

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN**

**EFECTO DE LOS FERTILIZANTES SUPERFOSFATO TRIPLE DE
CALCIO, NITRATO DE AMONIO Y NITRATO DE POTASIO EN LA
PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE EUCALIPTO ARCOÍRIS
(*Eucalyptus deglupta* BLUME) EN EL DISTRITO DE HUARANGO,
REGIÓN CAJAMARCA.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTORES: Bach. ELFER GARCÍA CARRASCO
 Bach. YOBER HELI HURTADO GUERRERO**

**ASESORES: Dr. JULIO ROGER CHICO RUÍZ
 M Sc. JOSEPH CAMPOS RUIZ**

JAÉN – PERÚ, MAYO, 2023.

NOMBRE DEL TRABAJO

EFFECTO DE LOS FERTILIZANTES_V1.pdf

AUTOR

ELFER GARCÍA CARRASCO

RECuento DE PALABRAS

9664 Words

RECuento DE CARACTERES

55492 Characters

RECuento DE PÁGINAS

62 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.5MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 13, 2023 11:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 13, 2023 11:07 AM GMT-5

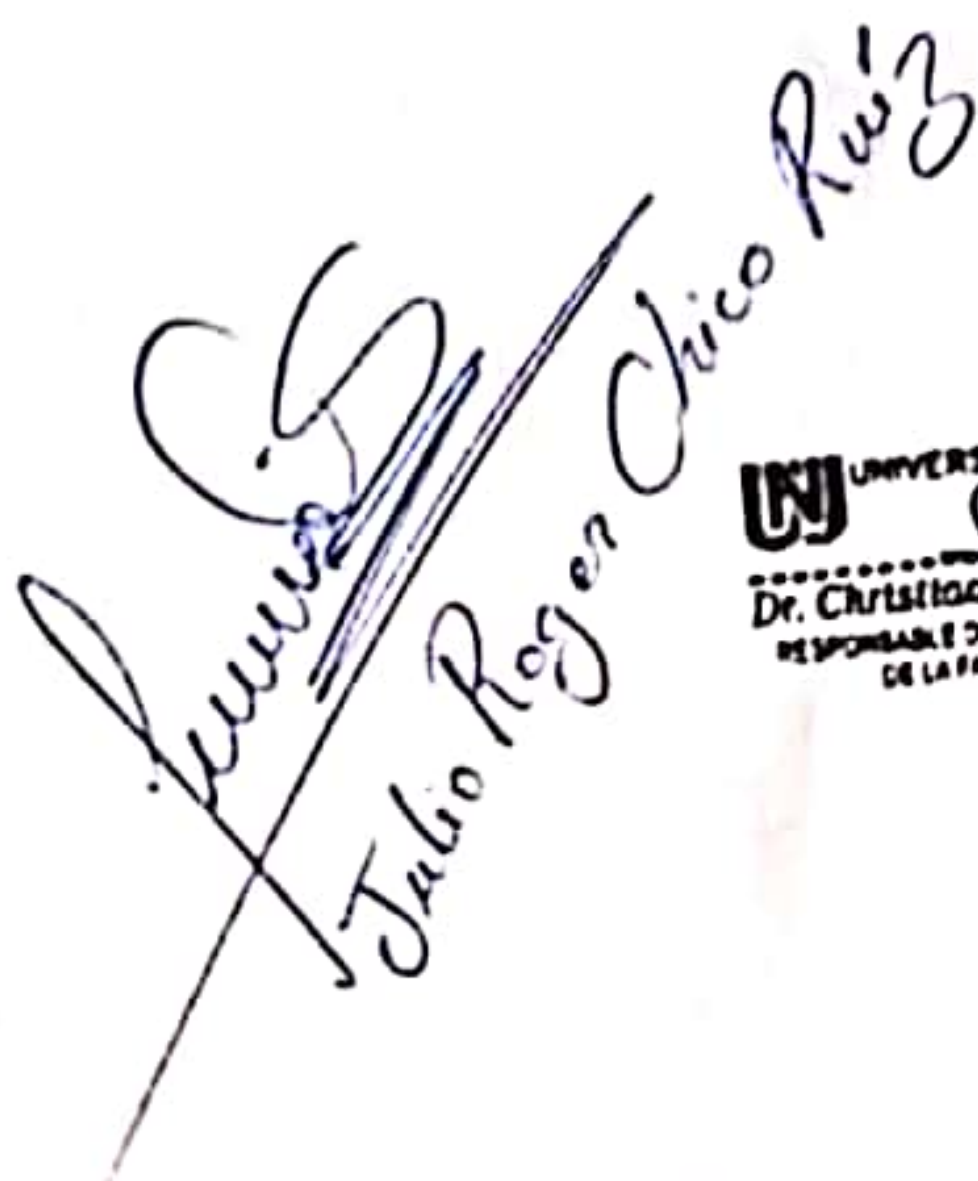
● 5% de similitud general

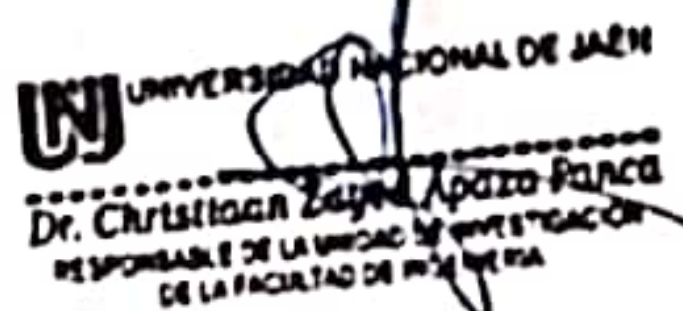
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

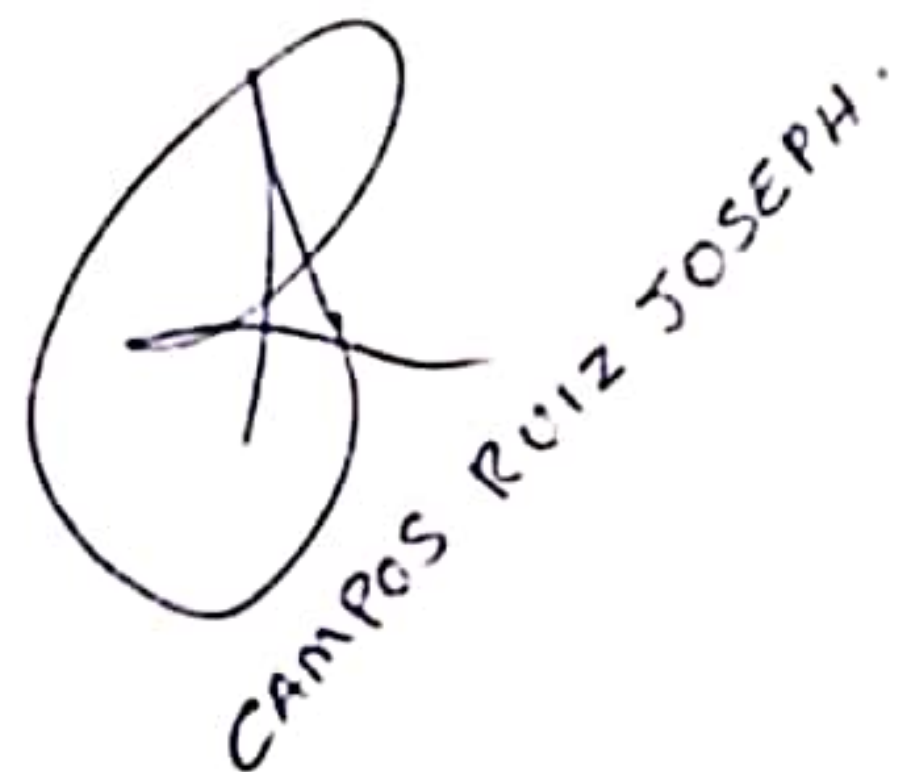
- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


Julio Rogan Chico Ruiz


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN
Dr. Christian Zayas Apaza Parca
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA


CAMPOS RUIZ JOSEPH



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 20 de junio del año 2023, siendo las 11:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Ph.D. Wilfredo Ruiz Cameacho
 Secretaria : Dr. Alexander Huamán Mesa
 Vocal : Dr. Hubert Lezdemio Arteaga Miñano

Para evaluar la Sustentación del Informe Final de:

- () Trabajo de Investigación
- (X) Tesis
- () Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "Efecto de los fertilizantes Superfosfato Triplo de Calcio, Nitrato de Amonio y Nitrato de Potasio en la producción de plántulas de Eucalipto Arcuatis (Eucalyptus de glupta Blume) en el Distrito de Kaurungo, Región Cajamarca", presentado por los bachilleres: Elfer García Larrosa y Yaker Keli Hurtado Guerrero, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|----------------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (X) <i>Catorce</i> |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:14 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


 Ph.D. Wilfredo Ruiz Cameacho
 Presidente


 Dr. Alexander Huamán Mesa
 Secretaria


 Dr. Hubert Lezdemio Arteaga Miñano
 Vocal

ÍNDICE

RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivo específico	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Materiales.....	13
3.1.1. Materiales de establecimiento.....	13
3.1.2. Herramientas.....	13
3.1.3. Equipos e instrumentos de medición.....	13
3.1.4. Material biológico e insumos	13
3.2. Métodos	14
3.2.1. Ubicación geográfica del área de estudio	14
3.2.2. Población, muestra y muestreo	15
3.2.3. Método	15
3.2.4. Metodología.....	16
3.2.5. Diseño de la investigación.....	20
3.2.6. Procedimientos e instrumentos de recolección de datos	21
3.2.7. Análisis de datos	22
IV. RESULTADOS.....	23
4.1. Numero de hojas.....	23
4.2. Altura de la planta	25
4.3. Diámetro de la planta.....	26
4.4. Longitud de la raíz.....	28
4.5. Biomasa radicular húmeda.....	29
V. DISCUSIÓN	31
5.1. Numero de hojas.....	31
5.2. Altura de la planta	32
5.3. Diámetro de la planta.....	32
5.4. Longitud de la raíz.....	33
5.5. Biomasa radicular húmeda.....	34
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
6.1. Conclusiones	35
6.2. Recomendaciones	35

