

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



EFFECTO DE LOS MACRONUTRIENTES PROCEDENTES DE DIFERENTES FUENTES EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE PALISANGRE BLANCO (*Pterocarpus rohrii*), EN FASE DE VIVERO – UNU, 2020

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL

JUAN LUIS MORALES TRUJILLO

PUCALLPA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS



ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACION DE TESIS N°438/2022-CGyT-FCFyA-UNU


En la ciudad de Pucallpa a las 5:00 pm del 9 de Julio de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador de forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams con los miembros que estuvieron designados con el Memo múltiple N°083-2022-UNU-FCsFyA-CGT, conformados por los siguientes docentes:

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga	PRESIDENTE
Dr. Fermín Campos Solórzano	MIEMBRO
Dr. Cesar Mori Montero	MIEMBRO

Se procedió a evaluar la sustentación de tesis denominada: **EFFECTO DE LOS MACRONUTRIENTES PROCEDENTES DE DIFERENTES FUENTES EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE PALISANGRE BLANCO (*Pterocarpus rohrii*), EN FASE DE VIVERO – UNU, 2020**, presentado por el Bach, Juan Luis Morales Trujillo; asesorado por el Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD, RECOMENDANDO SU PUBLICACION**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 5:55 pm horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad


.....
Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga
Presidente



.....
Dr. Fermín Campos Solórzano
Miembro


.....
Dr. Cesar Mori Montero
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN


La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga




Presidente

Dr. Fermín Campos Solórzano



Miembro

Dr. Cesar Mori Montero



Miembro

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez



Asesor

Bach. Juan Luis Morales Trujillo



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0372-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:

“EFECTO DE LOS MACRONUTRIENTES PROCEDENTES DE DIFERENTES FUENTES EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE PALISANGRE BLANCO (*Pterocarpus rohrii*), EN FASE DE VIVERO – UNU, 2020”.

Autor(es) : **MORALES TRUJILLO, JUAN LUIS**

Facultad : **CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**

ESCUELA : **ING. FORESTAL**

Asesor(a) : **DR. MORI VÁSQUEZ, JORGE ARTURO**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 4%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.



FECHA 27/06/2022



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Juan Luis Morales Trujillo

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

Efecto de los macronutrientes procedentes de diferentes fuentes en el crecimiento y calidad de plántulas de Palsangre Blanco (Pterocarpus nobilis), en fase de vivero - UNU, 2020

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Dr. Jorge Arturo Mori Varquez

En la Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela profesional: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación:

PARCIAL [] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [x] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio Institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 11/07/2022

Email: juanluis22@gmail.com
Teléfono: 921297319

Firma: [Signature]
DNI: 73632859

DEDICATORIA

A Dios por llenarme de bendiciones, y darme la fuerza para vencer todos los obstáculos de mi vida y en el desempeño de mi carrera profesional.

A mi abuela Edelvina Marzano Ramírez, por enseñarme a no renunciar a mis sueños, y brindarme siempre su aliento, quien me guio a hacer un hombre de bien; este trabajo te lo dedico, que Dios te tenga en su gloria y seas siempre el angelito que ilumine mi vida.

A mis padres Jhoni Jorge Morales Contreras y Paola Trujillo Marzano, por su sacrificio y apoyo incondicional, quienes con su alegría y cariño, hicieron posible mi formación profesional.

A mis hermanos Luzvina y Charly, por su cariño y apoyo moral

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez por el apoyo, paciencia y dirección de la presente investigación, como mi asesor.

A la Universidad Nacional de Ucayali por el financiamiento para proyectos de tesis de pregrado 2021.

Al vivero forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme las facilidades para la realización de la presente investigación,

A los miembros de mi jurado, Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga, Dr. Fermín Campos Solórzano, Dr. Cesar Mori Montero, por haber contribuido con su valioso tiempo.

A la docente principal Ing. M.Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez, por su amistad y sabios consejos para mi formación como ingeniero forestal.

Y a todas aquellas personas que de forma directa o indirectamente colaboraron durante la ejecución y culminación del presente estudio de investigación.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria:.....	vi
Agradecimientos:.....	vii
Indice de tablas:	xi
Indice de figuras	xiii
Resumen:.....	xvi
Astract	xvii
Capitulo i	18
1. Planteamiento del problema:	18
1.1. Formulación del problema:.....	18
1.2. Problema general:.....	20
1.3. Problema específico:	20
1.4. Justificación:	20
1.5. Objetivos de la investigación:	22
1.5.1. Objetivo general:.....	22
1.5.2. Objetivo específico:	22
Capitulo ii	23
ii. Marco teórico.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación:.....	23
2.2. Planteamiento teorico.....	29
2.2.1. Descripción de la especie <i>pterocarpus rohrii</i> :	29
2.2.2. Descripción botánica y dendrológica:	29
2.2.3. Distribución geográfica:.....	30
2.2.4. Usos:.....	31
2.3. Los fertilizantes:	31

