



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE FERTILIZANTE EN  
PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don EN LA ESCUELA DE  
FORMACIÓN DE SOLDADOS DEL ECUADOR, PARROQUIA  
PISQUE, CANTÓN AMBATO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

**CARLOS ANDRÉS VELÁSTEGUI COLOMA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

## HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE: El trabajo de investigación titulado, **EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE FERTILIZANTE EN PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS DEL ECUADOR, PARROQUIA PISQUE, CANTÓN AMBATO**, de responsabilidad del señor Carlos Andrés Velástegui Coloma, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizado para su sustentación.

### TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN

  
.....

**Ing. Sonia Camita Rosero Haro.**  
**DIRECTORA**

Fecha: 14-10-2017.

  
.....

**Ing. José Franklin Arcos Torres.**  
**ASESOR**

Fecha: 17/10/2017

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Carlos Andrés Velástegui Coloma, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y los documentos que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 18 de julio del 2017.



Carlos Andrés Velástegui Coloma

C.I. 172253055-5

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a todas las personas que han formado parte de este proceso de aprendizaje y formación académica, a cada uno de los profesores que me han enseñado su catedra y su experiencia, a todos mis compañeros y amigos de institución, a mis padres por la confianza deposita en mí, a todos mis hermanos por su apoyo incondicional y a mi esposa e hijo que son la razón del día a día.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al personal docente, administrativo y de servicio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que, con su esfuerzo, trabajo y constancia, forman a jóvenes profesionales, para servir a la patria y a la sociedad.

A todos mis amigos y compañeros que con su alegría y tristeza han llenado de sentimiento los días transcurridos en la institución.

Al personal docente de la Facultad de Recursos Naturales que han formado parte fundamental de mi formación académica y personal.

A mis padres por el apoyo, ánimo y paciencia en estos años, a mis hermanos por su ejemplo y a mi mujer e hijo por su cariño incondicional.

Al tribunal de tesis conformado por la Ingeniera Sonia Rosero en calidad de Directora y el Ingeniero Franklin Arcos Asesor, por su guía durante la investigación, de igual forma a la Ingeniera Paola Villalón y a la Escuela de Formación de Soldados del Ecuador, sede Ambato.

## ÍNDICE

<b>I. EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE FERTILIZANTE EN PLANTACIÓN DE <i>PINUS RADIATA</i> D. DON EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS DEL ECUADOR, PARROQUIA PISQUE, CANTÓN AMBATO.....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>A. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>B. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
1. General. ....	2
2. Específicos.....	2
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>3</b>
<b>A. FERTILIZACIÓN EN PLANTACIONES DE <i>Pinus radiata</i> D. Don .....</b>	<b>3</b>
1. Referencias de fertilización en <i>Pinus sp.</i> .....	3
2. Importancia de fertilización en plantaciones.....	3
3. Fertilización de <i>Pinus radiata</i> D. Don en plantación.....	4
4. Requerimientos nutricionales de la especie <i>Pinus radiata</i> D. Don.....	6
1) <i>Fertilizante químico nitrógeno 40% azufre 15% (urea amarilla).</i> .....	7
a) Obtención del fertilizante.....	7
b) Composición química del fertilizante urea amarilla.....	7
c) Ventajas del fertilizante. ....	8
d) Acción del fertilizante en la planta. ....	8
e) Método de aplicación.....	8
f) Comportamiento en el suelo.....	9
g) Método de aplicación.....	9
5. Requerimientos del suelo de <i>Pinus radiata</i> D. Don.....	10

B. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE .....	11
1.Descripción botánica. ....	11
2.Características de la especie. ....	11
3.Distribución nacional de <i>Pinus radiata</i> D. Don. ....	12
C.CONTROL DE ÁCIDEZ Y ALCALINIDAD EN EL SUELO.....	14
1.Importancia del pH en suelo.....	14
2.Uso de enmiendas en el suelo de la plantación. ....	15
D. ANALISIS ECONOMICO .....	16
1.Análisis económico del trabajo investigativo.....	16
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
A.CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	18
1.Localización del área de estudio. ....	18
2.Ubicación geográfica.....	18
3.Características climatológicas. ....	19
4.Clasificación ecológica.....	19
B.MATERIALES Y EQUIPOS .....	19
1.Equipos.....	19
2.Herramientas. ....	19
3.Insumos. ....	19
C.METODOLOGÍA .....	20
1.Diseño experimental.....	20
2.Análisis funcional.....	20
3 Factores de estudio. ....	20
D.MANEJO DEL ENSAYO.....	21
1.Implementación de la parcela experimental. ....	21

2.Manejo de plantación en estudio.....	22
3.Medición de plantas.....	25
4.Procesamiento e interpretación de datos. ....	25
5.Análisis económicos.....	26
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>A.RESULTADOS DE LA ENMIENDA SULFATO DE CALCIO SOBRE EL pH DEL SUELO .....</b>	<b>27</b>
<b>B.ALTURA DE PLANTAS .....</b>	<b>28</b>
1..Análisis de varianza del incremento en las alturas de las plantas a los 30 días de fertilización.....	28
2.Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) a los 30 días de evaluación. ....	29
3..Análisis de varianza del incremento en las alturas de las plantas a los 60 días de fertilización.....	30
4.Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don), periodo de 30 a 60 días de evaluación. ....	31
5.Resultados para alturas de plantas de 60 a 90 días de fertilización.....	32
6.Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 60 a 90 días de evaluación. ....	33
7.Resultado total del incremento de las alturas de plantas desde el día 0 al día 90 de fertilización.....	34
8.Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) a los 90 días de evaluación. ....	35
<b>C.DIÁMETRO DE PLANTAS.....</b>	<b>37</b>

1. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 0 a 30 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	37
2. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) entre los 0 y los 30 días de evaluación. ....	38
3. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 30 a 60 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	39
4. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) periodo de 30 a 60 días de evaluación. ....	40
5. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 60 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	41
6. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 60 a 90 días de evaluación. ....	42
7. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 0 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	43
8. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> D. Don) de 0 a 90 días de evaluación. ....	44
D. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL FERTILIZANTE EN EL pH DEL SUELO .....	46
1. Descenso del pH en el suelo efecto del fertilizante .....	46
E. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS .....	48
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VIII. RESUMEN.....</b>	<b>53</b>
<b>IX. SUMMARY .....</b>	<b>54</b>
<b>X. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>55</b>
<b>XI. ANEXOS .....</b>	<b>60</b>

**LISTA DE TABLAS Y CUADROS**

<b>TABLA 1.</b> Clasificación de suelos según su ph. ....	15
<b>TABLA 2.</b> Cantidades aproximadas de azufre elemental en kilos por hectárea que se requiere para aumentar la acidez de la capa de 0 – 50 de suelo. ....	16
<b>CUADRO 1.</b> Análisis de varianza del incremento de la altura en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don) a los 30 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	28
<b>CUADRO 2.</b> Valores estadísticos de incrementos en altura de plantas a los 30 días....	29
<b>CUADRO 3.</b> Análisis de varianza para el incremento de altura en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don), periodo de 30 a 60 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.....	30
<b>CUADRO 4.</b> Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas de los 30 a 60 días. ....	31
<b>CUADRO 5.</b> Análisis de varianza del incremento en las alturas de las plantas periodo de 60 a 90 días de fertilización. ....	32
<b>CUADRO 6.</b> Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas de los 60 a 90 días. ....	33
<b>CUADRO 7.</b> Análisis de varianza para la altura en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don), periodo de 0 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	34
<b>CUADRO 8.</b> Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas periodo de 0 a 90 días. ....	35

<b>CUADRO 9.</b> Análisis de varianza para diámetro en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don) desde 0 a 30 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.....	38
<b>CUADRO 10.</b> Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas entre los 0 y los 30 días. ....	38
<b>CUADRO 11.</b> Análisis de varianza para diámetro en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don) de 30 a 60 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	39
<b>CUADRO 12.</b> Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas de 30 a 60 días. ....	40
<b>CUADRO 13.</b> Análisis de varianza para diámetro en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don), periodo de 60 a 90 días de fertilización a campo, incluye testigo. ....	41
<b>CUADRO 14.</b> Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas de los 60 a 90 días. ....	42
<b>CUADRO 15.</b> Análisis de varianza para el diámetro en plantas de pino ( <i>pinus radiata</i> d. Don) de 0 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo. ....	43
<b>CUADRO 16.</b> Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas de 0 a 90 días. ....	44
<b>CUADRO 17.</b> Evaluación del costo general del estudio realizado.....	49
<b>CUADRO 18.</b> Evaluación del costo de fertilizante por planta. ....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>IMAGEN 1.</b> Foto aérea del sitio de plantación y área de experimentación. ....	18
<b>GRÁFICO 1.</b> Efecto de dos aplicaciones mensuales de 135 gr de $\text{CaSO}_4$ , como enmienda acidificante al suelo alrededor de plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don. ....	27
<b>GRÁFICO 2.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura a los 30 días. ....	30
<b>GRÁFICO 3.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura a los 60 días. ....	32
<b>GRÁFICO 4.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura entre los 60 y 90 días. ....	34
<b>GRÁFICO 5.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura entre los 0 y 90 días. ....	36
<b>GRÁFICO 6.</b> Diagrama de caja y bigotes que analiza el incremento de alturas entre 0 y 90 días. ....	37
<b>GRÁFICO 7.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 0 y 30 días. ....	39
<b>GRÁFICO 8.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 30 y 60 días. ....	41
<b>GRÁFICO 9.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 60 y 90 días. ....	43

<b>GRÁFICO 10.</b> Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 0 y 90 días. ....	45
<b>GRÁFICO 11.</b> Diagrama de caja y bigotes que analiza el incremento de diámetros entre 0 y 90 días. ....	46
<b>GRÁFICO 12.</b> Comparación de los descensos en el nivel de ph de los tratamientos mientras se realizó el estudio. ....	47
<b>GRÁFICO 13.</b> Comparación del costo de estudio por planta considerando las diferentes etapas. ....	48
<b>GRÁFICO 14.</b> Comparación del costo por tratamiento en relación a los rangos de crecimiento tanto de altura como de diámetro. ....	50

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Tabla de crecimiento en altura para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, con la aplicación de 30 gr de urea amarilla (40% n y 15 % s) * 3 aplicaciones cada 30 días (t1).	60
<b>ANEXO 2.</b> Tabla de crecimiento en altura para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, con la aplicación de 45 gr de urea amarilla (40% n y 15 % s) * 3 aplicaciones cada 30 días (t2).	61
<b>ANEXO 3.</b> Tabla de crecimiento en altura para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, con la aplicación de 60 gr de urea amarilla (40% n y 15 % s) * 3 aplicaciones cada 30 días (t3).	62
<b>ANEXO 4.</b> Tabla de crecimiento en altura para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, en condiciones normales (t0).	63
<b>ANEXO 5.</b> Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, con la aplicación de 30 gr de urea amarilla (40% n y 15 % s) * 3 aplicaciones cada 30 días (t1).	64
<b>ANEXO 6.</b> Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, con la aplicación de 45 gr de urea amarilla (40% n y 15 % s) * 3 aplicaciones cada 30 días (t2).	66
<b>ANEXO 7.</b> Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, con la aplicación de 60 gr de urea amarilla (40% n y 15 % s) * 3 aplicaciones cada 30 días (t3).	67
<b>ANEXO 8.</b> Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de <i>pinus radiata</i> d. Don en plantación, en condiciones normales (t0).	68
<b>ANEXO 9.</b> Análisis químico y de ph del suelo de plantación.	69

<b>ANEXO 10.</b> Evaluación del ph en suelo de plantación, a los 30 días de la incorporación de 135 gr $\text{CaSO}_4$ .....	70
<b>ANEXO 11.</b> Evaluación del ph en suelo de plantación, a los 60 días de la incorporación de 135 gr de $\text{CaSO}_4$ * 2 aplicaciones cada 30 días.....	71
<b>ANEXO 12.</b> Evaluación de ph en el suelo de los tratamientos (t1, t2 y t3), a los 90 días de la fertilización con 30, 45 y 60 gr de fertilizante nitrógeno 40% azufre 15 %, tratamiento (t0) condiciones normales.....	72
<b>ANEXO 13.</b> Distribución de parcelas experimentales en la plantación.....	73
<b>ANEXO 14.</b> Numeración de árboles dentro las parcelas experimentales.....	76

# **I. EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE FERTILIZANTE EN PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS DEL ECUADOR, PARROQUIA PISQUE, CANTÓN AMBATO.**

## **II. INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador, durante las últimas décadas se han establecido plantaciones forestales de *Pinus radiata* D. Don, en lugares ecológicamente inadecuados, en situaciones desfavorables, carentes de manejo técnico que aporte valor a dicha plantaciones y estas sirvan para el desarrollo económico de las comunidades.

La fertilización química en plantaciones forestales de *Pinus radiata* D. Don es una práctica que ayuda a mejorar la calidad de plantas, sin embargo, no está difundida en el país, esto puede ser debido a varios factores, entre los que se destacan, la alta capacidad de adaptabilidad y desarrollo de la especie en el suelo nacional, también influye la falta de información técnica referente al tema.

Los problemas de crecimiento en plantas de *Pinus radiata* D. Don en el Ecuador pueden estar principalmente relacionadas a la falta de conocimiento y planificación al momento de establecer plantaciones forestales, existiendo un gran número de plantíos sin un previo análisis sobre la zona ecológica, suelo y que carecen de un plan de manejo que contemple actividades básicas como coronamiento de plantas, roce, riego y fertilización en caso de ser necesario.

No existen reportes en el Ecuador sobre plantaciones de *Pinus radiata* D. Don que reciban o hayan recibido fertilización a nivel de plantación, a fin de mejorar el desarrollo de las plantas, motivo por el que se presenta la siguiente investigación, que evalúa el efecto de tres dosis distintas de un fertilizante químico, la respuesta del mismo se midió a partir de evaluar el incremento de altura y diámetro basal, en periodos de tiempo determinados para dosis y tratamiento, en comparación con las condiciones normales.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

La adecuada investigación forestal en técnicas de fertilización, enmiendas de suelo y evaluación de plantas forestales de *Pinus radiata* D. Don en el campo, pueden ser útiles al momento de mejorar o implementar una plantación industrial de esta especie, en el país existen muchas plantaciones comunitarias, gubernamentales y privadas en malas condiciones, mermadas en población, con desarrollo lento y turnos de producción demasiados largos, lo que significa pérdida de recursos económicos para el país, debido al ciclo complejo y extenso de la industria maderera.

La Escuela de Formación de Soldados del Ecuador Ambato (ESFORSE) posee una plantación de *Pinus radiata* D. Don de aproximadamente 0.5 Ha, esta presenta alta mortalidad y escaso crecimiento de plantas, esta investigación se encuentra direccionada a encontrar un tratamiento de fertilización que ayude a mejorar el crecimiento actual de las plantas y se pueda replicar el mismo en lugares ecológicamente similares.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. General.**

Evaluar tres dosis de fertilizante en plantación de *Pinus radiata* D. Don en la Escuela de Formación de Soldados del Ecuador, parroquia Pisque, cantón Ambato.

### **2. Específicos.**

- a. Evaluar el crecimiento de plantas de *Pinus radiata* D. Don, en altura y diámetro a los 30, 60 y 90 días, después de la aplicación del fertilizante químico urea amarilla (40% nitrógeno – 15% azufre) con dosis alta, media y baja.
- b. Determinar la mejor dosis del fertilizante químico urea amarilla (40% nitrógeno – 15% azufre) para el crecimiento de *Pinus radiata* D. Don en sitio de plantación.
- c. Analizar económicamente los tratamientos de fertilización en estudio.

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

#### **A. FERTILIZACIÓN EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. Don**

##### **1. Referencias de fertilización en *Pinus sp.***

La fertilización en campo de plantas de la familia *Pinaceae* en países como: Nueva Zelanda, Chile, Australia y Sudáfrica es común, la experiencia en estos países ha demostrado que se puede lograr aumentos importantes en crecimiento, permitiendo acortar los turnos de cosecha con los mismos volúmenes. (Martínez, 2004).

Para maximizar los beneficios de la aplicación de fertilizantes, las recomendaciones de fertilización deben ser específicas para cada sitio y se deben basar en el tipo de suelo, historia del lote, control de la vegetación competitiva, edad de la plantación, población (árboles/ha) y el producto a obtenerse (pulpa, postes, agujas) (Dickens, 2003).

##### **2. Importancia de fertilización en plantaciones.**

Una de las técnicas para superar las dificultades en el establecimiento de plantaciones, es la fertilización forestal, ésta actividad puede contribuir en gran medida a estimular el crecimiento del pino en su etapa más susceptible (Gerding, 1986).

La fertilización de los rodales jóvenes es una práctica que influye sobre el vigor y la supervivencia inicial de las plantas (KUNES, 2013), permite lograr el establecimiento y estabilidad de las plantaciones, respondiendo a deficiencias de nutrientes asociadas a la calidad de la planta y a la escasez de reservas de los sitios (Tucekova & Sarvas, 2001).

La fertilización debe realizarse cuando existen deficiencias de nutrientes o una falta generalizada de fertilidad, que afectan la plantación y el desarrollo de los árboles. La fertilización estimula el crecimiento, acelerando el ritmo de crecimiento de los árboles, aún en sitios donde el crecimiento es moderado. (Davel, 2009).

La baja productividad de las plantaciones de *Pinus radiata* en el Ecuador (comparada con la de los países australes), el largo plazo de retorno de las inversiones y la falta de evaluación previa de las necesidades nutricionales de la especie, pueden ser las razones que han frenado el desarrollo de esta práctica en nuestro país (Sánchez, 2006).

### **3. Fertilización de *Pinus radiata* D. Don en plantación.**

#### **a. Generalidades de los fertilizantes.**

- 1) La naturaleza y conducta de un nutriente en el suelo es importante para determinar la eficiencia. Los nutrientes con potencial de acumulación en el suelo, como P y K, pueden evaluadas a largo plazo. Por otro lado, la eficiencia de N generalmente se evalúa en el corto plazo, debido a la naturaleza transitoria del N inorgánico (LUDWICK, 2004).
- 2) La absorción de nutrientes varía durante el ciclo de cultivo, tanto en la cantidad como en el tipo de elementos minerales. (Schinelli, 2002).
- 3) El clima puede influir el equilibrio de nutrientes (Schinelli, 2002).
- 4) La absorción de un nutriente depende de su concentración en el suelo. Las plantas pueden absorber mayor cantidad de un elemento si su concentración en la solución del suelo es alta (Bruulsema, 2004).
- 5) El exceso de nutrientes puede ser perjudicial y producir toxicidad o crecimiento anómalo (Bruulsema, 2004).
- 6) Los fertilizantes hidrosolubles tienen baja eficiencia y rendimiento variable de acuerdo al sitio de plantación, no son los más recomendables para fertilización de plantas mayores (Millalón, 2012).