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
AGRADECIMIENTO	40
DEDICATORIA.....	41
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características químicas de las fuentes para preparar soluciones</i>	18
Tabla 2. <i>Niveles de macronutrientes en soluciones nutritivas mg/L (ppm)</i>	19
Tabla 3. <i>Esquema de distribución de los tratamientos en ppm</i>	21
Tabla 4. <i>Valores medios y desviación estándar del efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables analizadas</i>	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación del área de estudio</i>	14
Figura 2. <i>Gráfico de barras que expresan la media y desviación estándar de la variable número de hojas</i>	23
Figura 3. <i>Gráfico de barras que expresan la media y desviación estándar de la variable Altura de la planta (mm)</i>	25
Figura 4. <i>Gráfico de barras que expresan la media y la desviación estándar de la variable diámetro de la planta en (mm)</i>	26
Figura 5. <i>Gráfico de barras que expresan la media y la desviación estándar de la variable longitud de la raíz (mm)</i>	28
Figura 6. <i>Gráfico de barras que expresan la media y la desviación estándar de la variable biomasa radicular húmeda (mm)</i>	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de datos evaluados para la variable número de hojas	43
Anexo 2. Registro de datos evaluados para la variable altura de la planta	43
Anexo 3. Registro de datos evaluados para la variable diámetro de la planta	43
Anexo 4. Registro de datos evaluados para la variable longitud de la raíz.....	44
Anexo 5. Registro de datos evaluados para la variable biomasa radicular húmeda	44
Anexo 6. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en número de hojas de los plántones de Eucalyptus deglupta.	46
Anexo 7. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en altura de la planta en plántones de Eucalyptus arcoíris.....	46
Anexo 8. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en diámetro de la planta en plántones de Eucalyptus deglupta.	46
Anexo 9. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en longitud de la raíz en plántones de Eucalyptus deglupta.	47
Anexo 10. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre la variable biomasa radicular húmeda en plántones de Eucalyptus deglupta.	47
Anexo 11. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos en el crecimiento en número de hojas en plántones de Eucalipto arcoíris	49
Anexo 12. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos en el crecimiento en altura en plántones de Eucalipto arcoíris.....	49
Anexo 13. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos en el crecimiento en diámetro en plántones de Eucalipto arcoíris.	49
Anexo 14. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos sobre la biomasa radicular húmeda en plántones de Eucalipto arcoíris.	50
Anexo 15. Fotografía de preparación de la estructura de viverización y fertilización	52
Anexo 16. Fotografías de preparación de la cama de germinación y repique.....	53
Anexo 17. Fotografía del medio de crecimiento para la germinación de semillas de Eucalipto arcoíris.	53
Anexo 18. Fotografía de almacigado de Eucalipto arcoíris.	54
Anexo 19. Proceso de riego de las semillas puestas a germinar.....	55
Anexo 20. Germinación de las semillas de Eucalipto arcoíris	56

Anexo 21. Fotografías de la preparación y llenado del medio de crecimiento para el trasplante.	56
Anexo 22. Fotografías del trasplante de los plantines de Eucalipto arcoíris.....	57
Anexo 23. Fotografías de las fuentes para preparar soluciones.	58
Anexo 24. Fotografías de preparación de las soluciones nutritivas.....	59
Anexo 25. Fotografías de aplicación de los tratamientos.	61
Anexo 26. Fotografías de medición de las variables.	62

RESUMEN

La escasa información existente sobre fertilización del *Eucalyptus deglupta* Blume en etapa de vivero, afecta considerablemente la producción de plántones de alta calidad, no obstante, cada planta necesita un balance equilibrado de nutrientes esenciales, en las tasas requeridas para crecer en forma apropiada, es por ello que una fertilización apropiada requiere que se suministre los nutrientes esenciales en cantidades y proporciones requeridas, en momentos adecuados durante todas las etapas de desarrollo en vivero. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto que producen los fertilizantes superfosfato triple de calcio, nitrato de amonio y nitrato de potasio sobre las variables número de hojas, altura de la planta, diámetro de la planta, longitud de la raíz y biomasa radicular húmeda de plántones de *Eucalyptus deglupta* Blume. Para ello, se establecieron tres esquemas nutricionales constituido por tres soluciones madres de volumen final 5L con concentraciones de N, P, K y Ca (190-35-210-150 ppm) T1; (150-50-250-180 ppm) T2; (140-55-300-200 ppm) T3 y un control sin solución T4. Luego de 60 días, las concentraciones de N, P, K y Ca (190-35-210-150 ppm) determinaron mayor crecimiento en número de hojas (22,3 hojas); altura de planta (157,26 mm); diámetro de la planta (2,41 mm) y biomasa radicular húmeda (6,6 g). Sin embargo, las observaciones indican que para la variable longitud de la raíz los tratamientos suministrados con concentraciones de N, P, K y Ca, no mostraron diferencias significativas en sus medias.

Palabras clave: Soluciones nutritivas, fertilización, macronutrientes, solución Stock, concentración de nutrientes.

ABSTRACT

The scarce existing information on fertilization of *Eucalyptus deglupta* Blume in the nursery stage, considerably affects the production of high quality seedlings, however, each plant needs a balanced balance of essential nutrients, in the rates required to grow properly, it is for this means that proper fertilization requires the supply of essential nutrients in required amounts and proportions, at appropriate times during all stages of development in the nursery. The objective of this research was to determine the effect produced by calcium triple superphosphate, ammonium nitrate and potassium nitrate fertilizers on the variables number of leaves, plant height, plant diameter, root length and root biomass wet seedlings of *Eucalyptus deglupta* Blume. For this, three nutritional schemes were established, consisting of three mother solutions with a final volume of 5L with concentrations of N, P, K and Ca (190-35-210-150 ppm) T1; (150-50-250-180ppm) T2; (140-55-300-200 ppm) T3 and a control without T4 solution. After 60 days, the concentrations of N, P, K and Ca (190-35-210-150 ppm) determined greater growth in the number of leaves (22,3 leaves); plant height (157,26 mm); plant diameter (2,41 mm) and wet root biomass (6,6 g). However, the observations indicate that for the root length variable, the treatments supplied with concentrations of N, P, K and Ca, did not show significant differences in their means.

Keywords: Nutrient Solutions, fertilization, macronutrients, stock solution, nutrient concentration.

I. INTRODUCCIÓN

Eucalyptus deglupta Blume (Eucalipto arcoíris) es una especie exótica del género Eucalipto que pertenece a la familia Myrtaceae (ITIS report, 2021), de características fenotípicas muy particulares, es un árbol alto y elegante con una corteza atractiva y colorida (Turnbul, 1974), distribuida naturalmente en Mindanao Filipinas; Sulawesi, Ceram e Irian Jaya en Indonesia y Papua Nueva Guinea, incluyendo Nueva Bretaña (Brown y Hillis, 1984), e introducida a través de los trópicos húmedos, particularmente en las Islas Salomón, Fiji, Samoa, Taiwan, Malasia, la Costa de Marfil, Costa Rica, Honduras, Brasil, Cuba, Puerto Rico y Perú (FAO, 1979).

Si bien, el Eucalipto arcoíris no es considerada una especie en condiciones de vulnerabilidad debido al carácter de especie exótica que presenta, es importante en programas de forestación y reforestación bajo sistema agroforestales y silvopastoriles dado que, afectan positivamente la productividad de los cultivos asociados (Andrade *et al.*, 2000; Siles, 2001), así mismo, debido a sus características fenotípicas particulares, el Eucalipto arcoíris presenta gran valor paisajístico, pudiendo ser fácilmente integrado como árbol ornamental en diferentes programas de reforestación (Chong y Jones, 1982).

Generalmente la forma más eficiente de afrontar la pérdida constante de bosque es a través de la instalación de plantaciones forestales, para tal fin, el eucalipto arcoíris constituye una alternativa más que acertada y justificada por ser considerado uno de los árboles de más rápido crecimiento, llegando a registrar árboles de hasta 72m de altura y 1m de diámetro (Francis, 1988).

No obstante, el éxito de una plantación forestal de Eucalipto arcoíris está condicionada por la calidad de los plántones producidos en vivero. Una manera eficiente de aumentar el éxito en la producción de plántones de buena calidad, es a través de la utilización de diversas estrategias de fertilización para inducir ciertas características morfológicas y fisiológicas en las plantas, de modo que, éstas respondan haciéndose más resistentes o aumentando su potencial de crecimiento.

Para promover un crecimiento y desarrollo rápido, las plantas requieren cantidades adecuadas de nutrientes minerales y en equilibrio para los procesos fisiológicos básicos como la fotosíntesis. Uno de los aspectos a tener en cuenta es la concentración de los nutrientes intervinientes en las soluciones nutritivas del medio de cultivo, ya que,

concentraciones superiores a las demandadas, ocasionan pérdidas por lixiviación y volatilización, a su vez pueden generar efectos adversos por toxicidad, mientras que concentraciones demasiadas bajas afectan negativamente el desarrollo de las plántulas (Jacobs y Landis, 2009; Lamb, 1997).

Otro factor a tener en cuenta en la producción de plantones de alta calidad son los fertilizantes como fuentes nutrimentales. En ese sentido, Del Águila (2012) evaluó el efecto de la aplicación de superfosfato triple de calcio en el crecimiento inicial de plantones de Shihuhuaco (*Dipteryx micrantha*), obteniendo plantones con buen crecimiento en altura, diámetro, vigor y una supervivencia de 100%. Por otro lado Rosero *et al.* (2018) estudió el efecto de la aplicación de una solución nutritiva en *Polylepis racemosa*, preparada con nitrato de amonio y nitrato de potasio en relación a la variable altura total y número de hojas, obteniendo una calidad morfológica adecuada para latifoliadas.

Bajo lo expuesto anteriormente, el objetivo de esta investigación es determinar el efecto que producen los fertilizantes superfosfato triple de calcio, nitrato de amonio y nitrato de potasio en el crecimiento de plantones de Eucalipto arcoíris en el distrito de Huarango, región Cajamarca.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto que producen los fertilizantes superfosfato triple de calcio, nitrato de amonio y nitrato de potasio en el crecimiento de plántones de Eucalipto arcoíris (*Eucalyptus deglupta* Blume)

2.2. Objetivo específico

Preparación de estructura de fertilización para la evaluación del crecimiento de plántones de Eucalipto arcoíris (*Eucalyptus deglupta* Blume)

Determinar la mejor concentración de nutrientes (N, P, K y Ca) para el crecimiento óptimo de plántones de Eucalipto arcoíris (*Eucalyptus deglupta* Blume)

Evaluar el crecimiento en Número de hojas, Altura, Diámetro, Longitud de raíz y Biomasa radicular húmeda de las plántulas de Eucalipto arcoíris (*Eucalyptus deglupta* Blume) cada semana por 02 meses durante la aplicación de los fertilizantes superfosfato triple de calcio, nitrato de amonio y nitrato de potasio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales de establecimiento

- Cañas de bambú
- Alambre de amarre
- Tablas
- Listones
- Clavos
- Malla raschel
- Regadera
- Plancha de triplay

3.1.2. Herramientas

- Barreta
- Pico
- Palana
- Martillo
- Sierra
- Alicata
- Escalera telescópica
- Wincha
- Nivel
- Escuadra
- Grapadora

3.1.3. Equipos e instrumentos de medición

- Balanza digital de precisión 01gramos
- GPS GARMING-MAP64s
- Vernier calibrador 150 mm
- Regla de medir graduada 30 cm
- Regla de medir graduada 100 cm

3.1.4. Material biológico e insumos

- Semillas de *Eucalyptus deglupta* Blume
- Superfosfato triple de calcio

- Nitrato de amonio
- Nitrato de potasio
- Solución stock(Quelato de hierro, Boro, Cobre, Molibdeno, Zinc y sulfato de magnesio)
- Arena
- Compost