2.3.1.	Propiedades de los fertilizantes:.....	32
2.3.2.	La fertilización en el vivero:.....	33
2.3.3.	Efecto de fertilización en las especies forestales:	33
2.3.4.	Algunos fertilizantes existentes en el mercado nacional.....	34
2.3.5.	Rol de los nutrientes:.....	36
2.3.6.	Principales funciones de los macronutrientes en las plantas:	37
2.3.7.	Efectos de los factores ambientales en la nutrición de las plantas:	39
2.3.8.	Definición de términos básicos:.....	42
2.4.	Hipotesis:.....	43
2.4.1.	Hipótesis general:.....	43
2.4.2.	Hipótesis nula:.....	43
2.4.3.	Hipótesis específicas:.....	43
2.5.	Variables:.....	43
2.5.1.	Variable independiente:.....	43
2.5.2.	Variable dependiente:.....	43
2.6.	Operacionalización de variables:.....	44
iii.	Metodología:.....	45
3.1.	Método de investigación:.....	45
3.2.	Población y muestra:	45
3.2.1.	Población	45
3.2.2.	Muestra	45
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	46
3.3.1.	Técnica:	46
3.3.2.	Instrumentos:.....	46
3.4.	Procedimiento de recolección de datos:	48
3.4.1.	Lugar de ejecución:	48

3.4.2.	Tratamientos, repeticiones y unidades experimentales.	51
3.4.2.1.	Parámetros a evaluar	53
3.4.3.	Diseño experimental:	54
3.4.4.	Distribución de los tratamientos en las camas de germinación y crecimiento.	55
3.4.5.	Tratamientos culturales:	57
3.5.	Tratamiento de los datos:	58
Capítulo IV	60
4.	Resultados y discusión:	60
Capítulo V	80
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
5.1.	Conclusiones:	80
5.2.	Recomendaciones	81
vi.	Bibliografía:	82
vii.	ANEXOS:	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	44
Tabla 2. Gramos de macro nutrientes en cada tubete de acuerdo a tratamientos y fuente:	51
Tabla 3. Descripción de los tratamientos	53
Tabla 4. Esquema de análisis de datos:.....	58
Tabla 5. Supervivencia de las plántulas del pterocarpus rohrii	60
Tabla 6. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el crecimiento en altura total (cm) en vivero de plántulas de pterocarpus rohrii.....	61
Tabla 7. Anova para el efecto de macronutrientes en el crecimiento en altura total (cm) en vivero de las plántulas de pterocarpus rohrii.	62
Tabla 8. Prueba tukey para el efecto de macronutrientes en el crecimiento en altura total en vivero (cm) de las plántulas de pterocarpus rohrii.....	62
Tabla 9. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm) en vivero de plántulas de pterocarpus rohrii.	64
Tabla 10. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (dacr) (mm) en vivero, de plántulas de pterocarpus rohrii después de 150 días:	65
Tabla 11. Prueba tukey para el efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (dacr) (mm) en vivero, de plántulas de pterocarpus rohrii después de 150 días:	66
Tabla 12. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días	67
Tabla 13. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días	67

Tabla 14. Prueba tukey del efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días	68
Tabla 15. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el índice de robustez de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días.	70
Tabla 16. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el índice de robustez de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días.....	71
Tabla 17. Prueba tukey para el efecto de macronutrientes en el índice de robustez de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días	71
Tabla 18. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el índice de área foliar (cm ²) de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días	73
Tabla 19. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el índice de área foliar (cm ²) de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días.....	74
Tabla 20. Prueba tukey del efecto de macronutrientes en el índice de área foliar (cm ²) de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días.....	74
Tabla 21. Valores del efecto de macronutrientes en el índice de calidad de dickson de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días la evaluación.....	75
Tabla 22. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el índice de calidad de dickson de plántulas en vivero de pterocarpus rohrii, después de 150 días de evaluación.	76
Tabla 23. Prueba tukey del del efecto de macronutrientes en el índice de calidad de dickson de plántulas en vivero de pterocarpus rohrii, después de 150 días de evaluación	76
Tabla 24. Efecto de macronutrientes en el estado fitosanitario (%) de plántulas en vivero de pterocarpus rohrii, después de 150 días de evaluación	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del vivero Agro.forestal unu	48
Figura 2. Distribución de las unidades experimentales en las cámaras de germinación y crecimiento	55
Figura 3. Efecto de los macronutrientes en el crecimiento en altura (cm) de pterocarpus rohrii	61
Figura 4. Efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (dacr) (mm) en vivero de plántulas de pterocarpus rohrii.....	65
Figura 5. Efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días	69
Figura 6. Efecto de macronutrientes en el índice de robustez de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días.	70
Figura 7. Efecto de macronutrientes en el índice de área foliar (cm ²) de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días.....	73
Figura 8. Valores del efecto de macronutrientes en el índice de calidad de dickson de plántulas en vivero, de pterocarpus rohrii, después de 150 días la evaluación.....	75
Figura 9. Efecto de macronutrientes en el estado fitosanitario (%) de plántulas en vivero de pterocarpus rohrii, después de 150 días de evaluación	78

