetro hasta llegar a 1000 mm sacar el hidrómetro y con la ayuda de la varilla se mezcló durante 1 minuto, se colocó nuevamente el hidrómetro durante 40 segundos tomando la primera lectura,

luego de dos horas se tomó la segunda lectura. El método utilizado fue de Bouyoucos con el cual se determinó el porcentaje de arena, arcilla y limo con las siguientes fórmulas.

$$\%a = 100 - \frac{IC40}{pm} * 100$$

$$\%A = \frac{IC120min}{pm} * 100$$

$$\%L=100-\%a-\%A$$

Donde:

a:arena

A:arcilla

L:limo

IC: Lectura corregida

#### *3.8.6.9. Estabilidad estructural*

Se procedió a colocar en los vasos: gasas y se ajustó con ligas, posteriormente se colocó agua destilada en cada vaso. luego de cada muestra recolectada se colocó agregados en cada vaso y durante 5 minutos se observó si se dispersa el agregado.

#### *3.8.7. Parámetros Químicos*

##### *3.8.7.1. Materia orgánica*

Se pesó la cápsula, posteriormente se encero la balanza y colocamos 5g de suelo, se procedió a dejar en la estufa y pesar, luego a colocar en la mufla y nuevamente pesar.

##### *3.8.7.2. pH*

El pH o acidez activa, se pesó 20g de la muestra en seco, se colocó en el recipiente etiquetado 40 ml de agua destilada al vaso de precipitación, se mezcló durante 10 minutos y se procedió a medir el pH, utilizando un peachímetro, después de cada ensayo se enjaguó el electrodo.

#### 3.8.7.3. *Conductividad eléctrica*

Se colocó  $\frac{3}{4}$  partes de muestra alrededor de 80g, se procedió a poner agua hasta obtener una consistencia de colada, en el conductímetro se introdujo el electrodo y se anotó los resultados.

#### 3.8.7.4. *Elementos Químicos*

Para el análisis de los elementos químicos primero se colocó 0,20 g de suelo tamizado, para el caso de  $\text{NH}_4$  (Amonio) y P (Fósforo) se coló esta mezcla en unos pequeños frascos que contaba con tapa esto para ser agitados durante 30 minutos en el agitador, luego se colocó el extracto en otros frascos de plásticos que se seleccionaron, se colocó papel filtro y con un embudo, los datos se registraron con la unidad de mg/L; conocido como método de colorimetría.

Para la preparación de las muestras que se identificó: Ca (calcio), Mg (Magnesio) Mn (manganeso), Na (Sodio) K (potasio) Zn (Zinc) Fe (hierro) se utilizó la Extracción de Olsen, para la cual se preparó una mezcla de 0,20 g de suelo con agua destilada, luego se colocó en el agitador por una media hora para filtrar sus extractos y a su vez pasarlos a vasos pequeños con los reactivos que se pusieron con mucho cuidado con una pipeta, luego fueron evaluados con el espectrofotómetro de absorción atómica .

### **3.9. Análisis estadístico**

Se procedió a realizar el cálculo de los estimadores estadísticos: media, desviación estándar, coeficiente de variación, límite superior e inferior y el error relativo en Excel, este proceso se realizó para las variables dasométricas y edáficas, también se realizó la prueba de normalidad, una vez comprobada que los datos de aquellas variables no presentaron una distribución normal se aplicó el estadígrafo U de Mann-Whitney, para realizar la estadística de contraste (ANEXO H).

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Procesamiento análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Crecimiento y productividad de *Pinus radiata* D. Don

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

La Tabla 1-4 la plantación A (Licán), tiene un promedio de 63 árboles para cada parcela, con un número de árboles por hectárea de 1563, en comparación con la plantación B (Calpi) (Tabla 2-4), hay un promedio de 62 árboles para cada parcela y 1550 árboles por hectárea.

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

Variables		X	S	Cv %	Límite superior	Límite inferior	Error relativo %
N° Parcelas	4						
Área neta de la plantación	0,86						
N° Árboles/Parcela		63					
N° Árboles/ha		1563					
DAP (cm)		16,02	3,01	18,79	16,40	15,65	2,34
Hc (m)		10,02	3,71	37,01	10,48	9,56	4,61
Ht (m)		15,71	2,51	15,97	16,02	15,40	1,99
AB (m <sup>2</sup> )		0,02	0,01	36,44	0,02	0,02	3,00
Vc (m <sup>3</sup> )		0,11	0,06	58,21	0,12	0,10	4,54
Vt (m <sup>3</sup> )		0,17	0,07	44,05	0,18	0,16	7,25
Vc/ha (m <sup>3</sup> )		171,88					
Vt/ha (m <sup>3</sup> )		265,63					
AB/ha(m <sup>3</sup> )		31,25					
Ht/edad		1,05					
(Vt/ha)/edad		17,71					
DAP/edad		1,07					
Vc/Área neta de la plantación		147,81					
Vt/Área neta de la plantación		228,44					

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.



**Tabla 2-4:** Estimadores estadísticos de las variables cuantitativas plantación B

Variables		X	S	Cv %	Límite superior	Límite inferior	Error relativo %
N° Parcelas	4						
Área neta de la plantación	0,71						
N° Árboles/Parcela		62					
N° Árboles/ha		1550					
DAP (cm)		14,67	3,07	20,96	15,05	14,28	2,62
Hc (m)		3,48	1,54	44,35	3,68	3,29	5,55
Ht (m)		10,66	2,37	22,23	10,95	10,36	2,78
AB (m <sup>2</sup> )		0,02	0,01	41,61	0,02	0,02	5,21
Vc (m <sup>3</sup> )		0,03	0,03	74,77	0,04	0,03	9,35
Vt (m <sup>3</sup> )		0,1	0,06	57,31	0,11	0,09	7,17
Vc/ha (m <sup>3</sup> )		46,5					
Vt/ha (m <sup>3</sup> )		155					
AB/ha(m <sup>3</sup> )		31					
Ht/edad		0,97					
(Vt/ha)/edad		14,09					
DAP/edad		1,33					
Vc/Área neta de la plantación		33,015					
Vt/Área neta de la plantación		110,05					

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.1.2. Diámetro promedio de los árboles de *Pinus radiata*

El diámetro promedio para la plantación A (Licán) es de 16,02 cm, el valor real superior es de 16,39 cm y menor a 15,64 cm, a comparación con los árboles de la plantación B (Calpi) con un diámetro promedio de 14,67 cm el valor real superior es de 15,05 cm y menor a 14,28 cm (Tabla 3-4).

**Tabla 3-4:** Diámetro promedio *Pinus radiata*

Plantaciones	DAP(cm)		
	Ā	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)
A	16,02	16,39	15,64
B	14,67	15,05	14,28

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.1.3. Altura comercial promedio de los árboles de *Pinus radiata*

La plantación A (Licán) tiene una altura comercial promedio de 10,02 m, el valor real superior es de 10,48 m y menor a 9,55 m, los árboles de la plantación B (Calpi) con un diámetro promedio de 3,48 m el valor real superior es de 3,67 m y menor a 3,29 m (Tabla 4-4).

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

Plantaciones	Hc (m)		
	$\bar{X}$	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)
A	10,02	10,48	9,55
B	3,48	3,67	3,29

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.1.4. Altura total promedio de los árboles de *Pinus radiata*

La plantación A (Licán) tiene una altura comercial promedio de 15,71 m, el valor real superior es de 16,02 m y menor a 15,39 m, a comparación con los árboles de la plantación B (Calpi) con un diámetro promedio de 10,66 m el valor real superior es de 10,95 m y menor a 10,36 m (Tabla 5-4).

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

Plantaciones	Ht (m)		
	$\bar{X}$	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)
A	15,71	16,02	15,39
B	10,66	10,95	10,36

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.1.5. Área basal promedio de los árboles de *Pinus radiata*

El área basal promedio plantación A (Licán) es de 0,02 m, el valor real superior es de 0,021 m y menor a 0,019 m, a comparación con los árboles de la plantación B (Calpi) con un diámetro promedio de 0,018 m el valor real superior es de 0,019 m y menor a 0,017 m (Tabla 6-4).