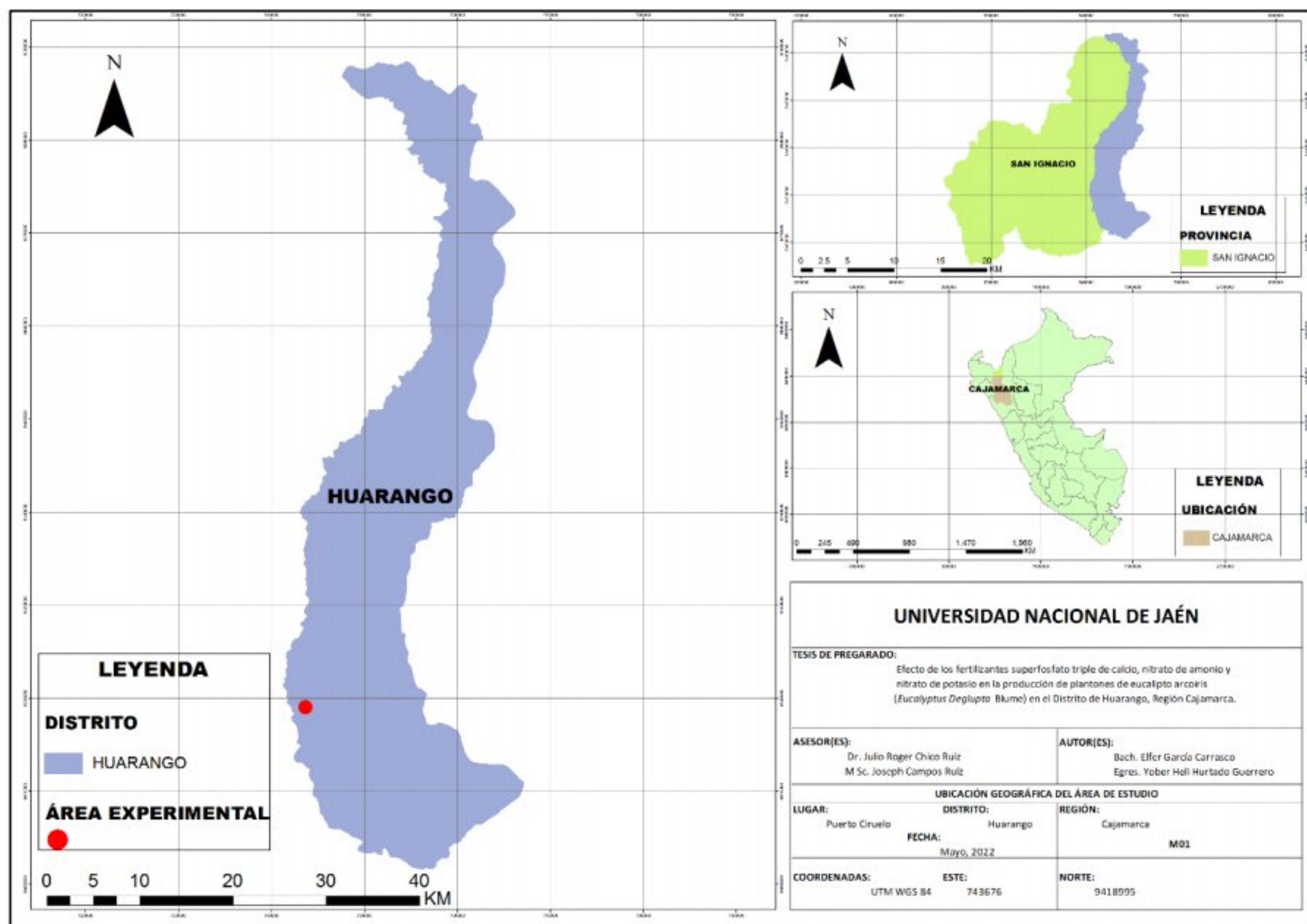
3.2. Métodos

3.2.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el CP. Puerto Ciruelo, Distrito de Huarango, Región Cajamarca. En las coordenadas UTM 9418995 N, 743676 E, a una altura de 708 msnm.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



3.2.2. Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo representada por 1000 plántones de *Eucalyptus deglupta* Blume de 45 días de edad provenientes del área de estudio ubicada en el Centro Poblado Puerto Cirulo, Huarango.

Muestra

Estuvo constituida por 40 plántones de *Eucalyptus deglupta* Blume, las cuales representan todas las unidades experimentales dentro del Diseño Completamente al Azar (DCA). Los plántones se seleccionaron a partir de la población general descrita anteriormente, convenientemente fueron tomados en cuenta plántones mejor logrados con características morfológicas similares, esto con el fin de homogenizar la muestra para un mejor desarrollo del experimento.

Muestreo

Se estableció un muestreo probabilístico, en función al diseño completamente al azar (DCA) utilizado en el experimento. Para la presente investigación se tomó en cuenta que la muestra sea representativa de la población, basándose en el estado fisiológico de los plántones, siendo seleccionados los elementos muestrales de manera que todos tengan la posibilidad de ser elegidos.

3.2.3. Método

La presente investigación se basó en el método inductivo – analítico; dado que, se debe estudiar, experimentar y observar diferentes sucesos llevados a cabo en la fase de campo, así como también el análisis de un hecho u objeto en particular para conocer el grado de influencia ejercido en las variables respuestas (Burgos, 2019; Del Águila, 2012).

3.2.4. Metodología

- Preparación de la estructura de viverización y fertilización

Para el desarrollo correcto de los eventos de investigación, se estableció una estructura de viverización y fertilización diseñada específicamente para tal fin. El área de estudio contó con medidas establecidas de 6 m de largo x 4 m de ancho respectivamente. Por lo tanto se tomó como base los conceptos descritos por (INTA, 1995).

✓ Tinglado o techo

Cumplió la función de producir sombra a las semillas almacigadas y a las plántulas repicadas, regulando el ingreso de la luz solar, homogenizando las condiciones climáticas de las camas de germinación y repique.

La estructura fue construida en base a cañas de guayaquil de 2.80 m de altura para soportes verticales medios, 1.80 m de altura para soportes verticales extremos y 2.10 m para soportes laterales del techo. Para su recubrimiento se utilizó Malla raschel 65 % de sombra.

✓ Estructura para cama de germinación

Fueron las encargadas de recepcionar las semillas y permitir la germinación de las mismas. Se construyeron en base a tablas de madera con dimensiones de 1m² por 15 cm de alto, sujetas a listones de madera de 80 cm de alto, quedando suspendida del suelo con el fin de evitar injerencia de hongos u cualquier otra plaga.

✓ Estructura para cama de repique

La cama de repique fue la encargada de recibir las plántulas producidas en el almacigo. Se construyó en base a tablas de madera de 2 m de largo x 1 m de ancho x 10 cm de alto, suspendida con listones de madera de 80 cm del suelo.

- Sustratos o medios de crecimiento

✓ Preparación del medio de crecimiento para la germinación

El medio de crecimiento establecido para alojar las semillas de Eucalipto deglupta estuvo compuesto por arena media de río al 100 %. A su vez, el sustrato pasó por un proceso de tamizado con el fin de extraer o eliminar elementos extraños. Asimismo, se realizó esterilizado con agua hervida,

dejando reposar aproximadamente 2 horas, para luego ser introducidas en la cama de germinación.

✓ **Preparación del medio de crecimiento para trasplante**

El medio de crecimiento utilizado para el trasplante estuvo compuesto por una proporción de 3:1 (hojarasca semidescompuesta: arena). Asimismo, los componentes que forman el sustrato se tamizaron previamente de manera separada con el fin de eliminar elementos extraños. Estos componentes del sustrato se conjuntaron de acuerdo a las proporciones establecidas anteriormente. Finalmente el medio de cultivo pasó por un proceso de desinfección con agua hervida y aplicación de una dosificación al 1% de Rizolex.

- **Siembra o almacigado**

Este proceso constituyó la instalación de la semilla en la cama de germinación. El medio para la germinación se esterilizó con el objetivo de evitar el mal de vivero. Dado que, las semillas del eucalipto deglupta son de pequeño tamaño se utilizó el “voleo” como método para espolvORIZAR las semillas dentro de la cama de germinación, teniendo en cuenta humedecer previamente el lecho de siembra.

Las primeras plántulas emergieron cuatro días después de introducirse en la cama de germinación. En esta etapa el ataque de hongos se intensifica, es por ello, que se aplicó una dosis de fungicida Rizolex (3g/2L de agua) como medida de prevención al ataque del hongo chupadera fungosa (Chupadera). El riego se desarrolló bajo una frecuencia de aplicación de dos veces por día, teniendo en cuenta las horas de menor insolación, es decir, se llevó a cabo durante las primeras horas de la mañana y al ocaso del sol.

- **Trasplante o repique**

Consistió en trasplantar las plantines de los almacigos a los tubetes llenos de sustrato. Pasado 45 días después de haber almacigado, las plántulas de eucalipto arcoíris estuvieron listas para el traslado a los contenedores. Se consideró 3 a 4 pares de hojas bien definidas como parámetro establecido dentro del repique.

Se llenaron los tubetes (T-180 cm³) con sustrato y se acomodaron dentro de las bandejas portatubetes (54 cavidades), teniendo en cuenta lo establecido dentro del diseño experimental.

Esta operación se realizó bajo sombra, con el fin de evitar la desecación, se extrajeron los plantines con mucho cuidado de la cama de germinación, se almacenaron dentro de una bandeja rectangular provista de una solución en base a agua y Rizolex al 1 %. Posteriormente se realizó un orificio dentro del tubete, utilizando un palillo de punta cónica, se introdujo la raíz en el centro del tubete de manera recta, para luego apretar las paredes del tubete de modo que no quede espacio entre la raíz y el sustrato.

Los riegos se realizaron durante las horas de menor insolación, todos los días durante todo el desarrollo del experimento.

- Descripción de las fuentes para preparar soluciones

En la Tabla 1, se muestran los fertilizantes y su composición, que forman parte de la elaboración de las soluciones Nutritivas.

Tabla 1

Características químicas de las fuentes para preparar soluciones

FERTILIZANTES	FORMULA QUÍMICA	FUENTE	COMPOSICIÓN (%)
Superfosfato triple calcio	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	Calcio (Ca) y Fósforo (P)	46 (P ₂ O ₅); 21 (CaO)
Nitrato de amonio	(NH ₄ NO ₃)	Nitrógeno (N)	33-34 (N)
Nitrato de potasio	(KNO ₃)	Potasio (K)	13-14 (N); 42 (K ₂ O)

- Descripción de los niveles de macronutrientes en soluciones nutritivas, mg/L (ppm)

En la tabla 2 (Rodríguez, 2019), se muestra los niveles de macronutrientes para soluciones nutritivas en mg/L (ppm), tomados como referencia para establecer las diferentes concentraciones de N, P, K y Ca intervinientes en el experimento. Es necesario señalar que estos niveles o concentraciones de macronutrientes son considerados estables para el desarrollo correcto de las plantas.