ÍNDICE DE ANEXO

Figura 1. Limpieza de la instalación del experimento.....	94
Figura 2. Obtención y selección de semillas.....	94
Figura 3. Acondicionamiento pre germinativo de las semillas en algodón	95
Figura 4. Limpieza de tubetes.	95
Figura 5. Etiquetado según tratamiento	96
Figura 6. Acondicionamiento de la cámara de germinación y crecimiento	96
Figura 7. Preparación del sustrato base	97
Figura 8. Limpieza de impurezas del sustrato base	97
Figura 9. Peso del fertilizante según tratamiento	98
Figura 10. Presencia de raíz para su traslado a los tubetes	98
Figura 11. Instalación de parantes para la malla raset.....	99
Figura 12. Colocación de la malla raset en la cámara de germinación y crecimiento	99
Figura 13. Distribución de las unidades experimentales en la cámara de germinación y crecimiento.....	100
Figura 14. Colocación de las semillas en los tubetes según tratamiento	100
Figura 15. Vista panorámica de los tratamientos con las semillas germinadas.....	101
Figura 16. Crecimiento de las plántulas de <i>pterocarpus rohrii</i>	101
Figura 17. Riego de agua con pulverizador manual para el desarrollo de las plantas	102

Figura 18. Medición del diámetro a la altura del cuello de la raíz de las plántulas de pterocarpus rohrii	102
Figura 19. Vista panorámica de la raíz	103
Figura 20. Vista panorámica de la hoja.....	103
Figura 21. Peso seco parte aérea.....	104
Figura 22. Peso seco parte raíz	104
Figura 23. Colocación de las muestras a la estufa	105
Figura 24. Programación de la estufa con las muestras a 100°C	105

“EFECTO DE LOS MACRONUTRIENTES PROCEDENTES DE DIFERENTES FUENTES EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE PALISANGRE BLANCO (*Pterocarpus rohrii*), EN FASE DE VIVERO – UNU, 2020”.

RESUMEN:

La presente investigación se realizó en el vivero forestal de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el km.6.200 de la carretera Federico Basadre. El objetivo fue determinar el efecto de los macronutrientes de diferentes fuentes en el crecimiento y calidad, en vivero, de plántulas de palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*). Las fuentes aplicadas fueron Sulfato de potasio y magnesio, Yaramila integrador, Coagrimax súper, fosfato diamónico y urea. Se eligió el método experimental explicativo, el diseño es completamente al azar con 1 testigo y 5 tratamientos, cada tratamiento tendrá 10 repeticiones y cada unidad experimental o repetición estará conformada por 5 tubetes. La muestra está representada por 300 plántulas sometidas a una misma concentración de 4 gr por litro en cada uno de los cinco fertilizantes. Las variables serán altura, diámetro de las plantas, índice de área foliar, índice de robustez, índice de calidad de Dickson y estado fitosanitario. Los resultados fueron que el tratamiento que presentó mayor incremento en altura fue T2 (0N-0P₂O₅-22K₂O-0CaO-18MgO-22SO₄), con promedio de 14 cm que influyó de forma significativa durante el periodo de 150 días, en comparación al resto de tratamientos; Con respecto al incremento en diámetro el mayor valor lo obtuvo el T3 (15N-9P₂O₅-20K₂O-0CaO-0MgO-0SO₄) con 2.81 mm; en relación al Índice de área foliar el tratamiento T2(0N-0P₂O₅-22K₂O-0CaO-18MgO-22SO₄), obtuvo 7.08 centímetros cuadrados, índice de robustez cuyo tratamiento T5 (13N-46P₂O₅-0K₂O-0CaO-0MgO-0SO₄), generó 4.76 en promedio. Y el índice de calidad de Dickson que al final de la investigación generó un índice de calidad bajo.

Palabras claves: Altura, diámetro, Índice de área Foliar, Índice de Robustez, índice de calidad de Dickson, estado fitosanitario, tratamiento, fertilizante.