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

Plantaciones	Área Basal (m)		
	$\bar{X}$	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)
A	0,02	0,021	0,019
B	0,018	0,019	0,017

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.1.6. Volumen comercial promedio de los árboles de *Pinus radiata*

Volumen comercial promedio por árbol plantación A (Licán) es de 0,11m, el valor real superior es de 0,116 m y menor a 0,10 m, a comparación con los árboles que discrepa de la plantación B (Calpi) con un diámetro promedio de 0,03 m el valor real superior es de 0,036 m y menor a 0,03 m (Tabla 7-4).

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

Plantaciones	Volumen comercial(m <sup>3</sup> )		
	$\bar{X}$	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)
A	0,11	0,116	0,10
B	0,03	0,036	0,03

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.1.7. Volumen total promedio de los árboles de *Pinus radiata*

Volumen total promedio por árbol plantación A (Licán) es de 0,17 m, el valor real superior es de 0,176 m y menor a 0,157 m, La plantación B (Calpi) consta de un diámetro promedio de 0,11 m, el valor real superior es de 0,105 m y menor a 0,091 m (Tabla 8-4).

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

Plantaciones	Volumen total(m <sup>3</sup> )		
	$\bar{X}$	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)
A	0,17	0,176	0,157
B	0,11	0,105	0,091

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.2. Características Físicas plantación A y plantación B del suelo

Para la plantación (A) y plantación (B) el color en seco que predomina es el pardo grisáceo, 10YR (color) 5(value)/2(chroma), en la calicata 2 plantación 1 tiene un color algo distinto que es pardo pálido, para la consistencia del suelo en seco se catalogó suelto, en húmedo suelto y mojado no plástico/no adherente en las dos plantaciones.

Para la estructura se determinó que es de estructura suelta, para la estabilidad estructural que es baja y su textura es franca arenosa en las dos plantaciones evaluadas (Tabla 9-4).

**Tabla 9-4:** Características físicas del suelo

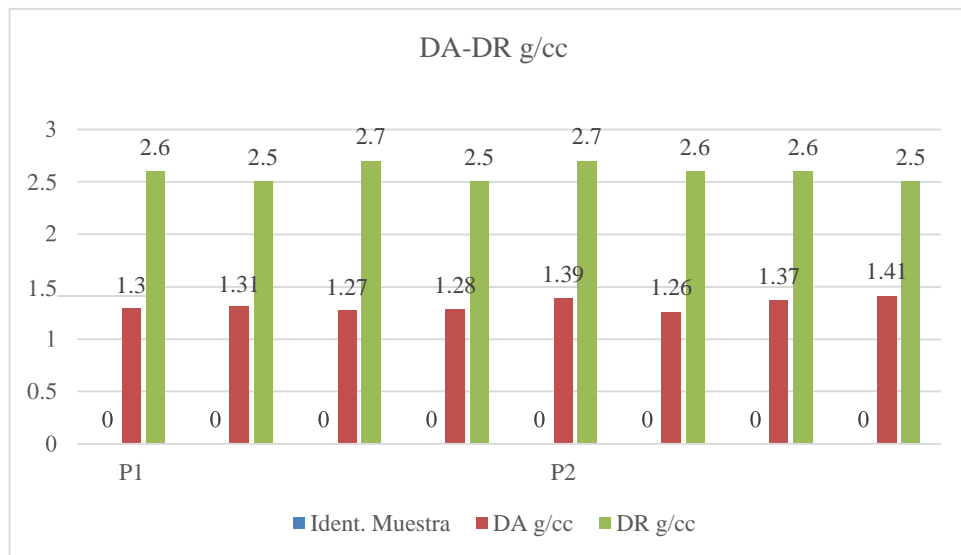
Ident. Muestra	Textura	Estructura	% Poros	gr/cc		%		Consistencia			Color
				DA	DR	Humedad	Estab. Estruct.	Seco	Húmedo	Mojado	
P1C1(0-30)	Franca arenosa	Suelta	50,8	1,3	2,6	6,28	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo Grisáceo
P1C1(30-100)	Franca arenosa	Suelta	55,5	1,31	2,5	6,5	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo Grisáceo
P1C2(0-30)	Franca arenosa	Suelta	51,1	1,27	2,7	2,67	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo grisáceo oscuro
P1C2(30-100)	Franca arenosa	Suelta	52,8	1,28	2,5	5,55	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo pálido

P2C1(0-30)	Franca arenosa	Suelta	52,4	1,39	2,7	0,76	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo grisáceo claro
P2C1(30-100)	Franca arenosa	Suelta	52,2	1,26	2,6	1,36	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo grisáceo claro
P2C2(0-30)	Franca arenosa	Suelta	53,3	1,37	2,6	2,16	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo Grisáceo
P2C2(30-100)	Franca arenosa	Suelta	57,9	1,41	2,5	1,89	Baja	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente	Pardo grisáceo oscuro

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.2.1. Densidad aparente y densidad real

En la Ilustración 1-4, se puede apreciar que para la densidad aparente tienen valores similares para las dos plantaciones, la plantación A presenta el valor más alto de 1,41 g/cc y menor con 1,26 g/cc, para la densidad real también consta con valores similares en el rango de 2,5-2,7 g/cc tanto para la plantación A y B.

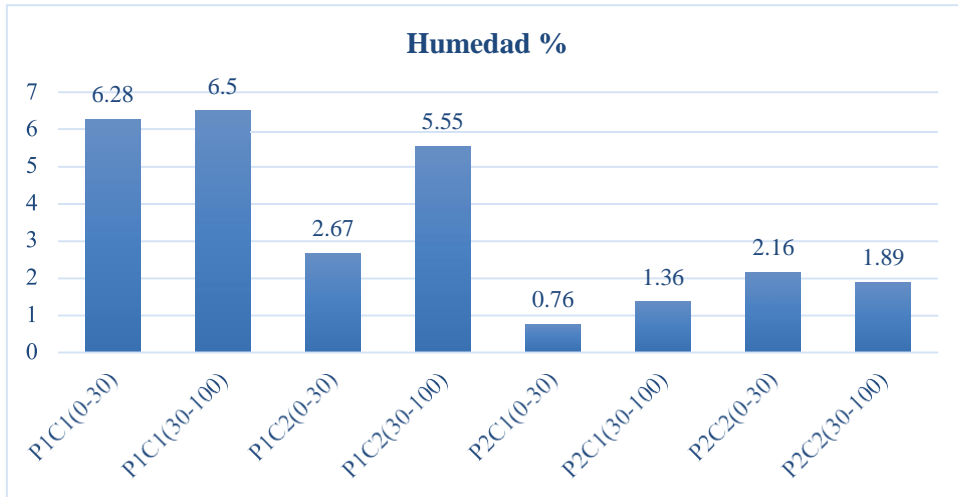


**Ilustración 1-4:** Densidad aparente y densidad real

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.2.2. Contenido de humedad

En la Ilustración 2-4, para la calicata 1 de 0-30 cm se obtuvo como resultado 6,28%, calicata 1 de 30-100 cm 6,5% siendo la que mayor contenido de humedad presenta, calicata 2 de 0-30 cm 2,67% menor contenido de humedad y calicata 2 de 30-100cm 5,55% Plantación A, Para la calicata 1 de 0-30 cm dio como resultado 0,76% presenta menor contenido de humedad, calicata 1 de 30-100 cm 1,36%, calicata 2 de 0-30 cm 2,16% siendo la que mayor contenido de humedad y calicata 2 de 30-100 cm 1,89% plantación B.