Tabla 2*Niveles de macronutrientes en soluciones nutritivas mg/L (ppm)*

Macronutrientes	Niveles en mg/l (ppm)
Nitrógeno (N)	150-200
Fosforo(P)	25-55
Potasio(K)	200-350
Calcio(Ca)	160-200
Magnesio(Mg)	40-60
Azufre(S)	70-100

- Preparación de las soluciones nutritivas.

Para la preparación de las soluciones nutritivas se tomó en cuenta los cálculos de interpretación de los resultados de un análisis de suelo para la producción de café y formulación de soluciones nutritivas para cultivo de arándano (Silvera, 2008; Rodríguez, 2019). Bajo ese contexto en la presente investigación se utilizaron de manera experimental, tres soluciones nutritivas diferenciadas provenientes de los fertilizantes descritos en la Tabla 1 de volumen final 5 litros (A, B y C) lo cual se describen a continuación:

Solución nutritiva (A): Compuesta por concentraciones de nitrógeno (190ppm), fósforo (35ppm) potasio (210 ppm) y calcio (150ppm)

Solución nutritiva (B): Compuesta por concentraciones de nitrógeno (150ppm), fósforo (50ppm) potasio (250 ppm) y calcio (180ppm)

Solución nutritiva (C): Compuesta por concentraciones de nitrógeno (140ppm), fósforo (55ppm) potasio (300ppm) y calcio (200ppm)

Para preparar una solución nutritiva (solución madre) de volumen final de 5 litros, se siguió los siguientes pasos:

1. Se añadió las concentraciones correspondientes de nitrato de potasio en 2 L de agua dentro de un recipiente totalmente limpio, agitando hasta disolver totalmente.
2. Se agregó las concentraciones correspondientes de nitrato de amonio en 1 litro de agua, agitando hasta disolver totalmente.

3. Se procedió a mezclar ambas soluciones en un recipiente, agitando hasta disolver totalmente.
4. En un recipiente, se disolvió las concentraciones correspondientes al superfosfato triple de calcio en un litro de agua durante 1 hora.
5. Se agitó varias veces las concentraciones correspondientes del superfosfato triple de calcio, para luego adicionarse sobre la solución de las concentraciones de nitrato de potasio y nitrato de amonio.
6. Se aforó con agua hasta completar 5 litros de la solución madre. Finalmente se agitó la solución y se procedió a almacenar en un envase para su posterior uso en los tratamientos. Dicho proceso se repite para las soluciones nutritivas madres restantes.

3.2.5. Diseño de la investigación

- Diseño experimental

Se estableció un diseño completamente al azar (DCA), dispuesto aleatoriamente con 4 tratamientos. Cada tratamiento estuvo conformado por 10 repeticiones respectivamente, representando 10 plántulas como unidades experimentales para cada tratamiento:

Tratamientos	: 04
Repeticiones:	: 10
Nº de unidades experimentales por tratamiento:	: 10
Nº de unidades experimentales totales:	: 40
Dosis de solución suministrada:	: 15 ml

- Descripción de los tratamientos

Se establecieron 4 tratamientos, constituidos por las concentraciones nutrimentales de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio componentes que forman parte de las soluciones nutritivas, incluido el control sin solución, lo cual se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla 3*Esquema de distribución de los tratamientos en ppm*

Tratamiento	Solución nutritiva	Concentración (ppm)				Dosis
		Nitrógeno (N)	Fosforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	
T1	A	190	35	210	150	15 ml
T2	B	150	50	250	180	
T3	C	140	55	300	200	
T4		Control				

Nota: Para las concentraciones mostradas, se tomaron como base los niveles establecidos de macronutrientes en soluciones nutritivas, mg/L (ppm) descritos en la Tabla 2.

3.2.6. Procedimientos e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se evaluaron 40 plántulas de *Eucalyptus deglupta* Blume arreglados mediante un diseño completamente al azar (DCA), iniciándose con la distribución de los tratamientos en área experimental asignándose individualmente para cada tratamiento una bandeja portaccontenedores conteniendo 10 plántulas respectivamente.

Los tratamientos se suministraron 8 días después del repique, con una pipeta graduada se adiciono una dosis de 15 ml a cada plántula a razón de una vez por día. Los tratamientos se adicionaron durante un periodo de dos meses, esto debido a que el *Eucalypto deglupta* Blume es una especie de rápido crecimiento.

Las variables se empezaron a medir 7 días después de la aplicación de los tratamientos; por el contrario, las variables número de hojas, longitud de la raíz y biomasa radicular húmeda se midieron al término de la investigación. En cuanto a las variables altura de la planta y diámetro de la planta, se estableció una frecuencia de medición de una semana, las mediciones se extendieron durante los dos meses de aplicación de los tratamientos.

A continuación se detalla los procedimientos e instrumentos utilizados para la recolección de datos en relación a las variables de estudio. Se utilizó como base los conceptos descritos por (Buamscha *et al.*, 2012; Escobar, 2007)

- **Número de hojas**

El conteo del número de hojas se realizó al término de la investigación, teniendo en cuenta cada unidad experimental en relación a su tratamiento. Los datos se registraron en fichas de campo para luego ser procesados en tablas de Excel.

- **Altura de la planta (mm)**

Se midió mediante regla graduada de 100 cm, desde el cuello del tallo hasta el ápice de la plántula.

- **Diámetro de la planta (mm)**

Se utilizó un calibrador vernier como instrumento de medición, se tomó como referencia de medición dos centímetros a partir del cuello del tallo.

- **Longitud de la raíz (mm)**

La medición de la raíz se realizó mediante el método destructivo al término de la investigación, como instrumento de medición se utilizó una regla graduada de 100 cm, tomando como referencia el cuello del tallo hasta su extremo terminal.

- **Biomasa radicular húmeda**

De manera complementaria se midió el peso húmedo de la raíz. Esta se realizó a través del método destructivo al término de la investigación. Mediante un bisturí se desprendió el sistema radicular a partir del límite del cuello de la plántula, procediendo al pesado del sistema radicular en una balanza digital gramera.

3.2.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de ($\alpha = 0.05$), asimismo, se realizó la prueba de comparación de medias Tukey. Todos los análisis de datos fueron realizados mediante el programa estadístico Minitab.

IV. RESULTADOS.

Tabla 4

Valores medios y desviación estándar del efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables analizadas

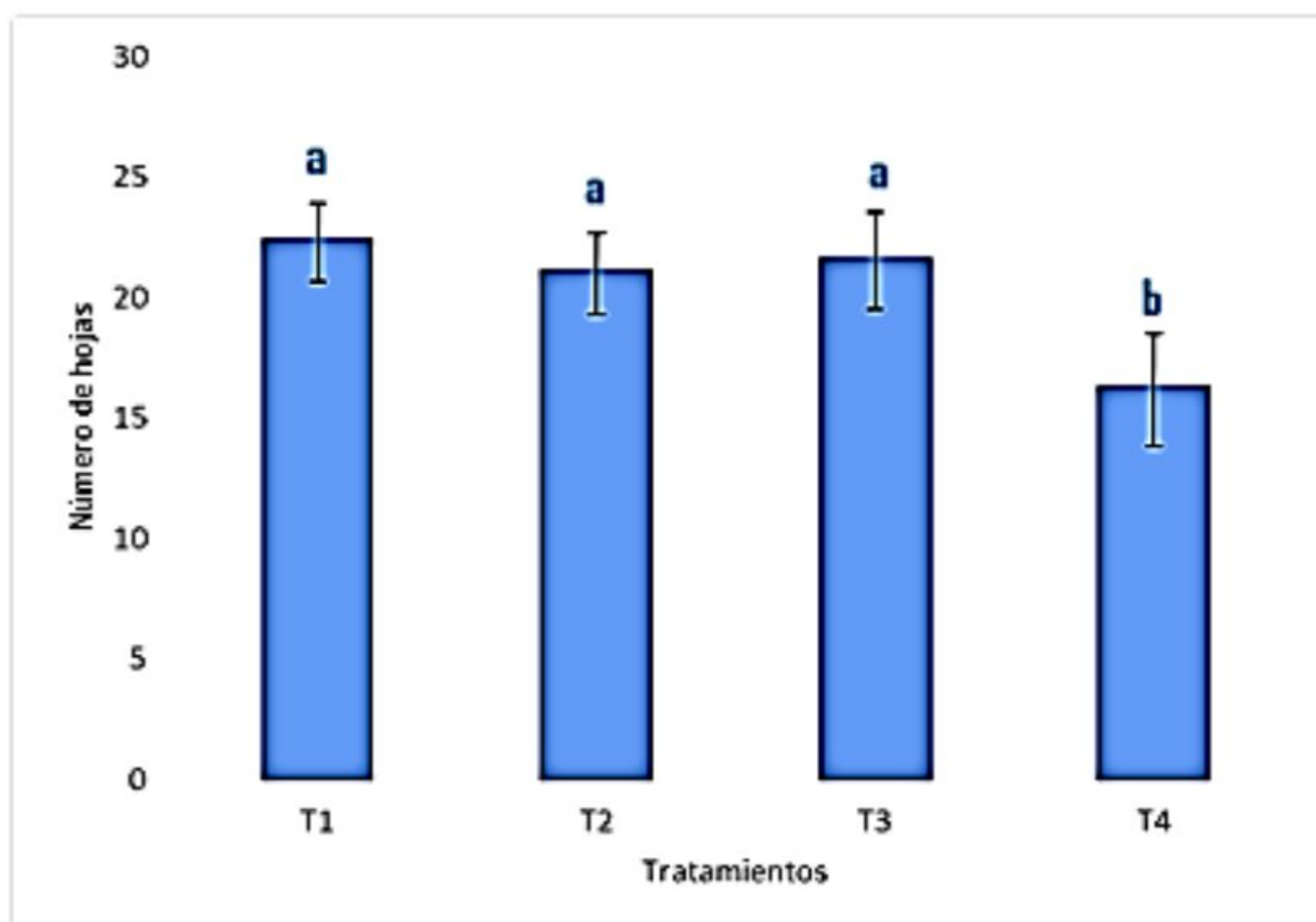
TRATAMIENTO	NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (mm)		DIÁMETRO (mm)		LONGITUD DE RAÍZ (mm)		BIOMASA RADICULAR (g)	
T1	22.3	± 1.64	157.26	± 26.08	2.41	± 0.11	133.9	± 7.36	6.6	± 2.01
T2	21	± 1.70	141.65	± 20.10	2.25	± 0.22	136.7	± 4.99	3.2	± 0.92
T3	21.5	± 2.01	140.11	± 17.60	2.14	± 0.14	134.9	± 4.86	2.5	± 0.97
T4	16.2	± 2.35	60.17	± 7.69	1.19	± 0.13	138.3	± 5.48	0.85	± 0.24

Nota. Esta tabla muestra un conglomerado de datos del efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables analizadas durante 60 días.

4.1. Numero de hojas

Figura 2

Gráfico de barras que expresan la media y desviación estándar de la variable número de hojas.



La Figura 2 describe el comportamiento promedio de los plántones sometidos a una dosis de 15 ml por día con diferentes concentraciones nutrimentales durante 60 días. Se observa que los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca), T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) registraron promedios significativamente altos ($\alpha = 0.05$) sobre el crecimiento en Numero de hojas respecto a la aplicación del Tratamiento control T4 que fue significativamente diferente e inferior.