“EFFECT OF MACRONUTRIENTS FROM DIFFERENT SOURCES ON THE GROWTH AND QUALITY OF PLANTS OF WHITE PALISANGRE (*Pterocarpus rohrii*), IN THE NURSERY PHASE – UNU, 2020”.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the forest nursery of the National University of Ucayali, located at km 6,200 of the Federico Basadre highway. The objective was to determine the effect of different fertilizers on the growth and quality, in the nursery, of white palisangre (*Pterocarpus rohrii*) seedlings. The fertilizers applied were potassium and magnesium sulfate, Yaramila integrator, Coagrimax super, diammonium phosphate and urea. The explanatory experimental method was chosen, the design is completely random with 1 control and 5 treatments, each treatment will have 10 repetitions and each experimental unit or repetition will be made up of 5 tubes. The sample is represented by 300 seedlings subjected to the same concentration of 4 grams per liter in each of the five fertilizers. The variables will be height, plant diameter, leaf area index, robustness index, Dickson quality index and phytosanitary status. The results were that the treatment that presented the greatest increase in height was T2 (0N-0P₂O₅-22K₂O-0CaO-18MgO-22SO₄), with an average of 14 cm, which had a significant influence during the 150-day period, compared to the rest of the treatments; Regarding the increase in diameter, the highest value was obtained by T3 (15N-9P₂O₅-20K₂O-0CaO-0MgO-0SO₄) with 2.81 mm; In relation to the leaf area index, el tratamiento T2(0N-0P₂O₅-22K₂O-0CaO-18MgO-22SO₄) it obtained 7.08 square centimeters, robustness index whose treatment T5 (13N-46P₂O₅-0K₂O-0CaO-0MgO-0SO₄), generated 4.76 on average. And the Dickson quality index that at the end of the investigation generated a low quality index.

Keywords: Height, diameter, Leaf Area Index, Robustness Index, Dickson quality index, phytosanitary status, treatment, fertilizer

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente las plantaciones forestales en el Perú se caracterizan por su baja productividad en comparación a las que se establecen en otras zonas del mundo como Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, como consecuencia de una escasa aplicación de técnicas de manejo de suelos, deficiente manejo silvicultural, uso de semillas de baja calidad genética, entre otros. Estas plantaciones presentan una serie de deficiencias en la nutrición mineral de las plantas debido a las altas precipitaciones, erosión por cambio en el uso de los suelos, suelos ácidos, incendios, perturbación antropogénica, los que han ocasionado un bajo incremento medio anual (IMA). (Rodriguez D. A., 2008)

Por otra parte, desde hace algunos años se viene haciendo esfuerzos por incrementar la tasa de forestación y reforestación del país, siendo uno de los primeros eslabones de proceso de establecimiento de plantaciones la obtención de plantones de calidad en vivero en el menor tiempo posible, ya que éste aspecto incide en el retorno del capital invertido en una plantación forestal. (IIAP, 2014)

Tenemos que tener en cuenta que para obtener plantones de calidad y en el menor tiempo posible es menester contar con semillas de calidad y con sustratos que proporcionen el medio de cultivo idóneo para que la semillas crezca de la mejor forma posible y en el menor tiempo, así mismo se debe de tener presente que lo adecuado es tener un sustrato específico para cada especie, situación que no es contemplada para las especies nativas de la Amazonía peruana ya que no existen estudios específicos al respecto (Santiago , 2003).

Podemos sostener que la falta de información técnica y científica de la nutrición de las plantas en la etapa de vivero, es uno de los principales factores que inciden en que no se tenga una producción oportuna y de calidad de plántones de las especies nativas, ocasionando que se dispongan de plantas en fechas inadecuadas para el trasplante a campo definitivo, así como que se tenga plantas de mala calidad que se refleja en inadecuados tamaños, diámetro de tallo, raíces mal formadas, escaso crecimiento, entre otras características. (Baldemar Arteaga & Zenil Rubio, 2005).

“Palisangre” o “sangre” (*Pterocarpus rohrii*), es una de las especies no tradicionales con enorme potencial maderable, ambiental y agroforestal, que se observa con frecuencia en los pastizales de los ganaderos establecidos a lo largo del eje de la carretera Federico Basadre y cuya madera por tener alta resistencia y durabilidad es utilizado como postes en los potreros y también para obtener madera aserrada. Es por eso que su regeneración natural es dejada crecer en los potreros de los productores lecheros ubicados en el eje de la carretera Federico Basadre con la finalidad de disponer de madera para postes en el futuro, (Lopez Zavaleta & Lopez Medina, 2018).

Esta especie es apreciada por sus propiedades físico-mecánicas, es maleable, duradera y resistente proporcionando madera de alta calidad con infinidad de usos y aceptables características para trabajar en carpintería, artesanía y pisos (machihombre, parquet). (Pags, 1999)

Si bien es cierto que no existe información sobre la silvicultura de palisangre blanco, su potencial maderero hace necesario que se comience a desarrollar investigaciones relacionadas a aspectos silviculturales como es su producción en vivero y dentro de ello, determinar los mejores sustratos para obtener plantas de

calidad en el menor tiempo posible, factor que influye en los costos de producción de los plantones de cualquier especie.

