



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

**“EVALUACIÓN DASOMÉTRICA Y EDÁFICA EN UNA  
PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. DON EN LA PARROQUIA SAN  
ANDRES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:** ADRIANA GABRIELA MORALES LÓPEZ

**DIRECTOR:** Ing. MIGUEL ÁNGEL GUALLPA CALVA Ms.C.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Adriana Gabriela Morales López**

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

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

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

Riobamba, 30 de mayo de 2023.

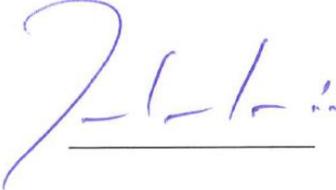


---

**Adriana Gabriela Morales López**  
**180577374-2**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DASOMÉTRICA Y EDÁFICA EN UNA PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. DON EN LA PARROQUIA SAN ANDRES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR**, realizado por la señorita: **ADRIANA GABRIELA MORALES LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Rolando Fabián Zabala Vizuete, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-05-30
Ing. Miguel Angel Guallpa Calva, MsC <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-05-30
Ing. Daniel Arturo Román Robalino Ms.C. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-05-30

## **DEDICATORIA**

El resultado de este trabajo se lo dedico principalmente a Dios y a la Virgen, por darme la fuerza, inspiración, valentía en todos estos años de estudio. A mis padres Vinicio y Mónica, mis dos motores para seguir adelante y nunca morir en el intento, gracias por todo su apoyo, su amor, por el esfuerzo tan grande que hicieron para que yo logre acabar mi carrera, también quiero agradecerles por enseñarme a ser la persona que soy hoy con valores, principios, soñadora y perseverante. También se la dedico a mis hermanos Estefanía, Daniel y Andrés, gracias por todas sus palabras de aliento y estar en todo momento a mi lado. A mis dos amores, mis sobrinos Christian y Thiago que con sus locuras siempre me sacan una sonrisa. A toda mi familia gracias por sus enseñanzas y cuando los necesitaba siempre estuvo para mí. A todos mis amigos que son la familia que escogí en estos años de estudio, gracias por su apoyo en los momentos más duros y gracias por todas esas palabras para que yo pueda seguir a delante, gracias por todas las aventuras y risas que nunca faltaron. Y a mi perrito Rocky que siempre al llegar a casa me recibía con tanta alegría y daba todo su cariño.

Adriana

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fortaleza de seguir y acabar este trabajo de integración curricular. Gracias a mi tutor Ing. Miguel Gullapa y asesor el Ing. Daniel Román por dar seguimiento y ayudarme en las dudas de este trabajo, también gracias al Ing. Manolo por ayudarme en la toma de datos en la plantación y a la Ing. Elizabeth Pachacama gracias por la paciencia y todas las enseñanzas en el laboratorio de suelos.

Gracias a la persona que me acompañó todos estos años de estudio, se convirtió en una de las personas más importantes en mi vida y gracias por ayudarme en gran parte de este trabajo.

Adriana

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>General</i> .....	3
1.2.2. <i>Específicos</i> .....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Hipótesis.....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Referencias Teóricas.....	6
2.1.1. <i>Descripción de la especie</i> .....	6
2.1.1.1. <i>Taxonomía</i> .....	6
2.1.1.2. <i>Descripción dendrológica</i> .....	6
2.1.2. <i>Características edafoclimáticas</i> .....	7
2.1.2.1. <i>Requerimientos edáficos</i> .....	7
2.1.2.2. <i>Factores limitantes de crecimiento</i> .....	7
2.1.3. <i>Usos de la madera</i> .....	7
2.2. Plantaciones forestales.....	8
2.2.1. <i>Plantaciones forestales en el Ecuador</i> .....	8
2.2.2. <i>Productos que se obtienen de plantaciones forestales</i> .....	8
2.3. Inventarios forestales.....	9
2.3.1. <i>Muestreo sistemático</i> .....	9
2.3.2. <i>Muestreo aleatorio simple</i> .....	9

<b>2.4.</b>	<b>Medidas Dasométricas</b> .....	9
2.4.1.	<i>Medición de DAP</i> .....	9
2.4.2.	<i>Tipos de altura</i> .....	9
2.4.2.1.	<i>Altura total y altura comercial</i> .....	9
2.4.3.	<i>Diámetro de copa</i> .....	10
2.4.4.	<i>Área basal</i> .....	10
2.4.5.	<i>Volumen total</i> .....	10
<b>2.5.</b>	<b>Edafología</b> .....	10
2.5.1.	<i>Suelo</i> .....	10
2.5.2.	<i>Propiedades físico-químicos del suelo</i> .....	10
2.5.2.1.	<i>Propiedades físicas del suelo</i> .....	11
2.5.2.2.	<i>Propiedades químicas del suelo</i> .....	12
<b>2.6.</b>	<b>Manejo silvicultural</b> .....	13

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	14
3.1.	<b>Enfoque de la investigación</b> .....	14
3.2.	<b>Caracterización del lugar</b> .....	14
3.2.1.	<i>Ubicación geográfica en la que se realizó el Trabajo de Integración Curricular</i> ....	14
3.2.2.	<i>Clasificación ecológica</i> .....	15
3.2.3.	<i>Características climáticas del lugar</i> .....	15
3.3.	<b>Alcance</b> .....	16
3.4.	<b>Diseño de investigación</b> .....	16
3.4.1.	<i>Sistema de muestreo</i> .....	16
3.5.	<b>Tipo de estudio</b> .....	16
3.6.	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	16
3.7.	<b>Materiales</b> .....	17
3.7.1.	<i>Materiales e instrumentos de campo</i> .....	17
3.7.2.	<i>Materiales y equipos de oficina</i> .....	17
3.7.3.	<i>Materiales y equipos de Laboratorio</i> .....	17
3.8.	<b>Metodología</b> .....	17
3.8.1.	<i>Fase de campo evaluación dasométrica</i> .....	17
3.8.1.1.	<i>Reconocimiento del sitio de la investigación</i> .....	17
3.8.1.2.	<i>Levantamiento planimétrico</i> .....	17
3.8.1.3.	<i>Sistema de muestreo e instalación de las parcelas</i> .....	18
3.8.2.	<i>Variables Dasométricas y cualitativas</i> .....	19

3.8.3.	<i>Variables cuantitativas</i> .....	19
3.8.4.	<i>Fase de campo evaluación edáfica</i> .....	21
3.8.5.	<i>Fase de laboratorio</i> .....	23
3.9.	<b>Análisis estadístico</b> .....	26

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	27
4.1.	<b>Evaluación de variables dasométricas de la plantación</b> .....	27
4.2.	<b>Características Físicoquímicas del suelo</b> .....	28
4.2.1.	<i>Parámetros físicos a dos profundidades de 0-30 cm y 30-100 cm</i> .....	28
4.2.1.1.	<i>Textura del suelo</i> .....	28
4.2.1.2.	<i>Color del suelo</i> .....	28
4.2.1.3.	<i>Consistencia del suelo</i> .....	28
4.2.1.4.	<i>Densidad aparente y densidad real</i> .....	28
4.2.2.	<i>Aplicación de estimadores estadísticos a los parámetros físicos de 0-30 cm y de 30-100 cm</i> .....	30
4.2.2.1.	<i>Materia orgánica</i> .....	32
4.2.3.	<b>Reporte de las propiedades químicas 0-30 cm</b> .....	32
4.2.3.1.	<i>Conductividad Eléctrica (C.E)</i> .....	33
4.2.3.2.	<i>Potencial de Hidrógeno</i> .....	33
4.2.3.3.	<i>Amonio y Fósforo</i> .....	34
4.2.3.4.	<i>Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio</i> .....	35
4.2.3.5.	<i>Manganeso, Hierro y Zinc</i> .....	36
4.2.4.	<b>Reporte de las propiedades químicas 30-100 cm</b> .....	37
4.2.4.1.	<i>Conductividad Eléctrica</i> .....	38
4.2.4.2.	<i>Potencial de Hidrógeno</i> .....	38
4.2.4.3.	<i>Amonio y Fosforo</i> .....	39
4.2.4.4.	<i>Potasio, Calcio, magnesio y Sodio</i> .....	40
4.2.4.5.	<i>Manganeso, Hierro y Zinc</i> .....	41
4.3.	<b>Prueba de hipótesis</b> .....	43
4.4.	<b>Discusión</b> .....	43

## CAPÍTULO V

	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	47
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	47

**5.2. Recomendaciones ..... 49**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b>	Ubicación geográfica de la plantación en estudio .....	14
<b>Tabla 2-3:</b>	Número de árboles registrados en cada parcela.....	18
<b>Tabla 1-4:</b>	Análisis estadístico de las variables dasométricas de la plantación de <i>P.radiata</i> .....	27
<b>Tabla 2-4:</b>	Principales características físicas en dos profundidades de 0-30 y 30-100.....	29
<b>Tabla 3-4:</b>	Estimadores estadísticos a características físicas de 0-30 cm de profundidad ..	30
<b>Tabla 4-4:</b>	Estimadores estadísticos características físicas de 30-100 cm de profundidad.	31
<b>Tabla 5-4:</b>	Registro de datos de las propiedades químicas a profundidad de 0-30 cm .....	32
<b>Tabla 6-4:</b>	Propiedades químicas a profundidad de 30-100 cm.....	37
<b>Tabla 7-4:</b>	Valores de elementos para interpretación de datos .....	42
<b>Tabla 8-4:</b>	Prueba T-Estadísticos para una muestra.....	43
<b>Tabla 9-4:</b>	Prueba para una muestra.....	43

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-3:</b>	Mapa geográfico de la ubicación de plantación en la parroquia San Andrés	15
<b>Ilustración 2-3:</b>	Mapa de la plantación de <i>P. radiata</i> D.Don y ubicación de las parcelas	18
<b>Ilustración 3-3:</b>	Calicata 1 m <sup>3</sup>	21
<b>Ilustración 4-3:</b>	Calicata 1 m <sup>3</sup>	22
<b>Ilustración 5-3:</b>	Muestras de suelo en proceso de secado	23
<b>Ilustración 1-4:</b>	Densidad aparente y Densidad real de los suelos a dos profundidades de 0-30 y 30-100	29
<b>Ilustración 2-4:</b>	Porcentaje de materia orgánica a profundidad de 0-30 cm	32
<b>Ilustración 3-4:</b>	Valores del potencial de hidrógeno (pH), profundidad 0-30 cm	34
<b>Ilustración 4-4:</b>	Contenido de Amonio y fósforo por calicata a profundidad de 0-30 cm	34
<b>Ilustración 5-4:</b>	Elementos químicos: potasio; calcio; magnesio; y sodio, a una profundidad de 0-30 cm	35
<b>Ilustración 6-4:</b>	Elementos químicos: manganeso; hierro; y zinc, a una profundidad de 0-30 cm	36
<b>Ilustración 7-4:</b>	Capacidad de intercambio catiónico	37
<b>Ilustración 8-4:</b>	Valores del potencial de hidrógeno (pH), profundidad 3-100 cm	39
<b>Ilustración 9-4:</b>	Contenido de amonio y fósforo a profundidad de 30-100 cm	40
<b>Ilustración 10-4:</b>	Elementos químicos: potasio; calcio; magnesio; y sodio, a una profundidad de 30-100 cm	40
<b>Ilustración 11-4:</b>	Elementos químicos: manganeso; hierro; y zinc, profundidad de 30-100	41

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** FORMULARIO DE CAMPO DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS
- ANEXO B:** DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL
- ANEXO C:** DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS PARA DENSIDAD APARENTE
- ANEXO D:** DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS PARA MATERIA ORGÁNICA
- ANEXO E:** PRUEBAS DE NORMALIDAD
- ANEXO F:** LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO
- ANEXO G:** PROCESO EN EL LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la parte dasométrica y edáfica de una plantación de pino en la parroquia San Andrés; para la parte dasométrica se reconoció el sitio, donde se tomó los puntos GPS de la plantación para posteriormente realizar el mapa y obtener la superficie del área de estudio; en campo, se instalaron cuatro parcelas circulares de 250 metros cuadrados con un radio de 8,92 metros, a una intensidad del 8,62 por ciento con un sistema de muestreo al azar. Para la estimación del crecimiento y productividad se tomó el DAP donde se utilizó una cinta diamétrica, para la altura total y comercial se usó un clinómetro SUNNTO. Para la evaluación edáfica se realizó 2 calicatas de 1 metro, se recolectó dos muestras en cada profundidad con un total de 4 muestras por calicata y una repetición más por cada profundidad con lo que se obtuvo un total de 6 muestras por profundidad, para posteriormente hacer el análisis físico-químico en el laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales ESPOCH, donde se determinó el color, textura, densidad aparente, estructura, humedad, pH, materia orgánica y elementos químicos. Se realizó el análisis estadístico, el cálculo de estimadores estadísticos, Los valores promedios obtenidos para las variables de DAP fue 26,32 centímetros, altura total de 26,26 metros, área basal promedio por árbol 0,06 metros cuadrados, el volumen de madera en pie por hectárea fue de 481,8 metros cúbicos, la textura del suelo franco arenosa, pH ligeramente ácido a neutro, una densidad aparente de que varía de 1,32 a 1,33 gramos por centímetros cúbicos. La hipótesis se comprobó otra vez de la prueba T de student para una muestra El suelo franco arenoso si es apto para la especie de *P. radiata*, igual que el pH obtenido, el crecimiento.

**Palabras clave:** <DASOMETRÍA>, <EDÁFICA>, <*Pinus radiata*>, <PRODUCTIVIDAD>, <CRECIMIENTO>, <FÍSICO-QUÍMICO>, <TEXTURA >, <ELEMENTOS QUÍMICOS>.

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



## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the dasometric and edaphic part of a pine plantation in the parish of San Andres; for the dasometric part, the site was recognized, where the GPS points of the plantation were taken to later make the map and obtain the surface of the study area; in the field, four circular plots of 250 square meters with a radius of 8.92 meters were installed with a random sampling system. For the estimation of growth and productivity, the diameter at breast height (DBH) was taken using a diametric tape and a SUNNTO clinometer was used for the total height. For the edaphic evaluation, 2 pits of 1 cubic meter were made, two samples were collected at each depth, with a total of 4 samples per pit and one more repetition for each depth, for a total of 6 samples per depth, then the physical-chemical analysis was made in the soil laboratory of the Faculty of Natural Resources, where the color, texture, apparent density, structure, humidity, pH, organic matter and chemical elements were determined. A descriptive statistical analysis was performed and the hypothesis was tested with Student's t-test for one sample. The average values obtained for the DBH variables were 26.32 centimeters, total height 26.26 meters, average basal area per tree 0.06 square meters, volume per hectare was 481.8 cubic meters, sandy loam soil texture, pH slightly acidic to neutral, bulk density ranging from 1.32 to 1.33 grams per cubic centimeter. The sandy loam soil, pH obtained if suitable for *P. radiata* species.

**Keywords:** <DASOMETRY>, <EDAPHIC>, <Pinus radiata>, <PRODUCTIVITY>, <GROWTH>, <PHYSICAL-CHEMICAL>, <STUDENT'S T-TEST>, <NUTRIENTS>.

0983-UPT-DBRA-2023



Lcda. Elsa Basantes A.Mgs.  
C.I: 060359440

## INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales aportan varios beneficios desde proveer materia prima para la industria, suministrar productos forestales no maderables y la provisión de servicios ecosistémicos.

En Ecuador el *Pinus radiata* es más reciente que en otros países, en nuestro país fue introducida en el año de 1905 (Guayasamín, 2000, p.95). La cobertura de bosque de toda la superficie nacional es del 34,7%, existiendo bosques naturales con 98,5% y las plantaciones 1,5% del patrimonio nacional forestal (Grijalva et al., 2012, p.95). Durante los años 2007-2010, la madera que fue autorizada para el aprovechamiento fue del 58,5% de plantaciones forestales (Palacios y Quiroz, 2012).

En los años 2008-2009, se autorizó a que se aprovechara 580,2 miles de  $m^3$  procedente de las provincias de Pichincha con el 24,21%, Cotopaxi con el 22,88% y Chimborazo 22,14%, este periodo ocupa el puesto número uno del volumen total de madera autorizada y aprovechada del país (MAE, 2010).

Una estimación que de las 165.000 ha de plantaciones forestales que existe en nuestro país, en la sierra se encuentra 90.000 ha de pino y eucalipto (CORPEI, 2007, P.11).

La utilización y comercialización de la madera de pino, junto a sus derivados son actividades que impulsan la economía del país. Esta especie es exótica, está distribuida por la región sierra de nuestro país, tiene un alto nivel para adaptarse y su crecimiento es rápido, algunas de sus utilidades sirven para aprovechamiento de materia prima para la industria forestal, celulosa y papel, aserrío, leña, para construcción y artesanías (Gallegos, 2009, p. 1).

El Ecuador tenía una base forestal que cubría el 80% de la superficie nacional, era independiente en productos provenientes de la madera (Zuñiga, T. s.f). Pero esto ya no está siendo así ya que hay sobreexplotación y una tala ilegal de los bosques.

En el país existe un suelo apto para usarlo en plantaciones forestales, por ese motivo se debe evaluar la parte edáfica, en la cual se puede determinar los parámetros físicos como: humedad, estructura, color, consistencia, densidad aparente, densidad real, porosidad, clase textural, estabilidad estructural y parámetros químicos como: pH, CE, CIC, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, esto sirve para ver los aspectos edáficos y ver que especie es útil en ese lugar y con adecuado manejo y técnicas de silvicultura, el área potencial de un lugar puede aumentar para uso forestal.