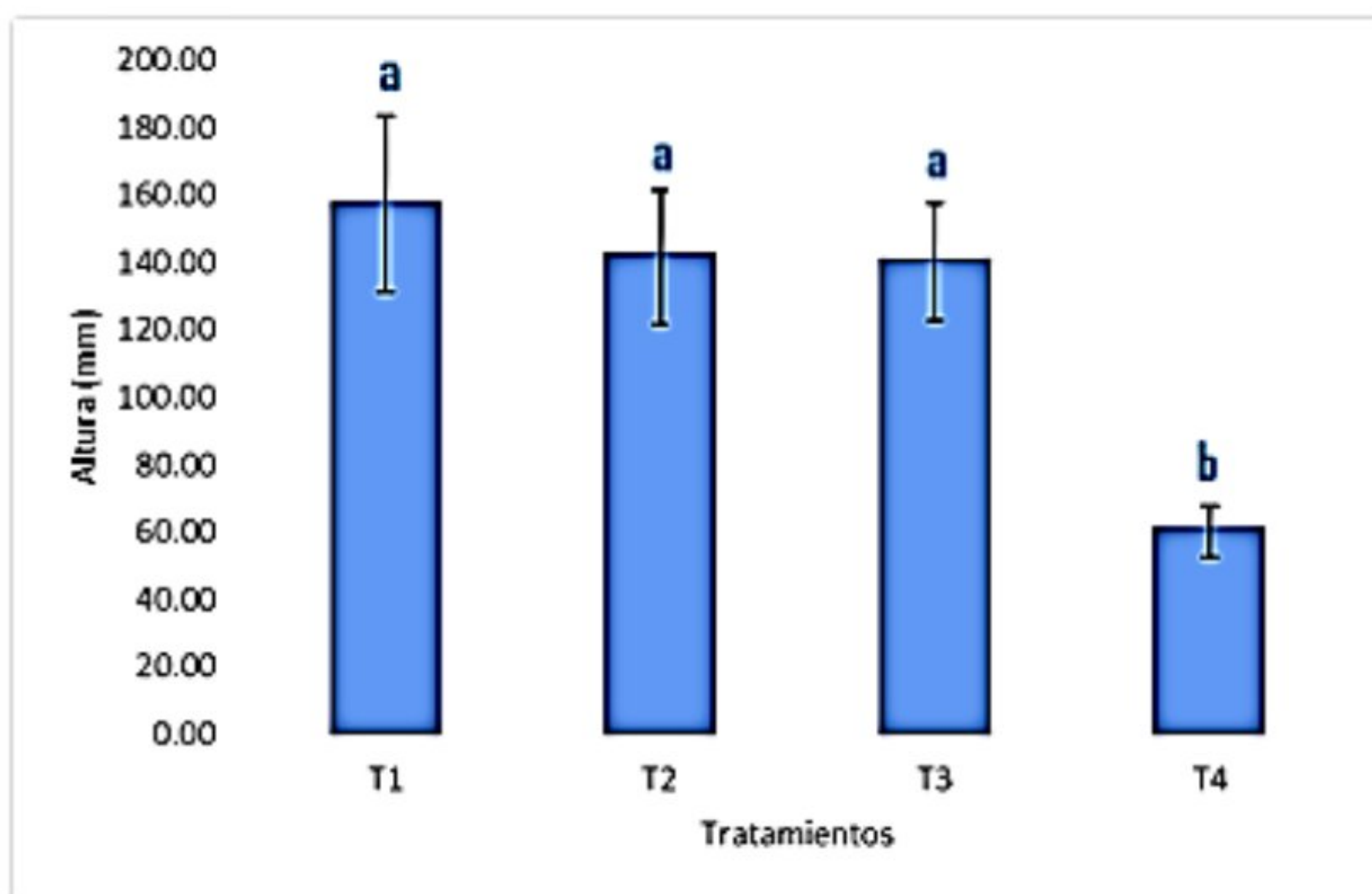
Asimismo, se muestra que los promedios más altos en cuanto a la variable número de hojas se obtuvieron en plántones sometidos a los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) con valores medios de 22,3 hojas, T2 (150-50-250-180 ppm de N,P,K y Ca) con 21 hojas y T3 (140-55-300-200 ppm de N,P,K y Ca) con 21,5 hojas, por el contrario el valor medio más bajo se obtuvo en plántones sometidos al tratamiento control T4 con 16,2 hojas.

También se puede apreciar que los tratamiento T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca), con concentraciones mayores de (P, K y Ca), respecto al T1 no presentaron diferencias estadísticas significativas en sus medias, obteniéndose valores medios menores que el T1, siendo el T3 quien obtuvo un promedio más alto en cuanto a la variable número de hojas, respecto al T2. Asimismo, se determinó que las concentraciones de (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) reportaron el mejor comportamiento en cuanto al efecto en el crecimiento en Numero de hojas de los plántones de *Eucalyptus deglupta* Blume

4.2. Altura de la planta

Figura 3

Gráfico de barras que expresan la media y desviación estándar de la variable Altura de la planta (mm).



La Figura 3. Describe el comportamiento promedio de los plantones sometidos a una dosis de 15 ml por día con diferentes concentraciones nutrimentales durante 60 días. Se observa que los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca), T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) registraron promedios significativamente altos ($\alpha = 0.05$) sobre el crecimiento medio en altura de la planta respecto a la aplicación del tratamiento control T4 que fue significativamente diferente e inferior.

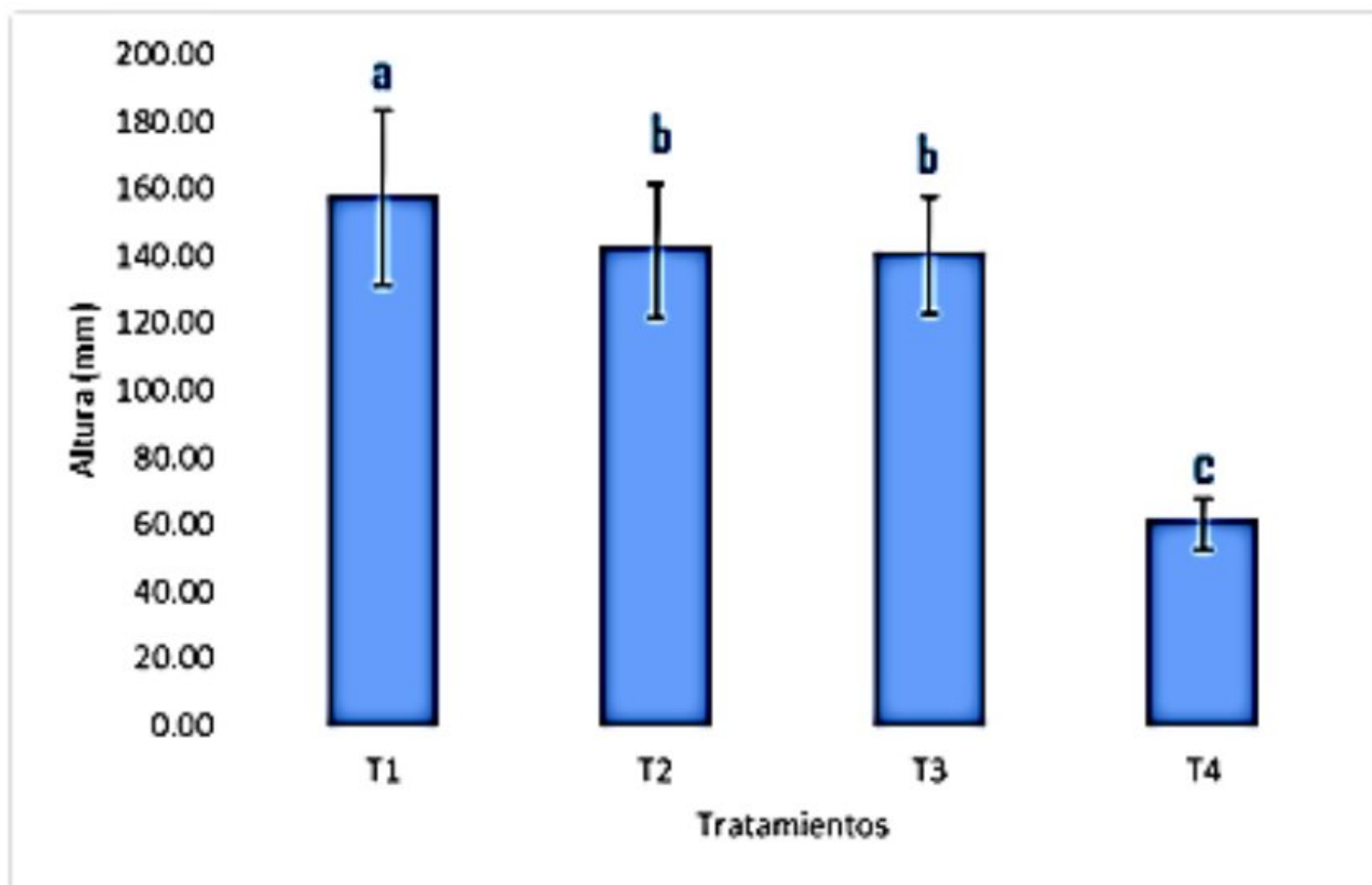
No obstante, se muestra que los promedios más altos en cuanto a la variable Altura de la planta se obtuvieron en plantones sometidos a los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) con valores medios de 157,26 mm, T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) con 140,11 mm y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) con 141,65 mm. El valor medio más bajo se obtuvo en plantones sometidos al tratamiento control T4 con 60,17 mm.

También se puede apreciar que los tratamientos T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca), con una concentración mayor de (P, K y Ca) respecto al T1, no presentaron diferencias estadísticas significativas en sus medias, obteniéndose valores medios menores que el T1, siendo los tratamientos T2 y T3 quienes obtuvieron promedios similares en cuanto a la variable Altura de la planta. Asimismo, se determinó que las concentraciones de (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) reportaron el mejor comportamiento en cuanto al efecto en el crecimiento en altura de los plántones de *Eucalyptus deglupta* Blume.

4.3. Diámetro de la planta

Figura 4

Gráfico de barras que expresan la media y la desviación estándar de la variable diámetro de la planta en (mm)



La figura 4 describe el comportamiento promedio de plántones sometidos a una dosis de 15 ml por día con diferentes concentraciones nutrimentales durante 60 días. Se observa que los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca), T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) registraron promedios altamente significativos ($\alpha = 0.05$) sobre el crecimiento

medio en Diámetro de la planta respecto a la aplicación del tratamiento control T4 que fue significativamente diferente e inferior.