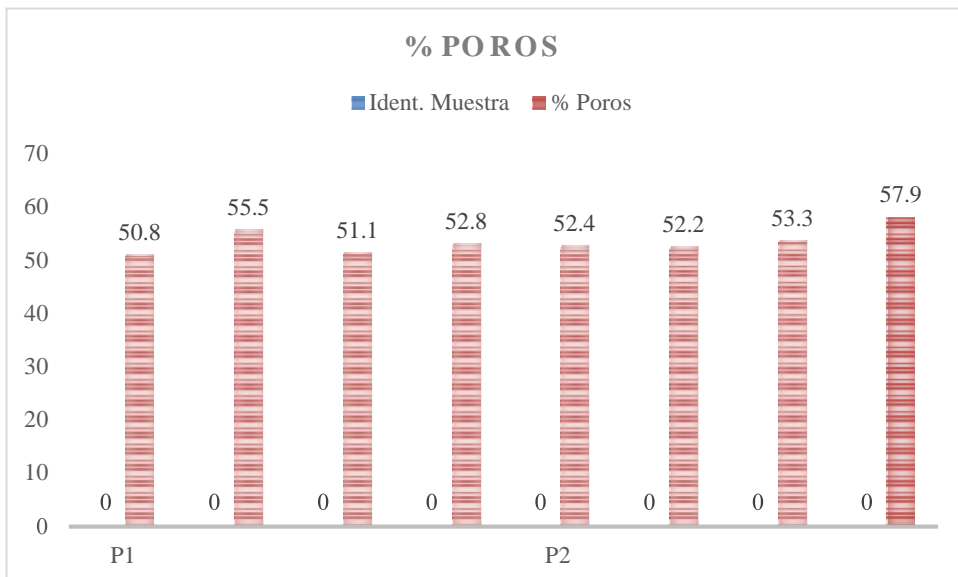


**Ilustración 2-4:** Contenido de humedad

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.2.3. Porcentaje de porosidad

Ilustración 3-4, se observa que para la calicata 1 de 0-30 cm se registró como resultado 50,8%, calicata 1 de 30-100 cm 55,5% siendo la que mayor contenido de humedad presenta, calicata 2 de 0-30 cm 51,1% menor contenido de humedad y calicata 2 de 30-100 cm 52,8% plantación A, en la plantación B la calicata 1 de 0-30cm dio como resultado 52,4%, calicata 1 de 30-100cm 52,2% menor contenido de humedad, calicata 2 de 0-30 cm 53,3% y calicata 2 de 30-100cm 57,9% siendo la que mayor contenido de humedad presenta plantación B.



**Ilustración 3-4:** Porcentaje de porosidad

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.3. Parámetros químicos plantación A, plantación B

En la Tabla 10-4 se detallan los resultados de los elementos químicos de las plantaciones en estudio:

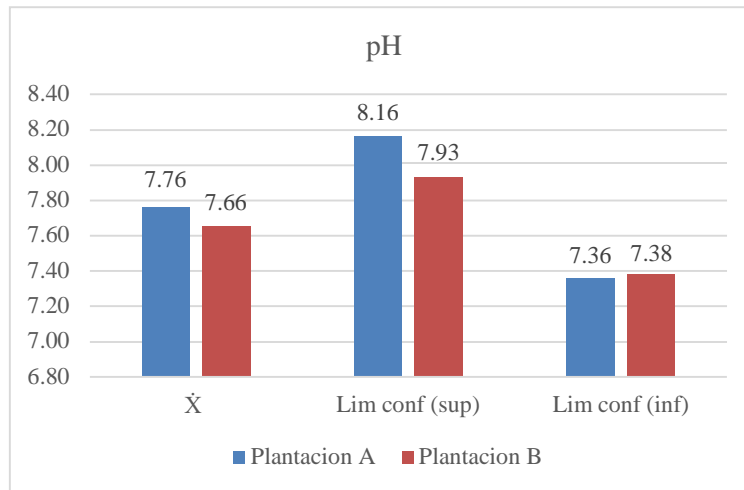
**Tabla 10-4:** Valores de los elementos químicos obtenidos en la plantación A y B

			$\bar{X}$	$S^2$ (Var)	$S^2$ (Var)	Cv	S $\bar{X}$ (err stad)	S $\bar{X}$ (err must)	Lim conf (sup)	Lim conf (inf)	Error relativo %
Plantación A		pH	7,76	0,15	0,38	4,92	0,16	0,40	8,16	7,36	5,17
	%	MO	0,41	0,03	0,18	45,27	0,07	0,19	0,60	0,21	47,52
	mg/L	NH <sub>4</sub>	3,78	0,26	0,51	13,45	0,21	0,53	4,31	3,24	14,12
		P	19,38	1,65	1,28	6,62	0,52	1,35	20,72	18,03	6,95
	Meq/100 g	K	0,30	0,00	0,04	13,17	0,02	0,04	0,34	0,25	13,83
		Ca	5,28	1,83	1,35	25,62	0,55	1,42	6,69	3,86	26,89
		Mg	6,05	0,75	0,87	14,31	0,35	0,91	6,96	5,14	15,02
	ppm	Na	2,23	0,07	0,26	11,52	0,10	0,27	2,49	1,96	12,10
		Mn	12,70	3,01	1,74	13,67	0,71	1,82	14,52	10,88	14,35
		Fe	12,33	7,76	2,79	22,61	1,14	2,92	15,25	9,40	23,73
	(uS/cm)	Zn	3,53	0,20	0,45	12,68	0,18	0,47	3,99	3,06	13,31
		CE	101,33	1533,61	39,16	38,65	15,99	41,10	142,43	60,22	40,57
	Plantación B		pH	7,66	0,07	0,26	3,44	0,11	0,28	7,93	7,38
%		MO	0,18	0,00	0,04	21,21	0,02	0,04	0,22	0,14	22,26
mg/L		NH <sub>4</sub>	4,13	0,93	0,96	23,38	0,39	1,01	5,14	3,11	24,53
		P	19,98	10,91	3,30	16,53	1,35	3,47	23,44	16,51	17,35
Meq/100 g		K	0,36	0,00	0,04	12,02	0,02	0,04	0,40	0,31	12,61
		Ca	7,98	0,70	0,84	10,49	0,34	0,88	8,85	7,10	11,01
		Mg	7,55	0,20	0,45	5,97	0,18	0,47	8,02	7,08	6,26
ppm		Na	2,03	0,70	0,11	5,40	0,34	0,88	2,91	1,15	43,15
		Mn	14,30	1,33	1,15	8,07	0,47	1,21	15,51	13,09	8,47
		Fe	13,93	5,85	2,42	17,37	0,99	2,54	16,46	11,39	18,23
(uS/cm)		Zn	3,33	0,66	0,81	24,50	0,33	0,86	4,18	2,47	25,72
		CE	84,50	450,60	21,23	25,12	8,67	22,28	106,78	62,22	26,37
Meq/100 g		CIC	1,35	0,01	0,08	6,20	0,03	0,09	1,44	1,26	6,50

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

##### 4.1.3.1. Potencial de Hidrógeno

En la Ilustración 4-4, se observa un promedio de 7,76 siendo ligeramente alcalino, el valor superior 8,16 alcalino y menor 7,36 notable plantación A, para la plantación B el promedio 7,66 ligeramente alcalino con un valor mayor 7,93 ligeramente alcalino y valor menor 7,38 notable.

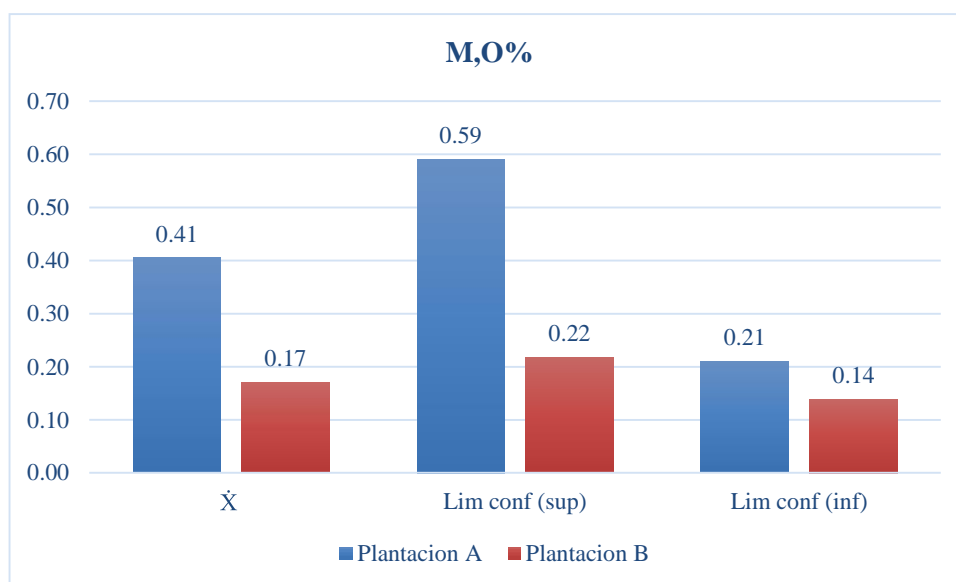


**Ilustración 4-4:** Valores del potencial de hidrógeno

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.3.2. *Materia orgánica*

En la Ilustración 5-4, se observa las muestras de suelo de la plantación A, los suelos presentan un porcentaje de materia orgánica con un promedio de 0,41%, el valor superior 0,59% y menor porcentaje 0,21%, la plantación B presentan un porcentaje de materia orgánica promedio de 0,17%, el valor superior 0,22% y menor porcentaje 0,14% siendo un porcentaje bajo.