## **b. Selección de fertilizante.**

LUDWICK, (2004). Indica que para seleccionar el método de aplicación del fertilizante se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Las características de enraizamiento de la especie que se va a cultivar.
- 2) La demanda de nutrientes por el cultivo en las diferentes etapas de crecimiento.
- 3) Las características físicas y químicas del suelo.
- 4) Las características físicas y químicas del material fertilizante que se va aplicar.
- 5) La disponibilidad de humedad.
- 6) El tipo de sistema de riego si el riego es la única (o la principal) fuente de agua.

Para la selección del tipo y dosis de los fertilizantes a campo es necesario considerar el tipo de suelo, la época de plantación, aportes nutricionales del suelo, composición del fertilizante, forma de aplicación y sus efectos a largo plazo (Tucekova & Sarvas, 2001).

Según Trujillo, (2002) lo primordial antes de realizar cualquier fertilización en el campo es el análisis químico del suelo, para establecer sus necesidades nutricionales y llevarlo a las condiciones óptimas para la especie, mediante la adición de fertilizantes o correctivos específicos orgánicos o químicos.

El crecimiento de las plantas por lo regular es limitado por el nutriente que se encuentre en menor cantidad, un principio conocido como factor limitante. Para el manejo sitio específico de la fertilidad, es importante identificar las variables del campo que están presentes y determinar cuáles pueden ser manejadas (Ludwick, 2004).

En el caso del *Pinus radiata* la fertilización o abonado de la planta es importante para mejorar el desarrollo y crecimiento durante los primeros años y poner al pino en una situación de ventaja frente al matorral competidor. Este abonado solo será necesario en el caso de que el terreno sea de media o mala calidad (Schinelli, 2002)

### **c. Dosificaciones.**

El método racional descansa sobre el principio de que la dosis de fertilización es igual a la demanda de la planta menos el suministro de nutrientes del suelo. El déficit que normalmente se produce equivale a la dosis de fertilización. A este principio se lo ha llamado balance nutricional (Álvarez, 2007)

### **d. Condiciones para la fertilización de *Pinus radiata* D. Don.**

La fertilización de las plantaciones de pino puede ser económicamente atractiva si el bosque/sitio tiene las siguientes condiciones: 1) deficiencia en uno o más nutrientes, 2) responde al nutriente(s) añadido y 3) es lo suficientemente grande para manejarse operacionalmente (>15 ha) (Dickens, 2003).

El pino en el país posee una gran importancia económica, debido al amplio uso de su madera en la industria de muebles, construcción, papel, la especie *Pinus radiata* D. Don en la serranía ecuatoriana es la más representativa debido a su amplia presencia en las diferentes provincias del callejón interandino (Dickens, 2003).

## **4. Requerimientos nutricionales de la especie *Pinus radiata* D. Don.**

### **a. Referencias de fertilización en *Pinus radiata* D. Don.**

Estudios de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal determino la respuesta a la fertilización para *Pinus radiata* en los siguientes valores obtenidos para fertilización nitrogenada de 20 gr N/planta, con un incremento del índice de biomasa ( $D^2 \cdot H$ ) de un 20%; la dosis óptima de P fue de 200 gr  $P_2O_5$ /planta con un incremento de un 160% del índice de biomasa. En el caso del K, no hubo respuesta. La fertilización bórica produjo un incremento de 10% con una dosis de 20 gr BNC/planta (sin ser estadísticamente significativa) (Álvarez, 2007).

El crecimiento de las plantaciones de pino sembradas en suelos de textura arenosa y propensa a la sequía se puede estancarse. En este caso, dosis más bajas de fertilizante

NPK (110 kg N+ 70 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100 Kg de K<sub>2</sub>O/ Ha) cada dos a tres años puede mejorar el crecimiento y hacer la plantación comerciable (Dickens, 2003).

#### **b. Requerimientos de nitrógeno.**

Las plantas superiores, en general, tienen la capacidad de asimilar las diversas formas de nitrógeno (N) inorgánico; principalmente el amonio (NH<sub>4</sub>) y el nitrato (NO<sub>3</sub>). Sin embargo, estas dos formas de nitrógeno representan solo una pequeña fracción de la cantidad total del nutrimento en el planeta (Alcántar, 2007).

Según Ludwick (2004), no es recomendable la aplicación de agua amoniacal ni el anhidro; por lo regular, se debe emplear soluciones preparadas con fertilizantes sólidos. Sin embargo, se debe evitar el uso de materiales con cubierta insoluble o, cuando menos, se deben filtrar cuidadosamente antes de mandarlos al campo.

El N no recuperado de la fertilización se pierde a través de los procesos que conducen a la pérdida de N del suelo (desnitrificación, inmovilización y lixiviación) (Álvarez, 1999).

#### **1) Fertilizante químico nitrógeno 40% azufre 15% (urea amarilla).**

##### **a) Obtención del fertilizante.**

El fertilizante se consigue rociando azufre molido sobre granos de urea sobrecalentados, por lo que queda encapsulado, Posteriormente, con una capa de cera, se sella para eliminar posibles imperfecciones y orificios que se originen en la cubierta de azufre. Resulta común la aparición de gránulos con agujeros sin sellar, por lo que la característica de liberación lenta puede perderse (Nolasco, 2011).

##### **b) Composición química del fertilizante urea amarilla.**

La urea-azufre (URA) es el abono recubierto de uso más extendido, se obtiene rociando azufre derretido de forma uniforme sobre la urea en un tambor rotatorio. La cantidad de azufre oscila entre el 15 y el 19 % del peso total del producto, según la eficacia del recubrimiento que se desee, para ajustarlo a las necesidades del cultivo, y el tamaño y forma de los gránulos. A mayor contenido de azufre, más lenta es la liberación de

nitrógeno, La temperatura también puede influir en dicha liberación, no ocurriendo lo mismo con la humedad y el pH (Infoagro, 2012).

Sobre los gránulos recubiertos de azufre se rocía un compuesto (cera microcristalina, polietileno, etc.), que constituye un 2 % del peso total. El contenido de nitrógeno varía entre un 40 y el 43 %, dependiendo de la cantidad de azufre empleado en el revestimiento (Infoagro, 2012).

c) **Ventajas del fertilizante.**

- 1) Evita las pérdidas de nitrógeno por volatilización e hidrólisis
- 2) Evita la quema de hojas y daños por efecto del amonio
- 3) Relaciona positivamente el costo-beneficio
- 4) Dosifica la liberación, resultando tres veces más óptimo en frecuencia que la urea blanca
- 5) Ayuda a disminuir el pH efecto acidificante
- 6) Aporta de forma progresiva a las necesidades de nitrógeno y azufre de la planta
- 7) Incorpora el nitrógeno 40%– azufre 15% (www.Brfferti.com).

d) **Acción del fertilizante en la planta.**

Las ureas recubiertas con azufre (SCU) liberan nutrientes a través de la penetración del agua en las fallas, poros e imperfecciones de la película que cubre el fertilizante. Una vez que el agua ha penetrado, la urea disuelta es rápidamente liberada desde el gránulo. La tasa de entrega se encuentra controlada por el grosor y calidad de la cubierta del fertilizante (Goertz, 1993),

El azufre presente en el fertilizante en forma de cubierta logra la lenta liberación de los nutrientes, evita pérdidas por lavado y controla los suelos con pH alcalino, además el S en la planta sirve para combatir hongos y enfermedades (Nolasco, 2011),

e) **Método de aplicación.**

Al aplicar debe tenerse mucho cuidado en la correcta utilización de la urea al suelo, si ésta es aplicada en la superficie se pueden dar pérdidas por evaporación, o se incorpora

al suelo considerando un espacio prudente entre la panta y el producto para evitar daños, las pérdidas económicas por mal manejo resultan importantes. La carencia de nitrógeno en la planta se manifiesta en una disminución del área foliar y una caída de la actividad fotosintética (Watson, 2000),

**f) Comportamiento en el suelo.**

Una vez que las bacterias del suelo oxidan la capa de azufre de los gránulos sin imperfecciones, el proceso de liberación inicia. La oxidación de estas bacterias se ve favorecida por factores que van a influir en la liberación del nitrógeno y por consiguiente en la longevidad del producto, como: pH neutro, temperatura, humedad del suelo y alto contenido en materia orgánica (Nolasco, 2011).

**g) Método de aplicación.**

Según el siguiente criterio el abonado debe ser puntual, esto es, una dosis de abono en cada planta, no realizando nunca un abonado del rodal de plantación. Es muy importante evitar que el abono toque directamente la raíz, para ello se debe disponer alrededor de la planta a unos 20 cm, tapándolo levemente y siempre aguas arriba de la planta (Schinelli, 2002).

**c. Requerimiento de fósforo.**

Las plantas absorben el fósforo (P) en forma de fosfatos inorgánicos, principalmente como anión fosfato ácido ( $H_2PO_4$ ) y anión fosfato ácido ( $HPO_4^{2-}$ ), este elemento a diferencia del nitrógeno o el azufre, no es reducido en la planta al ser asimilado por ella, sino que es incorporado a los compuestos orgánicos en su mismo estado de oxidación (Alcántar, 2007).

En suelos con mal drenaje, a menudo no se reconoce que existe deficiencia de P al momento de la siembra. Como resultado se obtiene un pobre crecimiento de plántulas, las agujas no son abundantes y tienen color verde amarillento a verde claro, (Dickens, 2003.)

#### **d. Requerimiento de potasio.**

El potasio (K) tiene muchas funciones en la planta a nivel celular, activo más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO, 2004).

Este nutriente debe estar contenido en valores medios y altos en el suelo a fin de asegurar el buen desarrollo de la planta, la fertilización con potasio se la debe realizar de forma cuidadosa con productos químicos que contengan más elementos a fin de no sobresaturar el suelo con el mineral, que causa efecto tampón en el suelo (FAO, 2004).

### **5. Requerimientos del suelo de *Pinus radiata* D. Don.**

#### **a. Material de origen y profundidad.**

*Pinus radiata* D. Don es una especie tolerante en cuanto al material de origen, pero necesita de suelos de mediana a gran profundidad para un buen desarrollo. Se ve significativamente restringido, en aquellos suelos con menos de 60-70 cm de profundidad, sea por causa de material compacto subyacente o por presencia de capa freática (Schlatter, 1974).

#### **b. Requerimientos de pH en el suelo para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don.**

El pH óptimo para el correcto desarrollo de la especie *Pinus radiata* D. Don es de hasta o inferior a 7,4 (Webb, 1984). Suelos salinos, turbosos, muy ácidos, fuertemente podsolizados o muy pobres en reservas nutritivas, causarán pérdidas o bien restricciones del crecimiento de los árboles (Schlatter, 1974).

El pH del suelo debería ubicarse en el rango entre 4,1 y 5,7 (Arteaga, 1992).

### **c. Tipos de suelo.**

En suelos arenosos la falta de arcilla o sustancias húmicas limitará la cantidad de elementos nutritivos disponibles y la capacidad de retención de agua, que en los meses secos de verano puede originar una restricción del crecimiento (García, 1970).

Aunque los suelos no son pobres en reservas nutritivas la productividad se ver afectada debido a la baja disponibilidad de los elementos nutritivos, típico para suelos de texturas gruesas y de bajo contenido de materia orgánica. Esto produce una baja capacidad de intercambio catiónico y menor retención de agua. (Paves, 1999).

## **B. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE**

### **1. Descripción botánica.**

*Pinus radiata* fue descrita por David Don en 1836, su clasificación botánica es:

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** Pinus

**Especie:** *Pinus radiata*

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

**Nombre Común:** Pino

**Nombres comunes relacionados:** Pino insigne, Pino Candelabro (Trujillo, 2002).

### **2. Características de la especie.**

Árbol de hasta 60 m de altura y 100 cm de DAP, tronco cónico y recto, corteza café interna crema - rosácea, segrega resina. Las hojas de forma acicular en fascículos de tres,

flores masculinas con estambres peltados, las femeninas se encuentran en conos o estróbilos (Vinueza, 2013).

Los frutos se muestran en forma de piñas que nacen en grupos de hasta 4 ó 5 con aspecto de corona, no tienen un pedúnculo apreciable y parecen pegadas a la rama. La base es muy asimétrica, porque son más abultadas las escamas del lado contrario a la rama. Pueden permanecer varios años en el árbol sin abrirse (Galán, 2007).

Semillas ortodoxas se pueden almacenar por varios años con un contenido de humedad del 8 % y a 4 ° C. Para mejorar la germinación se deja la semilla en remojo durante 24 horas. Un kilogramo tiene aproximadamente 22 000 semillas, cuya germinación inicia a los 9 días y culmina a los 20 (MAE, 2009).

Maderable construcción pesada; madera estructural para edificaciones, carpintería arquitectónica. Construcción liviana, construcción de botes, carpintería de interior. Ebanistería; paneles, pasamanos, barandas, molduras, postes, mangos para herramientas (Trujillo, 2002).

Los principales usos que se le da a la madera de *Pinus radiata* según MARTINEZ (2004) es: muebles, pulpa de madera, papel, tableros, aglomerados, tableros contrachapados y de fibras, ebanistería y tapicería.

### **3. Distribución nacional de *Pinus radiata* D. Don.**

#### **a. Provincias.**

La especie *Pinus radiata* se encuentra difundida en toda la serranía ecuatoriana, mayoritariamente en las provincias Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha y Loja (Carrere, 2005).

## **b. Rango altitudinal.**

La especie *Pinus radiata* D. Don se desarrolla muy bien entre los rangos de 450 a 2 400 msnm, se adapta en una gran variedad de condiciones edáficas, en condiciones climáticas requiere de una temperatura que va de 14 a 22 °C, precipitaciones anuales de 1 000 a 2 400mm<sup>3</sup> (Vinueza, 2013).

## **c. Ecología.**

El pino ha sido introducido en diferentes países de clima templado como planta exótica, que posee cualidades sobresalientes, en adaptación, desarrollo y producción. Desde la perspectiva económica ésta situación ha sido favorable, ya que se ha generado industrias, trabajo y ganancias en las zonas donde se han cultivado bosques, sin embargo, desde el punto de vista ecológico las plantaciones de pino han desplazado los bosques nativos, mermando la población de fauna que sustenta el bosque nativo (Martínez, 2006).

## **d. Plantaciones.**

La legislación ecuatoriana cuenta con la Normativa No. 040 (Acuerdo Ministerial del 4 de junio del 2004), emitida por el Ministerio del Ambiente, en la que se especifican las “Normas para el Aprovechamiento de madera en Bosques cultivados y de Árboles en Sistemas Agroforestales” y se determina lo que se entiende como plantaciones forestales:

### ***1) Plantaciones forestales en el Ecuador.***

Es la masa arbórea establecida de forma antrópica con una o más especies forestales, se puede resumir que las plantaciones forestales son el resultado de plantar árboles para fines comerciales, en zonas desprovistas de los mismos, mediante un plan de forestación o reforestación con un adecuado manejo de silvicultura (MAE, 2004).

## 2) *Propósitos de las plantaciones forestales de Pinus radita en el Ecuador.*

En el país las plantaciones forestales tienen propósitos industriales como combustibles, madera de aserrío, pulpa, madera de triplex, tableros aglomerados, productos extractivos, resinas, entre otros (MAE, 2007).

### C. CONTROL DE ÁCIDEZ Y ALCALINIDAD EN EL SUELO

#### 1. Importancia del pH en suelo.

La importancia del pH en el suelo ayuda a:

- a. Regular las propiedades químicas del suelo.
- b. Determinar la disponibilidad del resto de cationes para las plantas.
- c. Influir sobre la CIC, que es menor en suelos ácidos que en los básicos.
- d. Transformar las propiedades biológicas del suelo: tanto las plantas como los microorganismos en la tierra, presentan un determinado intervalo de pH óptimo para su crecimiento, generalmente cercano a la neutralidad (Basconez, 2007).

Las pruebas químicas de laboratorio y de campo han demostrado, que las reacciones del pH en el suelo afectan de modo significativo la disponibilidad y la asimilación de nutrientes, ejerciendo una fuerte influencia sobre la estructura del mismo (Aimar, 2012).

La acidez o alcalinidad influye directamente en la proliferación de muchos microorganismos del suelo, la actividad de estos determina la disponibilidad de nutrientes para las plantas, por ejemplo: cuando el suelo es ácido (pH entre 4,5 y 5,5) la descomposición de la materia orgánica hacia la producción de amoníaco se acelera debido a la acción de estas bacterias amonificantes, por otro lado, el proceso de nitrificación (la conversión de nitrógeno amoniacal a nitrógeno nítrico) es óptimo en un pH entre 6,5 y 7,6, demostrándose que muchas veces no importa la fuente de nitrógeno que se utilice sino el nivel de acidez y alcalinidad del suelo al cual se aplique el fertilizante (Aimar, 2012).

**Tabla 1. Clasificación de suelos según su pH.**

<b>pH</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Menor de 5	Muy ácido
De 5,5 a 6,5	Ligeramente ácido
De 6,5 a 7,5	Neutro
De 7,5 a 8,5	Alcalino
Más de 8,5	Muy alcalino

**Fuente:** Bascones, 2006.

## **2. Uso de enmiendas en el suelo de la plantación.**

En agricultura se conoce por "enmiendas" aquellas sustancias que se incorporan a los suelos las cuales actúan principalmente sobre la textura de éste, corrigiendo problemas de compactación o exceso de soltura y actuando sobre las reacciones químicas y/o biológicas, estimulándolas en diversas formas (Basaure, 2011).

Solo se recomienda realizar enmiendas cuando se tienen valores de pH del suelo insostenibles, muy básicos o muy ácidos, donde se dificulta enormemente el desarrollo de las plantas, la capacidad de tampón del suelo en estos casos es impresionante, y se necesitan cantidades ingentes de compuestos minerales alrededor de área a tratar para corregir un poco el valor de la totalidad (Mulo, 2009).

Cuando se desea mejorar las condiciones de un suelo compactado que puede producir una baja en los rendimientos volumétricos, la medida a tomar consiste en el laboreo del suelo para remover estratos compactados, con rastras o palas mecánicas (Ponce, 1993).

### **a. Enmienda sulfato de calcio.**

La enmienda de sulfato de calcio utiliza el mineral conocido como yeso agrícola su fórmula es  $\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$  (23,3% Ca, 18,6 % S), y ha sido utilizada como fertilizante en Europa desde el siglo XVIII, en la actualidad se lo utiliza como enmienda y ha demostrado ser capaz de recuperar suelos sódicos, alcalinos y mejorar varias propiedades físicas del suelo (Castellanos, 2000). Este material posee entre otros atributos, el de

movilizar el potasio y se emplea en casos muy específicos, ya que el uso intensivo es perjudicial para el suelo (Basaure, 2006).