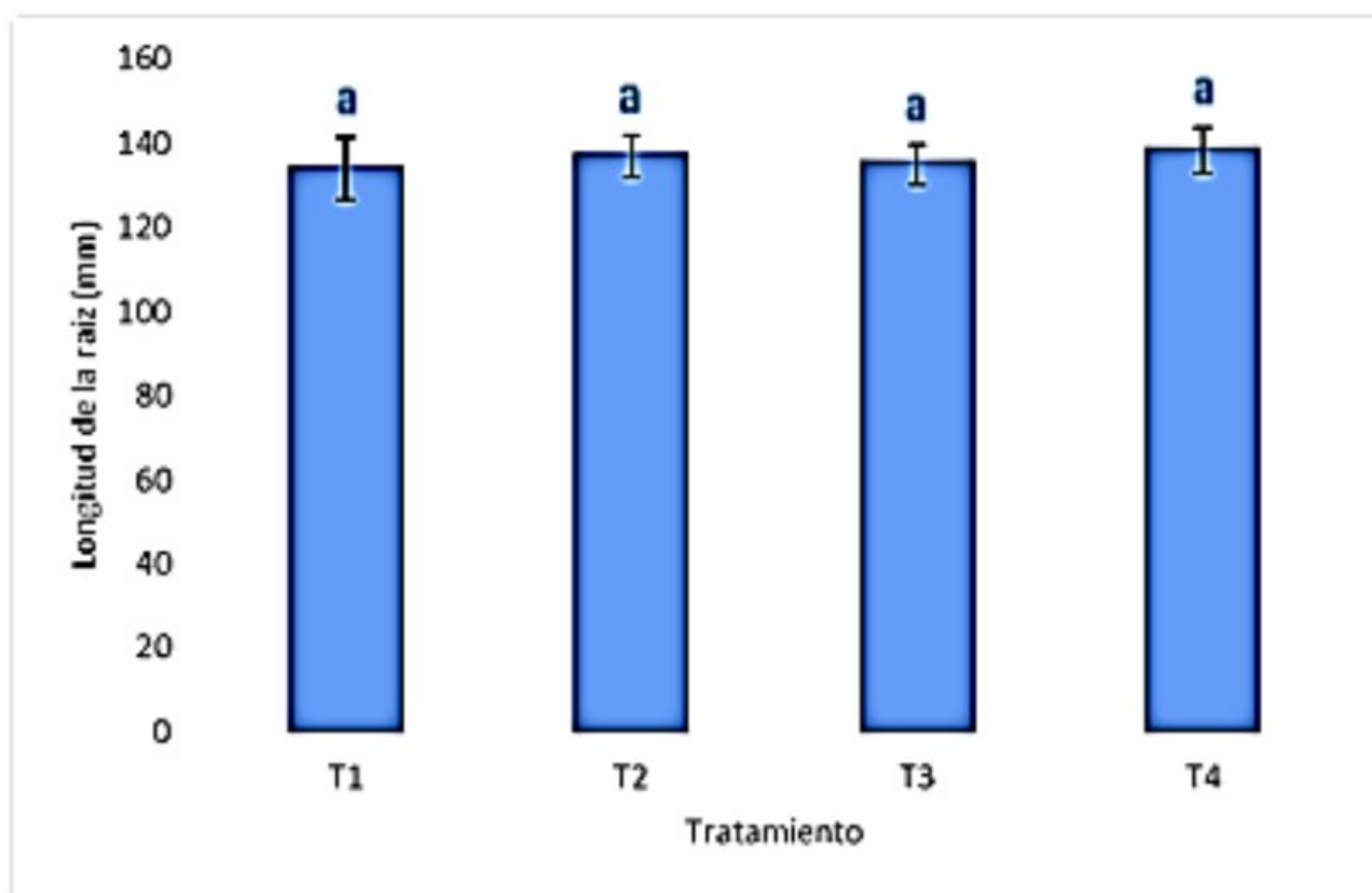
Sin embargo, los promedios más altos en cuanto a la variable Altura de la planta se obtuvieron en plantones sometidos a los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) con valores medios 2,41 mm, T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) con 2,25 mm y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) con 2,14 mm. El valor medio más bajo se obtuvo en plantones sometidos al tratamiento control T4 con 1,19 mm respectivamente.

También se puede apreciar que los tratamientos T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca), con una concentración mayor de (P, K y Ca) respecto al T1, no presentaron diferencias estadísticas significativas en sus medias, obteniéndose valores medios similares que el T1, siendo el T2 quien obtuvo un promedio más alto en cuanto a la variable Diámetro de la planta, en comparación al T3 pero relativamente inferior al T1. Asimismo, las concentraciones de (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) reportaron el mejor comportamiento en cuanto al efecto en el crecimiento en Diámetro de la planta de los plantones de *Eucalyptus deglupta* Blume.

4.4. Longitud de la raíz

Figura 5

Gráfico de barras que expresan la media y la desviación estándar de la variable longitud de la raíz (mm)



La Figura 5 muestra que los plantones sometidos a una dosis de 15 ml por día con diferentes concentraciones nutrimentales durante 60 días. Se observa los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca), T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) no registraron promedios altamente significativos ($\alpha = 0.05$) sobre el crecimiento medio en Longitud de la raíz respecto a la aplicación del tratamiento control T4 que fue significativamente igual.

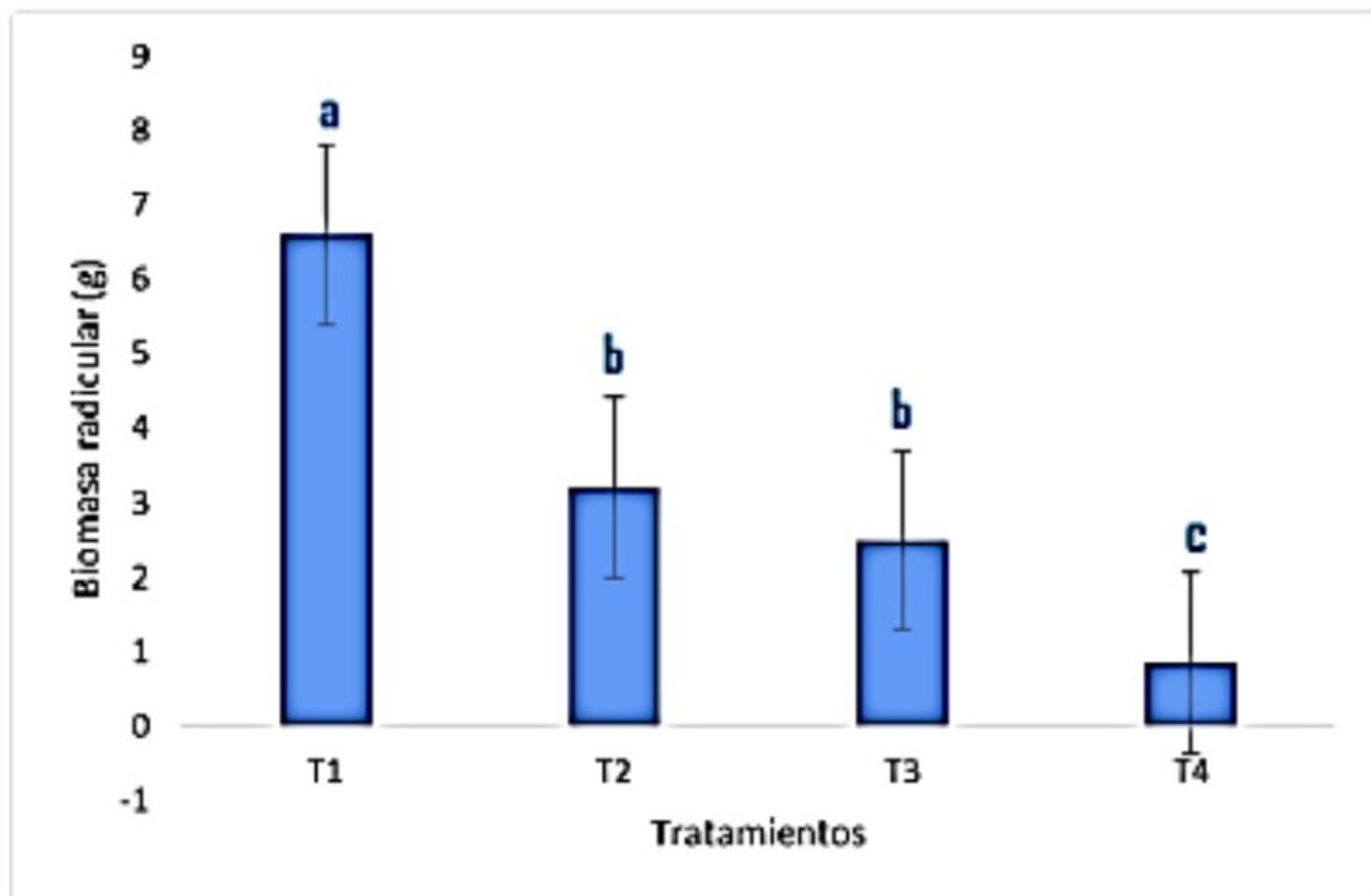
Asimismo, se muestra que los valores medios más bajos en cuanto a la variable Longitud de la raíz se obtuvieron en plantones sometidos a los tratamientos T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) con valores medios de 133,9 mm, T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) con 136,7 mm y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) con 134,9 mm. El valor medio más alto se obtuvo en plantones sometidos al tratamiento control T4 con 138,3 mm respectivamente.

También se puede apreciar que los tratamiento T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca), con concentraciones mayores de P, K y Ca, no presentaron diferencias estadísticas significativas en sus medias, obteniéndose valores medios similares en los cuatro tratamientos. Asimismo, se determinó que las concentraciones suministradas no reportaron valores mejorados sobre el crecimiento en longitud de la raíz de los plántones de *Eucalyptus deglupta* Blume.

4.5. Biomasa radicular húmeda

Figura 6

Grafico de barras que expresan la media y la desviación estándar de la variable biomasa radicular húmeda (mm)



La Figura 6 describe el comportamiento promedio de los plántones sometidos a una dosis de 15 ml por día con diferentes concentraciones nutrimentales durante 60 días. Se observa que el T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) registraron promedios altamente significativos y diferentes respecto a los demás tratamientos ($\alpha = 0.05$) sobre la variable Biomasa radicular húmeda. Los plántones sometidos a los tratamientos T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca) no presentaron diferencias estadísticas significativas en sus

medias, siendo el tratamiento control T4 que refleja una media significativamente diferente e inferior.

Sin embargo, el promedio más alto y significativamente diferente en cuanto a la variable biomasa radicular húmeda se obtuvo en plantones sometidos al tratamiento T1 (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) con un valor medio de 6,6g. Los tratamientos T2 (150-50-250-180 ppm) con 3,2g y T3 (140-55-300-200 ppm) con 2,5g, presentaron crecimientos significativamente parecidos y menores. Por el contrario, el valor medio más bajo se obtuvo en plantones sometidas al tratamiento control T4 con 0,85g.