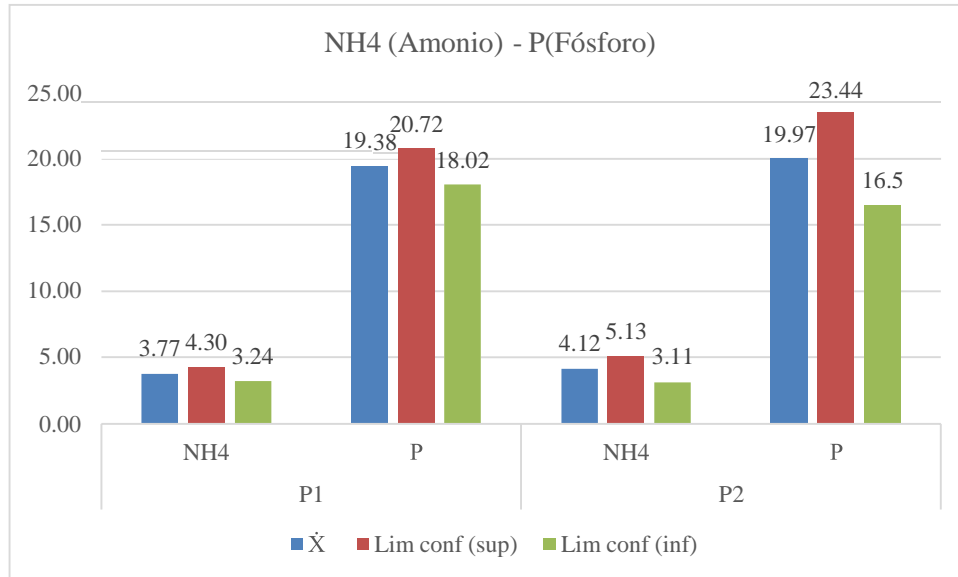


**Ilustración 5-4:** Porcentaje de materia orgánica

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.3.3. Amonio y Fósforo

En la Ilustración 6-4 se expresa los valores obtenidos para Amonio y Fósforo:



**Ilustración 6-4:** Amonio y Fósforo

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

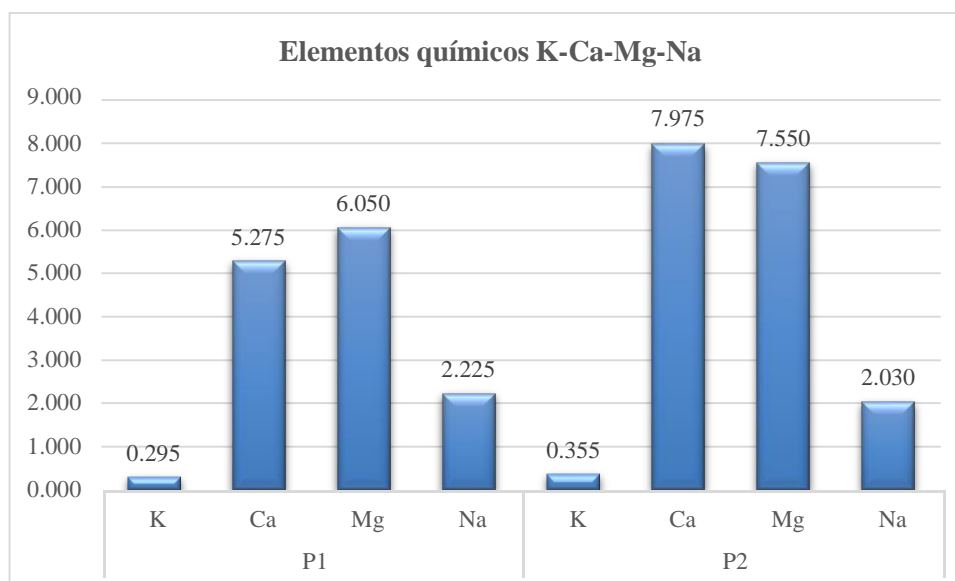
En la Ilustración 6-4, se observa el contenido de amonio plantación A presenta un promedio de 3,77 mg/L; el mayor valor es de 4,3 mg/L y el menor valor es de 3,24 mg/L, plantación B con un promedio de 4,12 mg/L; el mayor valor es de 5,13 mg/L y el menor valor es de 3,11 mg/L (valores bajos).

Contenido de fósforo plantación A se obtuvo un promedio de 19,37 mg/L; el mayor valor es de 20,72 mg/L y el menor valor es de 18,02 mg/L, plantación B con un promedio de 19,97 mg/L; el mayor valor es de 23,44 mg/L y el menor valor es de 16,5 mg/L (valores medios).

#### 4.1.3.4. Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio

En la Ilustración 7-4; se expresa los valores obtenidos para el contenido de potasio, calcio, magnesio y sodio:





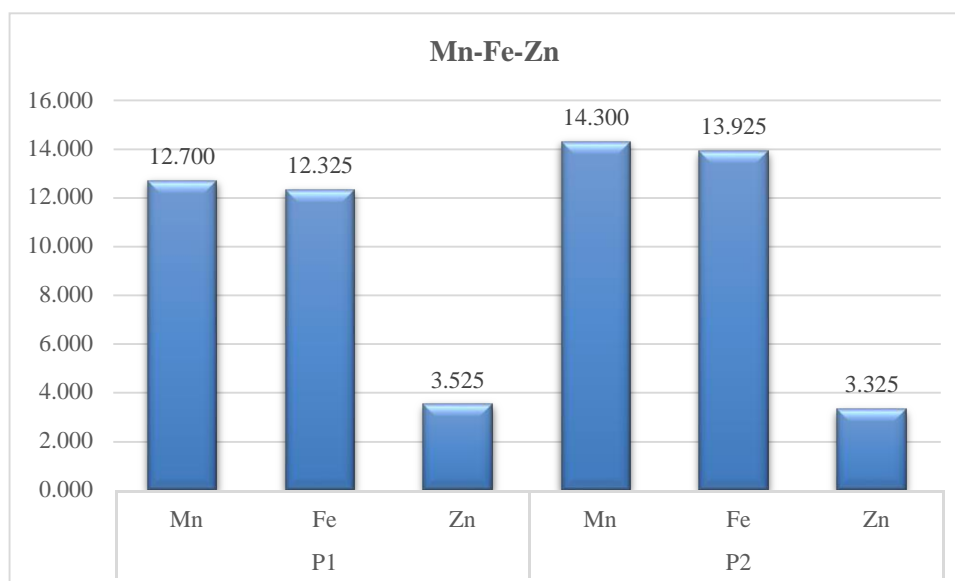
**Ilustración 7-4:** Elementos químicos K-Ca-Mg-Na

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

- **Potasio (K):** El contenido promedio de potasio fue de 0,29 Meq/100 g plantación A, el promedio de plantación B 0,355 Meq/100 g (valores bajos) .
- **Calcio (Ca):** El contenido promedio calcio fue de 5,27 Meq/100 g plantación A, el promedio de plantación B 7,97 Meq/100 g (valores bajos).
- **Magnesio (Mg):** El contenido promedio de magnesio fue de 6,05 Meq/100 g plantación A, el promedio de plantación B 7,55 Meq/100 g (valores medios).
- **Sodio (Na):** El contenido promedio de sodio fue de 2,22 Meq/100 g plantación A, el promedio de plantación B 2,03 Meq/100 g (valores altos).

#### 4.1.3.5. *Manganeso, Hierro y Zinc*

En la Ilustración 8-4, representa los contenidos de manganeso, hierro y zinc.