**1) *Propiedades del sulfato de calcio o yeso agrícola en suelos sódicos.***

El principal uso del yeso agrícola es para mejorar suelos sódicos, esto ocurre gracias a que el yeso aporta con Ca que puede intercambiar con Na del suelo produciéndose así la floculación de las partículas en la tierra. Esto promueve un mejor desarrollo de la estructura superior, de modo que se promueve la infiltración y percolación del agua a través del perfil del suelo (INTAGRI, 2006).

**2) *Dosis de azufre para corrección de pH ácido en el suelo de la plantación.***

Las dosis del yeso agrícola para mejorar las propiedades del suelo por lo general van de 1,0 a 5,5 t/ha (Castellanos, 2000).

**Tabla 2. Cantidades aproximadas de azufre elemental en kilos por hectárea que se requiere para aumentar la acidez de la capa de 0 – 50 de suelo.**

Cambio deseado de pH	Kg de Azufre por Hectárea			
	En toda la superficie		Localizado o en banda	
	Arenoso	Arcilloso	Arenoso	Arcilloso
De 9,5 a 6,5	2 200 – 3 400	2 500 – 3 000	900 – 1 000	1 000 – 1 250
De 9,0 a 6,5	1 700 – 2 200	2 200 – 2 500	650 – 900	900 – 1 000
De 8,5 a 6,5	1 100 – 1 700	1 700 – 2 200	340 – 550	650 – 900
De 8,0 a 6,5	450 - 650	900 – 1 100	225 – 280	340 – 550

Fuente: Domínguez, 2005.

**D. ANALISIS ECONOMICO**

**1. Análisis económico del trabajo investigativo.**

La investigación implica una inversión económica, puesto que exige aseguramientos y recursos que se dedicaran, en la medida que se requiera para alcanzar los objetivos planteados, esto se materializa a través de acciones basadas en un plan lógico o cronograma de actividades a realizarse, las mismas que generan gastos de diferente índole que deben presentarse en análisis económico general, en forma metódica, detallada y ordenada (Barrasa, 2006).

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

##### A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

###### 1. Localización del área de estudio.

La presente investigación se llevó a cabo en los predios de la Escuela de Formación de Soldados del Ecuador ubicado en la parroquia Pisque, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

###### 2. Ubicación geográfica.

La Escuela de Formación de Soldados del Ecuador, está ubicada al norte de la ciudad de Ambato en la parroquia el Pisque sobre el Km 2,5 de la Panamericana Norte. El rodal limita al norte con el parque industrial, al sur con el paso lateral Ambato, al oeste con la Panamericana y al este con el relleno sanitario de Ambato.

**Imagen 1. Foto Aérea del sitio de plantación y área de experimentación.**



**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

### **3. Características climatológicas.**

Temperatura media anual: 20 °C

Humedad relativa anual: 70%

Precipitación media anual: 1 400 mm<sup>3</sup> (sin.gob.ec. 2016).

### **4. Clasificación ecológica.**

La característica biogeográfica de la formación vegetal: bosque seco semidecidual, montano bajo (bss MB) (MAE, 2012).

## **B. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **1. Equipos.**

Computador, cámara fotográfica, impresora, GPS.

### **2. Herramientas.**

Pala, azadón, carretilla, rastrillo, recipientes graduados, barreno, regadero, letreros, cinta métrica, calibrador.

### **3. Insumos.**

Enmienda CaSO<sub>4</sub> (Ca 23,3%, S 18,6 %), fertilizante urea amarilla (40% nitrógeno – 15% azufre).

## **C. METODOLOGÍA**

### **1. Diseño experimental.**

Diseño completamente al azar (DCA), en arreglo de 4 tratamientos, incluido el testigo, con tres repeticiones.

### **2. Análisis funcional.**

- a. Análisis de varianza de los tratamientos a los 30, 60 y 90 días incluido el testigo.
- b. Análisis de incrementos en altura y diámetro.
- c. Análisis económico de los tratamientos en estudio.

### **3. Factores de estudio.**

#### **a. Fertilizante químico 40% nitrógeno - 15% azufre (Urea Amarilla).**

Tratamientos de fertilizante analizar:

T1= 30 gr fertilizante urea amarilla (40% nitrógeno 15% azufre) \* 3 aplicaciones cada 30 días, aporte total de 36 gr N y 13,5 gr de S.

T2= 45 gr fertilizante urea amarilla (40% nitrógeno 15% azufre) \* 3 aplicaciones cada 30 días, aporte total de 54 gr N y 20,2 gr de S.

T3= 60 gr fertilizante urea amarilla (40% nitrógeno 15% azufre) \* 3 aplicaciones cada 30 días, aporte total de 72 gr N y 27 gr de S.

T0= Testigo (condiciones normales).

#### **b. Tiempo.**

Se evaluó el efecto de las aplicaciones, a los 30, 60 y 90 días en los 4 tratamientos.

## **D. MANEJO DEL ENSAYO**

### **1. Implementación de la parcela experimental.**

#### **a. Selección del diseño experimental.**

El diseño experimental definido para esta investigación fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), en arreglo de 4 tratamientos, incluido el testigo, con tres repeticiones.

#### **b. Establecimiento de parcelas.**

Las parcelas que se establecieron en la plantación de *Pinus radiata* son de forma rectangular, constan de diez árboles ubicados en dos hileras y cinco columnas, con una densidad de 3\*3, se encuentran distribuidas al azar, respetan linderos y efectos de borde. (Ver anexo 13).

El total de parcelas establecidas, identificadas y etiquetadas fueron 12, estas corresponden a cuatro tratamientos T0 (Testigo), T1 (dosis baja), T2 (dosis media) y T3 (dosis alta), todos con tres repeticiones. La forma de numerar a las plantas dentro de las parcelas fue la misma en todas las repeticiones, con el fin de facilitar el trabajo a campo (Ver anexo 14).

#### **c. Análisis químico del suelo de plantación.**

Para el análisis químico, se extrajo una muestra de suelo representativa del lugar de plantación, para ello, se realizó una recolección técnica para obtener 25 submuestras de cada hectárea de suelo con ayuda de un barreno, el mismo que fue enterrado de 0 a 50 cm, abarcando toda la superficie de plantación, luego se vertió el total de la tierra recogida sobre un plástico y se mezcló de manera homogénea, para luego dividirse en cuatro partes similares y de cada parte se obtuvo 250 gr a fin de alcanzar un total de un kilogramo de la muestra recogida, se identificó la muestra con los datos requeridos como lugar, fecha de recolección, exámenes a realizarse, propietario.

Los resultados de suelo se encuentran incluidos en los anexos, estos son procedentes del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ver Anexos 9 y 12) y del Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos ubicado en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato (Ver anexos 10 y 11).

## **2. Manejo de plantación en estudio.**

El trabajo de mantenimiento de plantación estuvo comprendido por actividades de control de malezas, coronamiento, enmendación de suelo, fertilización, mantenimiento de plantas.

### **a. Control de malezas.**

Esta actividad se la realizó 3 veces durante la investigación en periodos de 60 días, con ayuda de machetes se eliminó plantas herbáceas y arbustivas del interior de la plantación.

### **b. Coronamiento de plantas.**

Se realizó el coronamiento en todas las plantas en estudio previo a su etiquetado, el radio de corona fue de 0,50 cm, este ayudó a la supervivencia y el rápido desarrollo de las plantas, mejorando la acumulación de agua lluvia, manteniendo alejado la competencia vegetal, esta actividad se complementó con el mantenimiento de la corona, que se lo realizó por 6 veces cada 30 días, previo a las aplicaciones de enmiendas y fertilizantes.

### **c. Riego en plantación.**

Dentro de la investigación no se realizó riego de plantación periódico, debido a que el agua disponible dentro del predio institucional presentó un pH altamente alcalino, adicionalmente como el estudio se ejecutó en los meses de Agosto a Enero que corresponden a periodos de lluvias, no era necesario utilizar éste recurso.

**d. Uso de yeso agrícola (CaSO<sub>4</sub>) como enmienda en suelo de plantación.**

Después de obtener los resultados del análisis de la composición química del suelo que determinaron un pH 9,69 que es considerado altamente alcalino, conforme a la literatura revisada, esta situación impide el normal funcionamiento de los fertilizantes de origen químico, se procedió a bajar el nivel de pH utilizando una enmienda química de 135 gr de CaSO<sub>4</sub> \* 2 aplicaciones, esperando que se modifique 0,125 m<sup>3</sup> de suelo del alrededor de las plantas que conforman las parcelas (Ver Anexo 9).

**1) Cálculo de dosis para la enmienda de CaSO<sub>4</sub> (Ca 23,3%, S 18,6 %)**

**\*Datos referenciales:**

- 1 T S/ha reduce el pH de 9 a 6 (DOMINGUEZ, 2005)
- 5,38 T CaSO<sub>4</sub> (Ca 23,3 % - s 18,6 %) contiene 1 T de S (LIMUSA, 2004)
- 1 m<sup>3</sup> de suelo arenoso es igual a 1 000 kg (LIMUSA, 2004)
- 0,125 m<sup>3</sup> de suelo arenoso a enmendar / planta = 125 kg de suelo arenoso/ planta
- 1 ha a 50 cm de profundidad posee 5000 m<sup>3</sup>, su peso corresponde 5 000 000 kg/ ha.
- pH inicial: 9,69
- pH requerido: entre 6,5 a 7

$$\begin{array}{r} 5\,380 \text{ kg CaSO}_4/\text{ha} \quad \text{-----} \quad 5\,000\,000 \text{ Kg/ ha} \\ x \quad \text{-----} \quad 125 \text{ Kg/ planta} \end{array}$$

$$x = 0,1345 \text{ kg CaSO}_4/\text{planta} * 1000 \text{ gr/kg} = 134,5 \text{ gr de CaSO}_4. \text{ (DOMINGUEZ, 2005).}$$

Con la incorporación de una aplicación de 135 gr de CaSO<sub>4</sub> (Ca 23,3%, S 18,6 %) se añadieron al suelo por planta 31,45 gr Ca y 25,11 gr S.



### **3. Medición de plantas.**

La medición y recolección de datos tomados para altura y diámetro, se realizó en periodos de 30 días a partir de cada aplicación, siendo a los 0, 30, 60, y 90 días, (ver anexos del 1 - 8).

Los datos fueron tomados considerando lo siguiente: para altura con cinta métrica desde la base de la planta hasta el fin del ápice superior y para el diámetro se utilizó un calibrador o pie de rey, el dato se lo tomo en la base del árbol, con una referencia de un centímetro del suelo.

### **4. Procesamiento e interpretación de datos.**

Para el procesamiento, análisis e interpretación de los datos se siguieron los siguientes pasos:

1. Elaboración de registros físicos para la recolección de datos.
2. Ingreso de datos en los registros en el programa Excel.
3. Los datos recopilados de altura y diámetro fueron ingresados como en los registros físicos y en una etapa posterior se calcularon los incrementos en los días 30,60,90.
4. Tabulación de la información, elaboración de tablas de frecuencia, análisis básico de resultados utilizando técnicas estadísticas.
5. Análisis de varianza se realizó en SPSS, utilizando un nivel de confiabilidad del 95%, un error del 5% y significación de contraste de 0,05, la prueba de hipótesis consideró como  $H_0$ : Los tratamientos entre fertilizantes no presentan diferencias significativas,  $H_1$ : Los tratamientos entre fertilizantes presentan diferencias significativas.
6. Luego de realizar los análisis y obtener los resultados se realizó la discusión de los mismos comparando lo obtenido con otras revisiones bibliográficas.

## **5. Análisis económicos.**

### **a. Costos generales de la investigación.**

Para determinar el costo general de la investigación realizada se consideró todos los egresos generados de establecimiento de parcelas, manejo de plantación, compra de herramientas e insumos, gastos operativos, gastos de movilización y asistencia técnica.

Se cuantifican los costos del estudio y se observan los resultados alcanzados para cada tratamiento, con el fin de analizar las diferencias económicas y los resultados obtenidos a campo.

### **b. Costos de fertilizante por planta para los diferentes tratamientos.**

Se calcula el costo real del fertilizante para cada tratamiento considerando solo las cantidades requeridas por tratamiento y el costo del producto en el mercado a la fecha de investigación.

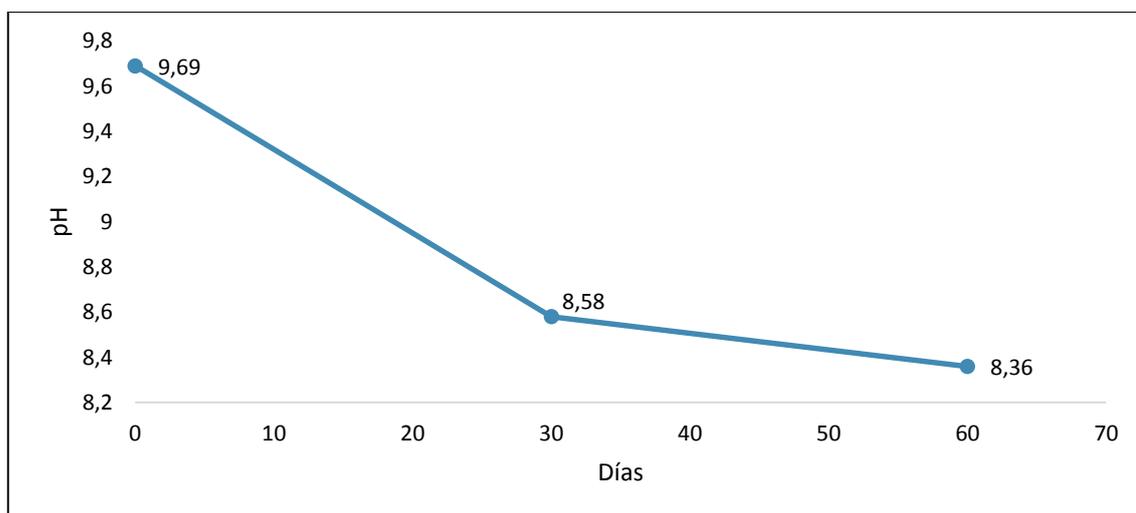
## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. RESULTADOS DE LA ENMIENDA SULFATO DE CALCIO SOBRE EL pH DEL SUELO

El pH de la plantación al inicio de la investigación fue de 9,69 altamente alcalino, y resultaba un impedimento para realizar cualquier tipo de fertilización, se decidió incorporar sulfato de calcio en cantidad de 135 gr \* aplicaciones cada 30 días, y evaluar el descenso del pH hasta un rango más cercano a la neutralidad, esto en base a sugerencias bibliográficas (DOMÍNGUEZ, 2004), ya que según (IBAÑEZ, 2006) escaso desarrollo radicular y foliar está relacionado a los efectos negativos debido a un pH fuertemente alcalino.

#### 1) Resultados de la incorporación de la enmienda sulfato de calcio.

Se realizó el análisis químico del suelo perteneciente a la corona de las plantas después de 30 y 60 días, correspondientes a 2 aplicaciones de sulfato de calcio, obteniendo como resultados los valores de 8,58 y 8,36 de pH (ver Anexo 10 y 11).



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 1. Efecto de dos aplicaciones mensuales de 135 gr de CaSO<sub>4</sub>, como enmienda acidificante al suelo alrededor de plantas de *Pinus radiata* D. Don.**

En el gráfico 1, la enmienda incorporada de 135 gr de CaSO<sub>4</sub> (Ca 23,3 % – S 18,6 %) \* 2 aplicaciones mensuales, sobre suelo, tuvo como resultado una disminución del pH de 9,69 fuertemente alcalino a 8,36 alcalino, con la incorporación de 62,9 gr de Ca – 50,22 gr de S en 60 días, resultados que coinciden con CASTELLANOS, (2000), quien expresa que el uso de CaSO<sub>4</sub> como enmienda del suelo, es capaz de recuperar suelos sódicos, alcalinos y mejorar varias propiedades físicas como permeabilidad y compactación.

## B. ALTURA DE PLANTAS

La evaluación del crecimiento en altura para los periodos 30, 60, 90 días se realizó en base a los incrementos en centímetros, puesto que en la realidad de campo las plantas tenían diversos tamaños al inicio de la investigación, los resultados obtenidos para cada periodo se presentan a continuación.

### 1. Análisis de varianza del incremento en las alturas de las plantas a los 30 días de fertilización.

**Cuadro 1. Análisis de varianza del incremento de la altura en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) a los 30 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	70,599	11	6,418	2,548	,007
Tratamientos	272,054	108	2,519		
<b>Total</b>	342,653	119			

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

En el cuadro 1, se puede observar que existe significancia al comparar las repeticiones y tratamientos con respecto a la altura de las plantas a los 30 días, la comparación realizada con  $\alpha = 0,05$  a un nivel de confianza del 95%, determinó una significancia 0,007, que en

este caso es inferior y por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa asegurando que hay una diferencia en las alturas de las plantas determinada por las diferentes dosis de fertilizante utilizado.

**2. Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) a los 30 días de evaluación.**

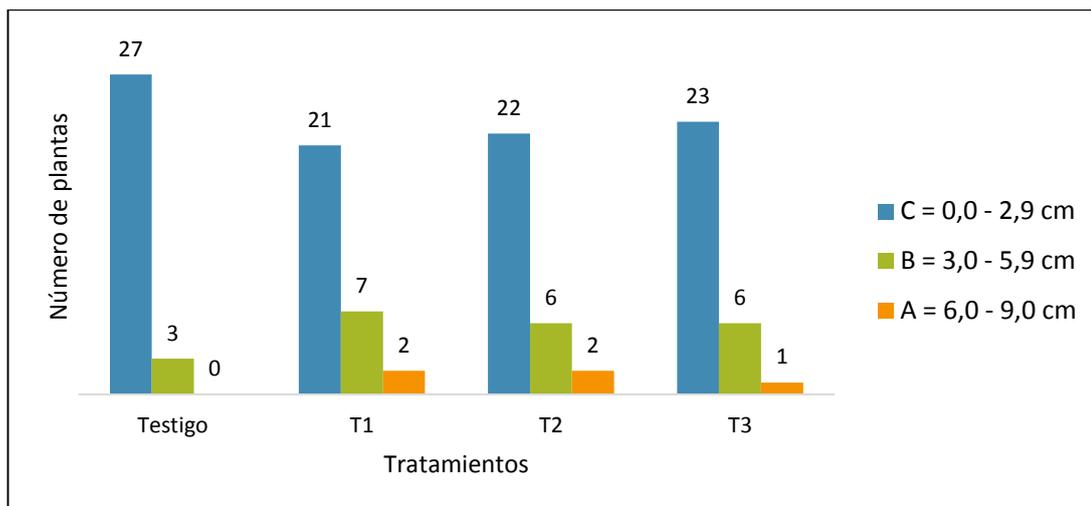
**Cuadro 2. Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas a los 30 días.**

Valores estadísticos		Incremento en altura (0-30 días)
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		2,165
Mediana		1,750
Moda		1,0
Desviación típica.		1,6969 (cm)
Varianza		2,879 (cm <sup>2</sup> )
Mínimo		0,1
Máximo		7,6
Percentiles	25	1,000
	50	1,750
	75	2,675

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

Los datos descriptivos del incremento de las alturas en los primeros 30 días permiten asegurar que los resultados no se encuentran mayormente dispersos, puesto que la desviación típica es mínima, la mediana de crecimiento fue de 1,750 cm en las plantas, el mínimo de crecimiento fue 0,1 cm y el máximo de crecimiento alcanzo 7,6 cm.