La investigación tiene como finalidad evaluar variables dasométricas y edáficas de una plantación de *P. radiata*, para disponer de información actual de una plantación en este sector e implementar estrategias como establecer plantaciones forestales puede servir para diferentes objetivos como protección del suelo, la producción de madera para la oferta de materia prima y así disminuir la presión sobre los bosques nativos dentro de la provincia y zona centro de nuestro país.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Existe escasa información actualizada sobre el crecimiento y productividad de una plantación de *Pinus radiata* D. Don; lo cual limita la toma de decisiones para la aplicación de actividades silviculturales de la plantación en estudio situada en la parroquia San Andrés.

Si no se hace un adecuado manejo silvicultural a una plantación forestal como son las podas a determinado tiempo, raleos, fertilización, limpieza de maleza, entre otras, esto va a provocar la obtención de madera de baja calidad que sea propensa a enfermedades y plagas.

En el futuro los árboles de la plantación presentaran inconvenientes al momento de la cosecha, el mal manejo ocasionará que aumente el precio en operadores y de igual manera en herramientas ya que pueden estropearse en el proceso perjudicando al propietario de la plantación en términos económicos, porque el precio de la plantación no completará los gastos al encontrarse en mal estado.

Otro de los problemas es que el establecimiento de plantaciones sin una planificación y manejo adecuado pueden desarrollarse en sitios no aptos y con especies no apropiadas (Carle et al., 2002; citado en Pacheco et al., 2017, p. 79).

#### 1.2. Objetivos

##### 1.2.1. General

Evaluar las variables dasométricas y edáficas en una plantación de *Pinus radiata* D. Don en la parroquia San Andrés de la Provincia de Chimborazo, Ecuador.

##### 1.2.2. Específicos

- Estimar el crecimiento y productividad en una plantación de *Pinus radiata* D. Don en la parroquia de San Andrés.

- Evaluar los parámetros Físico - químicos a dos profundidades del suelo de la plantación en estudio.

### **1.3. Justificación**

En el país la industria forestal posee un impacto muy fuerte en cuanto a la economía, al producir cantidades relevantes de madera, dividiendo este sector en industria primaria y secundaria, mediante la industrialización de los productos forestales (Ecuador forestal, 2019).

A través de una evaluación del crecimiento y productividad de la plantación, parámetros que permiten determinar el estado actual de los árboles y su uso. Los requisitos de calidad de la plantación combinan la selección del sitio de plantación según las especies arbóreas seleccionadas, el uso de material genético de alta calidad y el manejo silvícola de la plantación (Murillo y Badilla, 2010).

Lo que influye en la calidad de madera de los árboles son los tratamientos silviculturales, ya que es un componente fundamental para analizar en función del levantamiento de información de árboles con el fin de plantear esquemas de manejo silvicultural (Jiménez, 2008, p.2). Si las plantaciones forestales no tienen éxito es por un manejo inadecuado de esta, no existe un seguimiento o mantenimiento de buenas prácticas silviculturales.

Por eso es preciso partir de información procedentes de evaluaciones sobre el crecimiento y productividad a partir de la recopilación de variables cuantitativas que proporcionará el DAP, altura, volumen de árboles en pie, estos resultados facilitasen estimar el estado que se encuentra la plantación y que actividades silviculturales se pueden aplicar para mejorar el rendimiento de esta.

### **1.4. Hipótesis**

#### **- Hipótesis nula- H0**

El crecimiento en diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen total de aquellos árboles que caracterizan una plantación de *Pinus radiata* ubicada en la parroquia de San Andrés son iguales a los valores indicados por Ecuador Forestal.

- **Hipótesis alternativa – H1**

Al menos una variable dasométrica de aquellos árboles que caracterizan una plantación de *Pinus radiata* ubicada en la parroquia de San Andrés es diferente a los valores indicados por Ecuador Forestal.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Referencias Teóricas

##### 2.1.1. Descripción de la especie

###### 2.1.1.1. Taxonomía

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

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** Pinus

**Especie:** *Radiata*

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

**Nombre Común:** Pino

**Nombres comunes relacionados:** Pino insigne, Pino candelabro (Trujillo, 2002; citado en Velastégui, 2017, P: 11).

###### 2.1.1.2. Descripción dendrológica

Según lo explicado por López & Mateo (2003, p.79).

**Altura:** oscila entre los 13 a 33 m.

**Tronco:** su diámetro esta entre los 30 a 60 cm.

**Copa:** densa y redondeada a piramidal.

**Corteza:** su espesor oscila entre 3 - 5 cm, es áspera y escamosa, tiene un color gris cenizo (López & Mateo,2003, p.79).

**Ramas:** en ramas y ramillas son escamosas, son delgadas, tiene un tono grisáceo, algo glaucas (López & Mateo,2003, p.79).

**Hojas:** oscila entre los 7 a 10cm, son medianamente gruesas y rígidas; su color es de un verde oscuro; las vainas son persistentes anilladas que van de los 6 a 12cm; la forma de corte transversal es semilunar (López & Mateo,2003, p.79).

**Conos:** su tamaño va de 6 a 10 cm, tiene una forma ovoide, recto, su color es de café rojizo (López & Mateo, 2003, p.79).

**Semillas:** Elipsoidal, algo comprimida, muy oscura, de unos 6 mm, con ala de color moreno claro, longitudinalmente estriada, ensanchada hacia arriba y oblicua en el ápice, de 18 a 25 mm de largo por 6 a 8 mm de ancho (López & Mateo, 2003, p.79).

**Flores:** según Ecuador forestal (2013, p.1) sus flores masculinas con estambres peltados, las femeninas se encuentran en conos o estróbilos

### **2.1.2. Características edafoclimáticas**

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

Altitud: 1.800 - 3.500 msnm

Precipitación: 800 – 1.300 mm

Temperatura: 11 – 17 °C

#### **2.1.2.1. Requerimientos edáficos**

*Pinus radiata* se adapta en un suelo franco-arenoso es el más recomendable para su crecimiento, con un pH neutro a ligeramente ácido, esta especie exige un suelo donde existan nutrientes esenciales como el fósforo, boro y zinc (Ecuador Forestal, 2013, p.1).

#### **2.1.2.2. Factores limitantes de crecimiento**

La especie en estudio no tolera la presencia de neblina, tampoco suelos anegados, las plagas que más lo perjudican son los insectos defoliadores y barrenadores, al *Pinus radiata* le afectan enfermedades como el *Diplodia pinea*; quemadura y manchas de acículas; marchites y muerte descendente, chancro (Ecuador Forestal, 2013, p.1).

#### **2.1.3. Usos de la madera**

La madera de *Pinus radiata* es buena para realizar muebles, envases, tableros aglomerados, tableros contrachapados y de fibras también se utiliza para pulpa y papel, ebanistería, tapicería (Ecuador Forestal, 2013, p.1).

## **2.2. Plantaciones forestales**

Se refiere al cultivo de cualquier tipo de árboles forestales en teoría es planificada para el aprovechamiento, obtención de productos y beneficios forestales con la mejor calidad y que se pueda cosechar en un tiempo corto (Rojas, 2001, p. 33).

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

El Ecuador es privilegiado por su ubicación geográfica, esto ayuda a la variabilidad del clima y así se convierte en un país con la mayor biodiversidad en el mundo, como diversidad en especies forestales, ya que el clima ayuda a aceleración del crecimiento de los árboles (Ecuador Forestal, 2007, p.10)

Según Ecuador forestal (2007, p.11) aproximadamente el 52% del territorio ecuatoriano cuenta con capacidad forestal. Hasta el año 2018, en Ecuador contaba con una superficie de bosques de 12'514.340 de hectáreas, el mayor porcentaje se encuentra en la Amazonia con 74%; aproximadamente existe en la región costa 1'883.674 hectáreas que son el 15% y la región sierra cuenta con 1'329.947 hectáreas siendo el 11% (FAO, 2020, p.1).

En el Ecuador el mayor volumen de madera viene de plantaciones forestales, esto corresponde al 62,81% del total de madera autorizada en promedio entre el 2007 y 2009 (MAE,2010. p.3)

En nuestro país se encuentra especies introducidas para plantaciones forestales, en la región sierra en su mayoría se encuentra pino y eucalipto, en la región costa se encuentra especies como pachaco, teca y melina. Estas especies nombradas ocupan los primeros lugares del volumen autorizado para aprovechamiento (MAE, 2010: p.7).

### ***2.2.2. Productos que se obtienen de plantaciones forestales***

Existen varios productos primarios que se pueden obtener de las plantaciones forestales como son: madera en rollo y madera en rollo industrial para la elaboración de trozas etc., y también productos semielaborados como: tableros, aglomerados, contrachapados, MDF, astillas de eucalipto que se utiliza en la elaboración de pulpa; y los productos de mayor valor agregado (PMVA) están muebles, molduras decorativas, puertas, marcos, ventanas, pisos, palillos de dientes (Ecuador Forestal, 2007, p.11).

## **2.3. Inventarios forestales**

*“Un inventario forestal consiste en la recolección sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada. Permite la evaluación del estado actual y sienta las bases del análisis y la planificación, que constituyen el punto de partida de una gestión forestal sostenible. Su importancia radica en que sólo es posible adoptar decisiones que se funden en información fiable y sólida, por lo que es necesario un proceso cíclico de recolección de datos, adopción de decisiones y evaluación de los resultados obtenidos”* (FAO,2022, p.1).

### **2.3.1. Muestreo sistemático**

Este tipo de muestreo consiste en elegir un individuo al azar y los demás individuos vienen condicionado a él (Casal & Mateu,2003, p.5). Este muestreo normalmente se utiliza en el ámbito forestal ya que su realización es muy simple.

### **2.3.2. Muestreo aleatorio simple**

Avala que todos los individuos que pertenecen a una población tienen la misma oportunidad de ser escogidos para en la muestra, lo que significa que la probabilidad de selección de un individuo en un estudio “x” es independiente de la probabilidad que tienen los demás individuos que integran parte de dicha población (Otzen & Manterola, 2017, p.228).

## **2.4. Medidas Dasométricas**

*“Se basa en la toma de mediciones y estimación de las dimensiones de árboles y bosques desde un punto de análisis estadístico”* (Ugalde, 1981, p. 1-6).

### **2.4.1. Medición de DAP**

La medida más común del diámetro del árbol es el DAP (diámetro a la altura del pecho). Esta medición es para saber el diámetro que tiene el fuste a la altura de 1,30 m del suelo (Ugalde, 1981, p. 1-6).

### **2.4.2. Tipos de altura**

#### **2.4.2.1. Altura total y altura comercial**

La altura total consiste en tomar la medición que va desde el suelo hasta la base de la copa, en cambio la altura comercial se refiere a la parte del fuste que puede ser aprovechado para venta,

esta va a depender de la persona que este midiendo y también en los requisitos comerciales (Ugalde, 1981, p. 1-6).

#### ***2.4.3. Diámetro de copa***

Se refiere al diámetro de su proyección sobre el plano horizontal aquí se determina el límite de la copa y desde la línea vertical se toma el dato hasta el límite hasta la corteza del árbol (Wabo, S.F, p. 3).

#### ***2.4.4. Área basal***

El área basal según (Imaña et al.,2014; citado en Moncayo, 2021, p.11) se define como la superficie del corte horizontal hipotético en el tronco de un árbol, medido a 1,30 m del suelo. Es decir, si todos los árboles de un rodal se cortaran en esa misma altura se obtendrá teóricamente la suma de todas esas áreas transversales cortadas.

#### ***2.4.5. Volumen total***

Según (Vásquez & Ramírez, 2005; citado en Moncayo, 2021, p.11) definen como la cantidad de madera estimada en metros cúbicos desde el tocón hasta llegar al ápice del árbol, pero otros autores mencionan que es el árbol completo, donde se considera todos los componentes.

### **2.5. Edafología**

#### ***2.5.1. Suelo***

Es la capa superficial de la tierra y compone el medio en el que crecen las plantas, también es capaz de aportar los nutrientes necesarios para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de la lluvia para las plantas conforme lo van necesitando (INIA Tacuarembó, 2015, p.6).

#### ***2.5.2. Propiedades físico-químicos del suelo***

*“Las propiedades físicas de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes”* (Rucks et al., 2004, p.2).

### 2.5.2.1. Propiedades físicas del suelo

- **Estructura del suelo**

La estructura del suelo es la integración de partículas individuales para formar unidades de un tamaño más grande o comúnmente conocido como terrón (Moren et al., s.f, p.3). Es también la encargada directamente en la conductividad térmica, para el desarrollo radicular, aeración, resistencia a la erosión y la circulación del agua en el suelo. Las partículas que son arcilla, arena y limo se unen para formar agregados (FAO, 2023, p.1).

- **Color**

Lo primero que ve el ojo es el color, esto nos ayuda a definir los horizontes del suelo, los minerales tienen colores que los caracterizan. Gracias a agentes cromógenos dan un determinado color al suelo. Uno de los más importantes es la materia orgánica que da el color oscuro al suelo, los ácidos fúlvicos esto se da de la transformación de la materia orgánica a humus, estos ácidos dan el color amarillo, otro ácido es el ácido húmico que da un color pardo y cuando hay condiciones de sequía esto hace que se produzca una deshidratación de los compuestos de hierro y es lo que da el color rojizo (Moren et al., s.f, pp.3-4).

- **Consistencia**

Es una propiedad que determina cual es la resistencia del suelo al rato que se aplica sobre este, en ingeniería civil el suelo es una propiedad mecánica en cambio en agronomía el suelo es una actividad que está relacionado con el laboreo del suelo. Según el contenido de humedad se puede separar en tres estados (Mojado, húmedo, seco), para determinar la consistencia en suelo mojado se divide en dos variables adherente y plástico (Jaramillo, J. D. F. 2002. pp. 237-239).

- **Densidad aparente**

También conocida como densidad de volumen se define como el peso seco del suelo multiplicado por la unidad de volumen de suelo inalterado como se encuentra en su emplazamiento natural y se toma en cuenta el espacio poroso (Pinot, 2000 citado Rubio, A).

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

- **Densidad Real**

Se establece al obtener el peso seco de la muestra de suelo y el volumen que ocupa los sólidos de la muestra, la densidad real es al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo (Rubio, A, 2010, p.19).

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

- **Estabilidad estructural**

Es una de las propiedades que mejor debe ser conocida ya que determina la resistencia de deterioro y erosión del suelo, la estabilidad estructural es proceso del suelo que indica la resistencia a los agentes externos del suelo como es el agua, viento o maquinaria, también la es fundamental por que defina la intensidad y el tipo de manejo que se le va a dar a ese suelo (Jaramillo, J. D. F. 2002. p. 108).

- **Clase textural**

Es una propiedad física, se sabe que el suelo está compuesto por partículas que son menores a 2 mm de diámetro, estas partículas minerales se dividen en arena, limo y arcilla, la textura determina las cantidades relativas en las que se encuentran las partículas (Jaramillo, J. D. F. 2002. p. 165).

La textura del suelo es fundamental para el movimiento del agua, la disponibilidad de los nutrientes, la aeración, para un adecuado uso y manejo (Jaramillo, J. D. F. 2002. p. 166).

- **Porosidad**

Es el volumen del suelo que no está ocupada por sólidos, eso quiere decir el espacio que está libre para gases y líquidos, el espacio de porosidad del suelo está determinado por el tipo de textura, estructura y cuanta materia orgánica contiene (Jaramillo, J. D. F. 2002. p. 192).

- **Humedad**

La cantidad de humedad del suelo está definida concretamente por la textura, también por la composición de sus fracciones minerales, contenido de materia orgánica, por el medio físico edáfico, la contribución de agua que se le dé, ya sea por lluvia que es de manera natural o por riego que es un medio artificial y como el consumo de humedad que es a causa de la evotranspiración que se da en el suelo (Jaramillo, J. D. F. 2002. p. 203).

#### *2.5.2.2. Propiedades químicas del suelo*

- **pH**

El pH es una propiedad química establece el grado de absorción de iones por las partículas del suelo y ayuda a determinar si el suelo es ácido o alcalino, los valores del pH del suelo van desde

muy ácido que sus valores son menores a 5,5 y los suelos alcalinos que son mayores a 8,5. El pH indica la disponibilidad de nutrientes que tienen las plantas, es de donde los microorganismos y las raíces absorben los nutrientes (Osorio. N. W., 2012. p.1).

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Es la medida de la capacidad que tiene el suelo de adsorber cationes y esta es equivalente a la carga negativa del suelo que están presentes en la superficie del suelo, la retención de cationes lo que hace es que pierda nutrientes para las plantas, un suelo que tenga baja capacidad de intercambio catiónico es un suelo que no retiene los nutrientes necesarios.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Na}^{+}$  (las bases del suelo) y  $\text{NH}_4$  son los cationes más importantes para el intercambio catiónico (Jaramillo, J. D. F. 2002. p. 321).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

La CE calcula la concentración de sales solubles que existen en el suelo, gracias a estas sales la CE mide la capacidad que tiene el suelo para conducir corriente eléctrica, si el valor es más alto quiere decir que tiene mejor corriente en el suelo. La unidad para la CE que se usa es dS/m (decisiemens por metro) (INTAGRI, 2017, p.5).

## **2.6. Manejo silvicultural**

Es importante que después del establecimiento una plantación se debe realizar actividades de manejo, ya que si éstas no se realizan al tiempo necesario, las labores anteriormente realizadas con el establecimiento de la plantación se perderían, con el manejo se quiere lograr que la plantación logre mediante la aplicación de tratamientos silviculturales cumplir con los objetivos de producción esperado, entre las actividades silviculturales se encuentran el replante, prevención de ataque de insectos y enfermedades, control de hierbas, raleos, podas, entre otras (Ipcinfo.org, s.f, p. 37).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo para las variables dasométricas y edáficas respectivamente, además que servirá para conocer el crecimiento y productividad de la plantación de *Pinus radiata* ubicada en la parroquia San Andrés comunidad Tagualág, plantación que pertenece a la empresa Haro madera.