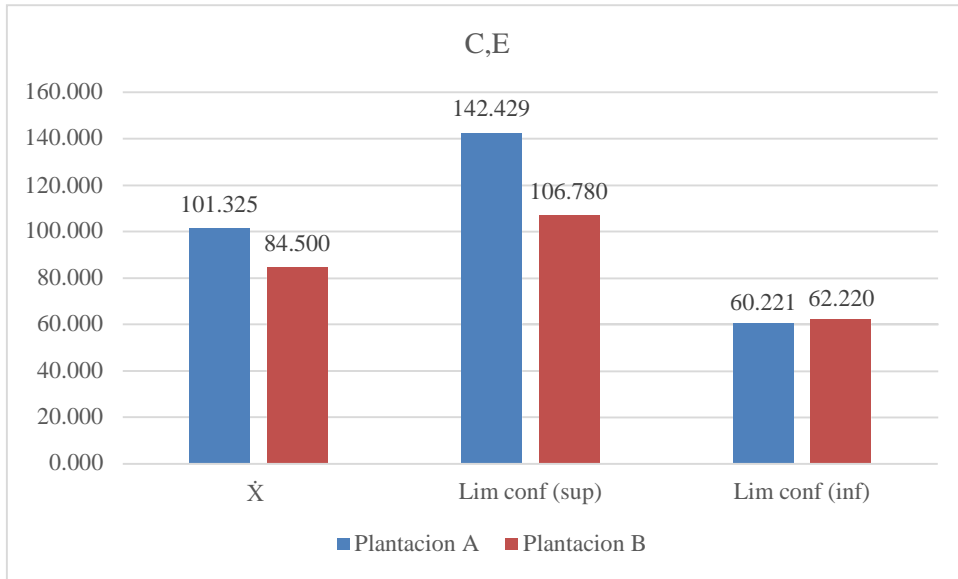
**Ilustración 8-4:** Elementos químicos Mn-Fe-Zn

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

- **Manganeso:** El contenido promedio de manganeso fue de 12,7 ppm plantación A, plantación B con un promedio 14,3 ppm (valores bajos).
- **Hierro:** El contenido promedio de hierro fue de 12,32 ppm plantación A, plantación B con un promedio 14,3 ppm (valores bajos).
- **Zinc:** El contenido promedio de Zinc fue de 3,52 ppm plantación A, plantación B con un promedio 3,32 ppm (valores bajos).

#### 4.1.3.6. Conductividad eléctrica

La Ilustración 9-4 nos indica que la conductividad eléctrica tiene un valor promedio de 101,32 uS/cm, siendo el valor superior 142,4 uS/cm e inferior de 60,22 uS/cm, la plantación B un valor promedio de 84,5 uS/cm, siendo el valor superior 106,78 uS/cm e inferior de 62,22 uS/cm, este rango de valores indica que no es salino.

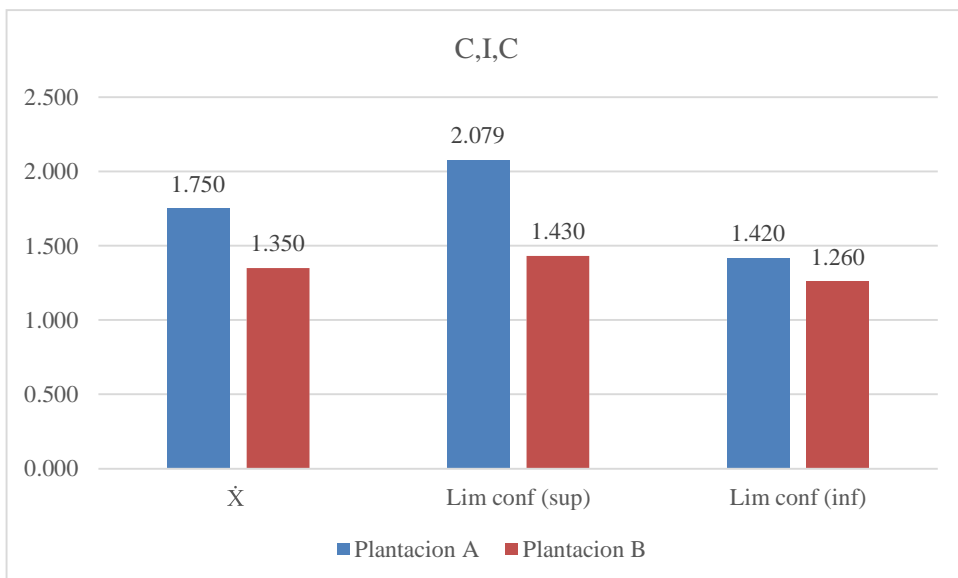


**Ilustración 9-4:** Conductividad eléctrica

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.1.3.7. Capacidad de intercambio catiónico

La Ilustración 10-4 nos indica que la conductividad eléctrica tiene un valor promedio de 1,75 uS/cm, siendo superior 2,07 uS/cm e inferior de 1,42 uS/cm, para la plantación B un valor promedio de 1,35 uS/cm, siendo superior 1,43 uS/cm e inferior de 1,26 uS/cm, siendo valores muy bajos.



**Ilustración 10-4:** Capacidad de intercambio catiónico

**Realizado por:** Garcés, Anthony, 2023.

Para los valores de los elementos se los comparó con los valores de la Tabla 11-4, teniendo así que:

- **Fósforo:** de 7,07 a 22,60 mg/L, valores de bajo a medio en el suelo.
- **Potasio:** de 0,31 a 0,47 meq/100 g, valores bajos en el suelo.
- **Calcio:** de 3,50 a 8,10 meq/100 g, valores medios en el suelo.
- **Magnesio:** de 2,80 a 7,90 meq/100 g, valores altos de magnesio en el suelo.

**Tabla 11-4:** Valores de elementos para interpretación de datos

Elemento	Simbología	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Fósforo	P	mg/L	<15,00	16,00–30,00	>30,00
Potasio	K	meq/100 g	<0,56	0,56–0,64	>0,64
Calcio	Ca	meq/100 g	<3,00	4,00–10,00	>11,00
Magnesio	Mg	meq/100 g	<0,99	1,00–2,00	>3,00

Fuente: INIAP, 2014; citado en Gualpa, 2016, p. 82.

Elaborado por: Garcés, Anthony, 2023.

#### 4.2. Prueba de hipótesis

Mediante la prueba de U de Mann Whitney para determinar las diferencias significativas entre los parámetros dasométricos de las dos plantaciones evaluadas. De acuerdo con el estadígrafo de U de Mann-Whitney, al reportar un valor de p (Sig. asintót. (bilateral)), igual a 0,000 , siendo este menor al nivel de significancia 0,05, se opta por rechazar la hipótesis nula y se concluye que, si existe diferencias significativas en las 9 variables dasométricas (Tabla 12-4).

**Tabla 12-4:** Estadística de contraste de *Pinus radiata*

	Díámetro a la altura del pecho	Altura comercial	Altura total	Díámetro de copa	Área basal	Volumen comercial	Volumen total	Área de copa	Coefficiente de esbeltez
U de Mann-Whitney	22457,500	1541,500	4962,000	20473,000	22457,500	6090,000	13275,000	20473,000	9326,500
Z	-4,947	-18,249	-16,084	-6,206	-4,947	-15,327	-10,771	-6,206	-13,275
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Realizado por: Garcés, Anthony, 2023.

### 4.3. Discusión

Para la densidad de las plantaciones se presentó un promedio para la plantación A de 1563 árboles por hectárea, en la plantación B la densidad promedio es de 1550 árboles por hectárea presentando una densidad menor en comparación con la plantación A. Benedetti et al. (2005, p. 107) indica que la densidad inicial correcta para plantaciones de *P. radiata* van de 1000 a 1600 árboles, indicando que la densidad de las dos plantaciones es alta, esto puede afectar en la realización de apeo de los árboles ya que no existiría espacio libre suficiente para la caída.

El promedio del área basal por hectárea para la plantación A presento un valor de 31,25 m<sup>3</sup>, mientras que para la plantación B un valor de 31 m<sup>3</sup> valor que es menor al reportado en la plantación A. El estudio realizado por Castillo (2019, pp. 43-44) indica una área basal de 39,06 m<sup>3</sup> en un estudio similar realizado para una plantación de 12 años con precipitación media anual de 500 mm, temperatura de 14 °C a una altitud 3137 msnm. Estos valores entran en el rango de 22,67-34,6 lo cual indica que tienen una espesura normal indicado por Sánchez y Rodríguez (2018, p. 13) esta área basal obtenida obedece a la cantidad de árboles ya que obtener madera de calidad a largo plazo no es posible ya que no se realizó raleo.