Se realiza el análisis estadístico de los tratamientos, para observar el crecimiento de las plantas en rangos de incremento, estos se establecieron para cada periodo considerando los máximos y mínimos de crecimiento, en este primer periodo correspondiente a la primera aplicación los rangos en alturas van de 0,0 - 2,9 cm (rango C), 3,0 -5,9cm (rango B) y 6,0 – 9,0 cm (rango A), los mismos que responden a la división en partes iguales entre crecimientos mínimo y máximo obtenidos dentro del periodo de treinta días.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 2. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura a los 30 días.**

En el gráfico 2, al analizar con una tabla de contingencia las frecuencias de los tratamientos en rangos de crecimiento se pudo establecer que los tratamientos que tuvieron plantas con un incremento entre 6,0 y 9,0 cm (rango A) son aquellos que aplicaron dosis de fertilizante, las plantas pertenecientes al testigo no tienen crecimiento en este rango. Además, el tratamiento T1 contiene 21 plantas dentro del rango de crecimiento C (entre 0,0 cm y 2,9 cm) siendo el tratamiento más alejado al Testigo que presentó 27 plantas en este mismo rango.

### **3. Análisis de varianza del incremento en las alturas de las plantas a los 60 días de fertilización.**

**Cuadro 3. Análisis de varianza para el incremento de altura en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don), periodo de 30 a 60 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	32,443	11	2,949	,958	,489 (NS)
Tratamientos	332,373	108	3,078		
Total	364,816	119			

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

NS: No significativa.

Mediante el análisis de varianza para el incremento en altura entre los 30 y 60 días de fertilización de plantas de Pino en plantación, se obtiene una diferencia no significativa con un valor de 0,489 superior al valor  $\alpha$  de 0,05 utilizado para contrastar, por lo que no se puede ni aceptar ni rechazar  $H_0$  (ver cuadro 3).

#### **4. Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don), periodo de 30 a 60 días de evaluación.**

**Cuadro 4. Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas de los 30 a 60 días.**

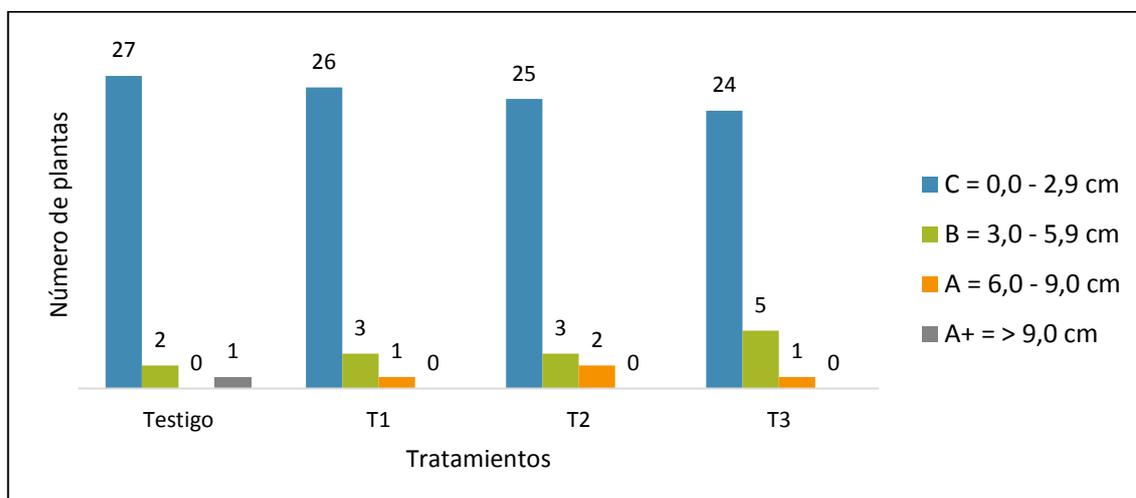
Valores estadísticos		Incremento en altura, (30-60 Días)
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		1,544
Mediana		0,900
Moda		0,3
Desviación típica		1,7509 (cm)
Varianza		3,066 (cm) <sup>2</sup>
Mínimo		0,0
Máximo		9,8
Percentiles	25	0,400
	50	0,900
	75	1,975

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

En el cuadro 4, la desviación típica de los datos es mayor a la obtenida en el primer periodo estudiado, de igual manera se observa que la mediana 0,900 es inferior en relación al primer periodo de tiempo. El valor más frecuente entre los incrementos de altura es de 0,3 cm, el mínimo es de 0,0cm y el máximo alcanza 9,8 cm, en general los resultados obtenidos permiten que se observe un crecimiento menor al periodo de 0 a 30 días.

Dado, que el valor del máximo obtenido en este periodo supera al rango A del periodo anterior se estable en rango A+ que estará comprendida por valores superiores a 9,0 cm de incremento en altura. Los otros rangos que determinan los incrementos de altura se

mantienen, así 0,0 - 2,9 cm corresponde al rango C, 3,0 -5,9cm al rango B y 6,0 – 9,0cm es el rango A.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 3. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura a los 60 días.**

La mayor cantidad de plantas en este periodo se encuentra en el rango C (entre 0,0 – 2,9 cm), el tratamiento Testigo presenta la mayor frecuencia con 27 plantas (90%) y el de menor presencia es el T3 que con 24 plantas (80%), éste último presenta 6 plantas (20%) en los rangos A y B (de 3,0 a 9,0 cm), como se observa en la gráfica 3.

##### **5. Resultados para alturas de plantas de 60 a 90 días de fertilización.**

**Cuadro 5. Análisis de varianza del incremento en las alturas de las plantas periodo de 60 a 90 días de fertilización.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	65,988	11	5,999	2,795	,003
Tratamientos	231,820	108	2,146		
Total	297,808	119			

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

En el cuadro 5, se muestra el resultado de contrastar los incrementos en altura de plantas de *Pinus radiata* D. Don, y los tratamientos, incluido el testigo absoluto, obteniendo significancia estadística para el periodo de 60 – 90 días, el valor de Sig = 0,03 fue inferior a  $\alpha$  de 0,05 razón por la que se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , existen diferencias entre el incremento de las alturas y los tratamientos que recibieron las plantas.

**6. Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) de 60 a 90 días de evaluación.**

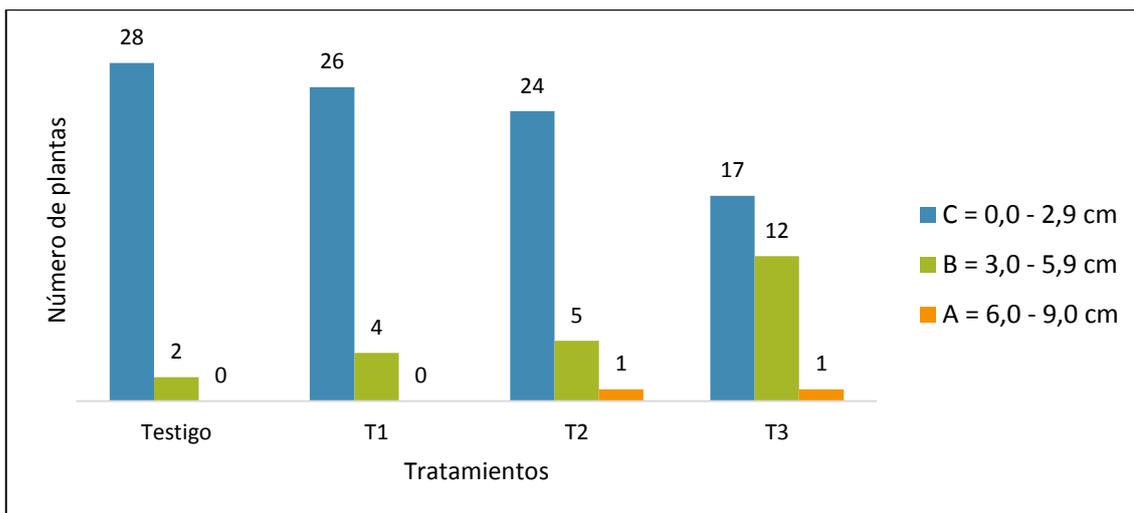
**Cuadro 6. Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas de los 60 a 90 días.**

Valores estadísticos,		Incremento en altura (60-90 días),
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		1,760
Mediana		1,100
Moda		0,8
Desviación típica		1,5820 (cm)
Varianza		2,503 (cm <sup>2</sup> )
Mínimo		0,1
Máximo		6,8
Percentiles	25	0,600
	50	1,100
	75	2,475

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

La altura más común de incremento en el periodo fue de 0,8, la mediana fue de 1,1 cm, los valores del mínimo y máximo para este periodo fueron de 0,1 cm y 6,8 cm respectivamente, menores que en el periodo de 30 a 60 días y la desviación típica que indica la dispersión de los datos fue de 1,5820 escasamente menor que en la etapa anterior, lo que se muestra en el Cuadro 6.

Se mantuvieron los rangos de incremento de altura establecidos en el periodo de 30 días.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 4. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura entre los 60 y 90 días.**

En la gráfica 4, el valor más relevante se obtiene en el tratamiento T3, con 12 plantas (40%) que crecieron entre 3,0 y 5,9 cm, ubicadas en el rango B, en comparación con el Testigo que sólo muestra 2 plantas (6,7%) en el mismo rango. En el rango A con incrementos de 6,0 a 9,0 cm se observan a los tratamientos T2 y T3 con 1 planta (3,3 %) cada uno.

#### **7. Resultado total del incremento de las alturas de plantas desde el día 0 al día 90 de fertilización.**

Se realiza el análisis de varianza en base a los incrementos de las alturas obtenidos desde el día 0 al día 90 de acuerdo al tratamiento recibido obteniéndose los datos que se presentan a continuación:

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don), periodo de 0 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

Fuente de variación,	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	9,567	11	,870	2,498	,008
Tratamientos	37,600	108	,348		
Total	47,167	119			

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

La significancia encontrada de 0,008 indica la influencia de los fertilizantes sobre el crecimiento en altura de las plantas, como se observa en el cuadro 7. Los resultados obtenidos son similares a los publicados por Hernández, (2012); quien reporta diferencias significativas al incorporar N en plantas de *Pinus radiata* D. Don durante una evaluación de 5 meses.

**8. Estadística descriptiva de los incrementos en altura de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) a los 90 días de evaluación.**

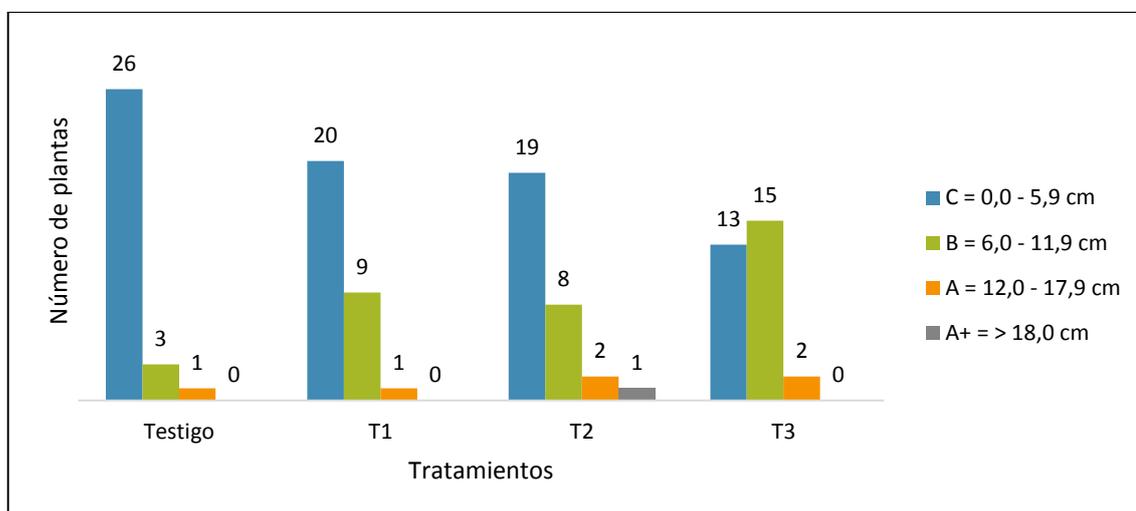
**Cuadro 8. Valores estadísticos de los incrementos en altura de plantas periodo de 0 a 90 días.**

Valores estadísticos		Incremento en altura (0 -90 días)
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		5,469
Mediana		4,550
Moda		3,6
Desviación típica		3,5716
Varianza		12,756
Mínimo		0,8
Máximo		18,8
Percentiles	25	2,925
	50	4,550
	75	7,475

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

Los datos obtenidos para el periodo acumulado para desviación típica fueron de 3,5716 cm con una media de 5,469, el valor de la mediana se ubica en 4,550, el valor de la moda fue de 3,6 cm. Los datos obtenidos son consistentes con Hernández, (2012) que asegura durante una evaluación de 150 días que los incrementos en las alturas se encuentra desde 4,5 cm con 0 mg N L<sup>-1</sup>, hasta 8,7 cm con 400 mg L<sup>-1</sup> nitrógeno, los valores obtenidos para incremento en altura en esta investigación a los 90 días, van desde 0,8 cm con 0 gr de fertilizante químico, hasta 18,8 cm con la aplicación de 45 gr de fertilizante químico urea amarilla (40 % Nitrógeno – 15 Azufre) \* 3 dosis, cada 30 días, con un aporte total de 54 gr N y 20,2 gr de S / planta.

De acuerdo al máximo y mínimo que presenta a continuación el cuadro 11, se estableció los rangos de información para el incremento en altura acumulado a los 90 días, estos van desde 0,0cm – 5,9cm (rango C), 6,0 cm – 11,9 cm (rango B), 12,0 cm – 17,9 cm (rango A) y >18 cm (rango A+).

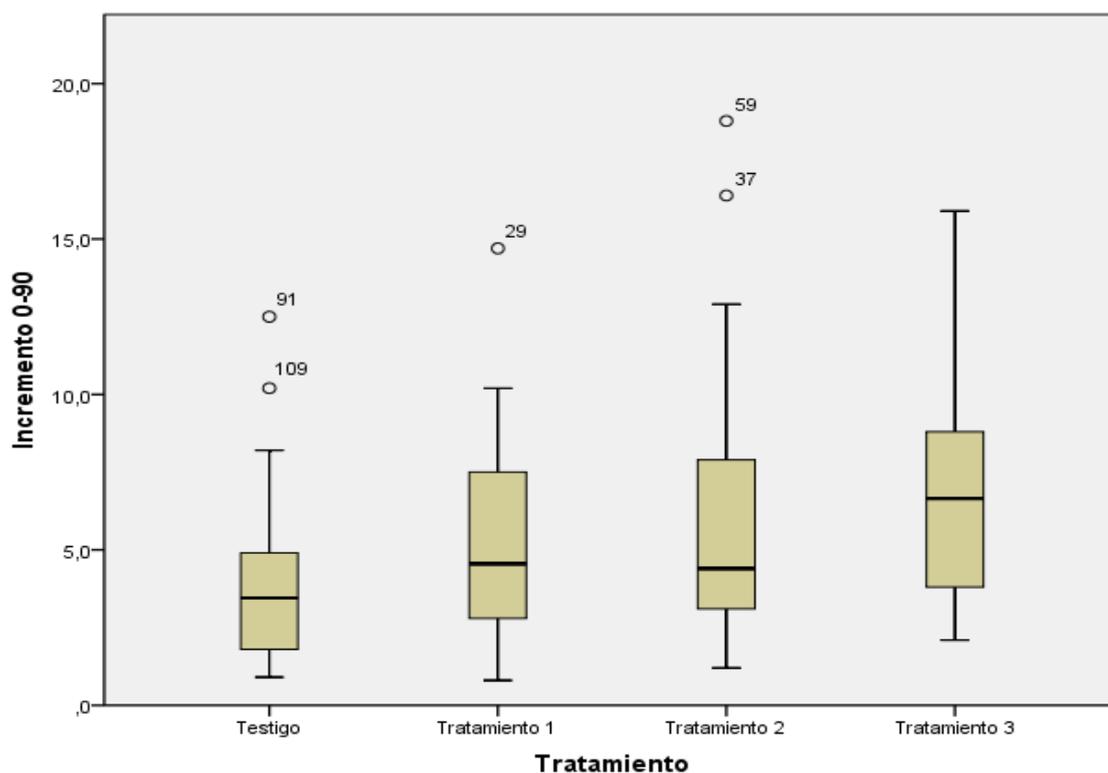


**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 5. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en altura entre los 0 y 90 días.**

El gráfico 4, muestra que el Tratamiento T3 fue quién reportó los mejores resultados en relación al crecimiento de las alturas, éste tratamiento que incorpora 60 gr de urea amarilla \* 3 aplicaciones (72 gr N y 27 gr de S) consiguió que 15 plantas lograrán un crecimiento catalogado en el rango B (entre 6,0 y 11,9 cm) en comparación con el Testigo que en condiciones normales mostro en ese mismo rango de crecimiento tan solo 3 plantas.

En el rango A y A+ el mejor tratamiento fue el T2 45 gr de urea amarilla (18 gr N y 20,2 gr de S) que logró el crecimiento de 2 y 1 planta en los rangos de crecimiento de 12 cm a más, el tratamiento Testigo obtuvo 1 planta en el rango A equivalente entre 12 y 17,9 cm y ninguna en el rango A+ que incluye los especímenes que lograron crecimientos superiores o iguales a los 18 cm.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 6. Diagrama de caja y bigotes que analiza el incremento de alturas entre 0 y 90 días.**

La información del gráfico 5, muestra que el tratamiento 3 si bien es el que tiene datos más dispersos reporta que también cuenta con la mediana de datos más alta en relación a los otros tratamientos y es el único que no reporta datos extremos.

### C. DIÁMETRO DE PLANTAS

La evaluación del crecimiento en diámetro para los periodos 30, 60, 90 días se realizó en base a los incrementos en milímetros, los resultados obtenidos para cada periodo se presentan a continuación.