#### 3.2. Caracterización del lugar

##### 3.2.1. Ubicación geográfica en la que se realizó el Trabajo de Integración Curricular

El presente trabajo se realizó en una plantación de *Pinus radiata* D. Don en la comunidad de Tagualág perteneciente a la parroquia de San Andrés en la provincia de Chimborazo. La plantación tiene una superficie neta de plantación de 1,16 ha, pertenece a la empresa Haro Maderas.

##### Ubicación Geográfica:

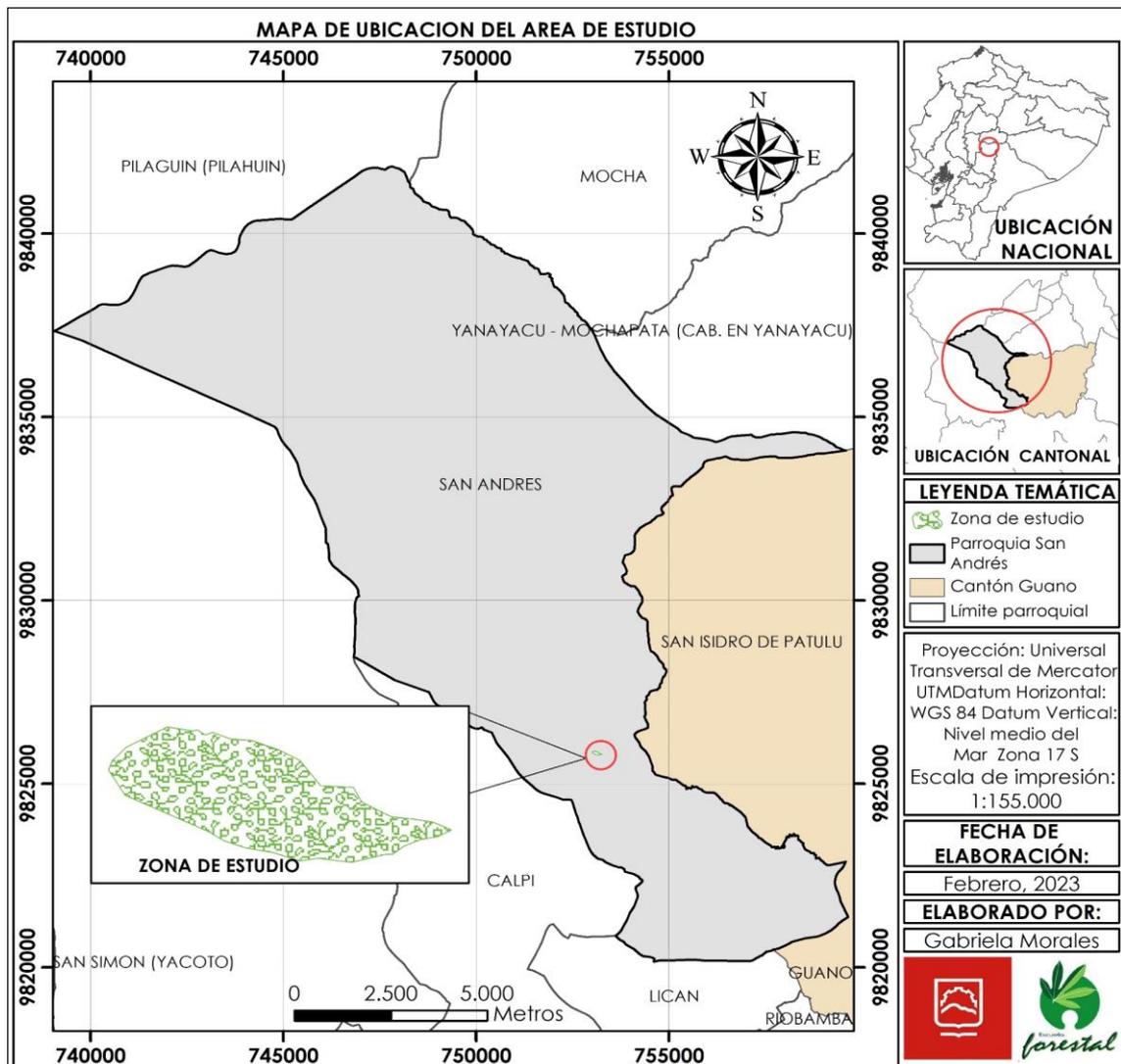
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Cantón</b>	Guano
<b>Parroquia</b>	San Andrés
<b>Comunidad</b>	Tagualág
<b>Altitud</b>	3150 msnm

Los puntos geográficos de referencia donde está la masa forestal son UTM Zona 17S Datum WGS 84:

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

N° de punto	X	Y
1	0753081	9825883
2	0753075	9825887
3	0753072	9825886

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.



**Ilustración 1-3:** Mapa geográfico de la ubicación de la plantación en la parroquia San Andrés

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

### 3.2.2. Clasificación ecológica

“Se categoriza dentro de la formación: *Bosque Siempre verde Montano Alto de los Andes Orientales*” (Sierra et al., 1999; citado en Guallpa y Rosero, 2018, p.80).

### 3.2.3. Características climáticas del lugar

La precipitación anual de 592,3 mm, siendo la temperatura media de 13,3° C y una humedad relativa media de 71,9%, a una altitud de 3150 msnm (Estación Agrometeorológica ESPOCH,2022).

### **3.3. Alcance**

A través de la evaluación dasométrica y edáfica se pretende contribuir con información de la productividad y crecimiento, además de contar con datos de variables físico-químicos del suelo para que se dé un adecuado manejo silvicultural o aprovechamiento de la plantación.

### **3.4. Diseño de investigación**

#### **3.4.1. Sistema de muestreo**

El sistema de muestreo que se utilizó para la evaluación dasométrica fue el sistema de muestreo al azar, en la plantación ubicada en la parroquia San Andrés donde se estableció 4 parcelas circulares de 250 m<sup>2</sup>.

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

La presente investigación es de tipo campo- laboratorio; para lo cual se realizó un muestreo al azar con la instalación de 4 parcelas circulares en la plantación *P. radiata*; para la recolección de datos dasométricos. También se llevó a cabo la recolección de muestras del suelo de las calicatas y se procedió a su evaluación fisicoquímica en el laboratorio de suelos de la Facultad de recursos Naturales.

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

La población objeto de estudio fue una plantación de *P. radiata* de un área neta de 1,16 hectáreas, se aplicó una intensidad del 8,62% mediante la instalación de 4 parcelas circulares de forma aleatoria de 250 m<sup>2</sup> con un radio de 8,92 m.

Para la recolección de muestras de suelo, se realizaron dos calicatas ubicadas en puntos aleatorios adyacentes a las parcelas del muestreo dasométrico, se recolectaron dos muestras de suelo a la profundidad de 0-30 cm y dos muestras a la profundidad de 30-100 cm.

### **3.7. Materiales**

#### ***3.7.1. Materiales e instrumentos de campo***

Cinta métrica, pala, azadón, fundas ziploc, estilete, cilindros, clinómetro SUUNTO, distanciómetro digital, cuerda, GPS Garmin, cinta, pintura, libreta de campo, lápiz, calculadora, barra.

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

Computadora, impresora, hojas.

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

Muestras de suelo, papel periódico, pesa, reactivos, estufa, agua destilada, vasos plásticos, gasas, ligas.

### **3.8. Metodología**

Para el cumplimiento del primer objetivo específico, se estimó el crecimiento y productividad de la plantación de *Pinus radiata* D. Don, para ello, se realizaron las siguientes actividades.

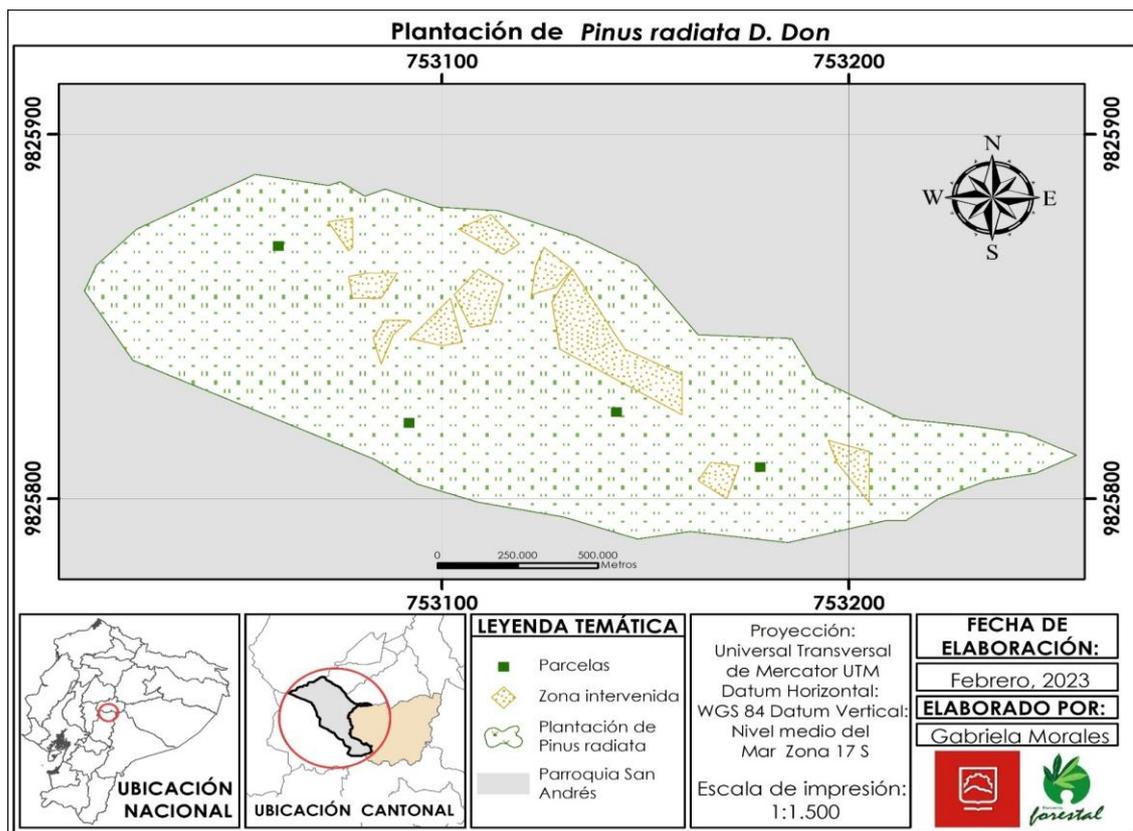
#### ***3.8.1. Fase de campo evaluación dasométrica***

##### ***3.8.1.1. Reconocimiento del sitio de la investigación***

Se llevó a cabo la visita a la plantación con el director a cargo de este trabajo de investigación curricular, donde se pudo ver el estado de la masa forestal, tipo de terreno y los caminos para dirigirse a este sitio, ya con la observación se estableció que actividades hacer para el cumplimiento del objetivo.

##### ***3.8.1.2. Levantamiento planimétrico***

Para la realización del levantamiento del lugar se tomaron las coordenadas UTM (X, Y) con la ayuda de un GPS Garmin, la toma de puntos fue del perímetro de la plantación. Luego mediante el software ArcGIS 10.8 con los datos obtenidos y procesándolos se hizo el mapa de ubicación; con el software también se calculó la superficie de la plantación.



**Ilustración 2-3:** Mapa de la plantación de *P. radiata* D. Don y ubicación de las parcelas

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

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

Para el inventario en esta plantación se realizó con un diseño de muestreo al azar, donde se estableció cuatro parcelas circulares; sujeto una cuerda al árbol central y desde este se midió 8,92 m de radio para definir la parcela circular.

**Tabla 2-3:** Número de árboles registrados en cada parcela

Nº Parcela	Nº Árboles	Especie
1	19	<i>P. radiata</i>
2	18	
3	15	
4	14	

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

### 3.8.2. Variables Dasométricas y cualitativas

Se tomaron dos tipos de variables dasométricas cuantitativas y cualitativas; para la anotación de los datos de estas variables se utilizó un formato (Anexo A), donde constó: número de parcela, número de árbol, especie, DAP, altura comercial, altura total, diámetro de copa y observaciones.

### 3.8.3. Variables cuantitativas

Los datos fueron tomados con ayuda de una cinta diamétrica para el diámetro a la altura del pecho (1,30 m), estos datos se registraron en cm. Con un clinómetro SUUNTO en porcentaje y distanciómetro digital se tomó la altura comercial y altura total, los cuales se registraron en metros y una cinta métrica para medir el diámetro de copa.

- **DAP**

Para la toma de datos del DAP se colocó la cinta diamétrica alrededor del fuste a una altura de 1,30 m de altura, se tomó en cuenta solo los árboles en pie que están dentro de la parcela circular.

- **Altura comercial y altura total**

Para la medición de la altura se utilizó un distanciómetro digital, con el cual nos ubicamos a una distancia considerable, para conocer a cuantos metros de distancia nos encontramos del árbol y con el clinómetro SUUNTO se vio el número de altura en %, este procedimiento se usó tanto para altura comercial como para altura total.

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

Donde:

**H<sub>t</sub>**: Altura total, (m)

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

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

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

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

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)

- **Diámetro de copa**

Para esto se utilizó un distanciómetro láser, se necesitó dos personas, una persona de ubico bajo la rama más sobresaliente, igual que la otra persona, para así tomar la distancia en dos direcciones (N-S), (E-O). Se obtuvo dos valores, con los cuales se sacó un promedio, siendo esta la medición final.

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

Donde:

**AC**= área de copa

**DC**= diámetro de copa en  $m^2$

- **Área basal**

Para determinar el valor de área basal se utilizó la siguiente formula:

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

Donde:

**AB**: Área basal, ( $m^2$ )

**$\pi$** : 3.1416

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

- **Volumen total**

Para determinar el volumen total se utilizó la siguiente formula:

$$Vt = AB * Ht * ff$$

Donde:

**Vt**: Volumen total de madera, ( $m^3$ )

**AB**: Área basal, ( $m^2$ )

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

**ff**: Factor de forma del pino (0,5) (Diaz, 2018, p.27)

- **Volumen comercial**

Para determinar el volumen total se utilizó la siguiente formula:

$$V_c = AB \cdot H_c \cdot ff$$

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 del pino (0,5)

Para la ejecución del objetivo específico dos, evaluación de los parámetros Físico-químicos a dos profundidades del suelo de la plantación en estudio se realizó los siguientes pasos.

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

En la plantación se realizaron 2 calicatas de 1m de ancho x 1m de largo y de profundidad 1m como se muestra en la Ilustración 3-3.



**Ilustración 3-3:** Calicata 1 m<sup>3</sup>

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023

- **Recolección de muestras de suelo**

Las muestras de suelo se las recolectó en cilindros y fundas ziploc. Para la toma de muestras en los cilindros, estos fueron colocados en las paredes de las calicatas como nos muestra en la Ilustración 4-3 a dos profundidades, la primera de 0-30 cm y la segunda de 30-100 cm, posteriormente fueron etiquetados siendo:

**C1:** calicata uno

**C2:** calicata dos

**M1:** Muestra uno

**M2:** muestra dos

**Recolector:** Adriana Morales

**Fecha:** 19/11/2022

**Lugar recolección:** Comunidad Tagualág- parroquia San Andrés.

Se recolectó dos muestras en cada profundidad lo que nos dio un total de 4 muestras por calicata, se sacó un promedio para tener una repetición más por cada profundidad con lo que se obtuvo un total de 6 muestras por profundidad.



**Ilustración 4-3:** Calicata 1 m<sup>3</sup>

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

### 3.8.5. Fase de laboratorio

En esta fase se trabajó con cada muestra de los cilindros para determinar densidad aparente, porosidad, humedad y también se llevó el mismo número de muestras en fundas ziploc, cada una con 1 kg de sustrato.

- **Con los cilindros**

Se metió a refrigeración las muestras recién traídas de la plantación para al día siguiente llevarlas al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales ESPOCH, al llevarlas al laboratorio se pesó cada una de las muestras en el mismo cilindro y se tomó apuntes del valor. Luego se llevó los cilindros que contenían la muestra de suelo a la estufa durante 2 días a una temperatura de 50°C, después se sacó de la estufa las muestras y se volvió a pesar; para después pesar el cilindro vacío, posteriormente se midió la altura interna y diámetro interno de cada cilindro y así se obtener la densidad aparente.

- **Muestras de suelo en las fundas ziploc**

De igual manera se llevó las muestras de 1 kg al laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales ESPOCH, el sustrato se sacó de cada funda y cada muestra se extendió en papel periódico para que se seque durante 2 días.



**Ilustración 5-3:** Muestras de suelo en proceso de secado

Realizado por: Morales Adriana, 2023

- **Estructura**

La estructura se determinó mediante tacto para ver si era débil al rato de manipular el sustrato, suelta y ver si existían raicillas. También se clasificó el porcentaje de terrones en cada muestra en fino, mediano y grueso, como se muestra en el (Anexo B).

- **Color**

La determinación del color se hizo mediante el sistema de notación Munsell, la cual incluye todos los rangos de matices visibles del espectro electromagnético. Con la tabla de colores de Munsell, se fue tomando una muestra pequeña de cada una de las muestras y se fue colocando en cada plaquita de color para ver con cual se asemeja, se identificó el Value (brillo) y el Chroma (Intensidad), para ver que matiz tienen cada una de las muestras se muestra en el (Anexo C).