1.2. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de los macronutrientes en el crecimiento y calidad, en vivero, de plántulas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*), - UNU?

1.3. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ✓ ¿Cuál es el efecto de los macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), proveniente de diferentes fuentes en el crecimiento en altura y diámetro del tallo de plántulas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*), en vivero?
- ✓ ¿Cuál es la influencia de los macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), proveniente de diferentes fuentes en la calidad (peso de raíces, área foliar, estado fitosanitario), de plántulas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*), en vivero?
- ✓ ¿Cuál es la mejor fuente para obtener, plántulas de *Pterocarpus rohrii* de mejor calidad, en vivero?

1.4. JUSTIFICACIÓN

Pterocarpus rohrii es una especie que crece de forma natural en los bosques primarios, pero también la regeneración natural que se establece en los pastizales y chacras de productores agrarios del eje de la carretera Federico Basadre es dejado para su posterior cosecha y utilización de su madera como poste en los alambrados que bordean los potreros. Además, su madera semi dura es utilizada en carpintería y ebanistería, no es muy utilizada en otros usos que no sea el de postes para alambrados que se construyen alrededor de los potreros (Canavides, 2001)

Se sabe que el efecto de los macronutrientes en el crecimiento de algunas especies forestales utilizadas en plantaciones ha sido muy estudiado alrededor del mundo para especies no amazónicas, pero es muy reducido en una etapa clave para la producción de plántulas de calidad, como es la fase de producción de plantas en vivero. (Alvarado, 2012)

Entre los principales problemas que se presentan en la producción de plantas en vivero está el uso de un adecuado sustrato que contenga todos los nutrientes necesarios para que la planta logre obtener las características necesarias de crecimiento y calidad para responder de la mejor forma posible cuando es llevada a campo definitivo. La preparación de un adecuado sustrato pasa por utilizar una dosis apropiada de macronutrientes que conduzcan a lograr una calidad tanto morfológica como fisiológica de la planta para resistir y superar las condiciones ambientales en el lugar donde serán establecidas. (Ruano , 2003)

Por otra parte, se ha demostrado en algunos estudios que el uso apropiado de macronutrientes en los viveros forestales es vital para incrementar la velocidad de crecimiento y calidad de la plántula que se llevará a campo definitivo (Rodríguez Laguna, 2010). Sin embargo, aún no se han estudiado los requerimientos nutrimentales específicos para cada especie forestal, mucho más crítico es esta situación para las especies amazónicas.

Por lo expuesto, en la presente investigación se busca determinar el efecto de los macro nutrientes procedentes de diferentes fuentes (fertilizantes presentes en el mercado), en el crecimiento y calidad, de plántulas de *Pterocarpus rohrii* en vivero, contribuyendo de este modo a crear tecnología que permita obtener plántulas en el menor tiempo posible y con la calidad que permita un buen desempeño en crecimiento en campo definitivo.

De esta forma se estaría incrementando el conocimiento en beneficio de las persona y empresas dedicados a la reforestación ya que podrían escoger fertilizantes existentes en el mercado para disminuir el tiempo de producción de plántulas en vivero y mejorar la calidad de las mismas pudiendo contrarrestar de este modo los efectos de la extracción forestal ya que será posible implementar proyectos de reforestación con esta especie.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de los macronutrientes provenientes de diferentes fuentes en el crecimiento y calidad, de plántulas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*), en vivero – UNU.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar el efecto de los macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), proveniente de diferentes fuentes en el crecimiento en altura y diámetro del tallo, de plántulas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*) en vivero.
- Determinar el efecto de los macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), provenientes de diferentes fuentes en la calidad (peso de raíces, área foliar, estado fitosanitario), de plántulas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*) en vivero.
- Seleccionar la mejor fuente comercial (fertilizantes comerciales) de macronutrientes para obtener plántulas de calidad de (*Pterocarpus rohrii*), en vivero.

CAPITULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

(Camargo Angelo & Fonseca Da Silva, 2015), realizaron un experimento con dos especies de árboles nativos *Anadenanthera peregrina* y *Schinus terebinthifolius*, sometidos a dosis 13-06-16, con un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, usando una mezcla con compost orgánico, vermiculita y Plantmax en vivero. Los tratamientos fueron: T1-0 kg (control); T2-2 kg; T3-4 kg; T4-6 kg; T5-8 kg y T6-10 kg de fertilizante de liberación lenta por metro cúbico de sustrato base. Después de 189 días de sembrado se evaluó la altura, diámetro del cuello, biomasa de brotes frescos, biomasa de brotes secos, biomasa de raíz seca, biomasa seca total, relación entre la altura y el diámetro del cuello y el índice de Calidad Dickson. Los resultados muestran que la aplicación de fertilizantes de liberación lenta conduce a ganancias significativas de crecimiento en ambas especies, con las mejores dosis de 6.68 a 5.54 kg m⁻³ para la especie *Anadenanthera peregrina*, y 8.38 a 14.42 kg m⁻³ para *Schinus terebinthifolius*.