#### 1. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino (Pinus radiata D. Don) de 0 a 30 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) desde 0 a 30 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	5,493	11	,499	2,356	,012
Tratamientos	22,893	108	,212		
<b>Total</b>	<b>28,386</b>	<b>119</b>			

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

En el cuadro 9 se puede observar una diferencia estadísticamente significativa en el diámetro de las plantas, por lo que se puede asegurar con un 95% de confiabilidad que se presentan discrepancias en función al fertilizante que se utilice.

**2. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) entre los 0 y los 30 días de evaluación.**

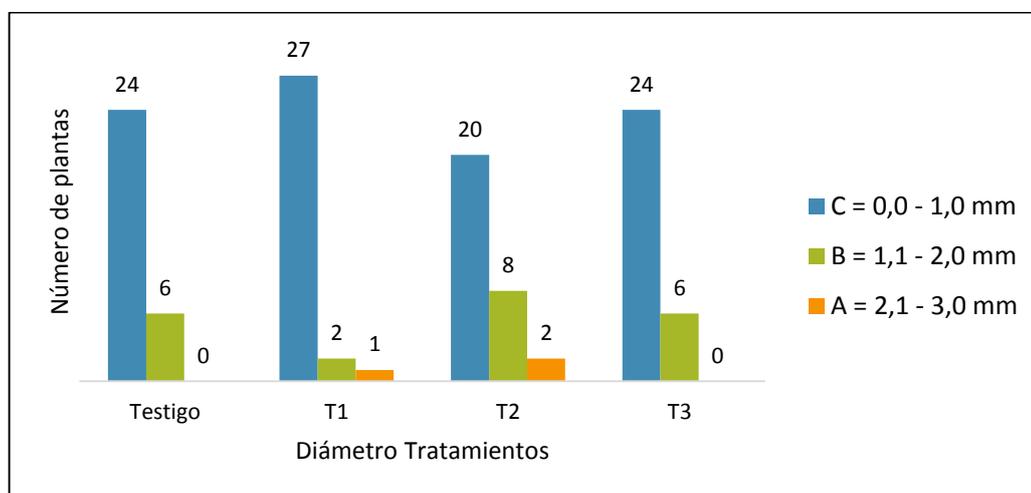
**Cuadro 10. Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas entre los 0 y los 30 días.**

Valores estadísticos (mm)		Incremento en diámetro de plantas (0-30 días)
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		0,686
Mediana		0,500
Moda		0,3
Desviación típica		0,4884 (mm)
Varianza		0,239 (m <sup>2</sup> )
Mínimo		0,1
Máximo		2,2
Percentiles	25	0,300
	50	0,500
	75	0,900

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

Los datos estadísticos descriptivos sobre el diámetro obtenido para el periodo de 0 – 30 días se pueden observar en el cuadro 10, la mediana de diámetro fue de 0,500 mm, desviación típica fue de 0,4884 mm, con una media situada en 0,686 mm. El coeficiente de variación fue de 71,21%.

Para fijar los rangos de incremento en diámetro que se establecieron 3 clases C, B, A, donde desde 0,1 mm a 1,0 mm (rango C), de 1,1 mm a 2,0 mm (rango B) y desde 2,1 a 3,0 mm (rango A).



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 7. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 0 y 30 días.**

En el gráfico 6 se puede observar que el tratamiento T2 mostró la mayor frecuencia en los rangos A y B (entre 1,1 – 3,0 mm) con 8 (26,6 %) y 2 (6,6%) árboles respectivamente, también mostró el menor número de plantas en el rango C (de 0,1 – 1 mm) con 20 plantas (66,6%), el tratamiento T0 obtuvo 24 plantas (80%) en el mismo rango.

**3. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) de 30 a 60 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

**Cuadro 11. Análisis de varianza para diámetro en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) de 30 a 60 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	2,677	11	,243	,876	,566
Tratamientos	30,009	108	,278		
<b>Total</b>	<b>32,686</b>	<b>119</b>			

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

El análisis de varianza presentado en el cuadro 11, no permite determinar inferencias significativas bajo las condiciones del estudio a un 95% de confiabilidad donde  $\alpha= 0,05$ .

**4. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) periodo de 30 a 60 días de evaluación.**

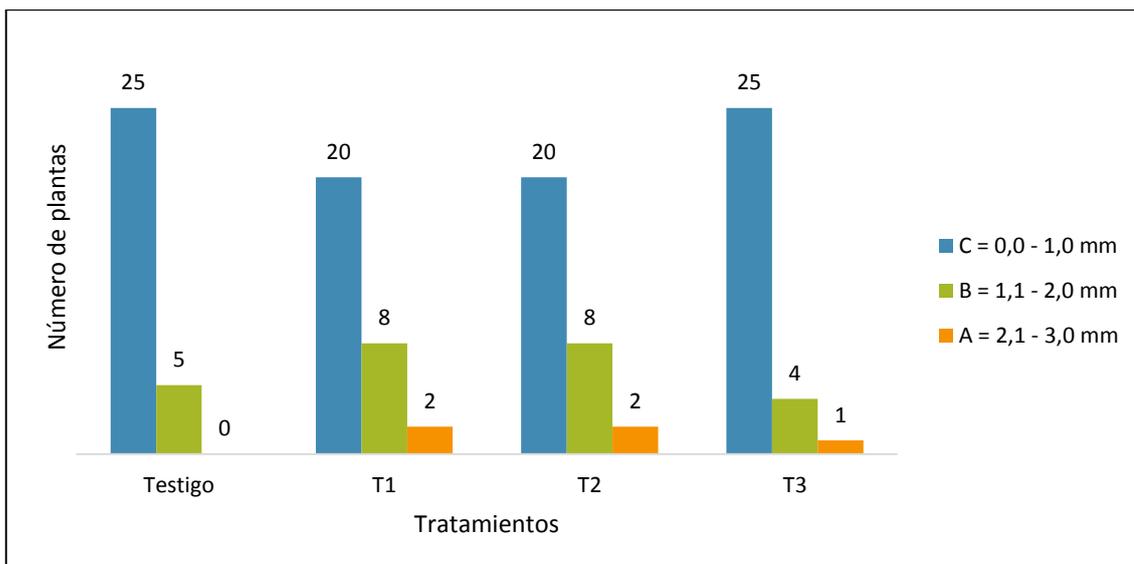
**Cuadro 12. Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas de 30 a 60 días.**

Valores estadísticos (mm)		Incremento 30-60
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		0,786
Mediana		0,700
Moda		0,4
Desviación típica		0,5241
Varianza		0,275
Mínimo		0,1
Máximo		2,8
Percentiles	25	0,400
	50	0,700
	75	1,000

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

Al comparar los valores de las medidas de tendencia central se observa una simetría la media obtenida es de 0,786 y la mediana es 0,700, la medida más frecuente en el grupo de datos fue un diámetro de 0,4. De igual forma la desviación típica determina una escasa variabilidad de los datos en el periodo de 30 a 60 días, el mínimo diámetro se estableció en 0,1 y el máximo en 2,8 cm.

Al igual que para el periodo 0 -30 se fijaron rangos de incremento de los diámetros, estableciéndose las mismas clases donde desde 0,1 mm a 1,0 mm (rango C), de 1,1 mm a 2,0 mm (rango B) y desde 2,1 a 3,0 mm (rango A).



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 8. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 30 y 60 días.**

En el gráfico 3, se observa los mejores tratamientos son el T1 y T2 obteniendo los mismos valores, 8 plantas (26,6%) se ubicaron en el rango B cuyo crecimiento de diámetro se encuentra entre 1,1 y 2,0 mm, en comparación con el tratamiento Testigo con 5 plantas en el mismo rango.

**5. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) de 60 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.**

**Cuadro 13. Análisis de varianza para diámetro en plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don), periodo de 60 a 90 días de fertilización a campo, incluye testigo.**

Fuente variación,	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	2,351	11	,214	1,101	,368
Tratamientos	20,967	108	,194		
<b>Total</b>	<b>23,318</b>	<b>119</b>			

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

Al interpretar los resultados obtenidos en este periodo se determina una significancia igual a 0,368 por encima del valor  $\alpha= 0,05$ , lo que no permite establecer diferencias significativas en el incremento del diámetro en función de los tratamientos que recibieron las plantas.

**6. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) de 60 a 90 días de evaluación.**

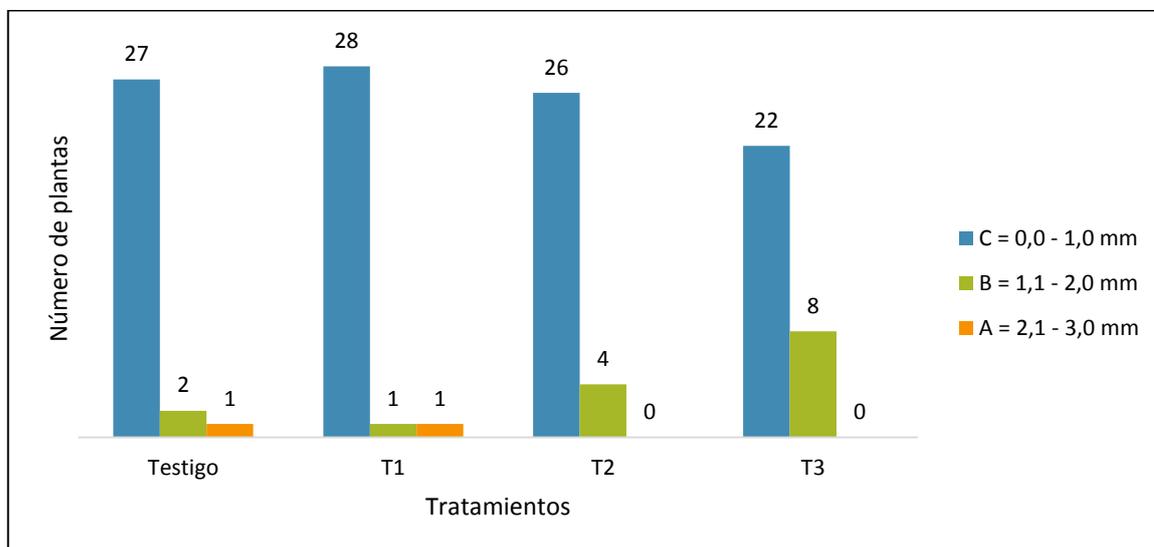
**Cuadro 14. Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas de los 60 a 90 días.**

Valores Estadísticos		Incremento en diámetro de plantas (60-90 días)
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		0,646
Mediana		0,600
Moda		0,3
Desv, típ,		0,4427
Varianza		0,196
Mínimo		0,1
Máximo		2,9
Percentiles	25	0,300
	50	0,600
	75	0,875

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

Al igual que en el periodo anterior se observan que el valor de la media 0,646 se ubica muy cercana a la mediana 0,600, que al analizarse junto a la desviación estándar se puede asegurar una escasa variabilidad de los datos. El mínimo diámetro se estableció en 0,1 mm y el máximo en 2,9 mm, valores similares a los obtenidos en el periodo de 30 a 60 días.

Como en los periodos anteriores los rangos de incremento de diámetros fijaron estableciendo tres rangos de crecimiento desde 0,1 mm a 1,0 mm (rango C), de 1,1 mm a 2,0 mm (rango B) y desde 2,1 a 3,0 mm (rango A).



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

### Gráfico 9. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 60 y 90 días.

En el gráfico 8, se puede observar que el mejor resultado es el tratamiento T3 que presentó 8 plantas (26,7%) en el rango B que engloba un crecimiento del diámetro entre 1,1 a 2,0 mm, comparado con el Testigo que mostró 2 plantas (6,7%) en dicho rango. El T3 contó con 22 plantas (73,3%) en el rango inferior C, desde 0,1 – 1,0 mm de incremento en diámetro, en el mismo rango el Testigo obtuvo 27 plantas (90%).

### 7. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino (Pinus radiata D. Don) de 0 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.

#### Cuadro 15. Análisis de varianza para el diámetro en plantas de Pino (Pinus radiata D. Don) de 0 a 90 días de fertilización a campo, incluye tratamiento testigo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	19,332	11	1,757	2,361	,012
Tratamientos	80,381	108	,744		
<b>Total</b>	99,713	119			

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

El análisis de varianza entre tratamientos incluido el testigo para incrementos en diámetro del periodo acumulado permite asegurar una diferencia significativa entre el diámetro de las plantas frente al tratamiento que recibieron, al contrastar la significancia evaluada de 0,12 con  $\alpha=0,05$ .

El efecto del fertilizante aplicado no pudo concluir diferencias significativas para el incremento en diámetro en los periodos de 30 – 60 y de 60 – 90 días, los resultados en estos periodos son similares a los concluidos por HERNANDEZ (2002), quien indica no encontrar diferencia significativa para el crecimiento en diámetro de plantas de *Pinus radiata* D. Don, durante 5 meses de fertilización nitrogenada.

**8. Estadística descriptiva de los incrementos en diámetro de plantas de Pino (*Pinus radiata* D. Don) de 0 a 90 días de evaluación.**

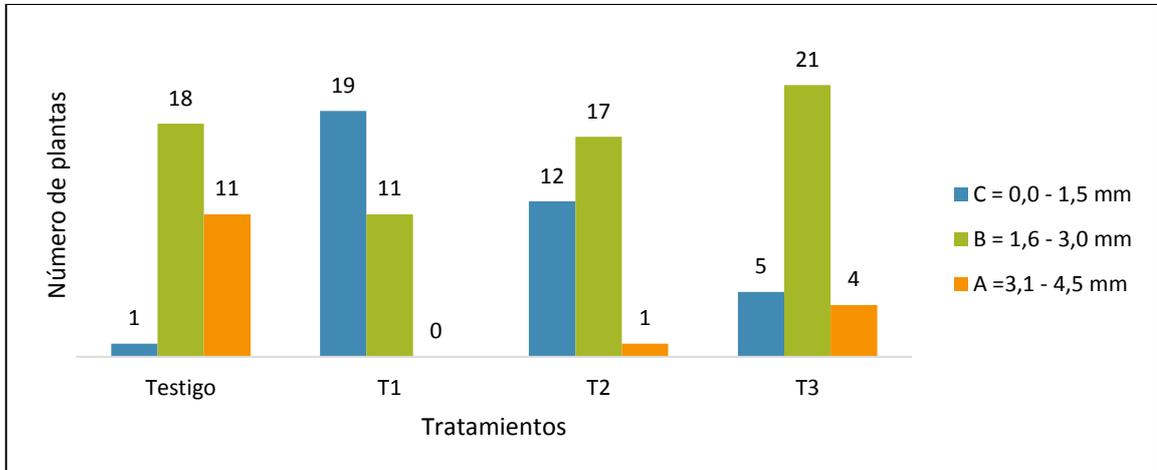
**Cuadro 16. Valores estadísticos de los incrementos en diámetro de plantas de 0 a 90 días.**

Valores estadísticos (mm)		Incrementos en diámetros de plantas (0 – 90 días)
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Media		2,118
Mediana		2,000
Moda		2,0
Desv, típ,		,9154
Varianza		,838
Mínimo		,6
Máximo		4,4
Percentiles	25	1,325
	50	2,000
	75	2,775

**Elaborado:** VELÁSTEGUI, C. 2017.

El valor del máximo para incremento en diámetro del periodo de 0 – 90 días es de 0,6 mm y el máximo de 4,4 mm, la mediana se situó en un crecimiento de 2 mm, los datos de las medidas de tendencia central muestran que se forma una curva simétrica.

Para establecer rangos generales de crecimiento desde el día 0 al día 90 se determinaron los siguientes incrementos: de 0,1 – 1,5 mm (rango C), 1,6 – 3,0 mm (rango B) y 3,1 – 4,5 mm (rango A).



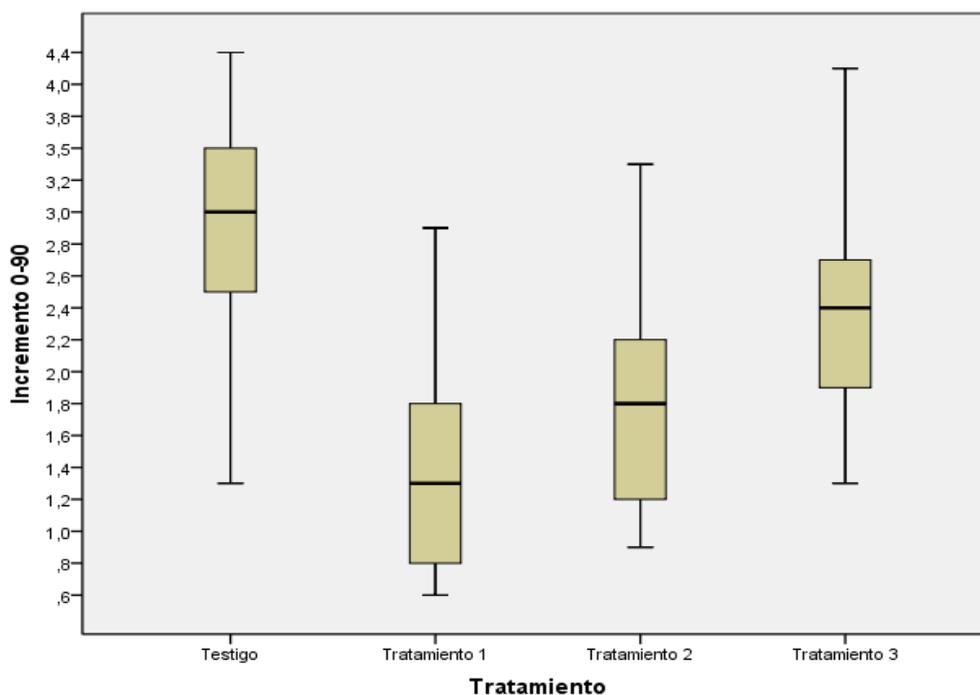
Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 10. Número de plantas en cada tratamiento conforme al rango de incremento en diámetro entre los 0 y 90 días.**

El gráfico 10 permite observar, que el tratamiento T3 permite los mejores resultados en cuanto al incremento del diámetro logrando la mayor cantidad de plantas (21) en el rango B de 1,6 a 3,0 mm y el menor número (5) en el rango de menor crecimiento que es el C. En el rango A que es el de mayor crecimiento el Testigo presenta un mayor número de plantas con diámetros que van desde 3,1 a 4,5 mm.

(ALVAREZ, 1999), indica que la eficiencia del N en los primeros días de evaluación es muy compleja, El fertilizante según NOLASCO, (2011), cumple su función de retener el N, gracias al azufre presente en la cubierta del mismo, disminuyendo la volatilización, la nitrificación y la desnitrificación del amoníaco que se produce.

La actividad de microorganismos del suelo, determina la disponibilidad de nutrientes para las plantas, y el pH juego un papel fundamental en la actividad de estos, demostrándose que muchas veces no importa la fuente de nitrógeno que se utilice sino el nivel de acidez y alcalinidad del suelo al cual se aplique el fertilizante (AIMAR, 2012).