El incremento medio anual de la altura total para la plantación A (15 años) fue de 1,05 m y para la plantación B (11 años) fue de 0,97 m presentando valores inferiores a lo presentado por Ecuador Forestal (2013, p. 1) que indica un crecimiento anual de 1,22 m en *P. radiata*. El crecimiento medio anual del DAP es de 1,07 cm para la plantación A y de 1,33 cm para la plantación B, el cual presenta un mayor incremento que A, en otro estudio desarrollado dentro de la misma zona de vida a una altitud de 3137 en la parroquia San Andrés. Castillo (2019, pp. 43-44) reporta un incremento promedio anual en altura de 1,75 m y DAP de 1,75 cm estos datos son mayores pese a las similitudes en edad, esto se debe principalmente a que se ejecutó 2 podas y un raleo a dicha plantación mejorando la producción.

El volumen total promedio por hectárea de la plantación A tiene un valor de 265,63 m<sup>3</sup>, y la plantación B de 155 m<sup>3</sup>, con un incremento medio anual de 17,71 m<sup>3</sup> en la plantación A y de 14,09 m<sup>3</sup> B, las dos plantaciones presentan valores inferiores al dato de 20 m<sup>3</sup> presentado por Ecuador Forestal (2013, p. 1). En la plantación B al no tener operaciones silviculturales existe mayor competencia por nutrientes lo cual se ve reflejado en el volumen total. Al comparar con los resultados de la investigación realizada por Castillo (2019, pp. 43-44), donde obtuvo un incremento medio anual de 32,12 m<sup>3</sup> siendo superior a las presentadas en este estudio pese a tener condiciones

edáficas y climáticas similares, este valor superior obedece a la aplicación de actividades silviculturales.

La textura presente en las dos plantaciones es franco arenosa con una estructura suelta y una estabilidad estructural baja con una predominancia del color pardo grisáceo, consistencia suelta tanto en seco como en húmedo y en mojado no plástica, no adherente. Lo indicado por Sangucho y Vallejo (2020, p. 23) dice que los suelos franco arenosos presentan colores grises, es ligeramente adherente y ligeramente plástico. Schlatter (1977, p. 7) indica que el crecimiento óptimo de la especie *P. radiata* se da en suelos con textura franco-arenosa a franco limosa.

El potencial de hidrógeno (pH) de la plantación A presenta un promedio de 7,76 ligeramente alcalino y la plantación B 7,66 siendo ligeramente alcalino. Para el porcentaje de materia orgánica presenta valores promedio en A 0,41% y B 0,18% siendo valores bajos. Horgan (1987, p. 129) nos indica que el pH óptimo para *P. radiata* es moderadamente ácido, difiriendo del pH obtenido en el estudio, los suelos con un pH ligeramente alcalinos tienen poca presencia de materia orgánica por ende para acidificar el suelo se coloca materia orgánica ya que al descomponerse la materia orgánica por la acción de microorganismos presentes en el suelo, procede a liberar dióxido de carbono que se transforma fácilmente en bicarbonato, esta reacción libera hidrógeno que acidifica el suelo (Castellanos, 2014, p. 4).

Para el amoníaco  $\text{NH}_4$  en la plantación A el valor promedio es de 3,78 mg/L (bajo) y B 4,13 mg/L (bajo) y el fósforo un promedio de 19,38 mg/L plantación A y 19,98 mg/L plantación B siendo un valor medio. Por su parte Fernández (2007, p. 52) menciona que el fósforo interviene en la formación y desarrollo de raíces y tallos, permitiendo tener resistencia a enfermedades presentando un nivel medio.

Macroelementos: el Potasio(K) presenta un valor promedio bajo plantación A 0,3Meq/100g y B 0,36 Meq/100g; Calcio(Ca) presenta un valor bajo plantación A 5,28 Meq/100g B 7,98 Meq/100g; Magnesio(Mg) presenta un valor medio plantación A 6,05 Meq/100g B 7,55 Meq/100g; Sodio(Na) presenta un valor alto plantación A 2,23 Meq/100g B 2,03 Meq/100g. Velástegui (2017, p. 4) menciona que el exceso de nutrientes puede ser perjudicial e influir en el crecimiento adecuado de *P. radiata*, ya que los contenidos bajos de nutrientes del suelo son propios en plantaciones de *P. radiata*.

Microelementos el Manganeso(Mn) presenta un valor promedio bajo plantación A 12,7 ppm y B 14,3 ppm; Hierro (Fe) presenta un valor bajo plantación A 12,33 ppm B 13,93 ppm; Zinc (Zn)

presenta un valor bajo plantación A 3,53 ppm B 3,33 ppm. Los bajos contenidos de nutrientes en suelo, pueden ocurrir por el material parental y a la textura (Osorio et al., 2022, p. 36).

Para la conductividad eléctrica el valor promedio para la plantación A es 101,33 uS/cm y la plantación B 84,5 uS/cm siendo no salinos, para la capacidad de intercambio catiónico plantación A 1,75 Meq/100g y B 1,35 Meq/100g estos valores son muy bajos. Los valores bajos de capacidad de intercambio catiónico no retienen los nutrientes, y se dan por naturaleza en suelos franco arenosos (Osorio et al., 2022, p. 30).

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El crecimiento y productividad de los árboles de la plantación A (Licán) con una edad de 15 años se caracteriza por tener 1563 árboles/ha; con un DAP promedio de 16,02 cm, una altura total promedio de 15,71 m y un área basal de 31,25 m<sup>2</sup>/ha, así mismo se determinó un volumen total de 265,63 m<sup>3</sup>/ha, lo cual corresponde a un incremento del 17,71 m<sup>3</sup> /ha/año. La plantación B edad 11 años (Calpi) tiene 1550 árboles/ha; con un DAP promedio de 14,67 cm, una altura total promedio de 10,66 m y un área basal de 31 m<sup>2</sup> /ha así mismo se determinó un volumen total de 155 m<sup>3</sup>/ha, lo cual corresponde a un incremento de 14,09m<sup>3</sup>/ha/año, son datos que reflejan que la plantación A obtuvo mejores valores de productividad que la plantación B esto se debe primordialmente a que en la plantación A se realizó una poda mientras que en B ninguna, pese a esto son valores inferiores reportados en otros estudios .

Los parámetros físicos presentes en las dos plantaciones en cuestión la textura es franco arenoso con una estructura suelta y una estabilidad estructural baja con predominancia del color pardo grisáceo, consistencia suelta tanto en seco como en húmedo y en mojado no plástica, no adherente características que son adecuadas para el desarrollo de *P. radiata*.

Los parámetros químicos del suelo tanto para la plantación A y B se observó valores muy parecidos con un pH promedio de 7,76 ligeramente alcalino y la plantación B 7,66 siendo ligeramente alcalino, Fósforo (P) medio ,Magnesio (Mg) medio, sodio (Na) alto, el porcentaje de materia orgánica y elementos como: potasio (K), Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Zinc(Zn) bajo, la conductividad eléctrica no salina y la capacidad de intercambio catiónico muy bajo, los suelos franco arenosos por lo general no presentan una buena fertilidad, y por ende bajo contenido de nutrientes, *P. radita* es una especie que se adapta muy bien a este tipo de suelos.



## 5.2. Recomendaciones

Se recomienda para el establecimiento de futuras plantaciones considerar requerimientos edafoclimáticos de la especie, fertilización inicial, utilizar plantas de calidad más la aplicación de actividades silviculturales como raleo y podas con la finalidad de obtener rendimientos adecuados.

En plantaciones de *P. radiata* que se determine un pH ligeramente alcalino se recomienda a edad temprana colocar materia orgánica para que se acidifique el suelo, en base de un análisis del suelo se debe calcular la cantidad de materia orgánica que se debe añadir.

Es necesario realizar evaluaciones del crecimiento y calidad de los árboles cada 3 años para tomar decisiones de ejecución de actividades de manejo a tiempo, con el fin de obtener madera de calidad que pueda ser comercializada dentro del mercado.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ, Á.** *Importancia de la estructura del suelo en la agricultura* [blog]. MiRiego, 2017. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://miriego-blog.com/2013/12/04/importancia-de-la-estructura-del-suelo-en-la-agricultura/>.