- **Estabilidad estructural**

Para la determinación de la estabilidad estructural se utilizó vasos plásticos, gasas, ligas gruesas. En cada vaso se colocó las gasas por adentro, para que quedara a una altura media, lo siguiente que se hizo fue poner agua destilada cubriendo unos 2cm a la gasa, después se escogió el terrón más grande de cada muestra de suelo y se los soltó en cada vaso, se observó a los 5 segundos si comienza a degradarse, después a los 5 minutos se vio que porcentaje del terrón se disolvió, también se cuantificó el porcentaje de transparencia del agua después de los 5 minutos, siendo 100% transparente y 0% agua oscura.

Con esto se determinó el nivel de estabilidad estructural de los suelos arenosos, clasificando según el tiempo que comienza a degradarse siendo Alto (10 min), medio (7 min) y bajo (5 min) como se muestra en el (Anexo D).

- **Consistencia del suelo**

Se determinó en suelo mojado, suelo húmedo y suelo seco; para el suelo mojado existen dos variables adherencia y plasticidad, en adherente se tomó un poco de suelo en la mano y se colocó un poco de agua, con esto se hizo una bolita, con los dedos se aplasta y si no se pega a los dedos es no adherible; para plasticidad de igual manera se tomó poco de suelo en la mano, se colocó un poco de agua y con las dos manos se le da forma de una cuerda, si no se forma esta cuerda es no plástica; para el suelo húmedo se hizo una bolita y se la aplasto con las manos, esta se rompió fácilmente quiere decir que es suelto y para consistencia en suelo seco solo se la toco y se determinó que es suelto (Anexo E).

- **Clase textural**

Primero se tamizo cada una de las muestras, con la balanza encerrada en un recipiente de plástico se pesó 100g de sustrato de cada muestra, luego se puso 10 ml de un líquido (agente dispersante), ahí mismo se colocó 200ml de agua y se dejó reposar por 24 horas, después de estas horas se transfirió estas muestras a una probeta de 1000 ml, se puso agua hasta los 900ml, se colocó el hidrómetro y se siguió llenando con agua hasta los 1000 ml, se sacó el hidrómetro, luego de esto con una barrilla se mezcló durante 1 minuto, se puso de nuevo el hidrómetro por 40 segundos y se tomó la primera lectura, después de 2 horas se tomó la segunda lectura. El método que se utilizó fue el de Bouyoucos, con este se determinó el porcentaje de arena, arcilla y limo con las siguientes formulas.

$$\%a = 100 - \frac{lc_{40}}{pm} \times 100$$

$$\%A = \frac{lc_{120min}}{pm} \times 100$$

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

Donde:

**a:** arena

**A:** arcilla

**L:** limo

**lc:** lectura corregida

- **Densidad real**

Primero se pesó el balón vacío, se colocó agua destilada en el balón y se aforo con la pipeta hasta la línea del balón, se pesó este se lo denominó P2, aparte se pesó 5 gr de suelo y se lo puso en el balón, se aforo nuevamente y se mezcló, se dejó en reposo por unos minutos y esto se lo peso. Estos valores se los muestra en el (Anexo F).

- **Materia orgánica**

Se pesó la capsula vacía, se colocó 5g de muestra de suelo en la cápsula y se dejó en la estufa por 24 horas 105° para luego pesarlos otra vez, después se colocó las mismas muestras en la mufla por 20 minutos y se tomó el peso. Estos valores se los muestra en el (Anexo G).

- **pH**

Pesamos 20g de cada una de las muestras y la colocamos en un vaso de plástico, en cada vaso se puso 50ml de agua destilada y se mezcló con una paleta de helado por 10 minutos, estas muestras fueron puestos en el medidor de pH.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

Se determinó pesando muestras de 0,20 g, se le añadió agua destilada creando una mezcla, se dejó 3 horas en reposo y así se procedió a evaluar los datos por medio del conductivímetro digital.

- **Elementos Químicos**

Para determinar el porcentaje de cada elemento químico de las muestras en estudio, se colocó 0,20 g de suelo previamente tamizado para NH<sub>4</sub> (Amonio) y P (Fósforo), en frascos pequeños de plástico se colocó estos 0,20 g para ponerla en la agitadora durante 1 hora, posteriormente con papel filtro y un embudo se colocó el sustrato en otros frascos, se utilizó el método de colorimetría y los datos de registraron en mg/L.

Para la determinación de K (potasio), Ca (calcio), Mg (Magnesio), Na (Sodio), Mn (manganeso), Fe (hierro), y Zn (Zinc), se mezcló 0,20 g de sustrato con agua destilada, se puso en el agitador por 30 minutos y a si filtrar sus extractos, luego se pasó a vasos pequeños de plástico y con ayuda de una pipeta se puso los reactivos, se procedió a evaluar en el espectrofotómetro de absorción atómica, esta técnica se la conoce como Extracción de Olsen.

### **3.9. Análisis estadístico**

Se procedió a realizar el cálculo de estimadores estadísticos los cuales fueron media, desviación estándar, coeficiente de variación, límite superior e inferior y error de muestreo relativo en una hoja de Excel, esto se lo hizo para las variables dasométricas; se realizó la prueba de normalidad aplicando Shapiro-Wilk y luego la Prueba T para determinar la diferencia significativa de los datos de una muestra.

## CAPÍTULO IV

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

#### 4.1. Evaluación de variables dasométricas de la plantación

En la plantación de *Pinus radiata* D. Don, se encontró que existe 17 árboles promedio por parcela y 660 árboles por hectárea (Tabla 1-4).

En las variables dasométricas el diámetro a la altura del pecho promedio es 26,32 cm, un volumen total promedio de 0,73m<sup>3</sup>, el área basal promedio 0,06 m<sup>2</sup>, el volumen de madera en pie por hectárea es de 481,8 m<sup>3</sup>, y la proyección del área basal es de 39,6 m<sup>2</sup> (Tabla 1-4).

**Tabla 1-4:** Análisis estadístico de las variables dasométricas de la plantación de *P. radiata*

Variables		X	S	Cv %	Límite superior	Límite inferior	Error relativo %
N° Parcelas	4						
Área neta de la plantación	1,16						
N° Árboles/Parcela		17					
N° Árboles/ha		660					
DAP (cm)		26,32	3,58	13,58	27,84	24,8	5,79
Hc (m)		16,32	4,85	29,73	18,39	14,25	12,67
Ht (m)		26,26	6,19	23,56	28,9	23,63	10,04
AB m <sup>2</sup>		0,06	0,02	28,7	0,06	0,05	9,9
Vc m <sup>3</sup>		0,46	0,19	42,36	0,54	0,37	18,04
Vt m <sup>3</sup>		0,73	0,28	38,2	0,85	0,61	16,27
AB (m <sup>2</sup> /ha)		39,6					
Vc/ha m <sup>3</sup>		303,6					
Vt/ha m <sup>3</sup>		481,8					
Vc/Área neta de la plantación		352,18					
Vt/Área neta de la plantación		558,89					

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

## **4.2. Características Físicoquímicas del suelo**

### **4.2.1. Parámetros físicos a dos profundidades de 0-30 cm y 30-100 cm**

#### *4.2.1.1. Textura del suelo*

En las dos profundidades 0-30 cm y 30-100 cm se obtuvo iguales condiciones texturales franco arenoso (tabla 2-4).

#### *4.2.1.2. Color del suelo*

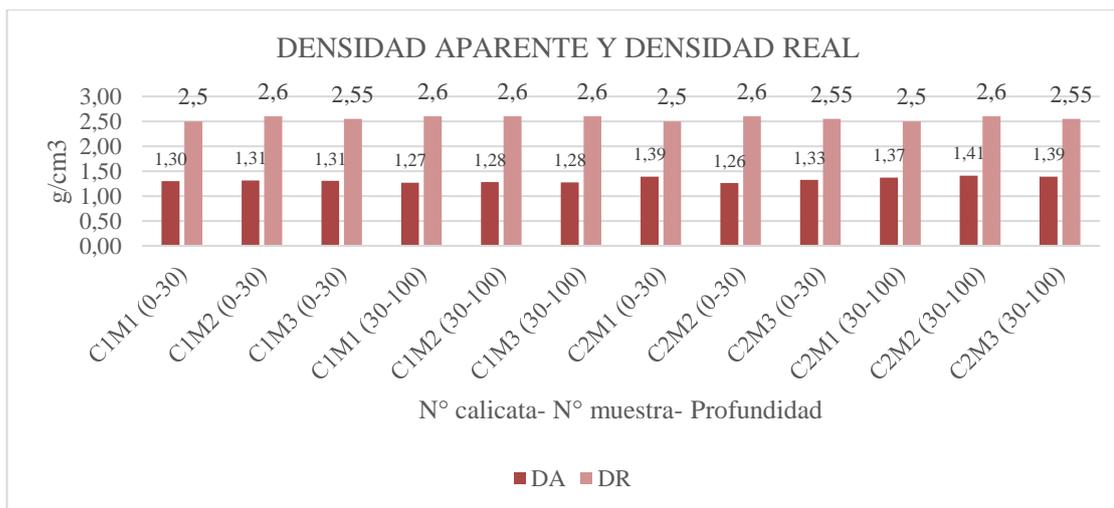
Según la Tabla 2-4 en las dos profundidades 0-30 cm y 30-100 cm, indica que el color en seco se categorizó en todas las muestras como 10YR 4/2 que es pardo grisáceo oscuro.

#### *4.2.1.3. Consistencia del suelo*

Para la consistencia del suelo se determinó en cada una de las muestras de las calicatas a dos profundidades 0-30 cm y 30-100 cm, así se categorizó en suelo seco, húmedo y mojado. Se determinó en suelo seco (suelto), en suelo húmedo (suelto) y en suelo mojado (no plástico/ no adherente).

#### *4.2.1.4. Densidad aparente y densidad real*

En la siguiente ilustración se visualiza cuáles son los valores que presentaron una mayor densidad aparente y arrojo que la muestra 2 de la calicata 2 a la profundidad de 30-100 tiene un valor de 1,41 g/ cm<sup>3</sup> mientras que la menor densidad aparente tiene la muestra 2 de la calicata 2 a una profundidad de 0-30 tiene un valor de 1,26 g/ m<sup>3</sup>.



**Ilustración 1-4:** Densidad aparente y Densidad real de los suelos a dos profundidades de 0-30 y 30-100

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

Para la densidad real se muestra que se tiene valores similares en todas las muestras que van desde 2,5 g/ m<sup>3</sup> a 2,6 g/ m<sup>3</sup>.

**Tabla 2-4:** Principales características físicas en dos profundidades de 0-30 y 30-100

Consistencia							
N° de calicata	Profundidad (cm)	Color en seco	Textura	Densidad aparente g/ m <sup>3</sup>	Seco	Húmedo	Mojado
1	M1 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,3	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
1	M2 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,31	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
1	M3 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,305	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
1	M1 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,27	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
1	M2 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,28	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
1	M3 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,275	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente

2	M1 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,39	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
2	M2 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,26	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
2	M3 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,325	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
2	M1 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,37	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
2	M2 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,41	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente
2	M3 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro	Franco arenoso	1,39	Suelto	Suelto	No plástico/no adherente

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.2. Aplicación de estimadores estadísticos a los parámetros físicos de 0-30 cm y de 30-100 cm

Para la estimación de datos obtenidos en el laboratorio; como la porosidad del suelo fueron expresados en porcentajes, el promedio de la densidad aparente fue 1,32 g/ m<sup>3</sup>; el promedio del porcentaje de poros de las muestras fue del 51,85 %; el promedio de humedad fue de 4,36 %, se obtuvo los resultados que se pueden visualizar en la tabla 3-4.

**Tabla 3-4:** Estimadores estadísticos a las características físicas de 0-30 cm de profundidad

Calicata	N° Muestra	Profundidad	Estructura	g/ m <sup>3</sup>	%	Consistencia	
				% Poros	DA g/ m <sup>3</sup>	DR g/ m <sup>3</sup>	Humedad %
1	M1	(0-30)	Suelta	52,4	1,3	2,5	4,13
1	M2	(0-30)	Suelta	49,7	1,31	2,6	3,17
1	M3	(0-30)	Suelta	51,05	1,305	2,55	3,65
2	M1	(0-30)	Suelta	56	1,39	2,5	5,8
2	M2	(0-30)	Suelta	49,3	1,26	2,6	4,32
2	M3	(0-30)	Suelta	52,65	1,325	2,55	5,06
			$\bar{X}$	51,85	1,32	2,55	4,36
			$S^2$ (Var)	5,99	0,002	0,002	0,91
			$S$ (DesvSta)	2,45	0,04	0,04	0,95

			<b>Cv</b>	4,72	3,24	1,75	21,88
			<b>S <math>\bar{X}</math> (err stad)</b>	1,00	0,02	0,02	0,39
			<b>S <math>\bar{X}</math> (err must)</b>	2,57	0,04	0,05	1,00
			<b>Lim conf (sup)</b>	54,42	1,36	2,60	5,35
			<b>Lim conf (inf)</b>	49,28	1,27	2,50	3,36
			<b>Error relativo %</b>	4,95	3,41	1,84	22,96

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

Para la estimación de datos obtenidos en el laboratorio, a una profundidad de 30-100 cm; como la porosidad del suelo fueron expresados en porcentajes, el promedio de la densidad aparente fue 1,33 g/m<sup>3</sup>; el promedio del porcentaje de poros de las muestras fue del 51,83 %; el promedio de humedad del suelo fue de 3,64 %, tabla 4-4.

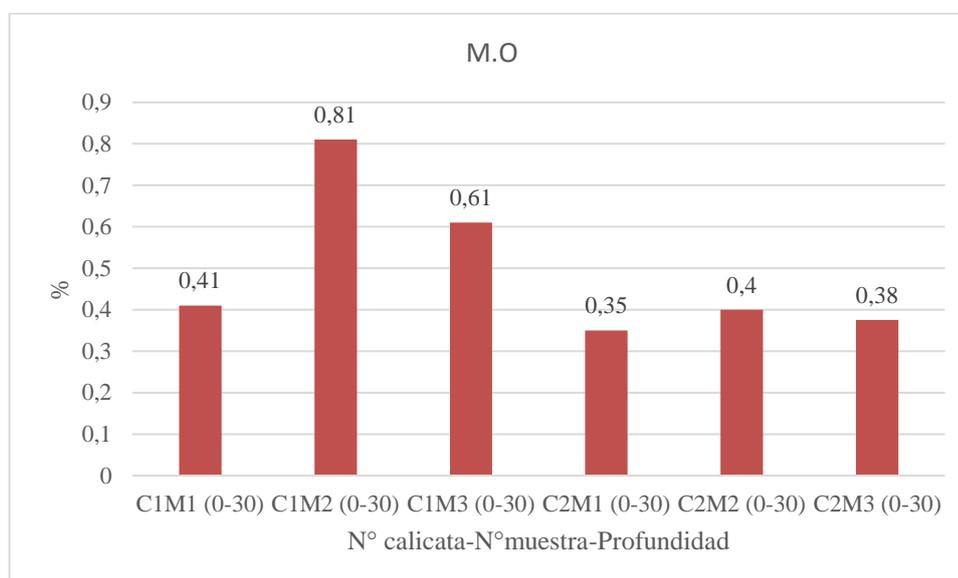
**Tabla 4-4:** Estimadores estadísticos a las características físicas de 30-100 cm de profundidad

Calicata	N° Muestra	Profundidad	g/ m <sup>3</sup>	%	Consistencia		%
			Estructura	Poros	DA	DR	Humedad
1	M1	(0-30)	Suelta	49,5	1,27	2,6	4,86
1	M2	(0-30)	Suelta	48,7	1,28	2,6	3,37
1	M3	(0-30)	Suelta	49,1	1,275	2,6	4,115
2	M1	(0-30)	Suelta	54,7	1,37	2,5	4,36
2	M2	(0-30)	Suelta	54,4	1,41	2,6	1,97
2	M3	(0-30)	Suelta	54,55	1,39	2,55	3,165
			<b><math>\bar{X}</math></b>	51,83	1,33	2,58	3,64
			<b>S<sup>2</sup> (Var)</b>	8,98	0,004	0,002	1,06
			<b>S (DesvSta)</b>	3,00	0,06	0,04	1,03
			<b>Cv</b>	5,78	4,83	1,62	28,34
			<b>S <math>\bar{X}</math> (err stad)</b>	1,22	0,03	0,02	0,42
			<b>S <math>\bar{X}</math> (err must)</b>	3,15	0,07	0,04	1,08
			<b>Lim conf (sup)</b>	54,97	1,40	2,62	4,72
			<b>Lim conf (inf)</b>	48,68	1,26	2,53	2,56
			<b>Error relativo %</b>	6,07	5,07	1,71	29,74

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.2.1. Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica con un valor promedio de materia orgánica de 0,49%, el porcentaje mayor fue el de 0,81 % y porcentaje menor el de 0,35 %.



**Ilustración 2-4:** Porcentaje de materia orgánica a profundidad de 0-30 cm

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.3. Reporte de las propiedades químicas 0-30 cm

En la siguiente Tabla 5-4 se visualiza los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos, con las metodologías que se mencionó anteriormente.