En otro estudio relacionado al efecto de los fertilizantes en el crecimiento de plántulas se tuvo el objetivo de analizar la dinámica nutricional de plantas de cacao cuando son sometidas a diferentes dosis de fertilizantes con N, P y K en etapa de vivero, se establecieron tres ensayos con las dosis de referencia de urea, 2,6 g/planta; superfosfato triple (SPT), 1,52 g/planta; cloruro de potasio (KCl), 2,41 g/planta. A los 124 días después de siembra, se determinó la biomasa seca y el contenido nutricional de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B de las plantas y se estimaron parámetros de dinámica nutricional, de correlación entre nutrientes y de eficiencia agronómica. Los resultados permiten concluir consistentemente que la dinámica nutricional de N, P y K

no solo cambió en relación a los tratamientos implementados, sino que afectó la dinámica de prácticamente todos los otros nutrientes evaluados, lo que se confirmó al analizar la eficiencia agronómica de los nutrientes aplicados, por cuanto las diferencias en las magnitudes de este parámetro correspondieron a desbalances nutricionales (Fernandez, 2016).

Podemos agregar que (Machado, 2016), estudió el efecto de diferentes volúmenes de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada-FLC en la producción de mudas de *Cabralea canjerana*, en la fase de vivero. Los factores utilizados fueron volumen de contenedores (110 y 180 cm³) y dosis de FLC (0; 2,5; 5; 7,5; 10 y 12,5 g L⁻¹ de sustrato). A los 210 días, fueron evaluadas las variables: altura, diámetro del cuello, masa seca aérea, radical y total, índice de calidad de Dickson, área foliar y largura del sistema radical. Para la producción de plantas de *Cabralea canjerana*, se recomienda el uso de contenedores de 180 cm³ asociado con dosis de 11,5 g L⁻¹ de FLC, combinación reflejada en parámetros morfológicos que pueden asegurar su sobrevivencia en campo.

También (Moraes, 2003), comparo dosis crecientes de fertilizantes de liberación controlada (FLC) con la fertilización convencional y tratamiento sin fertilización. Estos tratamientos fueron probados en plántulas en invernadero con las especies *Guazuma Ulmifolia*, *Eucalyptus grandis*, *Pinus caribaea var*, *Calycophyllum spruceanum*. El sustrato fue una mezcla de 50% humus de lombriz de tierra, 30% de corteza de eucalipto descompuesta y 20% de corteza de arroz carbonizada. Las plántulas de *G. ulmifolia*, *E. grandis* y *P. dubium* que fueron sometidas a la fertilización convencional mostró un mayor crecimiento en altura y biomasa seca de la parte aérea en comparación a los tratamientos que recibieron FLC. Sin embargo, para estas especies, la biomasa seca de la raíz de las plántulas presentadas el tratamiento convencional fue similar a las plántulas producidas con las dos dosis más altas de

FLC (4.28 y 6.42 kg / m³ de sustrato), y la relación de raíz a brote fue mayor para la dosis de 6.42 kg / m³ (FLC), en comparación con el tratamiento convencional para las dos primeras especies. *Calycophyllum Spruceanum* y *Pinus caribaea* var. *Caribaea* tuvieron poco desarrollo en todos los tratamientos.

Como se sabe, el nitrógeno y el fósforo son elementos de suma importancia para el desarrollo de la planta, teniendo en cuenta esto (Baldemar, 2005) determinó el efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento y supervivencia de las plántulas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. Al momento de la siembra se aplicó Captan a dosis de 2.5 g/l de agua para eliminar posibles hongos en la semilla. Las dosis de fertilizantes fueron: T1–0 kg (control); T2–0.2 kg; T3–0.24 kg; T4–0.36 kg. Los mejores resultados se obtuvieron con la dosis de 0.2 g de nitrógeno por planta con los que se logró los mejores crecimientos en diámetro y altura; 0.24 g proporcionó valores máximos en volumen aéreo fresco, biomasa aérea y biomasa radicular. Mientras que la dosis 0.36 g peso seco aéreo/raíz obtuvo el valor más alto. Así mismos, el efecto del fósforo fue no significativo en relación a las variables.