**ARIAS, D.** “Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica”. Kurú: Revista Forestal [en línea], 2012, (Costa Rica) 1(2), pp. 33-43. [Consulta: 17 diciembre 2022]. ISSN: 2215-2504. Disponible en: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/571/497>.

**ARIAS, E.; & ROBLES, M.** *Aprovechamiento de recursos forestales en el Ecuador (Periodo 2010) y procesos de infracciones y decomisos* [en línea]. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2011, pp. 10-11. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: [http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT\\_REPORTS/PD%20406\\_06\\_%20Forest%20Harvesting%20in%20Ecuador%202010%20offenses%20and%20forfeiture.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/PD%20406_06_%20Forest%20Harvesting%20in%20Ecuador%202010%20offenses%20and%20forfeiture.pdf).

**ASENCIO, A.** Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia de la compresión sobre el concreto  $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$  (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional De Cajamarca, Facultad De Ingeniería, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil. Cajamarca-Perú. 2014, p. 27. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/493/T%20620.191%20A816%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**BENEDETTI, S.; et al.** *Curso evaluación de opciones forestales y agroforestales para una mejor inversión predial* [en línea]. Santiago-Chile: Instituto Forestal, 2005, p. 107. [Consulta: 17 diciembre 2022]. ISBN: 956-8274-70-7. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/4678/12373.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**BLANQUER, G.** *La textura de un suelo* [en línea]. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia, 2017, p. 1. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.

**BURGOS, J.** Efectos de tres concentraciones de fertilizantes en el crecimiento vegetativo de *Pinus radiata* D. Don, en condiciones de vivero en el sector de Itulcachi, parroquia Pifo, provincia

de Pichincha (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Facultad De Ciencias Ambientales, Carrera De Ingeniería Forestal. Quevedo-Ecuador. 2019, pp. 9-11. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3894/1/T-UTEQ-0096.pdf>.

**CALDERÓN, C.; et al.** “Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta”. Orinoquia [en línea], 2018, (Colombia) 22(2), pp. 141-157. [Consulta: 16 enero 2023]. ISSN: 2011-2629. Disponible en: <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/524/1088>.

**CANAL, N.** *Técnicas de muestreo Sesgos más frecuentes* [en línea]. Madrid-España: Revista Seden, 2009, pp. 121-132. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://revistaseden.org/files/9-CAP%209.pdf>.

**CANCINO, J.** *Dendrometría básica* [en línea]. Concepción-Chile: Universidad de Concepción, 2012, p. 50. [Consulta: 11 diciembre 2022]. ISBN: 9568029672. Disponible en: [http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/407/Dendrometria\\_Basica.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/407/Dendrometria_Basica.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

**CAÑAR, E.** Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil Y Mecánica, Carrera De Ingeniería Civil. Ambato-Ecuador. 201, pp. 2-18. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%c3%b1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf>.

**CASTELLOS, J.** *Manejo y corrección de la acidez de los suelos* [en línea]. México D.F.-México: La Tranquera, 2014, p. 4. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: [http://www.lafranqueraweb.com.ar/web/archivos/menu/Manejo\\_y\\_correccion\\_de\\_la\\_acidez\\_de\\_los\\_suelos.pdf](http://www.lafranqueraweb.com.ar/web/archivos/menu/Manejo_y_correccion_de_la_acidez_de_los_suelos.pdf).

**CASTRO, I.** *Muestreo sistemático* [en línea]. México D.F.-México: UNEX, 2017, p. 1. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: [http://matematicas.unex.es/~inmatorres/teaching/muestreo/assets/cap\\_5.pdf](http://matematicas.unex.es/~inmatorres/teaching/muestreo/assets/cap_5.pdf).

**CONDOR, J.; & PARDO, O.** Caracterización de la anatomía, propiedades físico-mecánicas y químicas de *Pinus radiata* D.Don y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. – Cajamarca (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad De Ciencias Forestales Y Del Ambiente. Huancayo-Perú. 2021, p. 9. [Consulta: 07 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>.

**ECUADOR FORESTAL.** *Ficha Técnica No. 13 Pino (Pinus radiata)* [en línea]. Quito-Ecuador: Ecuador Forestal, 2013, p. 1. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>.

**FERNÁNDEZ, M.** “Fósforo: amigo o enemigo”. ICIDCA [en línea], 2007, (Cuba) 41(2), pp. 51-57. [Consulta: 21 abril 2023]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>.

**FERTILAB.** *La Compactación del Suelo* [en línea]. México D.F.-México: Fertilab, 2019, p. 2. [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/153-Compactacion-del-suelo.pdf>.

**FREIRE, M.** Evaluación en fertilización de NPK-Ca en el cultivo de alstroemeria (*Alstroemeria hybrida*) (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Agronómica. Ambato-Ecuador. 2012, pp. 27-30. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2225/1/Tesis-27agr.pdf>.

**GODINO, J.; et al.** *Medida de magnitudes y su didáctica para maestros* [en línea]. Granada-España: Universidad de Granada, 2002, p. 623. [Consulta: 17 diciembre 2022]. ISBN: 84-932510-2-X. Disponible en: [https://www.ugr.es/~jgodino/edumat-maestros/manual/5\\_Medida.pdf](https://www.ugr.es/~jgodino/edumat-maestros/manual/5_Medida.pdf).

**GUALLPA, M.** Evaluación de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto) con fines de manejo en la hacienda Tunshi-ESPOCH (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Instituto De Posgrado Y Educación Continua. Riobamba-Ecuador. 2016, p. 82. [Consulta: 24 marzo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4464/1/20T00655.pdf>.

**GUALLPA, M.; et al.** “Estimación De Los Residuos Forestales En Los Aserraderos De Tres Cantones, Zona 3 Interandina, Ecuador”. *European Scientific Journal* [en línea], 2018, (Ecuador) 14(30), pp. 228-239. [Consulta: 16 diciembre 2022]. ISSN: 1857-7431. Disponible en: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/11358/10895>.

**HORGAN, K.** *Cultivo de células y tejidos en la silvicultura. Pinus radiata* [en línea]. Berlín-Alemania: Springer, 1987, p. 129. [Consulta: 19 abril 2023]. ISBN: 978-94-017-0992-7. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-0992-7\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-0992-7_10).

**JUÁREZ, Y.** *Dasometría apuntes de clase y guía de actividades prácticas* [en línea]. Cochabamba-Bolivia: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, 2014, pp. 2-24. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/35493332/DASOMETRÍA\\_Apuntes\\_de\\_Clase\\_y\\_Guía\\_de\\_Actividades\\_Prácticas](https://www.academia.edu/35493332/DASOMETRÍA_Apuntes_de_Clase_y_Guía_de_Actividades_Prácticas).

**MINISTERIO DE AMBIENTE DEL ECUADOR.** *Sistema Nacional De Control Forestal* [en línea]. Quito-Ecuador: Secretaria De Planificación Y Desarrollo, 2013, p. 60. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>.

**CASTILLO, G.** Indicadores Químicos de calidad de suelo con fines de optimización del cultivo de plátano utilizando compost de residuos urbanos en una finca San Jacinto - Santo Domingo (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Internacional SEK, Facultad De Ciencias Naturales Y Ambientales. Quito-Ecuador. 2019, pp. 12-44. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3336/1/tesis%20final%20Geovanna%20Castillo.pdf>.

**NÚÑEZ, A.; et al.** “Análisis del incremento en área basal de *Pinus hartwegii* Lindl. a diferente altitud y exposición en el cerro de Jocotitlán, Estado de México”. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* [en línea], 2021, (México) 27(1), pp. 73-88. [Consulta: 17 noviembre 2022]. ISSN: 2007-4018. Disponible en: [https://revistas.chapingo.mx/forestale/last\\_issues/phpscript/download.php?file=completo&id=NDE4NA==](https://revistas.chapingo.mx/forestale/last_issues/phpscript/download.php?file=completo&id=NDE4NA==).