**Tabla 5-4:** Registro de datos de las propiedades químicas a profundidad de 0-30 cm

Ident.	pH	NH4 mg/L	P Meq/ 100g	K ppm	Ca (uS/ cm)	Mg Meq/ 100g	Na	Mn	Fe	Zn	C.E.	C.I.C
<b>C1M1 (0-30)</b>	6,76	4,5	19,2	0,25	7,4	4,8	1,23	8,7	9,5	1,9	67,9	1,7
<b>C1M2 (0-30)</b>	6,5	4,9	19,1	0,19	4,7	3,9	1,28	6,2	7,4	3,6	52,8	2,4
<b>C1M3 (0-30)</b>	6,63	4,7	19,15	0,22	6,05	4,35	1,255	7,45	8,45	2,75	60,35	2,05
<b>C2M1 (0-30)</b>	6,02	4,8	26,3	0,22	8,9	6,8	1,38	5,2	8,8	2,4	49,9	1,6
<b>C2M2 (0-30)</b>	6,14	4,6	24,6	0,25	6,4	7,1	1,41	6,4	7,3	1,2	57,3	1,7

<b>(0-30)</b>													
<b>C2M3</b>													
<b>(0-30)</b>	6,08	4,7	25,45	0,235	7,65	6,95	1,39	5,8	8,05	1,8	53,6	1,65	
<b><math>\bar{X}</math></b>	6,36	4,70	22,30	0,23	6,85	5,65	1,33	6,63	8,25	2,28	56,9	1,85	
<b>S<sup>2</sup> (Var)</b>	0,10	0,02	12,20	0,00	2,12	2,12	0,01	1,59	0,71	0,70	41,9	0,10	
<b>S</b>													
<b>(DesvSta)</b>	0,31	0,14	3,49	0,02	1,46	1,46	0,08	1,26	0,84	0,84	6,48	0,31	
<b>Cv</b>	4,95	3,01	15,66	10,00	21,27	25,76	5,95	19,01	10,24	36,87	11,37	16,92	
<b>S <math>\bar{X}</math></b>													
<b>(err stad)</b>	0,13	0,06	1,43	0,01	0,59	0,59	0,03	0,51	0,34	0,34	2,64	0,13	
<b>S <math>\bar{X}</math></b>													
<b>(err must)</b>	0,33	0,15	3,67	0,02	1,53	1,53	0,08	1,32	0,89	0,88	6,80	0,33	
<b>Lim conf</b>													
<b>(sup)</b>	6,69	4,85	25,97	0,25	8,38	7,18	1,41	7,95	9,14	3,16	63,77	2,18	
<b>Lim conf</b>													
<b>(inf)</b>	6,02	4,55	18,63	0,20	5,32	4,12	1,24	5,30	7,36	1,39	50,18	1,52	
<b>Error</b>													
<b>relativo</b>													
<b>%</b>	5,20	3,16	16,44	10,50	22,32	27,04	6,25	19,95	10,75	38,70	11,93	17,76	

C.E= Conductividad eléctrica; pH en agua; NH<sub>4</sub>Nitrógeno; P=Fosforo; K=Potasio; Ca= Calcio; Mg= magnesio; Na= sodio; Mn= manganeso; Fe= hierro; Zn= zinc

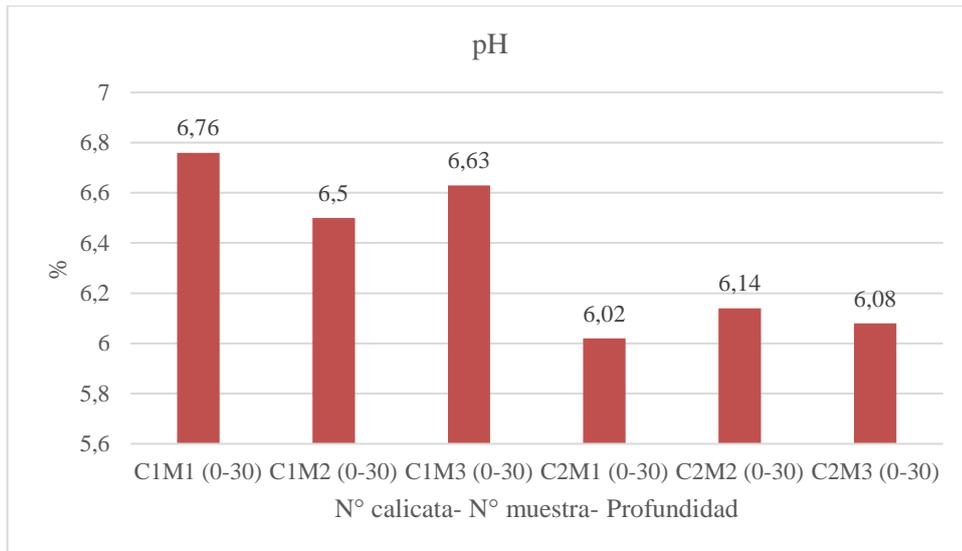
Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.3.1. Conductividad Eléctrica (C.E)

En la tabla 5-4 se muestra los resultados obtenidos, gracias a la utilización de un conductímetro se determinó la conductividad eléctrica que esta expresado en  $ds\ m^{-1}$  y a una temperatura de 25°C.

#### 4.2.3.2. Potencial de Hidrógeno

Se obtuvo los resultados del potencial hidrógeno (pH) de las muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm, en el laboratorio arrojó los resultados de un pH ligeramente ácido con un promedio de 6,36%, el valor más alto fue de 6,76% y el valor menor del pH fue de 6,02% como se muestra en la Ilustración 3-4.

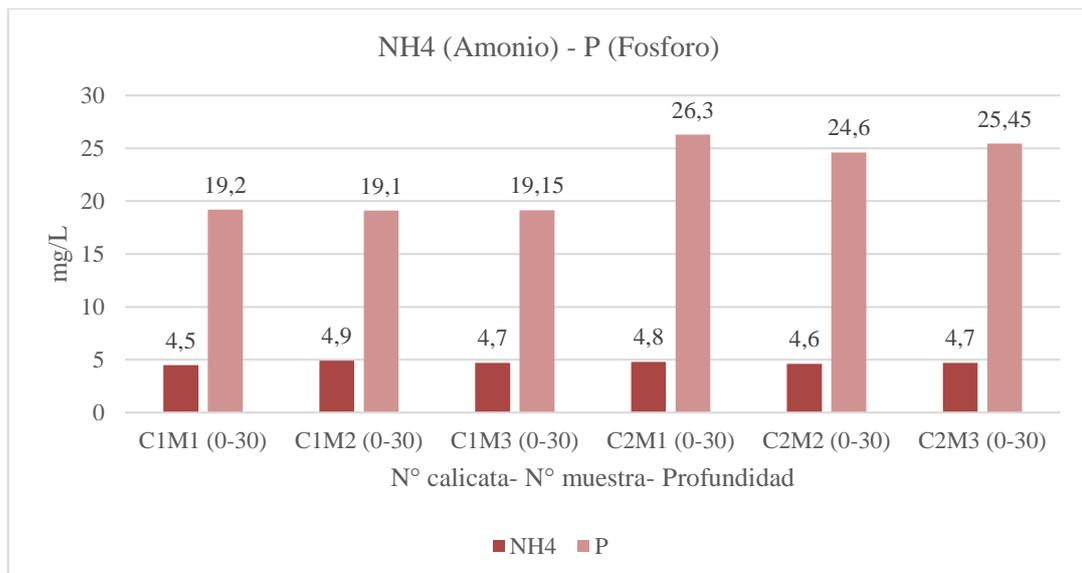


**Ilustración 3-4:** Valores del potencial de hidrógeno (pH), profundidad 0-30 cm  
**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.3.3. Amonio y Fósforo

En la ilustración 4-4, se obtuvo  $\text{NH}_4$  expresado en mg/L con un promedio de 4,70 mg/L, el valor mayor fue de 4,9 mg/L y el valor menor de 4,5 mg/L.

También en la Ilustración 4-4 se observa el contenido de fósforo en las muestras de la plantación de *Pinus radiata* a una profundidad de 0-30 cm obteniendo un promedio de 22,30 mg/L, siendo el valor mayor de 26,3 mg/L este corresponde a la calicata 2 y el valor menor de 19,1 mg/L correspondiente a la calicata 1.



**Ilustración 4-4:** Contenido de Amonio y fósforo por calicata a profundidad de 0-30 cm  
**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

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

En la Ilustración 5-4 se muestra los valores de los elementos químicos obtenidos para el contenido de potasio, calcio, magnesio y sodio de la plantación de *P. radiata* a una profundidad de 0-30 cm.

- **Potasio (K)**

El valor promedio de potasio (K) fue de 0,23 Meq/100g, siendo el valor mayor de 0,25 Meq/100g y el valor menor de 0,19 Meq/100g, como se puede observar en la Ilustración 5-4.

- **Calcio (Ca)**

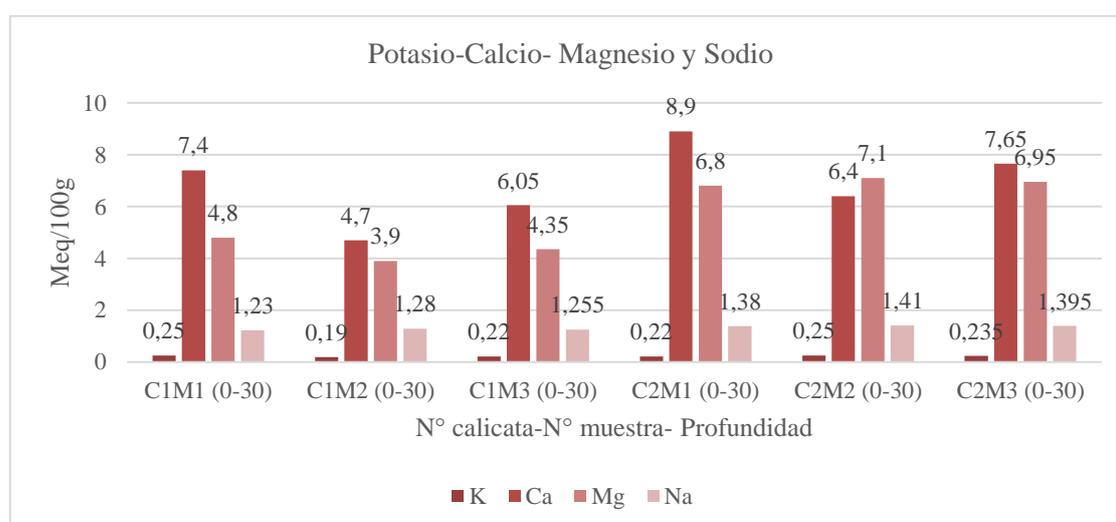
El valor promedio del Calcio (Ca) fue de 6,85 Meq/100g, siendo el valor mayor de 8,9 Meq/100g en la calicata 2 y el valor menor de 4,7 Meq/100g en la calicata 1, como se muestra en la Ilustración 5-4.

- **Magnesio (Mg)**

El valor promedio del Magnesio (Mg) fue de 5,65 Meq/100g, siendo el valor mayor de 6,95 Meq/100g en la calicata 2 y el valor menor de 3,9 Meq/100g en la calicata 1, se puede observar en la Ilustración 5-4.

- **Sodio (Mg)**

Para el valor promedio del Sodio (Mg) fue de 1,33 Meq/100g, siendo el valor mayor de 1,41 Meq/100g en la calicata 2 y el valor menor de 1,23 Meq/100g en la calicata 1, se muestra en la Ilustración 5-4.

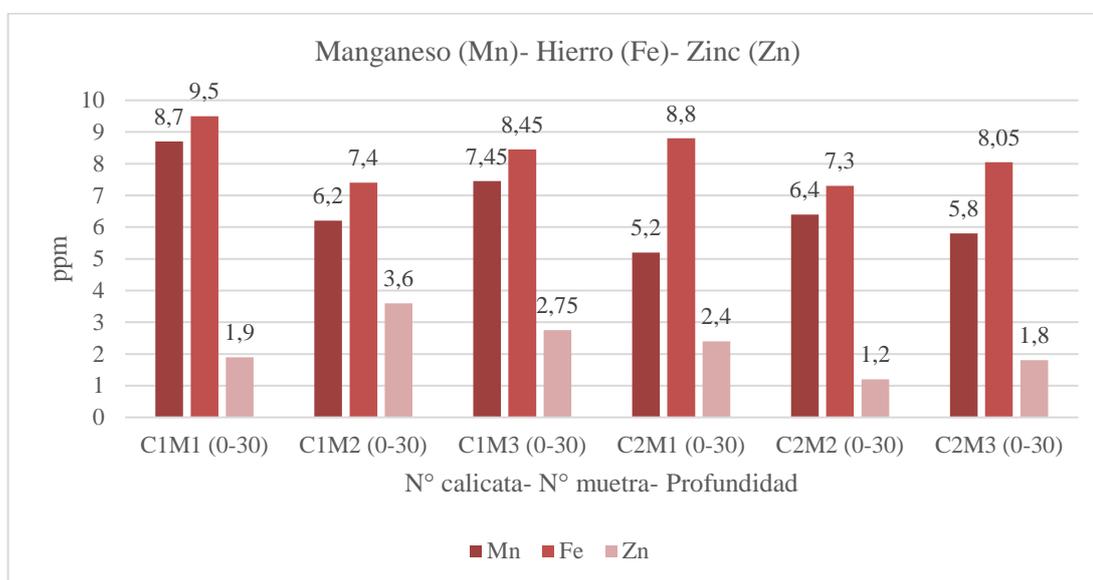


**Ilustración 5-4:** Elementos químicos: potasio; calcio; magnesio; y sodio, a una profundidad de 0-30 cm

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.3.5. Manganeso, Hierro y Zinc

Se presenta el contenido de Magnesio, hierro y zinc expresado en ppm de las muestras de suelo de la plantación de estudio a una profundidad de 0-30 cm, como se observa en la Ilustración 6-4.



**Ilustración 6-4:** Elementos químicos: manganeso; hierro; y zinc, a una profundidad de 0-30 cm

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

- **Manganeso (Mn)**

El valor promedio del contenido de Manganeso (Mn) fue de 6,63 ppm, siendo el valor mayor de 8,7 ppm en la calicata 1 y el valor menor de 5,2 ppm en la calicata 2 como se puede observar en la Ilustración 6-4.

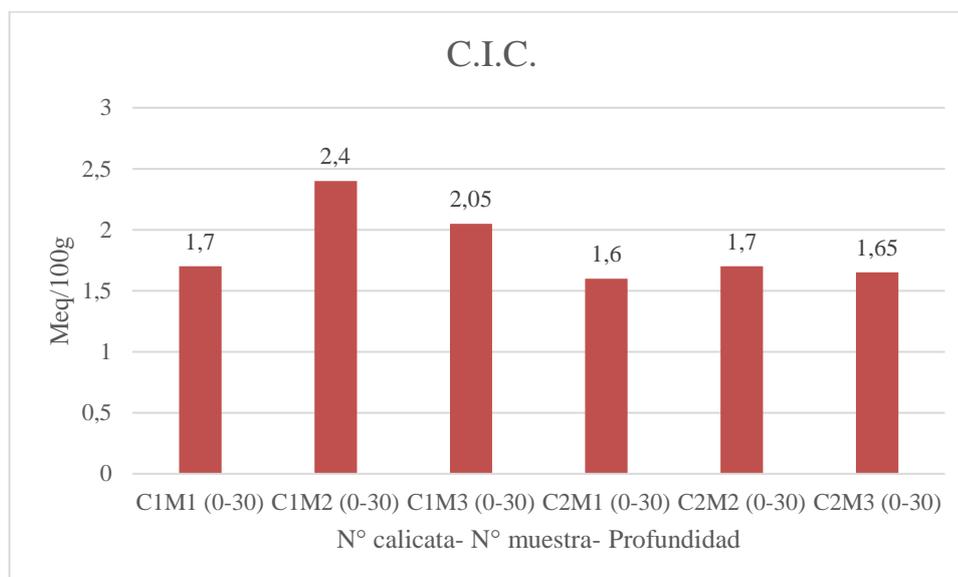
- **Hierro (Fe)**

El valor promedio del contenido de Hierro (Fe) fue de 8,25 ppm, siendo el valor mayor de 9,5 ppm en la calicata 1 y el valor menor de 7,3 ppm en la calicata 2 como se puede observar en la Ilustración 6-4.

- **Zinc (Zn)**

El valor promedio del contenido de Zinc (Zn) fue de 2,28 ppm, siendo el valor mayor de 3,6 ppm en la calicata 1 y el valor menor de 1,2 ppm en la calicata 2 como se puede observar en la Ilustración 6-4.

- **Capacidad de intercambio catiónico**



**Ilustración 7-4:** Capacidad de intercambio catiónico

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.4. Reporte de las propiedades químicas 30-100 cm

En la siguiente Tabla 6-4 se visualiza los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos, con las metodologías que se mencionó anteriormente.