También se puede apreciar que los tratamiento T2 (150-50-250-180 ppm de N, P, K y Ca) y T3 (140-55-300-200 ppm de N, P, K y Ca), con una concentración mayor de (P, K y Ca) respecto al T1, no presentaron diferencias estadísticas significativas en sus medias, obteniéndose valores medios similares, siendo el T2 que presentó un promedio más alto en cuanto a la variable Biomasa radicular húmeda, en comparación al T3 pero significativamente inferior al T1. Asimismo, las concentraciones de (190-35-210-150 ppm de N, P, K y Ca) reportaron el mejor comportamiento en cuanto al efecto de la biomasa radicular húmeda de los plantones de *Eucalyptus deglupta* Blume.

V. DISCUSIÓN

5.1. Numero de hojas

Los resultados de la Figura 2, demuestran una tendencia significativamente alta en el crecimiento en número de hojas para los tratamientos T1, T2 y T3. Se evidencia un comportamiento marcado sobre el tratamiento control T4, siendo este significativamente diferente e inferior. En este escenario parece ser que la presencia de los factores N, P, K y Ca inciden significativamente en el crecimiento de nuevas hojas.

Debe mencionarse que las concentraciones descendentes del factor N de los tratamientos T2 y T3, no es un factor limitante para el crecimiento en número de hojas de los plántones de *Eucalyptus deglupta*. La presencia de concentraciones mayores de los factores P, K y Ca no afectan significativamente el crecimiento en número de hojas. Estos comportamientos se sustentan según (Jacobs y Landis, 2009), en que el nitrógeno es el elemento más importante para el desarrollo de la planta, dada su abundancia en las principales biomoléculas de la materia viva, siendo este elemento que se encuentra presente en el componente estructural de la clorofila necesaria para la fotosíntesis.

Asimismo, el fósforo es necesario para síntesis de ATP y compuestos fosforilados, clave para que cualquier célula almacene energía y la utilice en cada reacción endergónica; el potasio presente en las reacciones químicas que permite el accionamiento mecánico de los estomas y su participación en los procesos fotosintéticos, promuevan un mayor desarrollo de hojas en los plántones de *Eucalyptus deglupta*. En esa misma línea (Rosero *et al.* (2018), encontraron correlaciones similares en sus resultados, quienes indican que concentraciones de 200-100-200 ppm de N, P y K influyen significativamente en el crecimiento de nuevas hojas. Resultados parecidos fueron reportados por Caione, Lange y Schoninger (2012), estos autores señalan que tratamientos completos con N, P, K proporcionan mayor crecimiento vegetativo de las plantas debido a las funciones que cumplen cada nutriente dentro de la planta.

5.2. Altura de la planta

Los resultados de la Figura 3, demuestran que la aplicación de los tratamientos (T1, T2 y T3) tiene efecto significativamente alto en el crecimiento en altura de la planta. Se evidencia un comportamiento marcado sobre el tratamiento control (T4) siendo este significativamente diferente e inferior. Mientras que las concentraciones del factor N de los Tratamientos (T2 y T3) son descendentes, las concentraciones de los factores P, K y Ca se incrementan. En este escenario estas concentraciones descendentes de los Tratamientos (T2 y T3) y los factores ascendentes de P, K y Ca, no parecen generar diferencias significativas en el crecimiento en altura de la planta de los plántones de *Eucalyptus deglupta*.

Estos resultados se sustentan en (Rosero *et al.* 2018; Concepción, 2021) quienes determinaron que niveles de N inferiores a 200 mg/L junto a otros elementos como P y K, favorecen significativamente el crecimiento en diámetro de la planta. En la misma línea (Massone *et al.*, 2018; Monsalve *et al.*, 2009) señalan que el efecto de la fertilización sobre el tamaño y solides alcanzadas por las plántulas en etapa de vivero, están asociados en gran medida a la acción del nitrógeno, ya que, es uno de los nutrientes más influyentes sobre el crecimiento de plántulas en etapa de vivero.

Por su parte Jacobs y Landis (2009), afirman que el crecimiento de las plantas está controlado por el nutriente mineral en menor cantidad, incluso cuando existan cantidades suficientes de otros nutrientes. Por lo tanto, un solo elemento nutritivo puede ser el único factor limitante para el crecimiento de la planta, incluso si todos los demás elementos se suministran en cantidad suficiente. El nitrógeno casi siempre es un factor limitante en el crecimiento de las plantas.

5.3. Diámetro de la planta

Los resultados de la figura 4, demuestran una tendencia similar a los resultados obtenidos para las variables número de hojas y altura de la planta. En este escenario, evidentemente las relaciones conjuntas entre los factores N, P, K y Ca generan un incremento del diámetro de la planta de los plántones de *Eucalyptus arcoíris*. Estos resultados concuerdan con Guaraca. (2018), quien determinó que relaciones conjuntas de N, P y Ca de 200-100-200 ppm, tres veces por semana, provocan un crecimiento significativo en el diámetro de la planta.

Por otra parte Hernández et al (2021) determinaron que el crecimiento en diámetro de las plantas se incrementan significativamente a medida que aumentan las concentraciones de nitrógeno y fósforo hasta los 100 mg/l de N/50mg/l de P, estabilizándose hasta los 300 mg/l de N/50 mg/l de P, eventualmente el crecimiento declina cuando se aplica altas tasas de nitrógeno y fósforo hasta los 500mg/l de N/150 mg/l de P.

En esa misma línea (Caione *et al.* 2012; Monsalve *et al.* 2009) determinaron que concentraciones de nitrógeno ascendentes de 50-100-150 y 200 ppm, fomentan aumentos significativos en diámetro de la planta. Por otra parte la investigación desarrollada por Gonzales et al (2020) determinaron que concentraciones entre 150 y 300 mg/l de fósforo y calcio, complementadas con nitrógeno, potasio, magnesio y azufre, generan plantas de un estado nutricional y vigor superior que aquellas que no se suministran estos elementos.

5.4. Longitud de la raíz

Los resultados de la aplicación de los tratamientos (T1, T2 y T3) de la Figura 6, registran crecimientos significativamente iguales en la variable longitud de raíz. La presencia de los factores N, P, K y Ca no generó incidencia significativa en el crecimiento en longitud de raíz. Estos valores atípicos pueden estar relacionados a que los plántones sometidos a la dosis de agua destilada al carecer de nutrientes, estos busquen a través de la expansión de las raíces la manera de obtenerlos, generando que los valores del tratamiento control sean ligeramente superiores.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por (Saldaña, 2020; Monsalve *et al.* 2009), estos autores determinaron valores bajos en todos los tratamientos evaluados en cuanto a la respuesta de la longitud de raíz a la fertilización con dosis de N, P y K. En la misma línea, (Bonilla 2013; Carpenedo *et al.* 2016) menciona que, es probable que los valores obtenidos para la variable longitud de la raíz estén condicionados por los nutrientes disponibles; así como también, por los contenedores utilizados durante el desarrollo del experimento, ya que, la utilización de contenedores de mayor volumen afecta positivamente el crecimiento, independiente de las concentraciones utilizadas.

5.5. Biomasa radicular húmeda

Los resultados de la aplicación de los Tratamientos de la Figura 6, demuestran una tendencia significativamente alta del tratamiento (T1) sobre la variable biomasa radicular húmeda. Evidentemente, las concentraciones descendentes del factor N de los tratamientos (T2 y T3) parecen presentar una tendencia a disminuir la parte de la biomasa radicular húmeda, de los plántones de *Eucalyptus deglupta*.

La presencia de concentraciones mayores de los factores P, K y Ca no parecen generar un incremento de la variable biomasa radicular húmeda. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Arteaga y Zenil (2005), quienes determinaron el efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento, supervivencia y biomasa radicular de las plántulas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous, encontrando que la fertilización con nitrógeno genera efectos estadísticos significativos en la variable biomasa radicular, por su parte el fósforo manifestó efecto estadístico no significativo para esta variable analizada. En la misma línea González *et al.* (2020) menciona que la nutrición con fósforo probablemente asegura altas reservas de carbohidratos, un sistema radicular con una alta capacidad regenerativa y una plántula robusta y endurecida.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se preparó la estructura de fertilización para la evaluación de los tratamientos, cuyas dimensiones fueron de 6 m de largo por 4 m de ancho y tinglado de 2.80 m de altura para soportes verticales medios, 1.80 m de altura para soportes verticales extremos y 2.10 m para soportes laterales del techo, con cubierta de Malla raschel 65 % de sombra.

La concentración que permitió un mayor crecimiento en los plántones de *Eucalyptus deglupta* fue el T1 (190 N- 35 P- 210 K-150 Ca ppm).

Los mejores resultados para las variables evaluadas, número de hojas (22.3 hojas) altura de la planta (157.26 mm), diámetro de la planta (2.4 mm) y biomasa radicular húmeda (6.6 g), se obtuvieron con concentraciones de N, P, K y Ca de (190-35-210-150 ppm), sin embargo, para la variable longitud de la raíz (138.3 mm) las concentraciones suministradas no generaron efecto significativo, siendo el tratamiento control T4 quien reportó el mejor valor medio.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda extender la investigación, seis meses después de la instalación a campo definitivo de los plántones de Eucalipto arcoíris, con el objetivo de establecer efectos correlacionales tanto positivos como negativos entre la fertilización en fase de vivero y fase de campo definitivo.

Fertilizar con concentraciones nutrimentales de (190-35-210-150 ppm) provenientes de superfosfato triple de calcio, nitrato de amonio y nitrato de potasio, con dosis de 15 ml por día durante dos meses, ya que, permite el crecimiento óptimo en diámetro y altura en plántones de Eucalipto arcoíris sin generar toxicidad en las mismas.

Utilizar contenedores con capacidades mayores a 180 cm³, de no ser posible obtenerlos, se recomienda extender la aplicación de las concentraciones por 45 días después del repique, debido a que pasado estos días se generan daños estructurales en la raíz afectando directamente la calidad de la planta.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H.J., Ibrahim, M., Jiménez, F., Finegan, B., y Kass, D. (2000). Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia Mangium* y *Eucalyptus Deglupta* en el trópico Húmedo. *Ageoforesteria en las Américas*, 7(26).
- Arteaga, B. y Zenil, J. (2005). Fertilización en vivero de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. *Foresta Veracruzana*, 7(1), 41-45.
- Bonilla, I. (2013). Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. En J. Azcon-Bieto y M. Talon (Eds.), *Fundamentos de la fisiología vegetal* (103-119). McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
- Brown, A. G., y Hillis, W. E. (1984). *Eucalypts for wood production*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization; Academic Press.
- Buamscha, M. G., Contardi, L. T., Dumroese, R.K., Enricci, J.A., Escobar, R., Gonda, H.E. Jacobs, D.F., Landis, T.D., Luna, T., Mexal, J.G., y Wilkinson, K.M. (2012). *Producción de plantas en viveros forestales*. Colección Nexos.
- Burgos, J.A. (2019). Efectos de tres concentraciones de fertilizantes en el crecimiento vegetativo de *Pinus radiata* D. Don, en condiciones de vivero en el sector de Itulcachi, parroquia Pifo, provincia de Pichincha (tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Caione, G., Lange, A. y Schoninger, E., L. (2012). Crecimiento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. *Scientia Forestalis*, 40(94), 213-221.
- Carpenedo, Machado., M., Benítez, E., Gómez, G. y Da Silva, F. (2016). Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea Canjerana* producidas en vivero. *BOSQUE* 37(2), 401-407.