Aspectos como la importancia de obtener plantas de calidad recurriendo a la fertilización fueron estudiados por (Arizaleta & Pire, 2008), quien indica que la producción de café vigorosos en el vivero es la base de su establecimiento en campo. Él evaluó la respuesta de plántulas de *Coffea arabica* L. 'Caturra' desarrolladas en tres tamaños de bolsa (13x15, 15x19 ó 18x23 cm) y tres dosis de fertilización (2, 4 y 6 g planta⁻¹ de fertilizante con 10% N y 50% P₂O₅). Se aplicó un arreglo factorial de tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 10 bolsas por unidad experimental. En las bolsas de mayor tamaño se obtuvo el mayor crecimiento radical y aéreo de las plántulas (longitud de raíz, altura de planta y biomasa seca). Las dosis de fertilización afectaron el nivel nutricional de la planta, pero no su crecimiento, pues el sustrato proporcionó los nutrientes necesarios. Se

concluye que las bolsas de mayor tamaño permiten el crecimiento sostenido de la planta durante los seis meses en el vivero y que pequeñas dosis del fertilizante pueden ser suficientes para llevar a las plántulas a buen término previo a su establecimiento en campo.

Ya en otra investigación se evaluó el efecto de un fertilizante de entrega controlada (*Osmocote*®), combinado con tres fertilizantes solubles (*Triple 19*, *Poly-feed*® y *Peters professional*®) en dosis fija (200 ppm) y exponencial (100, 200 y 300 ppm) en el crecimiento y los costos de producción de *Pinus greggii* en vivero. Se aplicaron siete tratamientos bajo un diseño experimental de bloques al azar. A los 134 días (4.5 meses) de iniciado el ensayo de fertilización, la planta tenía 7.5 meses de edad; en ese momento se tomaron la altura, el diámetro, la producción de biomasa de la raíz, de la parte aérea y total, el índice de calidad de *Dickson*, el estado nutrimental y la asimilación de N-P-K en el follaje de las plantas, así como los costos de fertilización por tratamiento. Los resultados indican que los tratamientos 1, 3 y 7 respondieron mejor a la aplicación de fertilizantes en las variables morfológicas evaluadas; sin embargo, solo los tratamientos 3 y 7 tuvieron mejor respuesta a las variables fisiológicas, y de ellos, el 3 fue el de menor costo debido a la fertilización aplicada (Prieto, 2018).

También se tiene ensayos de fertilización en campo definitivo, entre ellos se puede mencionar a (Méndez, 2010), quien determinó el efecto de fertilización tanto en altura y diámetro en plantaciones jóvenes de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) asociadas a *Mauritia flexuosa* L. (aguaje) usando dosis de 20-20-20 (225 g NPK por planta) como dosis óptima, pues se obtienen promedios estadísticamente semejantes a los obtenidos por la dosis 30-30-30. A los 12 meses de instalación de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) asociado a *Mauritia flexuosa* L. (aguaje). La dosis 20-20-20, resultó ser óptima para el crecimiento de *Calycophyllum spruceanum* Benth,

alcanzando 137.57cm de altura, 114.65cm de IMA en altura, 2.26cm de diámetro y 1.93cm. IMA diametral.

Por su parte, (Pinedo, 2013) efectuó una investigación titulada “Efecto de la aplicación de cuatro dosis de N, P, K y Mg, en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), realizada en el vivero de la empresa Palmas del Shanusi S.A”, cuyos objetivos fueron: 1) Evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis de N, P, K y Mg, en el desarrollo vegetativo de plántones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), en condiciones de vivero entre los meses de Junio de 2008 a Abril del 2009 2) Disminuir los costos de producción que demanda la aplicación manual de fertilizantes en el cultivo de palma aceitera.

(Rossa & Oliveira, 2014), Indica que encontraron en su experimento que la aplicación de fertilizante de liberación lenta de dos especies arbóreas nativas - *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho) y *Schinus terebinthifolius* (aroeira-roja) - sometidas a dosis de fertilizante de liberación lenta cuya formulación fue 13-06-16. Se llevó a cabo con un diseño completamente al azar con seis tratamientos en cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: T1-0 kg (testigo); T2-2 kg; T3-4 kg; T4-6 kg; T5-8 kg y T6-10 kg de fertilizante de liberación lenta por metro cúbico de sustrato base, los resultados mostraron ganancias significativas en el crecimiento en ambas especies, con las mejores dosis de 6.68 a 5.54 kg m⁻³ para la especie *Anadenanthera peregrina*, y 8.38 a 14.42 kg m⁻³ para *Schinus terebinthifolius*.

Así mismo (Benites, 2010), en su estudio realizado sobre el efecto de tres tipos de sustratos, en el crecimiento inicial de capirona, quien utilizó un diseño de bloques experimentales, las mismas que se plantaron a campo abierto, en 5 bloques, cada bloque con 12 unidades experimentales y cada unidad experimental por 4 plantas, se ejecutó en el terreno del fundo "El Vergel", ubicado en el distrito de Manantay, cuyo

objetivo fue determinar la mejor dosificación de abono orgánico para desarrollar mejores crecimientos en altura y diámetro . Los resultados demostraron que existe relación significativa entre el sustrato de tierra de restinga y sustrato de gallinaza.