**Tabla 6-4:** Propiedades químicas a profundidad de 30-100 cm

Ident.	pH	mg/L NH4	Meq/ 100g P	ppm K	(uS/ cm) Ca	Meq/ 100g Mg	Na	Mn	Fe	Zn	C.E.	C.I.C
C1M1 (30-100)	6,6	6,4	14,84	0,21	3,9	6,3	1,14	4,2	10,9	2,4	53,8	1,7
C1M2 (30-100)	7,04	6,3	17,3	0,25	2,8	5,9	1,17	4,8	9,6	2,8	88,8	1,7
C1M3 (30-100)	6,82	6,35	16,07	0,23	3,35	6,1	1,155	4,5	10,3	2,6	71,3	1,7
C2M1 (30-100)	6,12	6,5	22,3	0,28	5,3	6,3	1,7	7,5	9,1	1,4	68,4	1,7
C2M2 (30-100)	7,3	7,1	20,9	0,28	7,9	6,7	2,1	8,2	7,9	1,7	70,2	1,7
C2M3 (30-100)	6,71	6,8	21,6	0,28	6,6	6,5	1,9	7,85	8,5	1,55	69,3	1,7

<b>X̄</b>	6,77	6,58	18,84	0,26	4,98	6,30	1,53	6,18	9,38	2,08	70,30	1,70
<b>S<sup>2</sup> (Var)</b>	0,16	0,10	9,98	0,00	3,97	0,08	0,18	3,45	1,23	0,36	124,02	0,00
<b>S (DesvSta)</b>	0,40	0,31	3,16	0,03	1,99	0,28	0,43	1,86	1,11	0,60	11,14	0,00
<b>Cv</b>	5,95	4,76	16,77	11,8	40,03	4,49	27,9	30,09	11,84	28,74	15,84	0,00
<b>S X̄ (err stad)</b>	0,16	0,13	1,29	0,01	0,81	0,12	0,17	0,76	0,45	0,24	4,55	0,00
<b>S X̄ (err must)</b>	0,42	0,33	3,32	0,03	2,09	0,30	0,45	1,95	1,16	0,63	11,69	0,00
<b>Lim conf (sup)</b>	7,19	6,90	22,15	0,29	7,07	6,60	1,98	8,13	10,54	2,70	81,99	1,70
<b>Lim conf (inf)</b>	6,34	6,25	15,52	0,22	2,88	6,00	1,08	4,22	8,21	1,45	58,61	1,70
<b>Error relativo %</b>	6,25	4,99	17,60	12,42	42,01	4,71	29,36	31,58	12,43	30,17	16,63	0,00

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.4.1. Conductividad Eléctrica

En la tabla 6-4 se muestra los resultados obtenidos, la conductividad eléctrica promedio fue de 70,30 uS/cm, siendo el valor menor 6,12 uS/cm muestra perteneciente a la calicata 2 y el valor mayor 7,04 uS/cm de la calicata 1.

La conductividad eléctrica (C.E) del suelo de la plantación de *P. radiata* en San Andrés arroyo como resultados promedios que van desde 56,98 µS/cm a 70,30 uS/cm a las profundidades de 0-30 y 30-100.

#### 4.2.4.2. Potencial de Hidrógeno

Se obtuvo los resultados del potencial de hidrógeno (pH) de las muestras de suelo a una profundidad de 30-100 cm, en el laboratorio arroyo los resultados de un pH neutro con un promedio de 6,77%, el valor más alto fue de 7,3 % y el valor menor del pH fue de 6,12% como se muestra en la Ilustración 8-4.

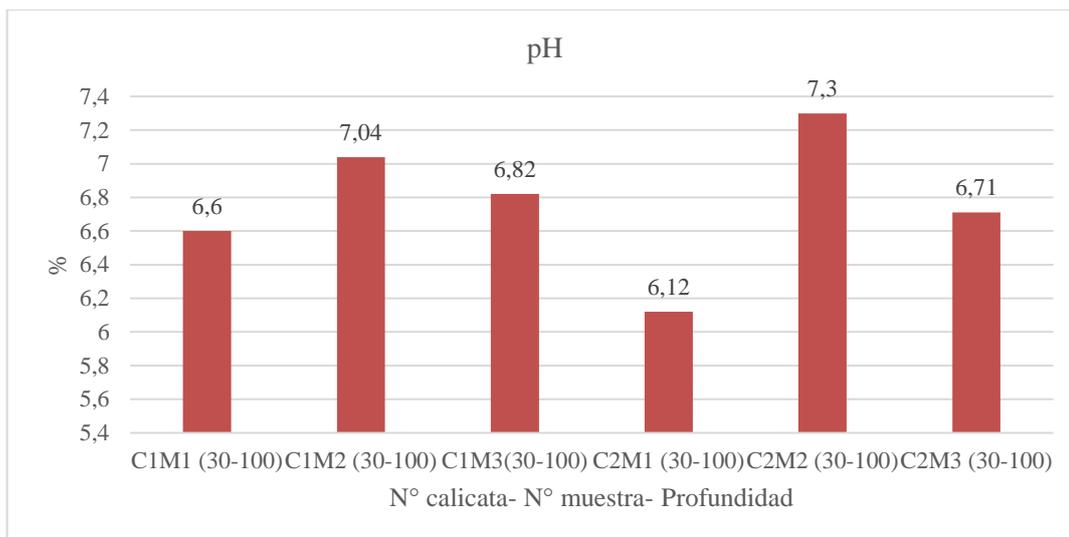


Ilustración 8-4: Valores del potencial de hidrógeno (pH), profundidad 3-100 cm

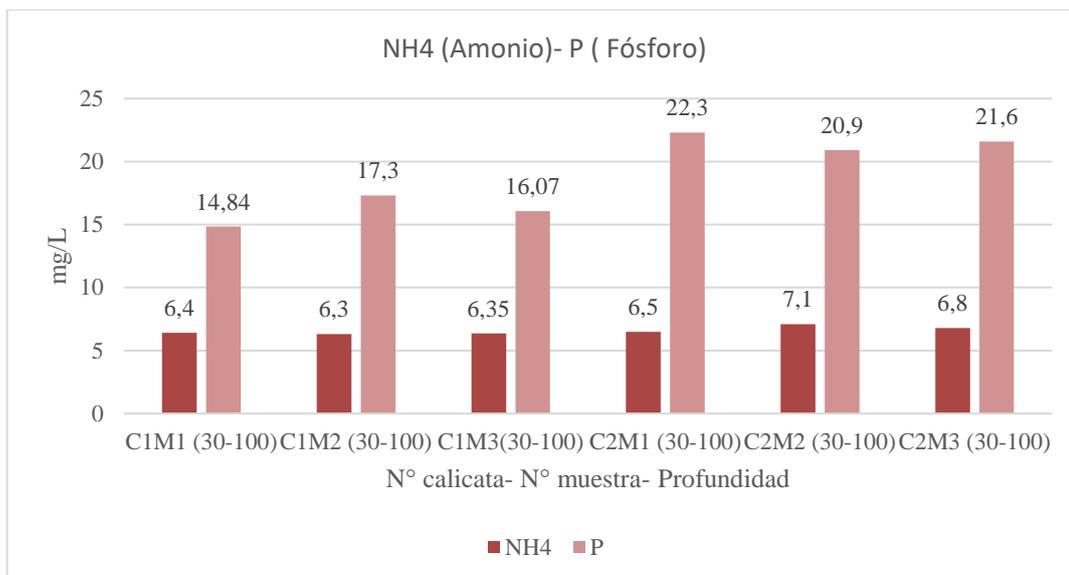
Realizado por: Morales Adriana, 2023.

El potencial hidrogeno (pH) del suelo de la plantación de *P. radiata* en San Andrés arrojó como resultados promedios que va desde 6,36 % a 6,77% a las profundidades de 0-30 y 30-100 cm respectivamente; con resultados en la primera profundidad un pH ligeramente ácido y para la segunda profundidad un pH neutro.

#### 4.2.4.3. Amonio y Fosforo

En la ilustración 9-4, se obtuvo  $\text{NH}_4$  expresado en mg/L con un promedio de 6,58 mg/L, el valor mayor fue de 7,1 mg/L y el valor menor de 6,3 mg/L.

También en la Ilustración 9-4 se observa el contenido de fósforo en las muestras de la plantación de *P. radiata* a una profundidad de 30-100 cm obteniendo un promedio de 18,84 mg/L, siendo el valor mayor de 22,3 mg/L este corresponde a la calicata 2 y el valor menor de 14,84 mg/L correspondiente a la calicata 1.

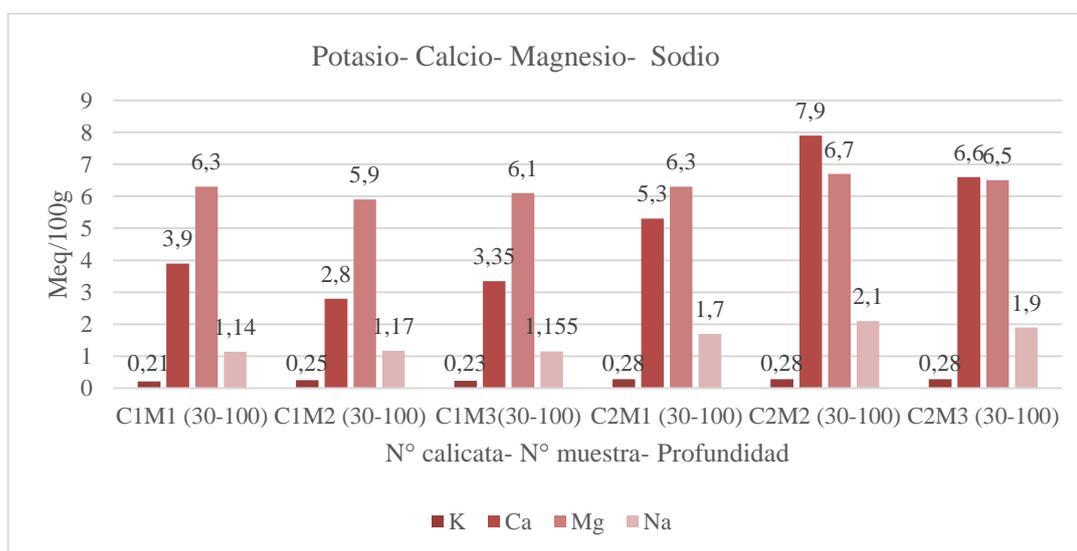


**Ilustración 9-4:** Contenido de amonio y fósforo a profundidad de 30-100 cm

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

#### 4.2.4.4. Potasio, Calcio, magnesio y Sodio

En la Ilustración 10-4 se muestra los valores de los elementos químicos obtenidos para el contenido de potasio, calcio, magnesio y sodio de la plantación de *P. radiata* a una profundidad de 30-100 cm.



**Ilustración 10-4:** Elementos químicos: potasio; calcio; magnesio; y sodio, a una profundidad de 30-100 cm

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

- **Potasio (K)**

El valor promedio de Potasio (K) fue de 0,26 Meq/100g, siendo el valor mayor de 0,28 Meq/100g y el valor menor de 0,21 Meq/100g, como se puede observar en la Ilustración 10-4.

- **Calcio (Ca)**

El valor promedio del Calcio (Ca) fue de 4,98 Meq/100g, siendo el valor mayor de 7,9 Meq/100g en la calicata 2 y el valor menor de 2,8 Meq/100g en la calicata 1, como se muestra en la Ilustración 10-4.

- **Magnesio (Mg)**

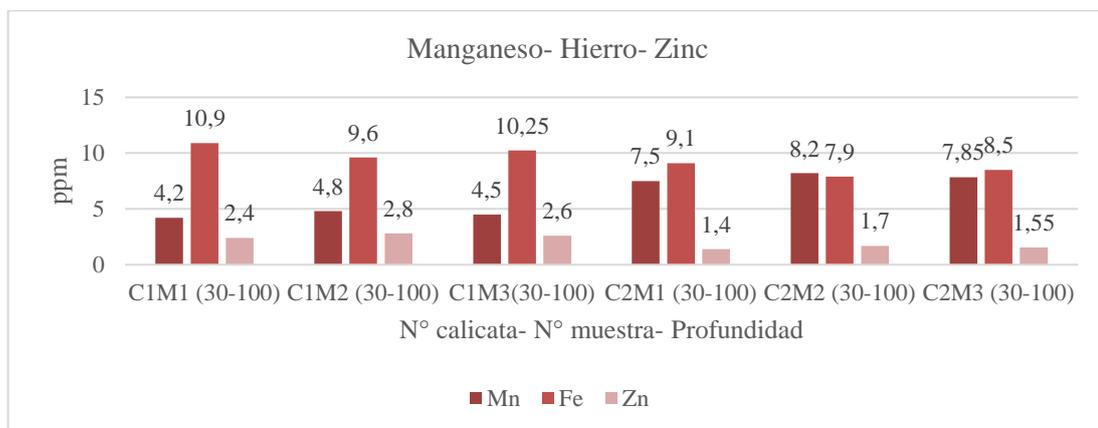
El valor promedio del Magnesio (Mg) fue de 6,30 Meq/100g, siendo el valor mayor de 6,7 Meq/100g en la calicata 2 y el valor menor de 5,9 Meq/100g en la calicata 1, se puede observar en la Ilustración 10-4.

- **Sodio (Mg)**

Para el valor promedio del Sodio (Mg) fue de 1,53 Meq/100g, siendo el valor mayor de 2,1 Meq/100g en la calicata 2 y el valor menor de 1,14 Meq/100g en la calicata 1, se muestra en la Ilustración 10-4.

#### 4.2.4.5. Manganeso, Hierro y Zinc

Se presenta el contenido de Magnesio, hierro y zinc expresado en ppm de las muestras de suelo de la plantación de estudio a una profundidad de 3-100 cm, como se observa en la Ilustración 11-4.



**Ilustración 11-4:** Elementos químicos: manganeso; hierro; y zinc, a una profundidad de 30-100

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

- **Manganeso (Mn)**

El valor promedio del contenido de Manganeso (Mn) fue de 6,18 ppm, siendo el valor mayor de 8,2 ppm en la calicata 2 y el valor menor de 4,2 ppm en la calicata 1 como se puede observar en la Ilustración 11-4.

- **Hierro (Fe)**

El valor promedio del contenido de Hierro (Fe) fue de 9,28 ppm, siendo el valor mayor de 10,9 ppm en la calicata 1 y el valor menor de 8,5 ppm en la calicata 2 como se puede observar en la Ilustración 11-4.

- **Zinc (Zn)**

El valor promedio del contenido de Zinc (Zn) fue de 2,08 ppm, siendo el valor mayor de 2,8 ppm en la calicata 1 y el valor menor de 1,4 ppm en la calicata 2 como se puede observar en la Ilustración 11-4.

Para los valores de los elementos químicos que se estudiaron, el suelo de la plantación de *P. radiata* se los comparó con los valores de la Tabla 7-4.

**Tabla 7-4:** Valores de elementos para interpretación de datos

Elemento	Simbología	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/L	<30,00	31,00-60,00	>60,00
Fósforo	P	mg/L	<15,00	16,00-30,00	>30,00
Potasio	K	meq/100g	<0,56	0,56-0,64	>0,64
Calcio	Ca	meq/100g	<3,00	4,00-10,00	>11,00
Magnesio	Mg	meq/100g	<0,99	1,00-2,00	>3,00

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

Realizado por: Morales Adriana, 2023.

Teniendo así que:

- Amonio (NH<sub>4</sub>): va de 4,70 a 6,58 mg/L, corresponde a valores bajos de NH<sub>4</sub> en el suelo.
- Fósforo (P): va de 18,84 a 22,30 mg/L, corresponde a valores medios de P en el suelo.
- Potasio (K): de 0,23 a 0,26 meq/100 g, corresponde a valores bajos de K en el suelo.
- Calcio (Ca): de 4,98 a 6,85 meq/100 g, corresponde a valores medios de Ca en el suelo.
- Magnesio (Mg): de 5,65 a 6,30 meq/100 g, corresponde a valores altos de Mg en el suelo.

### 4.3. Prueba de hipótesis

En la altura total de los árboles, el crecimiento medio que caracterizaron a la plantación de *P. radiata* en la comunidad de Tagualág en la parroquia San Andrés fue de 26,26 m, y con una desviación típica de 6,19 m (Tabla 8-4).

**Tabla 8-4:** Prueba T-Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Altura total	66	26,2641	6,18808	,76170

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

Al aplicar estadígrafo T de Student para una muestra, mediante el cual se tiene un estadístico de 10,456 y un p valor de 0,000 como es menor que 0,05 se concluye que el crecimiento en altura total de los árboles de la plantación de *P. radiata* en estudio, es diferente al valor de prueba estimado (18,3 m), dato estimado, tomando en cuenta el incremento medio anual de la especie en estudio con 1,22 m/año acorde a lo señalado por Ecuador Forestal (2013, p. 1), y la edad de la plantación evaluada (15 años), por ende se rechaza la hipótesis nula (Tabla 9-4).

**Tabla 9-4:** Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 18.3					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Altura total	10,456	65	,000	7,96409	6,4429	9,4853

**Realizado por:** Morales Adriana, 2023.

### 4.4. Discusión

En el presente estudio la plantación forestal se encuentra ubicada a una altitud de 3150 msnm, en la cual se obtuvo un DAP promedio de 26,32 cm, este dato es mayor al promedio reportado por (Moncayo, 2021, p. 30) en una plantación de pino de 13 años de edad ubicada en la misma zona y un rango altitudinal similar de 3150 msnm, se reportó un promedio del DAP de 23 cm, menor solo por 0,03 cm. La altura total promedio del estudio fue de 26,26 m, mayor al obtenido por (Moncayo, 2021, p. 30) que registro una altura total de 19,61 m estas diferencias tanto en DAP como en altura total se debe a la diferencia de edad ya que la plantación estudiada es mayor por 2 años a la reportada por (Moncayo,2021).

En el estudio de (Moncayo, 2021, p. 30) el incremento medio anual de volumen total por hectárea de la plantación fue de 11,83 m<sup>3</sup>/ha correspondiente al año 2020, el incremento medio anual de la altura total fue de 1,50 m/año y de DAP de 1,70 cm; en el presente estudio se obtuvo un incremento medio anual de volumen total de la plantación 32,12 m<sup>3</sup>/ha correspondiente al último año (2022), el incremento medio anual de la altura total es de 1,75 m y de DAP de 1,75 cm. Valores superiores a los obtenidos en por (Moncayo, 2021, p. 30). Esto probablemente se debe por la edad de la plantación y de la competencia entre árboles vecinos; los efectos de la competencia a nivel de raíces por agua y nutrientes, y a nivel de copa por la luz, predominan sobre otros factores asociados con el crecimiento del árbol individual.