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 11. Diagrama de caja y bigotes que analiza el incremento de diámetros entre 0 y 90 días.**

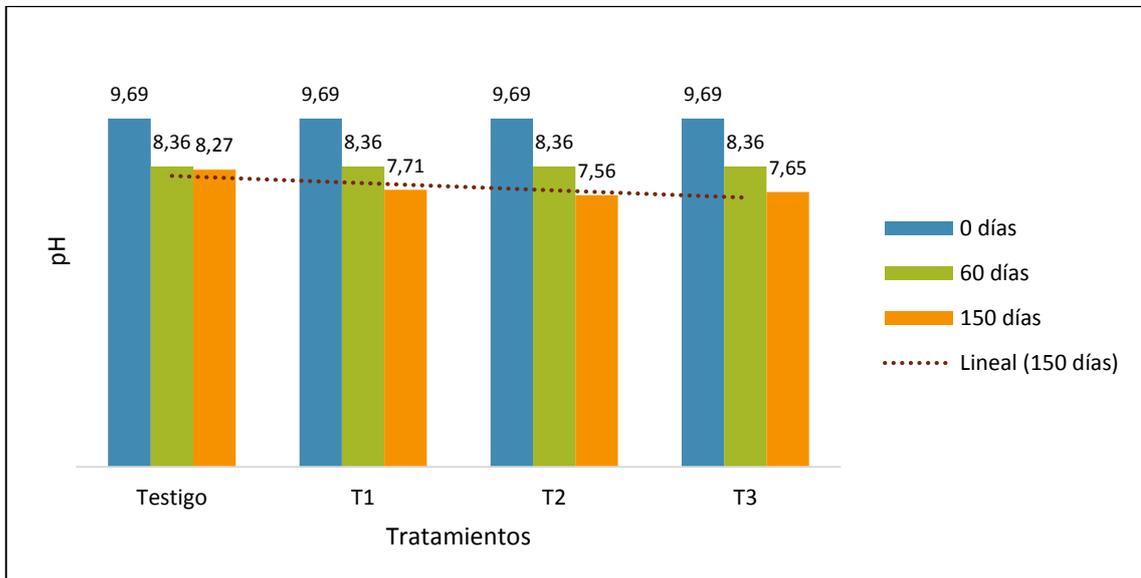
La información del gráfico 11, muestra variabilidad de los datos entre los tratamientos y el testigo, encontrándose que el testigo verifica datos bastante dispersos, muestra que el tratamiento 3 como el que logra una mediana superior en relación a los demás tratamientos. Ninguno de los tratamientos reporta datos extremos.

## **D. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL FERTILIZANTE EN EL pH DEL SUELO**

### **1. Descenso del pH en el suelo efecto del fertilizante**

La fertilización inicia con un pH 8,36 alcalino, la aplicación del fertilizante urea amarilla (40% nitrógeno – 15% azufre) favorece al descenso del pH, a los 90 días de evaluación se realizó un análisis químico de suelo localizado por tratamiento (ver gráfico 8).

La aplicación de diferentes dosis de fertilizante químico 40% nitrógeno - 15% azufre ayudó al descenso del pH en el suelo de alrededor de las plantas en estudio, este efecto puede ser medido al comparar con el tratamiento testigo.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 12. Comparación de los descensos en el nivel de pH de los tratamientos mientras se realizó el estudio.**

En el gráfico se observa el pH inicial del suelo al comienzo del estudio igual a 9,69 altamente alcalino, luego el pH del suelo después de las enmiendas en donde se logró un valor de 8,36 clasificado como alcalino, en esta fecha se procede a la fertilización con los tratamientos T1= 90 gr de fertilizante 40% nitrógeno – 15% azufre (13, 5 gr S / planta), T2 = 135 gr 40% nitrógeno – 15% azufre (20,2 gr de S / planta) y T3 = 180 gr de fertilizante 40% nitrógeno – 15% azufre (27 gr de S / planta), los mismos que después de 90 días causan una reducción en el pH del suelo, obteniendo los siguientes resultados en los análisis de laboratorio T1= 7,71; T2= 7,56 y T3= 7,65; valores que muestran una clara tendencia de disminución.

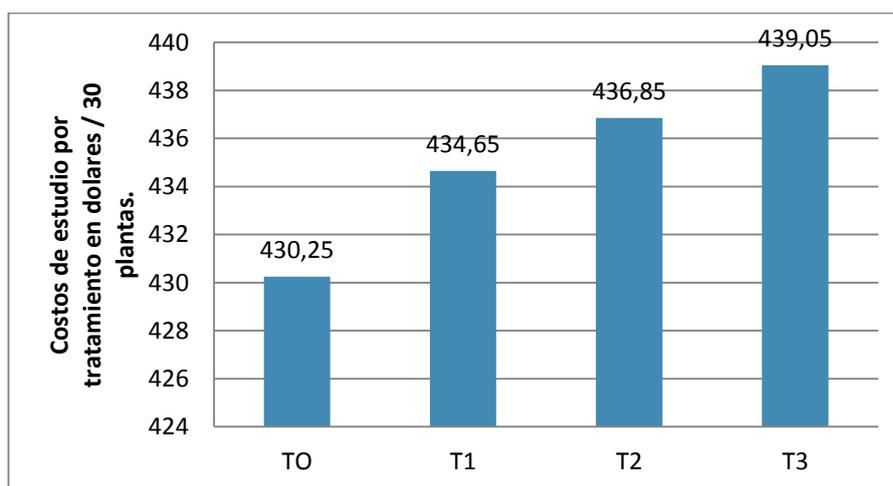
La influencia del fertilizante en el descenso de pH se observa al comparar al final del estudio en el día 150, los tratamientos T1, T2 y T3 con el tratamiento testigo logran los siguientes valores, T0 = 8,27, T1= 7,71; T2= 7,56 y T3= 7,65, lo que reportaría una disminución del pH por influencia del fertilizante en T1= 0,65, T2 = 0,8 y T3 = 0,71 en

nivel de pH en comparación con la reducción de Testigo = 0,09 de pH en el mismo periodo de 90 días.

Los resultados obtenidos en el descenso del pH, no son proporcionales a la cantidad de fertilizante aplicado, pero se observa un efecto muy similar entre los tratamiento fertilizantes en la reducción del pH, lo que no ocurrió con el tratamiento testigo, donde el pH permaneció casi en el mismo nivel en el periodo de evaluación, La reacción del fertilizante en el suelo, está sujeta a las pérdidas de nutrientes por factores externos, (SAINZ, 1997), por su parte (WATON, 2000) menciona el pH alcalino resulta un causante de mayores pérdidas de nitrógeno por evaporación, (MCGRATH, 1996), aporta que la principal forma de perder azufre es por procedimiento de lavado.

## E. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

El estudio ocupó 150 días (60 días enmienda y 90 días fertilización) y generan gastos económicos de diversa índole, a estos se los considero costos reales de elaboración para un trabajo de ésta naturaleza y se presenta a continuación de forma detallada.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

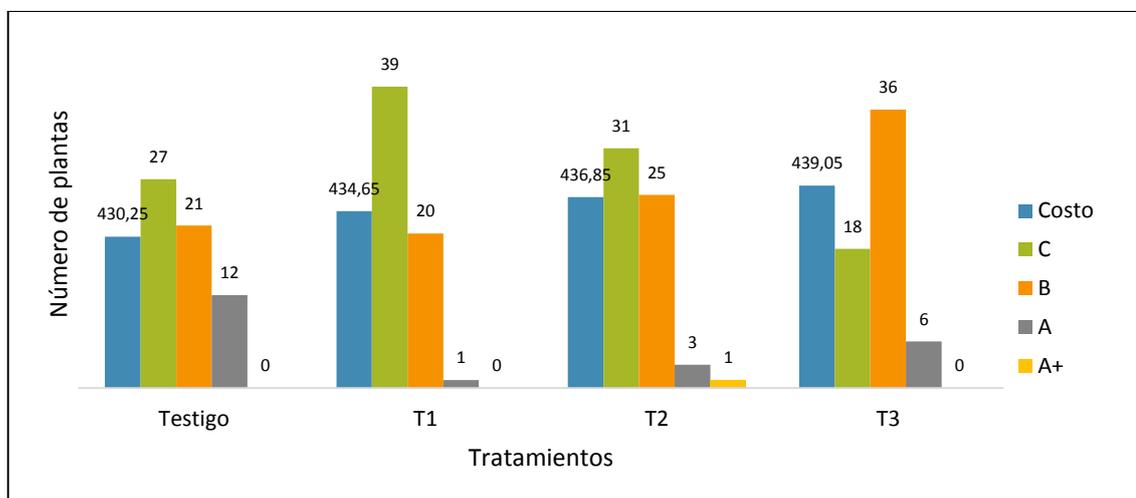
**Gráfico 13. Comparación del costo de estudio por planta considerando las diferentes etapas.**

**Cuadro 17. Evaluación del costo general del estudio realizado.**

Área total de trabajo: 0,50 Ha.				
COMPONENTES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
<b>ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS</b>				
<i>Asistencia técnica</i>				
Establecimiento de parcelas	Jornal	1	20	20,00
Recolección de muestras	Jornal	1	20	20,00
Análisis químico de suelos	Unidad	1	35	35,00
Análisis de pH del suelo	Unidad	3	8	24,00
Revisiones de parcelas	Jornal	1	20	20,00
<i>Mano de obra</i>				
Control de malezas	Jornal	2	20	40,00
<b>MANEJO DE PLANTACIÓN</b>				
<i>Asistencia técnica</i>				
Establecimiento de parcelas	Jornal	1	20	20,00
<i>Mano de obra</i>				
Control de malezas	Jornal	4	20	80,00
Apertura y mantenimiento de coronas	Jornal	18	20	360,00
Riego	Jornal	0	0	0,00
Aplicación enmienda química	Jornal	6	20	120,00
Revisión	Jornal	10	20	200,00
Aplicación de fertilizante	Jornal	9	20	180,00
<b>Inversión física</b>				0,00
Palas	Unidad	3	10	30,00
Cinta métrica	Unidad	2	5,5	11
Calibrador o pie de rey.	Unidad	2	8	16
Instrumentos de medición	Unidad	4	7,5	30,00
Barreno	Unidad	2	40	80
<b>Tecnología e insumos</b>				
Sulfato de calcio o yeso agrícola	Unidad	1	35	35
<b>Gastos Operativos</b>				
Transportación de producción (fletes)	Global	1	100	150,00
<b>GESTIÓN</b>				
<b>Gastos operativos</b>				
Movilización	Global	50,00	5,00	250,00
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				1721
<b>Presupuesto por tratamiento.</b>				430,25

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

Luego de dividir los costos generales en los tratamientos y considerar el costo de fertilización específico se puede determinar, que el tratamiento T3, como se muestra en el gráfico 13 es el más costoso.



Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

**Gráfico 14. Comparación del costo por tratamiento en relación a los rangos de crecimiento tanto de altura como de diámetro.**

Se puede observar en el gráfico 14 que los tratamientos con fertilizantes logran resultados mayores de crecimiento en las categorías B y A en comparación con el Testigo. El estudio realizado cuantifica los costos para formarse una idea real de los costos involucrados cuando se consideran análisis químicos, jornales, entre otros.

Al cuantificar únicamente los costos de fertilización se puede observar los siguientes resultados:

**Cuadro 18. Evaluación del costo de fertilizante por planta.**

Tratamiento	Dosis	Aplicaciones	Plantas	Fertilizante total (kg)	Costo/ kg de fertilizante	Costo tratamiento	Costo / planta
T1	30 gr	3	30	2,7	1,63	4,40	0,15
T2	45 gr	3	30	4,05	1,63	6,60	0,22
T3	60 gr	3	30	5,4	1,63	8,80	0,29

Elaborado: VELÁSTEGUI, C. 2017.

Los resultados muestran diferencias del 50% entre el costo del primer tratamiento y el tercer tratamiento, como se observa en el cuadro 18

## **VI. CONCLUSIONES**

- Los tratamientos a base de fertilizante químico urea amarilla (40 % N y 15 % S) en plantas de *Pinus radiata* D. Don muestran diferencias significativas en el crecimiento de plantas tanto en la altura en los diferentes periodos como en el diámetro, entre tratamientos y en comparación con el testigo.
- La mejor dosis para el fertilizante evaluado urea amarilla (40 % N y 15 % S) es T3 60 gr de urea amarilla (40% N y 15% S) \* 3 aplicaciones cada 30 días, el que aporta al suelo (72 gr N y 27 gr de S), observándose los mayores incrementos en altura y diámetro de plantas de *Pinus radiata* D. Don.
- El costo del estudio determina que el tratamiento T3 es el que tiene el costo más alto en función de la cantidad de fertilizante a aplicar, y este se referencia en \$0,29 centavos de dólar en relación a \$0,15 centavos de dólar por planta que es el costo por planta del tratamiento con fertilizante más bajo. La inversión total requerida para este trabajo fue de \$1721 dólares.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Aplicar 135 gr de sulfato de calcio \* 2 aplicaciones de forma localizada alrededor de la planta, para reducir la alcalinidad del suelo en al menos 1.0 de nivel de pH en 60 días, causando mejoras en la estructura y química del suelo.
- En plantaciones que han sido establecidas sin previos análisis de suelo y que presenta un lento crecimiento, el pH debe ser un factor primordial para evaluar y corregir, lo más cercano al valor de 7.4 neutro considerado como el óptimo para la especie estudiada.
- Para futuras investigaciones sobre dosis de fertilizantes nitrogenados con recubrimiento de azufre, se recomienda periodos de evaluación más largos, debido a los resultados obtenidos con la especie *Pinus radiata* D. Don y lo sugerido por lo citado.

## VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar tres dosis de fertilizante en plantación de *Pinus radiata* D. Don en la Escuela de Formación de Soldados del Ecuador, parroquia Pisque, cantón Ambato; el campo de la fertilización en plantación forestales en el Ecuador es nuevo y no existen referencias que sirvan para el manejo de rodales, lo que contribuye a una alta mortalidad y escaso crecimiento de los árboles; además evaluar el crecimiento en altura y diámetro de las plantas de *Pinus radiata* de D. Don con dosis de 30, 45 y 60 gr de fertilizante químico urea amarilla (40% nitrógeno – 15% azufre) \* 3 aplicaciones cada 30 días; también de evaluaron variables altura y diámetro de plantas en el periodo propuesto, determinación del mejor tratamiento en estudio, análisis económico de los mismos. El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos incluido el testigo, con 3 repeticiones, lo que determinó que los tratamientos a base de fertilizante químico urea amarilla (40 % N y 15 % S) en plantas de *Pinus radiata* D. Don, muestran diferencias significativas en el crecimiento de plantas tanto en la altura en los diferentes periodos como en el diámetro, el tratamiento que mejor resultado presentó fue el T3 60 gr de urea amarilla (40% N y 15% S) \* 3 aplicaciones cada 30 días, que aportó al suelo (72 gr N y 27 gr de S), causando los mayores incrementos en altura y diámetro de planta, este tratamiento obtuvo un costo de 0,29 ctvs/ planta, en base a lo obtenido en esta investigación. Se recomienda el uso de sulfato de calcio como enmienda de suelos con pH altamente alcalinos.

**Palabras clave:** PLANTACIÓN DE PINO - PLANTACIÓN FORESTAL - UREA AMARILLA.

**Por:** Carlos Velástegui



## IX. SUMMARY

### ABSTRACT

The present research proposes: To evaluate three doses of fertilizer in plantation of *Pinus radiata* D. Don in the Training School of Soldiers of Ecuador, Pisque Parish, Canton Ambato; The field of fertilization in forest plantation in Ecuador is new and there are no references that serve for the management of stands, which contributes to a high mortality and low growth of the trees; In addition to evaluating the growth in height and diameter of the plants of *Pinus radiata* of D. Don with doses of 30, 45 and 60 gr. of chemical fertilizer urea yellow (40% nitrogen - 15% sulfur) \* 3 applications every 30 days; Height and diameter variables of plants were also evaluated in the proposed period, determination of the best treatment under study, economic analysis of the same ones. The experimental design used was the Completely Randomized Design (CRD), with four treatments including the control, with 3 replicates, which determined that treatments based on yellow urea chemical fertilizer (40% N and 15% S) in plants of *Pinus Radiata* D. Don, they show significant differences in the plants growth so much in the height in the different periods as in the diameter, in treatment the best result presented was T3 60 gr. of the yellow urea (40% N and 15% S) \* 3 applications every 30 days, which contributed to the soil (72 g N and 27 g S), causing the greatest increases in height and diameter of plant , this treatment obtained a cost of 0.29 cents/plant, based on what was obtained in this research. The use of calcium sulfate as an amendment of highly alkaline pH soils is recommended.

**Keywords:** PINE PLANTATION - FOREST PLANTATION - YELLOW UREA



## **X. BIBLIOGRAFIA**

1. Aimar, S. (2012). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. (Tesis de grado. Licenciada en Geología). Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Argentina, La Pampa.
2. Alcántar, G., Trejo, & Rodríguez. (2007). Elementos esenciales - Introducción nutrición de cultivos. Heredia - Costa Rica.
3. Álvarez, J., Rodríguez, J., & Suarez, D. (1999). Programa de fertilización de Pinus radiata y Eucalypto sp. (Tesis de grado. Ingeniera de Montes). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.
4. Basaure. (2011). Enmiendas del suelo, uso de cal y yeso. Santiago de Chile. Consultado el 13/10/2016. Disponible en:  
<http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/22564.html>
5. Bascones. (2006). Análisis de suelo y consejos de abonado. Titular de INEA. Directora de calidad del laboratorio de análisis agrícola. Valladolid - España.
6. Bruulsema, T. (2004). Fertilizer nutrient recovery in sustainable cropping sustainable cropping systems. 15 – 17.USA.
7. Carrere, R. (2005). Pinos y eucaliptos en el Ecuador símbolos de un modelo destructivo, (\*) Coordinador del movimiento mundial para los bosques. Quito.
9. Castellanos, J. (2000). Manual de uso de yeso agrícola como mejorador de suelo. (2ª ed). Instituto Técnico Agropecuario. Guanajuato. México.  
Consultado el 11/ 11/ 2016. Disponible en:  
<https://www.intagri.com/articulos/suelos/manual-de-uso-del-yeso-agricola>
9. Davel, M. (2009). Manejo de plantaciones. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. Universidad Nacional de la Patagonia. Argentina.