- Chong, T.K., y Jones, N. (1982). Fast growing hardwood plantations on logged-over forest sites in Sabah. *The Malaysian Forester*, 45(4), 558-575.
- Concepción, J. (2021). Fertilización de nitrógeno y fosfato para la producción de plántulas sencillas de Ascara (*Euterpe Precatoria* Mart) (tesis doctoral). Universidad Federal de Acre. Rio Branco-AC.
- Del Àguila, J., (2012). Efecto de la aplicación de superfosfato triple en el crecimiento y costo de producción de plantones de “Shihuhuaco” *Dipteryx micrantha* en condiciones de vivero, CIEFOR-Pueto Almendras, Loreto-Perú (Tesis de pregrado). Universidad nacional de la amazonia peruana, Iquitos.
- Escobar, R. (2007). Manual de viverización *Eucalyptus Globulus* a raíz cubierta. INNOVA-CORFO 03C9FM-01.
- FAO. (1979). Eucalipts For Planting. FAO Forestry series 11.
- González, M., Ríos, D., Peña, K., García, E., Acevedo, M., Cartes, E. y Sánchez, M. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de *Aextoxicon punctatum* producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. *BOSQUE*, 41(2), 137-146.
- Guaraca, H.G. (2018). Aplicación de soluciones nutritivas en plántulas de Yagual (*Polylepis Racemosa*) en la comunidad Tiocajas del Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.
- Hernández, J., Quiroz, I., Pincheira, M. y Gacitúa, S. (2021). Efecto de la Fertilización Nitrogenada y Fosforada en plantas de Raulí sobre su Respuesta Fisiológica, Crecimiento, Producción de Brotes y Enraizamiento de Estacas. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(2). <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.550>

- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (1995). Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Grupo Forestal. Concordia, Argentina.
- ITIS report (2021). *Eucalyptus Deglupta*. Jerarquía taxonómica. Recuperado de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=502472&print_version=PRT&source=to_print#null
- Jacobs, D.,F., Landis,T.D. (2009). Nursery Manual for Native Plans: Nursery Management. *Nursery Management*, 1(11) ,201-215.
- Lamb, D. (1977). Relationships between growth and foliar nutrient concentrations in *eucalyptus deglupta*. *Plant and Soil*, 47, 495-508.
- Massone, D., S., Bartoli, C.,G. y Pastorino, M., J. (2018). Efecto de la fertilización con distintas concentraciones de nitrógeno y potasio en el crecimiento de plantines de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en vivero. *BOSQUE*, 39(3), 375-384.
- Monsalve, J., Escobar, R., Acevedo. M., Sánchez, M. y Coopman, R. (2009). Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *BOSQUE*, 30(2), 88-94.
- Rodríguez, D. (2019). Formulación de Soluciones Nutritivas para Cultivo de Arándano. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rosero, S., Arcos, J., Gualpa, M., y Guaraca, H. (2018). Efecto de la aplicación de solución nutritiva para el crecimiento inicial de *Polylepis racemosa* a nivel de vivero. *Enfoque UTE*, 9(2), 198-207.

- Saldaña, K. (2020). Influencia del NPK en plántulas de cedro colorado (*Cedrela Odorata* L.) en cultivos hidropónicos con sustrato en agregados (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú.
- Silvera, C.C. (2008). Interpretación de los Resultados de un Análisis de Suelo para la Producción de Café. Junta Nacional del Café.
- Siles, P.D. (2001). Comportamiento fisiológico del café asociado con *Eucalyptus Deglupta*, *Terminalia Ivorensis* y sin sombra (tesis de posgrado). Centro Agronomico tropical de Investigacion y Enseñanza, Trrialba-Costa Rica.
- Turnbull, J. (1974). Kamarere. *Eucalyptus deglupta* Blume. Forest Tree Series No. 175. Departamento de Industria Primaria, Oficina de Silvicultura y Madera, Canberra, Australia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos culminar nuestros estudios exitosamente, por la salud que nos brinda cada día de nuestra corta existencia.

A mis padres, a mi familia por el apoyo incondicional, por su comprensión, por convertirse en el pilar fundamental para lograr mis objetivos.

Agradecer a nuestros asesores Dr. Julio Roger Chico Ruíz M Sc. Joseph Campos Ruiz, por su apoyo desinteresado y hacer posible la presente investigación.

Agradecer también a un gran amigo Ing. Elio. R. Núñez García, por la colaboración brindada en el transcurso de la presente investigación.

ELFER GARCIA CARRASCO

Agradezco a Dios por darme padres y hermanos maravillosos, que cada día son un ejemplo de superación, humildad y sacrificio. A enseñarme que todo se puede lograr en esta vida, cuando hay dedicación y trabajo, por enseñarme a ser caballero de toda causa buena, que siempre se debe utilizar la razón, ante el deseo por hacerme saber que cada vez que caiga, me levante siempre con más fuerza y empeño.

YOBBER HELI HURTADO GUERRERO

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por su apoyo incondicional, por su esfuerzo brindado para lograr este objetivo, por estar siempre presente en los momentos más difíciles y sobre todo por brindarme la oportunidad de poder obtener una formación académica universitaria.

A mis hermanos por brindarme su apoyo desinteresadamente, por impulsarme a seguir adelante, por formar parte de esta gran familia.

ELFER GARCÍA CARRASCO

La presente investigación lo dedico en primer lugar a Dios y a mis queridos padres y a toda mi familia que cada día se esfuerza al máximo por apoyarme en lograr este objetivo.

YOBEL HELI HURTADO GUERRERO

ANEXOS

Anexo 1. Registro de datos evaluados para la variable número de hojas

VARIABLE NUMERO DE HOJAS										
	REPETICIONES									
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
T1	20	22	22	22	22	24	24	25	22	20
T2	22	22	22	20	20	20	18	20	24	22
T3	20	23	20	20	20	24	23	20	20	25
T4	20	18	14	16	18	13	14	14	17	18

Anexo 2. Registro de datos evaluados para la variable altura de la planta

VARIABLE ALTURA DE PLANTA										
	REPETICIONES									
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
T1	127.9	133.1	165.7	162.4	130.7	174.3	172.3	193.6	188.2	124.4
T2	138.6	145.4	153.8	138.8	137.4	139.8	115.8	148.9	185.1	112.9
T3	123.8	132	124	172.4	153.3	140	146.8	128.3	120.3	160.2
T4	67.6	68.2	55.6	71.9	46.6	59	53.4	56.4	60	63

Anexo 3. Registro de datos evaluados para la variable diámetro de la planta

VARIABLE DIÁMETRO DE PLANTA										
	REPETICIONES									
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
T1	2.4	2.4	2.4	2.4	2.6	2.4	2.2	2.5	2.5	2.3
T2	2	2.1	2.6	2.3	2.4	2.3	2.5	2.3	2.1	1.9
T3	2.1	2.1	1.8	2.2	2.1	2.3	2.2	2.2	2.3	2.1
T4	1.3	1.3	1.1	1.4	1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1

Anexo 4. Registro de datos evaluados para la variable longitud de la raíz

VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ										
	REPETICIONES									
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
T1	148	137	130	135	120	130	135	140	134	130
T2	135	135	147	130	140	134	133	140	133	140
T3	130	130	132	130	140	135	137	135	145	135
T4	140	135	133	140	140	135	140	140	130	150

Anexo 5. Registro de datos evaluados para la variable biomasa radicular húmeda

VARIABLE BIOMASA RADICULAR HÚMEDA										
	REPETICIONES									
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
T1	2.4	2.4	2.4	2.4	2.6	2.4	2.2	2.5	2.5	2.3
T2	2	2.1	2.6	2.3	2.4	2.3	2.5	2.3	2.1	1.9
T3	2.1	2.1	1.8	2.2	2.1	2.3	2.2	2.2	2.3	2.1
T4	1.3	1.3	1.1	1.4	1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1

ANEXO: ANÁLISIS DE VARIANZA

Anexo 6. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en número de hojas de los plántones de *Eucalyptus deglupta*.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	227.3	75.767	20.03	0.000
Error	36	136.2	3.783		
Total	39	363.5			

Anexo 7. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en altura de la planta en plántones de *Eucalyptus arcoiris*.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	57490	19163.4	52.75	0.000
Error	36	13079	363.3		
Total	39	70569			

Anexo 8. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en diámetro de la planta en plántones de *Eucalyptus deglupta*.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	9.0628	3.02092	122.61	0.000
Error	36	0.8870	0.02464		
Total	39	9.9498			

Anexo 9. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en longitud de la raíz en plantones de *Eucalyptus deglupta*.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	113.9	37.97	1.14	0.344
Error	36	1194.0	33.17		
Total	39	1307.9			

Anexo 10. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre la variable biomasa radicular húmeda en plantones de *Eucalyptus deglupta*.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	175.42	58.473	39.70	0.000
Error	36	53.02	1.473		
Total	39	228.44			

ANEXO: TEST DE TUKEY

Anexo 11. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos en el crecimiento en número de hojas en plántones de Eucalipto arcoíris

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	10	22.300	A
T3	10	21.500	A
T2	10	21.000	A
T4	10	16.200	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 12. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos en el crecimiento en altura en plántones de Eucalipto arcoíris.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	10	157.26	A
T3	10	141.65	A
T2	10	140.11	A
T4	10	60.17	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 13. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos en el crecimiento en diámetro en plántones de Eucalipto arcoíris.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	10	2.4100	A
T2	10	2.2500	B
T3	10	2.1400	B
T4	10	1.1900	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 14. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos sobre la biomasa radicular húmeda en plántones de Eucalipto arcoíris.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	10	6.600	A
T2	10	3.200	B
T3	10	2.500	B
T4	10	0.8500	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 15. Test de Tukey para el efecto de los tratamientos longitud de raíz en plántones de Eucalipto arcoíris.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	10	133.9	A
T2	10	136.7	A
T3	10	134.9	A
T4	10	138.3	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

ANEXO: PANEL FOTOGRÁFICO

Anexo 15. Fotografía de preparación de la estructura de viverización y fertilización



Anexo 16. Fotografías de preparación de la cama de germinación y repique.



Anexo 17. Fotografía del medio de crecimiento para la germinación de semillas de Eucalipto arcoíris.



Anexo 18. Fotografía de almacigado de Eucalipto arcoíris.



Anexo 19. Proceso de riego de las semillas puestas a germinar.



Anexo 20. Germinación de las semillas de Eucalipto arcoíris



Anexo 21. Fotografías de la preparación y llenado del medio de crecimiento para el trasplante.



Anexo 22. Fotografías del trasplante de los plantines de Eucalipto arcoíris.



**Anexo
23.**

Fotografías de las fuentes para preparar soluciones.



Anexo 24. Fotografías de preparación de las soluciones nutritivas.



Anexo 25. Fotografías de aplicación de los tratamientos.



Anexo 26. Fotografías de medición de las variables.



Anexo 27. Fotografías de un ejemplar de eucalipto arcoíris (*eucalyptus deglupta* blume)