En otro estudio realizado por (Garces, 2023) en una plantación de *P. radiata* a una altitud de 3019 msnm en la parroquia de Licán, de la misma edad, con un total de 1550 árboles/ha obtuvo un incremento medio anual de volumen total de 17,70 m<sup>3</sup>/ha, de altura total 1,04 m y DAP de 1,06 cm. Resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación, con un total de 660 árboles/ha, esto se debe a que en la plantación de (Garces, 2023) no ha existido un buen manejo silvicultural y existe mucha competencia entre árboles, esto provoca un efecto negativo, debido al consumo o al control que ejerce sobre el acceso de recursos como luz, agua o nutrimentos (Colín et al., 2018, p. 96) y esto afecta directamente al crecimiento de diámetro y altura. (Garces, 2023) reporto un área basal promedio de 0,02 m<sup>2</sup>, menor por 0,04 m<sup>2</sup> al área basal que se obtuvo en este estudio que fue de 0,06 m<sup>2</sup>, que de acuerdo a la espesura de la masa está en un rango normal, en respuesta a que se ejecutó actividades de raleo y podas aplicadas en la plantación evaluada.

En la plantación en estudio de 15 años de edad, con un suelo franco arenoso resulta apto para plantaciones de *P. radiata* como lo señala (Ecuador forestal, 2013, p.1), presento una estabilidad estructural baja en el suelo. La densidad aparente de 1,33 g /cm<sup>3</sup> y una densidad real de 2,56 g /m<sup>3</sup>; según (Gualpa, 2018) en su estudio en la misma plantación realizada hace 11 años obtuvo una estabilidad estructural baja, la cual se sigue manteniendo, la densidad aparente de 1,4 g /cm<sup>3</sup>; y una densidad real de 2,5 g /m<sup>3</sup>; se ve que la densidad aparente ha disminuido en un 0,07 en estos 11 años. Esto quizá se debe a que la materia orgánica registro un porcentaje mayor años atrás, por ende, la densidad aparente disminuye. Si la densidad aparente aumenta, se incrementa la compactación y afecta las condiciones de retención de humedad y puede limitar el crecimiento de las raíces, situación que no ocurre en la plantación evaluada (Salamanca & Sadeghian, 2005, p. 382).

Según (Gualpa, 2018, p. 81), en un estudio realizado a los 3 y 4 años en la misma plantación se encontró que el potencial de hidrógeno (pH) es ácido desde 6,2 a 6,7. El potencial hidrógeno (pH) del suelo de la plantación actualmente arrojo rangos que va desde 6,36 a 6,77 a las profundidades

de 0-30 y 30-100 cm respectivamente y un promedio de 6,56 que según (Osorio, 2012, p.2), es un suelo ligeramente ácido. Lo que muestra que se ha mantenido el porcentaje de pH en el transcurso del tiempo, la acidez del suelo se debe a que existe bajo contenido de Potasio y contenido medio de magnesio y fósforo en el suelo, también puede deberse a la erosión del suelo, esto hace que el suelo se mantenga ligeramente ácido. Según (Ecuador forestal, 2013, p.1) un correcto pH para plantaciones de *P. radiata* tiene que ser pH neutro a ligeramente ácido, lo que muestra que este suelo es adecuado para la especie evaluada.

En los estudios realizados en referencia al suelo en la presente investigación se obtuvo un promedio de porosidad de 51,85% en un suelo franco arenoso, en un estudio de (Murray, et al., 2011; citado en Cáceres, 2017, p. 5), indica que existe mayor porosidad en suelos arcillosos ya que este posee mayor número de porosidad de pequeñas dimensiones y que los suelos franco arenosos que posee menor número de porosidad con espacios grandes, en el presente estudio dio como resultado un promedio de porcentaje de porosidad del 51,06 % por lo que se puede indicar que los datos obtenidos en el presente estudio coinciden con lo manifestado por el autor citado.

En un estudio realizado por (Gualpa, 2018) obtuvo un valor promedio de materia orgánica de 2 a 0,6%, este estudio fue en el suelo de la misma plantación, mientras que en la presente investigación obtuvo 0,45% valor de contenido de materia orgánica bajo frente un promedio de materia orgánica del estudio de (Gualpa, 2018). El valor promedio de  $\text{NH}_4$  que se obtuvo en este estudio fue de 5,64 mg/L menor por 1,76 mg/L al registrado por (Gualpa, 2018) que tuvo un resultado promedio de Nitrógeno de 7,4 mg/L como nivel bajo; el contenido de fósforo promedio registrado en este estudio es de 20,57 mg/L corresponde a un nivel medio y el registrado por (Gualpa, 2018) fue de 58,8 mg/L es un nivel de fósforo alto. Se observa que la materia orgánica es inferior a la de (Gualpa, 2018) y todos los nutrientes son menores en el presente estudio, esto se debe que la materia orgánica es la encargada de todos los componentes orgánicos que se encuentran en el suelo y por tanto comprende un sinnúmero de elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo hidrógeno, oxígeno, azufre; la disminución de nutrientes en el suelo también se puede deber a que las plantas requieren mayor cantidad de estos con el paso del tiempo y en el suelo no se ha repuesto los nutrientes que está absorbiendo la plantación. El fósforo, junto al nitrógeno, es uno de los nutrientes esenciales que necesita el suelo. El fósforo es fundamental en la fotosíntesis y el transporte de nutrientes a la planta, ayuda a formar nuevas raíces de los árboles; el nitrógeno es esencial porque es usado por las plantas para producir hojas y mantener un buen color verde.

En el estudio de (Garces, 2023) en conductividad eléctrica obtuvo un promedio de 101,33 uS/cm valor de salinidad media según (maher,2021, p.1); mientras que en el suelo de la plantación

evaluada tiene un promedio de conductividad eléctrica de 63,64 uS/cm valor de salinidad baja según (maher,2021, p.1). El valor óptimo de CE para *P. radiata* esta entre 750,000- 3500 uS/cm (Arbona, 2019, p. 6), los dos valores de CE en las dos plantaciones están por debajo del valor inferior al intervalo, siendo baja la CE hace que se ralentice la mineralización de la materia orgánica en descomposición, con lo cual se explicaría por que existe bajo porcentaje de materia orgánica en la plantación en estudio.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El crecimiento y productividad de los árboles que integran a la plantación de *P. radiata* de 15 años de edad perteneciente a la comunidad de Tagualág en la parroquia de San Andrés se caracteriza por tener 660 árboles/ha, una altura total promedio de 26,26 m, un DAP promedio de 26,32 cm, el valor del área basal/ ha es de 39,6 m<sup>2</sup>/ha, se determinó un volumen total/ área neta de la plantación de 558.89 m<sup>3</sup>/ha y el volumen comercial/ área neta de la plantación es de 352,18 m<sup>3</sup>/ha, el volumen total/ ha fue de 481,8 m<sup>3</sup>/ha valores que refleja una condición de sitio optima, más la aplicación actividades de manejo silvicultural de forma parcial que se reflejan en la productividad alcanzada .
- La textura de esta plantación fue franco arenoso, con una estructura de partículas suelta, tuvo un pH ligeramente ácido a la profundidad de 0-30 cm, y un pH neutro a la profundidad de 30-100 cm, son parámetros del suelo adecuados para el crecimiento y desarrollo de la especie en estudio.
- En este estudio se obtuvieron niveles de fósforo que va de 18,84 a 22,30 mg/L, lo que corresponde a valores medios de P en el suelo; en cambio para Magnesio se obtuvo valores que van desde 5,65 a 6,30 meq/100 g, lo que quiere decir que tiene un nivel alto en contenido de Mg; el suelo de este estudio tiene un contenido de amonio bajo. El fósforo es fundamental en la fotosíntesis y el transporte de nutrientes a la planta, ayuda a formar nuevas raíces de los árboles es el encargado de activar el desarrollo inicial de la planta.
- Durante el estudio de la plantación, se realizó la medición del porcentaje de materia orgánica presente en el suelo a dos profundidades distintas: de 0 a 30 cm y en una segunda profundidad. Los resultados obtenidos revelaron un valor promedio del 0,49% en la primera profundidad y un valor promedio del 0,41% en la segunda profundidad, lo que indica que el suelo de la plantación presenta un bajo contenido de materia orgánica. Además, tras la observación del color del suelo en las dos calicatas, se pudo constatar que se caracterizan por presentar una tonalidad pardo grisácea oscura. La materia orgánica es la encargada de todos los componentes orgánicos que se encuentran en el suelo y por tanto comprende un sinnúmero de elementos, al tener bajo contenido de materia orgánica habrá bajo contenido de nutrientes en el suelo.

- Se determino el promedio de conductividad eléctrica dando como resultado para la profundidad de 0-30 cm 56,98 uS/cm y a la profundidad de 30-100 cm un valor de 70,30 uS/cm; así mismo se obtuvo el promedio del intercambio catiónico para la primera profundidad un valor de 1,85 Meq/100g y para la segunda profundidad 1,70 Meq/100g. Se determinó que la CE está por debajo de lo requerido por la especie, lo cual genera un gasto de energía adicional de la planta y en consecuencia el rendimiento disminuye.

## 5.2. Recomendaciones

- Para asegurar un aprovechamiento óptimo de la plantación en estudio, es fundamental llevar a cabo un monitoreo del crecimiento y calidad de los árboles después de tres años, para la toma de decisiones efectivas de la cosecha final y venta del bosque plantado evaluado.
- Se recomienda la implementación de más plantaciones de *P. radiata* en esta y otras zonas con condiciones edafoclimáticas similares, ya que su tipo de suelo, pH y textura franco arenosa, es adecuado para esta especie. A lo señalado, se sugiere realizar un análisis de suelo previo al establecimiento de futuros proyectos de reforestación, y llevar a cabo una fertilización en la fase del establecimiento con la utilización de plantas de calidad, más la aplicación de actividades de manejo silvicultural con el propósito de alcanzar rendimientos óptimos que aseguren su rentabilidad.
- El crecimiento forestal depende de varios factores, entre ellos, el edáfico, para incrementar la productividad forestal, la especie de *P. radiata* es exigente en Fosforo y se recomienda el uso de fuentes orgánicas es una opción viable para adicionar fósforo. Los abonos y compostas son buenas fuentes de fósforo, con una alta disponibilidad para las plantas. A pesar de que los abonos y compostas son fuentes orgánicas de nutrientes la mayoría del fósforo es inorgánico

## BIBLIOGRAFÍA

**BARRIOS, I.** “La edafología: origen, desarrollo y conceptos”. CORE [en línea], 1985, (España), Volumen (1), p.93. [Consulta: 07 enero 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/11495777.pdf>

**COLIN et al.** “Influencia de la competencia en el crecimiento diamétrico de *Pinus durangensis* Martínez en Durango, México”. *Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2018, (México) volumen 9 (45), p. 96 [Consulta: 08 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n45/2007-1132-remcf-9-45-94.pdf>

**CASAL, J. & MATEU, E.** Tipos de muestreo. *CReSA. Centre de Recerca en Sanitat Animal* [en línea], 2003, (España) volumen (1), p.5. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: [http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(C%C3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(C%C3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)

**CORPEI.** *Planificación Estratégica Plantaciones Forestales en el Ecuador*. Quito-Ecuador: 2007. [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en: [http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE\\_Plantaciones.pdf](http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf)

**ECUADOR FORESTAL.** Fichas técnicas de Especies Forestales/ Ficha Técnica N°13 Pino (*Pinus radiata*). [en línea], 2013. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>

**ECUADOR FORESTAL.** Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador [en línea]. Ecuador 2007. P.10-11. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: [http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE\\_Plantaciones.pdf](http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf)

**ECUADOR FORESTAL.** *Sector Forestal Productivo Formal*. [En línea], 2019. [Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productivo-formal/>

**FAO.** *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)* [blog]. 2022. p.1. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/forest-inventory/basic->

knowledge/es/#:~:text=Un%20inventario%20forestal%20consiste%20en,de%20una%20gesti%C3%B3n%20forestal%20sostenible.

**FAO.** *La Evaluación Nacional Forestal, un proceso para el fortalecimiento de la Gobernanza de los recursos forestales del Ecuador* (PROAmazonia). Ecuador, 2020. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.proamazonia.org/la-evaluacion-nacional-forestal-un-proceso-para-el-fortalecimiento-de-la-gobernanza-de-los-recursos-forestales-del-ecuador/>

**GALLEGOS, P.** Evaluación dasométrica de dos plantaciones y un ensayo de tratamientos culturales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo, Ingeniería en Tecnología de la Madera, Morelia. 2009. P. 1. [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en: [https://elearning.esPOCH.edu.ec/pluginfile.php/370839/mod\\_resource/content/1/5.%20Norma%20ISO%20690%20BIBLIOGRAFIA.pdf](https://elearning.esPOCH.edu.ec/pluginfile.php/370839/mod_resource/content/1/5.%20Norma%20ISO%20690%20BIBLIOGRAFIA.pdf)

**GRIJALVA, J., CHECA, X., RAMOS, R., BARRERA, P., & LIMONGI, R.** *Situación de los Recursos Genéticos Forestales-Informe país Ecuador*. Preparado por el Programa Nacional de Forestería del INIAP con aval del INIAP/FAO/MAE/MAGAP/MMRREE. Ecuador, 2012. P.95

**GUALLPA, M.** “Caracterización edáfica y dasométrica de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill y propuesta de manejo en la zona estepa espinosa Montano Bajo, Riobamba, Ecuador”. *Enfoque UTE* [en línea], 2016, (Ecuador) 6(3), p.82. [Consulta: 27 febrero 2023]. Disponible en:

ISSN: 1390-6542. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/103/109>

**GUALLPA, M & ROSERO, S.** “Evaluación Dasométrica De Una Plantación De *Pinus Radiata* D. Don En El Sector San Andrés, Guano, Ecuador”. *European Scientific Journal* [en línea], 2018, (Ecuador) 14 (15), p. 80. [Consulta: 14 diciembre 2022]. ISSN 1857- 7431. Disponible en: URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p78>

**GUAYASAMÍN, J.** “Los pinos no dejan ver el bosque”. *Ecuador terra incógnita* [en línea], 2000, [Ecuador], 10(10). [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.terraecuador.net/index.html>

**INIA** Tacuarembó. *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas* [en línea]. Uruguay: 2015. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en:

<http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>

**INTAGRI.** La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos [en línea], 2017, (México) volumen (26), p. 5. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>

**IPCINFO.ORG.** *Establecimiento y manejo de plantaciones forestales.* [en línea]. Nicaragua, s.f. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: [https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/Plantaciones%20Forestales.pdf](https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Plantaciones%20Forestales.pdf)

**JARAMILLO, J. D. F.** Ciencia del Suelo [en línea] Universidad Nacional del Colombia. Facultad de Ciencias. Colombia-Medellín. 2002. pp. 108-321. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**LÓPEZ, G. & MATEO, J.** Catálogo de árboles y arbustos primera parte coniferales [En línea]. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo Centro De Investigaciones Forestales. Mexico.2013. p. 79. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI\\_IntGenAmb/Juana\\_Fons/1.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Juana_Fons/1.pdf)

**MAE.** Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007 – 2009 [en línea]. Ecuador 2010. p.3-7. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: [http://www.ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/Aprov\\_RFE\\_0709.pdf](http://www.ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/Aprov_RFE_0709.pdf)

**MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE).** *Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007 – 2009.* Ecuador, Quito, 2010. P.45

**MONCAYO, X.** Caracterización dasométrica de dos plantaciones de *pinus radiata* d. don, con fines de manejo en la parroquia San Andrés, Cantón Guano. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Recursos Naturales, Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 2-30. [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15888/1/33T00290.pdf>

**MORENO RAMÓN, Héctor, GISBERT BLANQUER, Juan Manuel & IBÁÑEZ ASENSIO, Sara.** La estructura de un suelo [en línea] Universidad Politécnica De Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. s.f. p.3. [Consulta: 16 enero 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8010/estructura.pdf>

**MORENO RAMÓN, Héctor, GISBERT BLANQUER, Juan Manuel & IBÁÑEZ ASENSIO, Sara.** EL COLOR DEL SUELO [en línea] Universidad Politécnica De Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. s.f. pp.3-4. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf>

**MURILLO, O., & BADILLA, Y.** *Calidad de la plantación forestal*. ITCR,2010, Cartago, C.R.67 p.

**OSORIO. N. W.** Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal (Artículo). [en línea] Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Facultad de Ciencias. Colombia- Medellín. 2012. p. 1. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

**OTZEN & MANTEROLA.** “Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio” *Int. J. Morphol* [en línea], 2017, 35(1), p. 228. [Consulta: 20 febrero 2023]. ISSN 227-232. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

**PACHECO et al.,** “Valoración financiera de una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, en la microcuenca Zamora Huayco – Loja, Ecuador”. *Bosques Latitud Cero* [en línea], 2017, (Ecuador) 7(1), p. 79. [Consulta: 20 febrero 2023]. ISSN 2528-7818. Disponible en: <file:///C:/Users/adria/Downloads/administrador,+6+Pacheco+et+al+2017+V5.pdf>

**PALACIOS, W., & QUIROZ, H.** *Sondeo de percepciones sobre la rentabilidad del aprovechamiento de madera por pequeños propietarios. Proyecto USAID Costas y Bosques sostenible*. Ecuador, Quito, 2012

**PDOT.** “Proceso de actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia san andrés”, 2019, (Ecuador), p.18. [Consulta: 14 diciembre 2022]. Disponible en: <http://sanandres.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/PDOT-SAN-ANDRES-2019-2023.pdf>

**ROJAS, F.** *Plantaciones Forestales* [en línea]. 2. MONTES DE OCA, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 2001. P.33. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-T-aJYgXgREC&oi=fnd&pg=PR9&dq=que+es+planaciones+forestales&ots=fkG5tks1BZ&sig=4sEwGBXGKJN5D-KpkWczI2IuVJM#v=onepage&q=que%20es%20planaciones%20forestales&f=false>