10. Dickens, D., Moohead, D., & McElvan, B. (2003). Fertilización en plantaciones de pino. Instituto de la potasa y el fosforo. Artículo informaciones agroeconómicas. Canadá.
11. Domínguez, A. (1996). Tratado de fertilización. Nutrición vegetal. Suelo. Relaciones generales suelo-planta. Los elementos nutritivos en el sistema suelo-planta. (Tesis Doctoral.). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
12. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y Alimentación (2000). Evaluación de los recursos forestales mundiales Estudio FAO Montes 140. Recursos de plantación forestal en países en desarrollo. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Documento de trabajo 18. 97 págs. Consultado el 11/11/2016. Disponible en:  
[www.fao.org/forestry/foris/webview/common/media](http://www.fao.org/forestry/foris/webview/common/media).
13. Galán, (2007). Uso de enmiendas de suelo. Doctor en Ciencias Biológicas. Profesor de Botánica en la Universidad Politécnica de Madrid. Aragón, Madrid.
14. García. (1970). Índices de sitio para pino insigne en Chile. Instituto Forestal Santiago, Chile.
15. Gardner, M. F., Mill, R. R., & Chase, M.W. (2011). Una nueva clasificación y secuencia lineal de gimnospermas existentes. *Phytotaxa*. Texas - USA.
16. Gerding, V., Schlatter, J., Barriga, L. (1986). Fertilización para el establecimiento de *Pinus radiata* D. Don en Valdivia. Instituto de silvicultura Universidad Austral Santiago de Chile. Santiago.
17. Goertz, H. (1993). Controlled Release Technology, p. 251- 274. In: *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 7 (4<sup>th</sup> ed). Wiley - New York.
18. Granda, P. (2007). Monocultivo de plantaciones de árboles en Ecuador. Montevideo: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales.

19. Hernández, A. (2002). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el desarrollo y fenología de los brotes de setos de *Pinus radita*. Valdivia - Chile.
20. Ibañez, J. (2006). Componentes, estructuras y procesos del suelo, los suelos las plantas y la vegetación. Madrid.
21. Instituto Técnico Agropecuario. (2006). Manual de uso del yeso agrícola como mejorador del suelo. Costa Rica.
22. Judd, Campbell, Kellogg, Stevens, Donoghue. (2007). Plant Systematics, enfoque filogenético, tercera edición. Sinauer associates. USA.
23. Limuza. (2004). Manual de fertilizantes para cultivos de altos rendimientos. California Plant Health Association. Roma. p.161.
24. López, C. (2008). Dasometría. Universidad Politécnica de Madrid. Tema N° 22. Epidimetría (II). España.
25. Ludwick, (2004). Fertilización y cultivos de altos rendimientos. California Plant Health Association. California.
26. Ministerio del Ambiente Ecuador. (2004). Normativa N° 40 Acuerdo Ministerial del 4 de Junio del 2004, expedido por el ministerio de Ambiente, sobre las “Normas para el aprovechamiento de madera en bosques cultivados y de árboles en sistemas agroforestales. Quito.
27. Martínez, I. (2004). Estado nutritivo y recomendaciones para la fertilización de *Pinus radiata*. Artículo Euskadi Basigintza. Galicia - España.
28. Martínez, R., Azpiroz, H., & Rodríguez, J. (2006). Importancia de las Plantaciones Forestales de *Eucalyptus*. Ra Ximhai Vol. 2. Número 3, Galicia - España.

29. Millalon, J., Gerding, V. (2012). Fertilizantes de liberación controlada aplicados al establecimiento de *Pinus radiata* D. Don en Chile. (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Santiago - Chile.
30. Mulo. (2009). El huerto en estado puro, manual clásico para horticultores Modernos. Técnicas de Horticultor. España.
31. Nolasco, J., & Outeiriño, A. (2011). Principales tipologías de fertilizantes utilizados para jardinería y paisajismo. España.
32. Ponce, V. (1993) Efecto de diferentes sistemas de preparación física del suelo sobre una plantación de *Pinus radiata* D. Don. (Memoria Ingeniería Forestal). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.
33. Tucekova, & Sarvas (2001). Slow release fertilizers: field tests results. Slow release fertilizers and their application on forestry. República Checa.
34. Sánchez, F., Gualpa, D. (2006). Relaciones entre el manejo forestal, variables ambientales y edáficas con el crecimiento y productividad en plantaciones de *Pinus patula*, en los andes del sur del Ecuador. Loja.
35. Schenck, A. (2008). Fertilizantes en la producción maderera. Profesor de la Escuela de Montes. Carolina del Norte.
36. Schinelli. (2002). Fertilización en plántones de Pino ponderosa respuesta en plantación. Campo experimental Trávelin.  
Consultado el 15/11/2016. Disponible en:  
<https://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/.../Schinelli-FertilizaciónPino.pdf>
37. Solís, E. (2015). Análisis de varianza y coeficiente de variación con interpretación. Ingeniero Agrónomo. Coatepeque - Guatemala.

38. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. (2008). Guía de Consultas Botánica II. (UNNE) GIMNOSPERMAS (Pinophyta)-Pinácea. Chile.
39. Vaides, E. (2015). El crecimiento en masas forestales. Curso de Ordenación Forestal I, Guatemala.
40. Vinueza, M. (2013). Fichas técnica especies forestales Ecuador, Ficha n° 13 *Pinus radiata*, Ecuador forestal. Quito.
41. Watson, C. (2000). Urease activity and inhibition. Principles and practice. The international Fertilizer Society. California, USA.  
Consultado el 22/10/2016. Disponible en:  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Reaccion%20en%20el%20Suelo%20de%20la%20Urea.asp>

## XI. ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de crecimiento en altura para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, con la aplicación de 30 gr de urea amarilla (40% N y 15 % S) \* 3 aplicaciones cada 30 días (T1).**

TRATAMIENTO (T1)		ALTURAS (cm)				INCREMENTOS (cm)			
NÚMERO DE ARBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	ΔP 1	ΔP 2	ΔP 3	ΔT
1	I	18	18,1	22,5	22,9	0,1	4,4	0,4	4,9
2	I	16,5	17,8	19,3	20,4	1,3	1,5	1,1	3,9
3	I	25,1	26,2	26,5	27,1	1,1	0,3	0,6	2
4	I	24,2	24,4	24,6	25	0,2	0,2	0,4	0,8
5	I	16,5	16,8	18,3	19,2	0,3	1,5	0,9	2,7
6	I	23,5	23,8	24,4	25,4	0,3	0,6	1	1,9
7	I	25,2	27,3	27,6	29,8	2,1	0,3	2,2	4,6
8	I	19,8	20,4	20,5	21,1	0,6	0,1	0,6	1,3
9	I	18,3	20,5	20,9	21,7	2,2	0,4	0,8	3,4
10	I	13,5	16,5	16,7	17,1	3	0,2	0,4	3,6
1	II	19,8	22,5	24,2	28,4	2,7	1,7	4,2	8,6
2	II	28,6	31,3	31,6	32,2	2,7	0,3	0,6	3,6
3	II	22	22,5	23,2	26,5	0,5	0,7	3,3	4,5
4	II	23,2	25,8	26,3	28,8	2,6	0,5	2,5	5,6
5	II	28,6	33,7	34,1	34,5	5,1	0,4	0,4	5,9
6	II	28,4	30,2	33,1	34	1,8	2,9	0,9	5,6
7	II	33,3	34,8	36,2	36,3	1,5	1,4	0,1	3
8	II	35,5	37,5	38,1	42,7	2	0,6	4,6	7,2
9	II	23	24,2	25,2	25,8	1,2	1	0,6	2,8
10	II	27,2	33,1	34	34,7	5,9	0,9	0,7	7,5
1	III	36,5	38,5	40,2	40,8	2	1,7	0,6	4,3
2	III	38,5	38,6	39,1	40,5	0,1	0,5	1,4	2
3	III	66,2	71,8	73,1	74,2	5,6	1,3	1,1	8
4	III	27,1	27,6	28,2	29,3	0,5	0,6	1,1	2,2
5	III	50,6	58,2	58,2	59	7,6	0	0,8	8,4
6	III	24,3	25,4	29,7	33,4	1,1	4,3	3,7	9,1
7	III	29,9	36,8	37,5	37,8	6,9	0,7	0,3	7,9
8	III	31,7	35,3	39,1	41,9	3,6	3,8	2,8	10,2
9	III	51	56,1	63,3	65,7	5,1	7,2	2,4	14,7
10	III	48,4	53,2	54,4	54,9	4,8	1,2	0,5	6,5
<b>Incremento medio periódico de T1 (cm)</b>						<b>2,48</b>	<b>1,37</b>	<b>1,37</b>	
<b>Incremento medio total de T1 (cm)</b>									<b>5,22</b>

**Anexo 2. Tabla de crecimiento en altura para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, con la aplicación de 45 gr de urea amarilla (40% N y 15 % S) \* 3 aplicaciones cada 30 días (T2).**

TRATAMIENTO (T2)		ALTURAS (cm)				INCREMENTOS (cm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	ΔP 1	ΔP 2	ΔP 3	ΔT
1	I	14,6	16,2	17,4	17,9	1,6	1,2	0,5	3,3
2	I	13,2	14,2	14,5	15,1	1	0,3	0,6	1,9
3	I	18,5	21	21,2	22,5	2,5	0,2	1,3	4
4	I	18,8	21,2	22,4	23,4	2,4	1,2	1	4,6
5	I	19,5	19,7	19,9	20,7	0,2	0,2	0,8	1,2
6	I	26,5	28,2	28,3	30	1,7	0,1	1,7	3,5
7	I	16,1	21	28,5	32,5	4,9	7,5	4	16,4
8	I	19,5	21,2	22,7	23,1	1,7	1,5	0,4	3,6
9	I	27,8	30,2	31,4	35,7	2,4	1,2	4,3	7,9
10	I	20,6	21,9	22,2	23,1	1,3	0,3	0,9	2,5
1	II	24,2	29,7	31,9	33,6	5,5	2,2	1,7	9,4
2	II	31,2	33,2	37,6	38,5	2	4,4	0,9	7,3
3	II	38,2	38,6	39,1	39,9	0,4	0,5	0,8	1,7
4	II	29	31,2	33,3	34,2	2,2	2,1	0,9	5,2
5	II	14,2	16,1	17,2	21	1,9	1,1	3,8	6,8
6	II	41,8	42,2	43,1	43,6	0,4	0,9	0,5	1,8
7	II	35,8	36,5	36,6	38,9	0,7	0,1	2,3	3,1
8	II	36	36,7	37,1	37,6	0,7	0,4	0,5	1,6
9	II	39,6	42,1	45,3	49,7	2,5	3,2	4,4	10,1
10	II	32,2	34,3	35,5	36,6	2,1	1,2	1,1	4,4
1	III	54,9	59,1	60,6	61,9	4,2	1,5	1,3	7
2	III	35,5	36,8	39	39,9	1,3	2,2	0,9	4,4
3	III	69,9	70,5	71,4	72	0,6	0,9	0,6	2,1
4	III	79,6	85,6	91,9	92,5	6	6,3	0,6	12,9
5	III	45,4	47,1	47,7	48,5	1,7	0,6	0,8	3,1
6	III	23	26,5	29,4	33,4	3,5	2,9	4	10,4
7	III	52	56,3	56,6	57	4,3	0,3	0,4	5
8	III	51,5	53,6	54,8	55,3	2,1	1,2	0,5	3,8
9	III	58,4	65,1	70,4	77,2	6,7	5,3	6,8	18,8
10	III	59,2	63,7	65,7	67,7	4,5	2	2	8,5
<b>Incremento medio periódico de T2 (cm)</b>						<b>2,43</b>	<b>1,77</b>	<b>1,68</b>	
<b>Incremento medio total de T2 (cm)</b>									<b>5,88</b>

**Anexo 3. Tabla de crecimiento en altura para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, con la aplicación de 60 gr de urea amarilla (40% N y 15 % S) \* 3 aplicaciones cada 30 días (T3).**

Tratamiento (T3)		ALTURAS (cm)				INCREMENTOS (cm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	ΔP 1	ΔP 2	ΔP 3	ΔT
1	I	35,5	36,2	36,6	38,5	0,7	0,4	1,9	3
2	I	23,4	24,1	24,7	27	0,7	0,6	2,3	3,6
3	I	20	21,5	23,4	24,2	1,5	1,9	0,8	4,2
4	I	27,4	28,4	29,5	34,8	1	1,1	5,3	7,4
5	I	29,6	30,4	32,2	33,4	0,8	1,8	1,2	3,8
6	I	32	34,1	36,1	39,4	2,1	2	3,3	7,4
7	I	26	27,7	29,8	34,8	1,7	2,1	5	8,8
8	I	38,5	41,1	45,5	50,8	2,6	4,4	5,3	12,3
9	I	24	30,5	36,4	39,9	6,5	5,9	3,5	15,9
10	I	30	31,5	34,2	36,8	1,5	2,7	2,6	6,8
1	II	19,5	20,5	23,6	24,2	1	3,1	0,6	4,7
2	II	21,3	23,3	25,1	27	2	1,8	1,9	5,7
3	II	46,4	48,3	49,2	54,4	1,9	0,9	5,2	8
4	II	46,8	48,9	49,6	53,3	2,1	0,7	3,7	6,5
5	II	71,1	73,5	73,8	76,7	2,4	0,3	2,9	5,6
6	II	42,7	43,4	43,8	46,1	0,7	0,4	2,3	3,4
7	II	24,3	24,8	25,6	26,4	0,5	0,8	0,8	2,1
8	II	25,2	29	29,3	30,1	3,8	0,3	0,8	4,9
9	II	53,1	56,7	60,1	64,8	3,6	3,4	4,7	11,7
10	II	44,8	48,2	49	55,5	3,4	0,8	6,5	10,7
1	III	25,2	27,3	28,2	28,4	2,1	0,9	0,2	3,2
2	III	39	44,1	46,1	50	5,1	2	3,9	11
3	III	13,7	14,5	16,4	20,2	0,8	1,9	3,8	6,5
4	III	49,5	53,5	54,4	59,5	4	0,9	5,1	10
5	III	42	43,3	49,3	51,6	1,3	6	2,3	9,6
6	III	53,5	54,6	55	56,7	1,1	0,4	1,7	3,2
7	III	72,2	73,4	74,2	79,2	1,2	0,8	5	7
8	III	12,4	14,7	19,1	20,6	2,3	4,4	1,5	8,2
9	III	56,5	62,2	63,4	65,2	5,7	1,2	1,8	8,7
10	III	33,1	34,1	35,1	35,9	1	1	0,8	2,8
<b>Incremento medio periódico de T3 (cm)</b>						<b>2,17</b>	<b>1,83</b>	<b>2,89</b>	
<b>Incremento medio total de T3 (cm)</b>									<b>6,89</b>

**Anexo 4. Tabla de crecimiento en altura para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, en condiciones normales (T0).**

Tratamiento (T0)		ALTURAS (cm)				INCREMENTOS (cm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	ΔP 1	ΔP 2	ΔP 3	ΔT
1	I	13,5	15,7	25,5	26	2,2	9,8	0,5	12,5
2	I	30,2	31,7	32,5	34,5	1,5	0,8	2	4,3
3	I	36,5	39,1	41,2	41,4	2,6	2,1	0,2	4,9
4	I	37,5	38,5	39,2	41	1	0,7	1,8	3,5
5	I	38,9	40,4	41,7	43,8	1,5	1,3	2,1	4,9
6	I	36,8	37,2	37,8	39,5	0,4	0,6	1,7	2,7
7	I	27,2	28,2	28,5	30,2	1	0,3	1,7	3
8	I	28,2	29,3	30	34,5	1,1	0,7	4,5	6,3
9	I	28,1	29,2	29,3	29,5	1,1	0,1	0,2	1,4
10	I	26,3	26,5	26,8	28	0,2	0,3	1,2	1,7
1	II	19	23,5	23,8	24,1	4,5	0,3	0,3	5,1
2	II	22,4	23,3	23,8	23,9	0,9	0,5	0,1	1,5
3	II	23	23,2	23,7	24	0,2	0,5	0,3	1
4	II	20,8	22,9	23,3	24,3	2,1	0,4	1	3,5
5	II	18	19,2	19,6	19,8	1,2	0,4	0,2	1,8
6	II	31	33,2	36,7	39,2	2,2	3,5	2,5	8,2
7	II	32,1	33,5	33,7	33,8	1,4	0,2	0,1	1,7
8	II	30,2	30,5	32,5	34,1	0,3	2	1,6	3,9
9	II	18,3	20,5	25,1	28,5	2,2	4,6	3,4	10,2
10	II	24,2	24,5	24,9	25,1	0,3	0,4	0,2	0,9
1	III	30,4	31,4	32,2	33,1	1	0,8	0,9	2,7
2	III	22,2	23,8	24,2	24,4	1,6	0,4	0,2	2,2
3	III	15,9	16,2	16,9	17,2	0,3	0,7	0,3	1,3
4	III	51,2	53,2	53,9	54,6	2	0,7	0,7	3,4
5	III	18,2	19,5	20,4	21,1	1,3	0,9	0,7	2,9
6	III	62	65,2	65,5	66,7	3,2	0,3	1,2	4,7
7	III	48,2	51,1	52,2	54	2,9	1,1	1,8	5,8
8	III	14	15,2	15,3	15,8	1,2	0,1	0,5	1,8
9	III	33,2	35,2	36,5	37	2	1,3	0,5	3,8
10	III	57	60,8	61,2	62	3,8	0,4	0,8	5
<b>Incremento medio periódico de T0 (cm)</b>						<b>1,57</b>	<b>1,21</b>	<b>1,11</b>	
<b>Incremento medio total de T0 (cm)</b>									<b>3,89</b>

**Anexo 5. Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, con la aplicación de 30 gr de urea amarilla (40% N y 15 % S) \* 3 aplicaciones cada 30 días (T1).**