**OSORIO, M.; et al.** *Suelos. Caracterización e importancia* [en línea]. Lima-Perú: Puerto Madero, 2022, pp. 30-36. [Consulta: 25 abril 2023]. ISBN: 978-987-88-5025-2. Disponible en: <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-01-18-140934-L2022-031.pdf>.

**PAREDES, H.** *Plan de forestación y reforestación de la provincia de Imbabura* [en línea]. Imbabura-Ecuador: Gobiernos Autónomos Provinciales de Ecuador, 2012, pp. 1-180 [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/CONGOPE PLAN FORESTAL.pdf](https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/CONGOPE%20PLAN%20FORESTAL.pdf).

**PEÑA, M.** Efecto de la materia orgánica *in situ* sobre la estabilidad estructural de suelos sembrados de azúcar en el Valle del Cauca (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Palmira-Colombia. 2015, p. 11. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53913/67028874.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**PRODAN, M.; et al.** *Mensura forestal* [en línea]. San José-Costa Rica: IICA, 1997, pp. 15-16. [Consulta: 16 diciembre 2022]. ISBN: 92-9039-304-1. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>.

**RAMÍREZ, R.** *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos* [en línea]. Bogotá-Colombia: Convenio FENALCE -SENA -SAC, 1997, p. 9. [Consulta: 15 septiembre 2022]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>.

**RASCHE, J.; et al.** “Compactación del suelo y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y guandú”. *Investigación Agraria* [en línea], 2020, (Paraguay) 22(1), pp. 13-21. [Consulta: 15 enero 2023]. ISSN: 2305-0683. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/ia/v22n1/2305-0683-ia-22-01-13.pdf>.

**RIVERA, E.; et al.** “pH como factor de crecimiento en plantas”. *Revista de Iniciación Científica* [en línea], 2018, (Panamá) 4(Especial 2), pp. 101-105. [Consulta: 15 enero 2023]. ISSN: 2413-6786. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1829/2639>.

**RODRÍGUEZ, L.; et al.** “Metodología para la medición del diámetro del fuste y cálculo de área y volumen de árboles”. *Maestro y Sociedad* [en línea], 2020, (Perú) 18(4), pp. 1398-1407.

[Consulta: 15 enero 2023]. ISSN: 1815-4867. Disponible en: <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/download/5424/5099>.

**RUEDA, A.; et al.** “Evaluación de plantaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Swietenia macrophylla* King en el Centro Occidente de México”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2021, (México) 12(67), pp. 130-146. [Consulta: 16 noviembre 2022]. ISSN: 2007-1132. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v12n67/2007-1132-remcf-12-67-130.pdf>.

**SÁNCHEZ, F.; & RODRÍGUEZ, R.** *Selvicultura de Pinus radiata* [en línea]. Santiago de Compostela-España: Universidad de Santiago de Compostela, 2018, p. 13. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: [http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/descargas/Pinus\\_radiata.pdf](http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/descargas/Pinus_radiata.pdf).

**SANGUCHO, K.; VALLEJO, N.** Comparación de la repelencia al agua del suelo de zonas afectadas por incendios forestales, en análisis realizados *in situ* y en laboratorio (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera: Ingeniería Ambiental. Quito-Ecuador. 2020, p. 23. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18261/1/UPS%20-%20ST004406.pdf>.

**SCHLATTER, J.** “La relación entre suelo y plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile central análisis de la situación actual y planteamientos para su futuro manejo”. *Bosque* [en línea], 1997, (Chile) 2(1), pp. 12-31. [Consulta: 15 enero 2023]. ISSN: 03048799. <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v2n1/art03.pdf>.

**SOTO, S.** Influencia de la calidad de sitio en la producción maderable del *Pinus radiata* D. Don, en el parque forestal Cumbe Mayo, Cajamarca (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad Nacional De Cajamarca, De Ciencias Agrarias, Programa De Maestría En Ciencias. Cajamarca-Perú. 2019, pp. 22-26. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3265/INFLUENCIA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20SITIO%20EN%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20MADERABLE%20DEL%20Pinus%20radiata%20D.%20Don%20EN%20EL%20PARQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**UNLP.** *Apunte de edafología. “Porosidad y aireación densidad real y aparente”* [en línea] La Plata-Argentina, 2019, pp. 2-6. [Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod\\_resource/content/1/POROSIDAD%20Y%20AIREACION%2026-3-19.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod_resource/content/1/POROSIDAD%20Y%20AIREACION%2026-3-19.pdf).

**VARGAS, D.** *Manual De Evaluación De Suelos* [en línea]. México D.F.-México: CMES, 2020, p. 14. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.smcsmx.org/files/concurso/2020/Manual3CMES2020.pdf>.

**VEGA, A.** *Evaluación de las plantaciones forestales comerciales establecidas entre 1994 y 1996 en los Tuxtlas (Trabajo de titulación) (Maestría)* [en línea]. Universidad Veracruzana, Facultad De Ciencias Agrícolas, Maestría En Manejo Del Recurso Forestal. Veracruz-México. 2013, p. 6. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/32685/vegaalarcon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

  
Ing. Erickson Orozco







## ANEXO B: RECONOCIMIENTO Y OBSERVACION DE LOS SITIOS DE INVESTIGACIÓN

Lican (A)



Calpi (B)



## ANEXO C: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y TOMA DE DATOS

Plantación A



Plantación B





**ANEXO D: TOMA DE MUESTRAS DE LAS CALITAS Y LA REALIZACIÓN DE LAS MISMAS**

**Plantación A**



**Plantación B**





**ANEXO E: DATOS EN LABORATORIO PROPIEDADES FÍSICAS**





## ANEXO F: DATOS EN LABORATORIO PROPIEDADES QUÍMICAS





## ANEXO G: ESTIMACIÓN DE LAS EDADES DE LAS PLANTACIONES A-B



## ANEXO H: PRUEBA DE NORMALIDAD Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Plantaciones	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diámetro a la altura del	1	,033	247	,200*	,998	247	,994
pecho	2	,053	245	,093	,994	245	,382
Altura comercial	1	,212	247	,000	,909	247	,000
	2	,141	245	,000	,911	245	,000
Altura total	1	,126	247	,000	,968	247	,000
	2	,132	245	,000	,972	245	,000
DCNS	1	,095	247	,000	,856	247	,000
	2	,054	245	,080	,994	245	,382
DCEO	1	,065	247	,014	,972	247	,000
	2	,064	245	,017	,968	245	,000
Diámetro de copa	1	,069	247	,007	,957	247	,000
	2	,056	245	,061	,994	245	,377
Largo de copa	1	,120	247	,000	,967	247	,000
	2	,097	245	,000	,972	245	,000
Área basal	1	,065	247	,013	,985	247	,010
	2	,077	245	,001	,958	245	,000
Volumen comercial	1	,130	247	,000	,923	247	,000
	2	,135	245	,000	,872	245	,000
Volumen total	1	,100	247	,000	,964	247	,000
	2	,112	245	,000	,907	245	,000
Área de copa	1	,127	247	,000	,827	247	,000
	2	,103	245	,000	,951	245	,000
Coeficiente de	1	,079	247	,001	,896	247	,000
esbeltez	2	,120	245	,000	,861	245	,000

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

**Rangos**

	Plantaciones	N	Rango promedio	Suma de rangos
Diámetro a la altura del pecho	1	247	278,08	68685,50
	2	245	214,66	52592,50
	Total	492		
Altura comercial	1	247	362,76	89601,50
	2	245	129,29	31676,50
	Total	492		
Altura total	1	247	348,91	86181,00
	2	245	143,25	35097,00
	Total	492		
Diámetro de copa	1	247	286,11	70670,00
	2	245	206,56	50608,00
	Total	492		
Área basal	1	247	278,08	68685,50
	2	245	214,66	52592,50
	Total	492		
Volumen comercial	1	247	344,34	85053,00
	2	245	147,86	36225,00
	Total	492		
Volumen total	1	247	315,26	77868,00
	2	245	177,18	43410,00
	Total	492		
Área de copa	1	247	286,11	70670,00
	2	245	206,56	50608,00
	Total	492		
Coeficiente de esbeltez	1	247	331,24	81816,50
	2	245	161,07	39461,50
	Total	492		



**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 26 / 06 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Anthony Alexander Garcés Carrera
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Ingeniería Forestal
<b>Título a optar:</b> Ingeniero forestal
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