**RUBIO, A.** La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales [en línea] Universidad De Sevilla. España. 2010. p.19-20. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

**RUCKS et al.**, Propiedades Físicas del Suelo [en línea]. Universidad De La República, Facultad De Agronomía. Uruguay. 2004. p. 2. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf><http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>

**SALAMANCA & SADEGHIAN.** “La densidad aparente y su relación con otras propiedades en el suelo de la zona cafetera colombiana”. *Cenicafé* [en línea], 2005, (Colombia) 56(4), p. 382. [Consulta: 01 marzo 2023]. ISSN 381-297. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>

**UGALDE, L.** Conceptos básicos de gasometría [en línea]. Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 1981. pp. 1-6. [Consulta: 04 enero 2023]. Disponible en: [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/886/Conceptos\\_basicos\\_de\\_dasometria.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/886/Conceptos_basicos_de_dasometria.pdf?sequence=1)

**WABO, E.** Medición de diámetros [en línea]. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Argentina. s.f. p.3. [Consulta: 04 enero 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/adria/Downloads/WABO%20Diametros.pdf>

**ZUÑIGA, T.** FAO. *Situación actual de la forestación y reforestación en el Ecuador*. Ecuador, sf. [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad102s/AD102S08.htm#:~:text=El%20Ecuador%20ha%20sido%20autosuficiente,frente%20a%20una%20incipiente%20forestaci%C3%B3n.>

  
D.B.R.A.I.  
Ing. Carlos Juan Castañero



## ANEXOS

### ANEXO A: FORMULARIO DE CAMPO DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS

# Parcela	N° Arb	Especie	DAP_cm	Hcom_m	H total_m	DC_m	Area basal_m2	Volumen comercial_m3	Volumen total_m3	Area de copa_m2	Observaciones
1	1	<i>P. radiata</i>	30,8	20,79	32,76	10,4	0,07	0,77	1,22	84,95	
1	2	<i>P. radiata</i>	23,8	17,82	28,6	10	0,04	0,40	0,64	78,54	
1	3	<i>P. radiata</i>	26	24,2	35,96	9	0,05	0,64	0,95	63,62	
1	4	<i>P. radiata</i>	25,8	25,48	37,7	9,9	0,05	0,67	0,99	76,98	
1	5	<i>P. radiata</i>	22,3	20,54	31,72	8,6	0,04	0,40	0,62	58,09	
1	6	<i>P. radiata</i>	27,6	22,47	34,44	11,4	0,06	0,67	1,03	102,07	
1	7	<i>P. radiata</i>	26	18,7	29,26	8	0,05	0,50	0,78	50,27	
1	8	<i>P. radiata</i>	23,4	22,5	35,5	8,3	0,04	0,48	0,76	54,11	
1	9	<i>P. radiata</i>	25,1	21,85	32,43	10,4	0,05	0,54	0,80	84,95	
1	10	<i>P. radiata</i>	27,4	20,16	31,5	10,4	0,06	0,59	0,93	84,95	
1	11	<i>P. radiata</i>	30,1	20,16	31,2	9,9	0,07	0,72	1,11	76,98	
1	12	<i>P. radiata</i>	30,4	27,56	42,9	8,5	0,07	1,00	1,56	56,75	
1	13	<i>P. radiata</i>	27	21,21	31,92	11,6	0,06	0,61	0,91	105,68	
1	14	<i>P. radiata</i>	24,6	22,25	34	6,3	0,05	0,53	0,81	31,17	
1	15	<i>P. radiata</i>	31,1	24,65	38,28	7,7	0,08	0,94	1,45	46,57	
1	16	<i>P. radiata</i>	26,7	21,3	31,6	9,5	0,06	0,60	0,88	70,88	
1	17	<i>P. radiata</i>	25,4	21,25	32,5	8,8	0,05	0,54	0,82	60,82	

1	18	<i>P. radiata</i>	24,7	17,94	28,6	7,8	0,05	0,43	0,69	47,78	
1	19	<i>P. radiata</i>	26,3	26,46	42,12	7,2	0,05	0,72	1,14	40,72	
2	1	<i>P. radiata</i>	22,20	10,8	18,33	3,7	0,04	0,21	0,35	10,75	
2	2	<i>P. radiata</i>	22,50	13,49	21,09	3,8	0,04	0,27	0,42	11,34	
2	3	<i>P. radiata</i>	22,60	7,22	21,09	7	0,04	0,14	0,42	38,48	
2	4	<i>P. radiata</i>	24,40	12,41	20,91	7,5	0,05	0,29	0,49	44,18	
2	5	<i>P. radiata</i>	23,70	19,92	24	7	0,04	0,44	0,53	38,48	Cola de zorro
2	6	<i>P. radiata</i>	30,20	15,3	24,65	6,5	0,07	0,55	0,88	33,18	
2	7	<i>P. radiata</i>	26,70	14,72	24,32	5,5	0,06	0,41	0,68	23,76	
2	8	<i>P. radiata</i>	22,00	11,52	23,25	6,7	0,04	0,22	0,44	35,26	
2	9	<i>P. radiata</i>	23,70	11,52	23,52	6,42	0,04	0,25	0,52	32,37	
2	10	<i>P. radiata</i>	28,50	11,52	23,52	9,14	0,06	0,37	0,75	65,61	
2	11	<i>P. radiata</i>	23,60	9,75	16,5	8,58	0,04	0,21	0,36	57,82	

2	12	<i>P. radiata</i>	25,60	10,08	20,8	8,86	0,05	0,26	0,54	61,65	Cola de zorro
2	13	<i>P. radiata</i>	25,70	10,22	20,3	8,79	0,05	0,27	0,53	60,68	
2	14	<i>P. radiata</i>	35,90	11,36	22,08	9,71	0,10	0,57	1,12	74,05	
2	15	<i>P. radiata</i>	37,00	12	21,6	7,7	0,11	0,65	1,16	46,57	Cola de zorro
2	16	<i>P. radiata</i>	36,00	9,8	16,1	7,19	0,10	0,50	0,82	40,60	Cola de zorro
2	17	<i>P. radiata</i>	24,00	9,92	19,52	7,81	0,05	0,22	0,44	47,91	
2	18	<i>P. radiata</i>	2,20	9	24	7,5	0,04	0,17	0,46	44,18	
3	1	<i>P. radiata</i>	21,7	16,64	26	5,1	0,04	0,31	0,48	20,43	
3	2	<i>P. radiata</i>	21,8	13,44	21,84	6	0,04	0,25	0,41	28,27	
3	3	<i>P. radiata</i>	25,5	15,08	23,92	9,2	0,05	0,39	0,61	66,48	
3	4	<i>P. radiata</i>	25	14,5	26,68	6	0,05	0,36	0,65	28,27	
3	5	<i>P. radiata</i>	24,3	15,6	27,82	5,5	0,05	0,36	0,65	23,76	
3	6	<i>P. radiata</i>	24,7	11	17,75	8,2	0,05	0,26	0,43	52,81	
3	7	<i>P. radiata</i>	24,6	18,48	28	6,8	0,05	0,44	0,67	36,32	
3	8	<i>P. radiata</i>	22	8,1	24,9	8,5	0,04	0,15	0,47	56,75	
3	9	<i>P. radiata</i>	25,3	10,8	16,08	8,35	0,05	0,27	0,40	54,76	
3	10	<i>P. radiata</i>	24,5	16,12	24,7	7,88	0,05	0,38	0,58	48,77	
3	11	<i>P. radiata</i>	23,6	15,12	24,84	5,56	0,04	0,33	0,54	24,28	

3	12	<i>P. radiata</i>	24,7	14,58	24,84	7,1	0,05	0,35	0,60	39,59
3	13	<i>P. radiata</i>	26,3	12,32	19,6	7,3	0,05	0,33	0,53	41,85
3	14	<i>P. radiata</i>	29,1	15,5	26,35	7,36	0,07	0,52	0,88	42,54
3	15	<i>P. radiata</i>	29,8	13,34	19,43	7,16	0,07	0,47	0,68	40,26
4	1	<i>P. radiata</i>	26,7	12,42	17,28	5,5	0,06	0,35	0,48	23,76
4	2	<i>P. radiata</i>	27,6	18,56	29,87	5,27	0,06	0,56	0,89	21,81
4	3	<i>P. radiata</i>	26,9	15,66	20,88	8	0,06	0,44	0,59	50,27
4	4	<i>P. radiata</i>	28	21,39	29,14	5,4	0,06	0,66	0,90	22,90
4	5	<i>P. radiata</i>	23,4	13,63	19,43	4,24	0,04	0,29	0,42	14,12
4	6	<i>P. radiata</i>	26	18,36	27,38	6,4	0,05	0,49	0,73	32,17
4	7	<i>P. radiata</i>	30,5	17,69	29,87	7,6	0,07	0,65	1,09	45,36
4	8	<i>P. radiata</i>	29,3	15,12	22,68	8,5	0,07	0,51	0,76	56,75
4	9	<i>P. radiata</i>	31,2	17,68	25,16	8,2	0,08	0,68	0,96	52,81
4	10	<i>P. radiata</i>	31,9	20,48	29,76	6,94	0,08	0,82	1,19	37,83
4	11	<i>P. radiata</i>	22,1	15,3	22,1	5,45	0,04	0,29	0,42	23,33
4	12	<i>P. radiata</i>	23,7	14,79	22,62	8	0,04	0,33	0,50	50,27
4	13	<i>P. radiata</i>	22,9	18,2	26,78	4,5	0,04	0,37	0,55	15,90
4	14	<i>P. radiata</i>	33	19,44	29,16	6,46	0,09	0,83	1,25	32,78

**ANEXO B: DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS PARA LA ESTRUCTURA (CALICATA 1 Y 2)**

	C1			C1			C1			C1		
Muestra	M1 (0-30)			M2 (0-30)			M1 (30-100)			M2 (30-100)		
Clase de estructura	Suelta			Suelta			Suelta			Suelta		
Presencia de MO	Poca presencia de MO			Poca presencia de MO			Mínima presencia de MO			No existe MO		
% De terrones según su tamaño	Fino	Mediano	Grueso									
		80%	12%	8%	85%	3%	7%	97%	3%	0%	90%	5%
Grados de estructura de suelo	Estructura de grano simple: estructura débil			Estructura de grano simple: estructura débil			Estructura de grano simple: estructura débil			Estructura de grano simple: estructura débil		

Calicata	C2			C2			C2			C2		
Muestra	M1 (0-30)			M2 (0-30)			M1 (30-100)			M2 (30-100)		
Clase de estructura	Suelta			Suelta			Suelta			Suelta		
Presencia de MO	Mínima presencia de MO			Mínima presencia de MO			Mínima presencia de MO			No existe MO		
% De terrones según su tamaño	Fino	Mediano	Grueso									
		90%	10%	0%	85%	8%	7%	90%	5%	5%	80%	10%
Grados de estructura de suelo	Estructura de grano simple: estructura débil			Estructura de grano simple: estructura débil			Estructura de grano simple: estructura débil			Estructura de grano simple: estructura débil		

**ANEXO C: DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS DE COLOR**

Calicata	Muestra	Matiz o tinte (hue)	Brillo pureza (Value)	Intensidad (Chroma)	Resultado
C1	M1 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
	M2 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
C1	M1 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
	M2 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
C2	M1 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
	M2 (0-30)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
C2	M1 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2
	M2 (30-100)	Pardo grisáceo oscuro (10YR)	2	4	4/2

**ANEXO D: DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL**

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>Segundos que comenzó a degregarse</b>	<b>% de degregación a los x min</b>	<b>% de transparencia del agua</b>	<b>Nivel de estabilidad estructural (Suelo arenoso)</b>	<b>Observaciones</b>
<b>C1</b>	<b>M1 (0-30)</b>	menos de 5 segundos	15% (5 min)	90%	Bajo	
	<b>M2 (0-30)</b>	menos de 5 segundos	80% (5 min)	50%	Bajo	
<b>C1</b>	<b>M1 (30-100)</b>	menos de 5 segundos	20% (5 min)	97%	Bajo	Presencia de raicillas
	<b>M2 (30-100)</b>	menos de 5 segundos	70% (5 min)	98%	Bajo	
<b>C2</b>	<b>M1 (0-30)</b>	menos de 5 segundos	50% (5 min)	80%	Bajo	Presencia de raicillas
	<b>M2 (0-30)</b>	menos de 5 segundos	70% (5 min)	50%	Bajo	Presencia de raicillas
<b>C2</b>	<b>M1 (30-100)</b>	menos de 5 segundos	100% (3,44 min)	80%	Bajo	
	<b>M2 (30-100)</b>	menos de 5 segundos	45% (5 min)	80%	Bajo	Presencia de raicillas

**ANEXO E: DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS DE CONSISTENCIA DEL SUELO**

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>Mojado</b>		<b>Húmedo</b>	<b>Seco</b>
		<b>Adherencia</b>	<b>Plasticidad</b>		
<b>C1</b>	<b>M1 (0-30)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
	<b>M2 (0-30)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
<b>C1</b>	<b>M1 (30-100)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
	<b>M2 (30-100)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
<b>C2</b>	<b>M1 (0-30)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
	<b>M2 (0-30)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
<b>C2</b>	<b>M1 (30-100)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto
	<b>M2 (30-100)</b>	No adherible	No plástico	Suelto	Suelto

**ANEXO F: DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS PARA DENSIDAD APARENTE**

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>Peso vacío (PVg)</b>	<b>P2 (g)</b>	<b>P3 (g)</b>
<b>C1</b>	<b>M1 (0-30)</b>	43,27	92,68	95,66
	<b>M2 (0-30)</b>	41,93	91,03	94,14
<b>C1</b>	<b>M1 (30-100)</b>	41,37	90,65	93,9
	<b>M2 (30-100)</b>	35,54	85,22	88,32
<b>C2</b>	<b>M1 (0-30)</b>	36,43	86,18	89,17
	<b>M2 (0-30)</b>	36,13	86,26	88,89
<b>C2</b>	<b>M1 (30-100)</b>	35,76	85,54	88,55
	<b>M2 (30-100)</b>	35,77	85,40	88,47

**ANEXO G: DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DE SUELOS PARA MATERIA ORGÁNICA**

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>PV capsula (g)</b>	<b>Peso (estufa g)</b>	<b>Peso (mufla g)</b>
<b>C1</b>	M1 (0-30)	27,57	32,57	32,45
	M2 (0-30)	26,83	31,84	31,74
<b>C1</b>	M1 (30-100)	28,54	33,56	33,46
	M2 (30-100)	23,97	28,99	28,88
<b>C2</b>	M1 (0-30)	27,18	32,20	32,93
	M2 (0-30)	22,60	27,62	27,55
<b>C2</b>	M1 (30-100)	24,56	29,58	29,46
	M2 (30-100)	21,11	26,12	26,00

**ANEXO H: PRUEBAS DE NORMALIDAD**

	Parcela	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diámetro a la altura del pecho	1,0	,130	19	,200*	,940	19	,260
	2,0	,228	18	,014	,789	18	,001
	3,0	,191	15	,146	,899	15	,092
	4,0	,138	14	,200*	,955	14	,634
Altura comercial	1,0	,158	19	,200*	,957	19	,513
	2,0	,192	18	,080	,889	18	,036
	3,0	,169	15	,200*	,958	15	,649
	4,0	,166	14	,200*	,970	14	,874
Altura total	1,0	,184	19	,092	,911	19	,076
	2,0	,150	18	,200*	,918	18	,120
	3,0	,225	15	,040	,902	15	,101
	4,0	,180	14	,200*	,902	14	,122
Diámetro de copa	1,0	,124	19	,200*	,978	19	,919
	2,0	,154	18	,200*	,933	18	,217
	3,0	,140	15	,200*	,962	15	,724
	4,0	,177	14	,200*	,927	14	,280
Área basal	1,0	,146	19	,200*	,922	19	,126
	2,0	,253	18	,004	,752	18	,000
	3,0	,209	15	,076	,879	15	,046
	4,0	,135	14	,200*	,953	14	,603
Volumen comercial	1,0	,111	19	,200*	,937	19	,229
	2,0	,225	18	,017	,895	18	,047
	3,0	,126	15	,200*	,982	15	,981
	4,0	,139	14	,200*	,924	14	,255
Volumen total	1,0	,133	19	,200*	,922	19	,124
	2,0	,281	18	,001	,836	18	,005
	3,0	,134	15	,200*	,936	15	,331
	4,0	,158	14	,200*	,925	14	,261
Área de copa	1,0	,106	19	,200*	,972	19	,821
	2,0	,111	18	,200*	,969	18	,775
	3,0	,144	15	,200*	,960	15	,688
	4,0	,194	14	,163	,917	14	,202
Coeficiente de esbeltez	1,0	,114	19	,200*	,966	19	,692
	2,0	,174	18	,155	,949	18	,417
	3,0	,197	15	,123	,902	15	,102
	4,0	,098	14	,200*	,981	14	,982

## ANEXO I: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO



1. Instalación de parcelas



2. Medición de altura



3. Medición del área de copa



4. Realización de calicatas



5. Toma de muestras de suelo



6. Plantación de estudio

**ANEXO J: PROCESO EN EL LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO**



1. Secado de las muestras



2. Proceso para determinar la clase textural



3. Proceso para determinar la conductividad eléctrica



4. Proceso para determinar el pH



5. Proceso para determinar la estabilidad estructural del suelo



6. Proceso para determinar la densidad real



esPOCH

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: 28 / 06 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Adriana Gabriela Morales Lòpez
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Ingeniería Forestal
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Forestal
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

  
D.B.R.A.I.  
Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



0983-DBRA-UTP-2023