TRATAMIENTO (T1)		DIÁMETROS (mm)				INCREMENTOS (mm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	ΔP 1	ΔP 2	ΔP 3	ΔT
1	I	4,4	4,5	4,9	5,3	0,1	0,4	0,4	0,9
2	I	5,5	5,7	5,8	6,1	0,2	0,1	0,3	0,6
3	I	4,4	4,8	4,9	5,1	0,4	0,1	0,2	0,7
4	I	5	5,2	5,5	5,8	0,2	0,3	0,3	0,8
5	I	2,8	3,4	3,5	4,1	0,6	0,1	0,6	1,3
6	I	3,9	4,9	5,4	6	1	0,5	0,6	2,1
7	I	3,5	3,9	5,7	5,9	0,4	1,8	0,2	2,4
8	I	3,6	3,7	4,3	4,8	0,1	0,6	0,5	1,2
9	I	3,7	4,1	5,8	6,2	0,4	1,7	0,4	2,5
10	I	4,1	4,4	5,1	5,3	0,3	0,7	0,2	1,2
1	II	2,7	3,4	6,1	6,6	0,7	2,7	0,5	3,9
2	II	2,7	3,1	5,9	6,1	0,4	2,8	0,2	3,4
3	II	4,2	4,5	5,2	5,4	0,3	0,7	0,2	1,2
4	II	4,8	5,2	5,5	5,6	0,4	0,3	0,1	0,8
5	II	6,3	6,6	6,8	7,1	0,3	0,2	0,3	0,8
6	II	4,6	5,1	5,9	6,4	0,5	0,8	0,5	1,8
7	II	5,4	5,8	6,3	6,5	0,4	0,5	0,2	1,1
8	II	6,1	6,4	6,5	7	0,3	0,1	0,5	0,9
9	II	5,2	5,5	6,7	9,6	0,3	1,2	2,9	4,4
10	II	6,4	6,9	7,5	8,4	0,5	0,6	0,9	2
1	III	8,2	8,5	8,9	10,8	0,3	0,4	1,9	2,6
2	III	8,5	9	10,1	10,9	0,5	1,1	0,8	2,4
3	III	11,2	12,4	13,1	13,9	1,2	0,7	0,8	2,7
4	III	3,5	4,1	5,5	6	0,6	1,4	0,5	2,5
5	III	12,1	14,2	14,8	14,9	2,1	0,6	0,1	2,8
6	III	6,4	7,8	9,1	9,4	1,4	1,3	0,3	3
7	III	8,2	8,5	9,6	9,8	0,3	1,1	0,2	1,6
8	III	6,8	7,1	8,7	9,5	0,3	1,6	0,8	2,7
9	III	9,3	9,5	10,3	11,3	0,2	0,8	1	2
10	III	9,1	9,8	10,3	11	0,7	0,5	0,7	1,9
<b>Incremento medio periódico de T1 (mm)</b>						<b>0,51</b>	<b>0,86</b>	<b>0,57</b>	
<b>Incremento medio total de T1 (mm)</b>									<b>1,94</b>



**Anexo 6. Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, con la aplicación de 45 gr de urea amarilla (40% N y 15 % S) \* 3 aplicaciones cada 30 días (T2).**

TRATAMIENTO (T2)		DIÁMETROS (mm)				INCREMENTOS (mm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	$\Delta P 1$	$\Delta P 2$	$\Delta P 3$	$\Delta T$
1	I	4,1	4,5	5,5	6,2	0,4	1	0,7	2,1
2	I	4,2	4,4	4,8	5,5	0,2	0,4	0,7	1,3
3	I	4,5	5,5	5,9	6,3	1	0,4	0,4	1,8
4	I	3,4	4,2	4,5	5,1	0,8	0,3	0,6	1,7
5	I	4,1	4,3	4,7	6,1	0,2	0,4	1,4	2
6	I	3,3	3,7	5,9	6,8	0,4	2,2	0,9	3,5
7	I	4,6	5	6,5	7,4	0,4	1,5	0,9	2,8
8	I	3,9	5	5,9	6,6	1,1	0,9	0,7	2,7
9	I	4,6	6,2	7,1	7,8	1,6	0,9	0,7	3,2
10	I	3,5	4,6	5,8	6,1	1,1	1,2	0,3	2,6
1	II	4,8	5,6	6	6,8	0,8	0,4	0,8	2
2	II	4,1	5,8	6,2	7,1	1,7	0,4	0,9	3
3	II	6,2	6,5	6,9	7,2	0,3	0,4	0,3	1
4	II	5	5,3	6,3	6,5	0,3	1	0,2	1,5
5	II	6,2	6,5	7,1	7,4	0,3	0,6	0,3	1,2
6	II	6	6,3	7	7,8	0,3	0,7	0,8	1,8
7	II	6,5	6,9	7,6	7,9	0,4	0,7	0,3	1,4
8	II	7	7,8	8,8	9,4	0,8	1	0,6	2,4
9	II	7,3	8,1	9,3	9,6	0,8	1,2	0,3	2,3
10	II	5,2	6,5	7,1	8,1	1,3	0,6	1	2,9
1	III	10	10,5	11,2	11,6	0,5	0,7	0,4	1,6
2	III	7,1	8	8,3	8,9	0,9	0,3	0,6	1,8
3	III	11,3	12,9	14,1	14,9	1,6	1,2	0,8	3,6
4	III	13,2	14,1	15	16,1	0,9	0,9	1,1	2,9
5	III	7,4	8,7	9,1	10	1,3	0,4	0,9	2,6
6	III	3,3	4,1	4,9	6,3	0,8	0,8	1,4	3
7	III	8,9	11,1	12,2	13,1	2,2	1,1	0,9	4,2
8	III	13,2	15,4	16,1	17	2,2	0,7	0,9	3,8
9	III	9,8	10,7	11,1	12,1	0,9	0,4	1	2,3
10	III	8,2	9,5	11	12,1	1,3	1,5	1,1	3,9
<b>Incremento medio periódico de T2 (mm)</b>						<b>0,89</b>	<b>0,81</b>	<b>0,73</b>	
<b>Incremento medio total de T2 (mm)</b>									<b>2,43</b>

**Anexo 7. Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, con la aplicación de 60 gr de urea amarilla (40% N y 15 % S) \* 3 aplicaciones cada 30 días (T3).**

TRATAMIENTO (T3)		DIÁMETROS (mm)				INCREMENTOS (mm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	ΔP 1	ΔP 2	ΔP 3	ΔT
1	I	5,1	5,5	7,5	8,1	0,4	2	0,6	3
2	I	4,3	4,7	5,5	5,8	0,4	0,8	0,3	1,5
3	I	4,4	4,9	5,9	6,3	0,5	1	0,4	1,9
4	I	6,3	6,6	7,2	7,5	0,3	0,6	0,3	1,2
5	I	2,6	4,4	6,1	6,6	1,8	1,7	0,5	4
6	I	6,2	6,5	7	8,2	0,3	0,5	1,2	2
7	I	5,5	6,4	7,2	7,9	0,9	0,8	0,7	2,4
8	I	8,3	8,5	9,5	10,2	0,2	1	0,7	1,9
9	I	4	5,4	6,3	8,2	1,4	0,9	1,9	4,2
10	I	6,9	8,6	9,5	10,8	1,7	0,9	1,3	3,9
1	II	3,2	3,8	3,9	4	0,6	0,1	0,1	0,8
2	II	3,2	3,6	3,9	4,4	0,4	0,3	0,5	1,2
3	II	4,8	5,7	7,7	7,9	0,9	2	0,2	3,1
4	II	7,7	8,9	10,1	10,7	1,2	1,2	0,6	3
5	II	11,1	11,5	11,9	12,6	0,4	0,4	0,7	1,5
6	II	7	7,5	7,7	8,9	0,5	0,2	1,2	1,9
7	II	5,3	5,5	5,8	6,5	0,2	0,3	0,7	1,2
8	II	4,7	5	5,9	7,1	0,3	0,9	1,2	2,4
9	II	8,8	9,2	10,4	11,1	0,4	1,2	0,7	2,3
10	II	8,7	9,2	9,4	10,5	0,5	0,2	1,1	1,8
1	III	5,2	5,3	5,5	5,8	0,1	0,2	0,3	0,6
2	III	7,5	8,5	9,2	9,8	1	0,7	0,6	2,3
3	III	4,4	4,8	5,1	6,1	0,4	0,3	1	1,7
4	III	10,5	11,2	12,1	12,9	0,7	0,9	0,8	2,4
5	III	7,2	8,9	9,3	10,6	1,7	0,4	1,3	3,4
6	III	9,3	10,2	10,8	11,5	0,9	0,6	0,7	2,2
7	III	12,5	13,5	14,8	15,5	1	1,3	0,7	3
8	III	3,5	3,8	4,6	4,8	0,3	0,8	0,2	1,3
9	III	11,1	11,4	11,8	12,2	0,3	0,4	0,4	1,1
10	III	5,2	5,5	5,7	6,9	0,3	0,2	1,2	1,7
<b>Incremento medio periódico de T3 (mm)</b>						<b>0,67</b>	<b>0,76</b>	<b>0,74</b>	
<b>Incremento medio total de T3 (mm)</b>									<b>2,16</b>

**Anexo 8. Tabla de crecimiento en diámetro para plantas de *Pinus radiata* D. Don en plantación, en condiciones normales (T0).**

TRATAMIENTO (T0)		DIÁMETROS (mm)				INCREMENTOS (mm)			
NÚMERO DE ÁRBOL	REPETICIÓN	0 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	90 DÍAS	$\Delta P 1$	$\Delta P 2$	$\Delta P 3$	$\Delta T$
1	I	3,9	4,6	5,3	5,5	0,7	0,7	0,2	1,6
2	I	4,1	4,7	5,3	5,8	0,6	0,6	0,5	1,7
3	I	4,4	6	7,2	7,4	1,6	1,2	0,2	3
4	I	5,1	6,3	7,4	8	1,2	1,1	0,6	2,9
5	I	5,7	6,3	6,8	7,7	0,6	0,5	0,9	2
6	I	5,2	5,6	6	6,3	0,4	0,4	0,3	1,1
7	I	4	4,5	5,2	5,4	0,5	0,7	0,2	1,4
8	I	5,2	5,5	5,8	7	0,3	0,3	1,2	1,8
9	I	5,3	6,4	7,4	7,9	1,1	1	0,5	2,6
10	I	6	6,2	6,6	7,4	0,2	0,4	0,8	1,4
1	II	4,8	5,5	5,6	6,1	0,7	0,1	0,5	1,3
2	II	4,1	4,6	4,9	5,2	0,5	0,3	0,3	1,1
3	II	4,3	5,1	6,1	6,3	0,8	1	0,2	2
4	II	4,4	4,7	5,1	5,4	0,3	0,4	0,3	1
5	II	4,3	5,1	5,8	6,2	0,8	0,7	0,4	1,9
6	II	4,5	4,7	5,6	6	0,2	0,9	0,4	1,5
7	II	4,3	4,4	5	5,4	0,1	0,6	0,4	1,1
8	II	5,1	5,3	5,5	5,8	0,2	0,2	0,3	0,7
9	II	2,2	3,6	5,3	6,2	1,4	1,7	0,9	4
10	II	3,5	5	5,3	6,4	1,5	0,3	1,1	2,9
1	III	4,9	5,2	6,2	8,4	0,3	1	2,2	3,5
2	III	3,9	4,6	5,1	5,7	0,7	0,5	0,6	1,8
3	III	5,1	5,2	6,2	6,4	0,1	1	0,2	1,3
4	III	7,4	8,2	9,4	9,7	0,8	1,2	0,3	2,3
5	III	3,4	3,7	3,8	4,4	0,3	0,1	0,6	1
6	III	9,3	9,8	11,3	12,1	0,5	1,5	0,8	2,8
7	III	11,1	11,8	12,7	13,1	0,7	0,9	0,4	2
8	III	3,1	4,2	5,1	5,5	1,1	0,9	0,4	2,4
9	III	4,6	5,8	6,7	7	1,2	0,9	0,3	2,4
10	III	10,6	11,3	11,8	12,2	0,7	0,5	0,4	1,6
<b>Incremento medio periódico de T0 (mm)</b>						<b>0,67</b>	<b>0,72</b>	<b>0,55</b>	
<b>Incremento medio total de T0 (mm)</b>									<b>1,94</b>

Anexo 9. Análisis químico y de pH del suelo de plantación.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Carlos Velástegui

Remitente: ESFORSE

Ubicación: Nombre de la granja

Parroquia: Parroquia  
Cantón: Ambato

Fecha de ingreso: 08/06/2016

Fecha de salida: 14/06/2016

Tungurahua  
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident.	pH	% M.O	NH4	mg/L	Meq/100g
Suelo	9.69 ALC.	2.1 M	12.1 B	49.6 A	1.08 A

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Ac. Ligeramente ácido	B: bajo

Ing. Franklin Arcos T.  
DIRECTOR DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tfono 2998220 Extensión 418

Ing. Elizabeth Pachacama  
TECNICO DE LABORATORIO

\*Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza\*

**Anexo 10. Evaluación del pH en suelo de plantación, a los 30 días de la incorporación de 135 gr CaSO<sub>4</sub>.**



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf.: Z 400967 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com  
Ambato-Ecuador

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

<b>Certificado No: 16-262</b>						R01-5.10 08
Solicitud N°: 16-262						Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 25 de agosto de 2016			Fecha de ejecución de ensayos: 25 de agosto de 2016			
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa: n/a			C.I./RUC: 1722530555			
Representante: Carlos Andrés Velástegui Coloma			Tlf: 0983176131			
Dirección: Flores 054 y Fundadores del Cantón			Email: carlos_andresvelasteguicoloma@yahoo.com			
Ciudad: Pillaro						
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Suelo			Peso: 1 kg			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: funda plástica			
Lote: n/a			No de muestras: una			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 30 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 25 de agosto de 2016			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Suelo	26216690	Parroquia El Plaque Lugar: ESFORSE	*pH	AOAC 942.18- Ed. 2016	Unidades de pH	8,58
Conds. Ambientales: 18,0 °C; 49%HR						
				 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad		
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						CU

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

**Anexo 11. Evaluación del pH en suelo de plantación, a los 60 días de la incorporación de 135 gr de CaSO<sub>4</sub> \* 2 aplicaciones cada 30 días.**



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com  
Ambato-Ecuador

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

<b>Certificado No:16-286</b>						R01-5.10 06
Solicitud N°: 16-286						Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 21 de septiembre de 2016			Fecha de ejecución de ensayos: 22 de septiembre de 2016			
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa: n/a			C.I./RUC: 1722530555			
Representante: Carlos Andrés Velástegui Coloma			Tlf: 0983176131			
Dirección: Flores 054 y Fundadores del Cantón			Email: carlos_andresvelasteguiacoloma@yahoo.com			
Ciudad: Pillaro						
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Suelo			Peso: 1 kg			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: funda plástica			
Lote: n/a			No de muestras: una			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 30 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 21 de septiembre de 2016			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Suelo Muestra tomada de 0-50 cm	28616737	Parroquia El Pisque Lugar: ESFORSE	pH	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	Unidades de pH	8,36
Conds. Ambientales: 18,0 °C; 50%HR						
				 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad		
Autorización para transferencia electrónica de resultados:						CG

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.  
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

Anexo 12. Evaluación de pH en el suelo de los tratamientos (T1, T2 y T3), a los 90 días de la fertilización con 30, 45 y 60 gr de fertilizante nitrógeno 40% azufre 15 %, tratamiento (T0) condiciones normales.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Carlos Velastegui  
Remite: ESFORSE  
Ubicación: Nombre de la granja

Fecha de ingreso: 11/01/2017  
Fecha de salida: 25/01/2017  
Tungurahua  
Provincia

Piquete: Parroquia  
Ambato  
Cantón

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Ident.	pH	mg/L NH4
To	8.27 Alc.	4.7 B
T1	7.71 L.Alc.	2.6 B
T2	7.56 L.Alc.	4.8 B
T3	7.65 L.Alc.	4.2 B

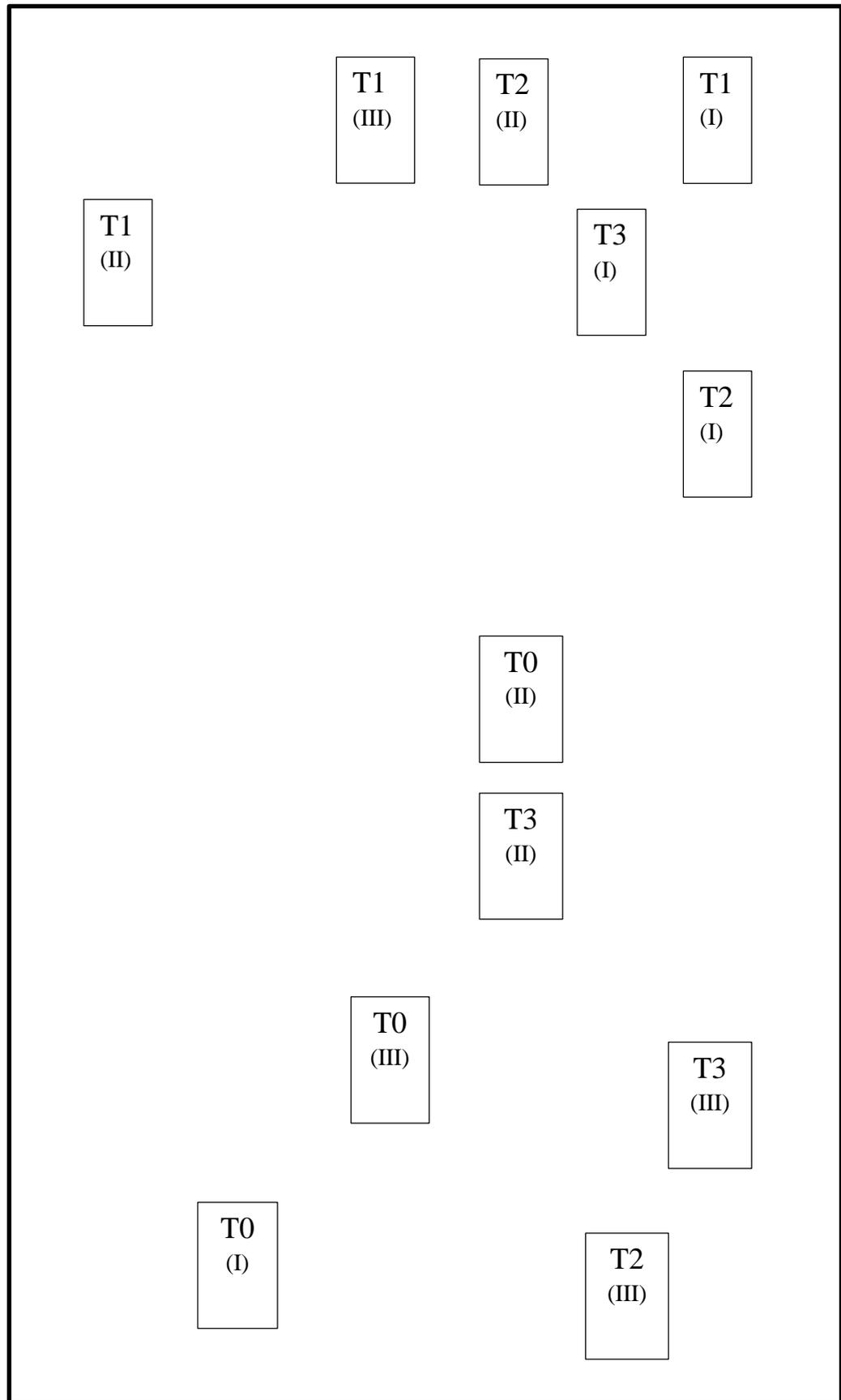
CODIGO	
L. Alc. Ligeramente Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
Alc. Alcalino	B: bajo

Ing. Franklin Arcos T.  
JEFE LAB. DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 418  
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

Ing. Elizabeth Pachacama  
TECNICO DE LABORATORIO

**Anexo 13. Distribución de parcelas experimentales en la plantación.**



**Anexo 14. Numeración de árboles dentro las parcelas experimentales.**