En relación al sustrato arena de río (Alternativa ecologica, 2017), menciona que es un sustrato muy usado sobre todo en la instalación del almácigos y embolsados de plantas, gracias a su textura que permite drenar el exceso de agua después de un riego. Pertenece a un suelo Entisol, de textura franco limosa, pH ligeramente alcalino, favorables para el desarrollo de los cultivos.

Según (Arriola & Gonzales, 2011), indica que este método evaluación de dos Sistemas Integrales de Automatización (SIA) con el fin de identificar ventajas y desventajas de los sistemas libres para abrir la puerta al mundo de la investigación agrícola, mediante el desarrollo de sistemas operativos, para analizar imágenes digitales y convertir los resultados de pixeles a cm^2 .

Este método se utiliza para la determinación de área foliar (Guerrero, Olarte, & Perez, 2012), que en su investigación acoplaron el uso de cámaras digitales (de un teléfono celular, una cámara web o una cámara digital semiprofesional) y un software libre para análisis de imágenes (ImageJ), con el fin de determinar el área foliar en forma simple, precisa y a bajo costo. Para estimar la sensibilidad de este sistema, en la primera prueba se compararon las áreas generadas por un medidor de área foliar.

2.2. PLANTEAMIENTO TEORICO

2.2.1. Descripción de la especie *Pterocarpus rohrii*

De acuerdo a (Flores, 2014) , menciona las siguientes características taxonómicas:

Familia = Leguminoceae (Fabaceae)

Subfamilia = Papilionaceae

Género = *Pterocarpus*

Especie = *Pterocarpus rohrii*

2.2.2. Descripción botánica y Dendrológica

Árbol: Mediano a grande alcanzando hasta 30 m en altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) de 0.80 m o más. Copa redondeada o estratificada, follaje claro y abierto. Troza recta, cilíndrica, larga y delgada. Presenta en la parte baja del tronco gambas prominentes, delgadas y altas (Flores, 2014).

Corteza: Gris pardusca o café claro, áspera, fisurada longitudinalmente, desprendiéndose en escamas laminares, delgadas. Bisel cerca de 0.5 cm de grueso. Exudación roja, translúcida, lenta, no muy abundante, ligeramente viscosa (Flores, 2014)

Hojas: Imparipinadas, alternas, con 7 a 9 foliolos alternos, de 5 a 10 cm de largo, ovados u oblongos, elípticos, ápice acuminado o largo acuminado, glabros, lustrosos y muy reticulados (Flores, 2014)

Flores: Inflorescencia en racimo, de 6 a 12.5 cm de largo, flores amarillo anaranjadas, aromáticas, pequeñas, de 13 a 20 mm de largo, con las alas y el estandarte moteados de color púrpura (Flores, 2014)

Frutos: Legumbres sámaras orbiculares de 4 a 6 cm de diámetro, redondeados, membranosos, glabras, con superficie ligeramente reticulada hacia el centro. De color amarillentos o color paja a café oscuro. Una semilla (Flores, 2014)

Madera: Semi dura, hilo es recto, con grano mediano a grueso, vetado suave, los anillos de crecimiento son visibles, no hay diferencia entre albura y duramen, la madera es de color grisáceo amarillento blanco cremoso, no presenta olor ni sabor (Flores, 2014)

Ramas: Color verdosas o pardas, ramitas glabras, estípulas deciduas, ramas oblicuamente ascendentes a veces horizontales (Flores, 2014)

2.2.3. Distribución geográfica

Según (Canavides, 2001), se encuentra la especie *Pterocarpus rohrii*, desde México a través de Centroamérica llegando hasta el subtrópico Sudamericano. Altitudinalmente, se distribuye desde 100 hasta 1500 msnm, como en Costa Rica en la cordillera de Talamanca.

Se distribuye desde México hasta Bolivia y Brasil. Crece en amazonas, Madre de Dios, Loreto, Pasco, Puno, San Martín y Ucayali (Flores, 2014)

En Bolivia, (OSINFOR, 2017), menciona entre altitudes de 200 a 450 msnm en los departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz. En Honduras se distribuye principalmente en los departamentos de Atlántida, Cortés y Olancho. Desde los 75 msnm a 750 msnm.

2.2.4. Usos

(Reynel, 2003) La madera es de buena calidad, semidura y semipesado. Se emplea en carpintería y construcción.

Madera de construcción, panel de fibras de madera, carpintería general, chapeado, y componentes de los muebles (USDA, 2000).

2.3. LOS FERTILIZANTES

La intensificación de la silvicultura se ve reflejada en la aplicación de fertilizantes para mejorar la productividad de crecimiento y rendimiento del plantón en vivero (Jaramillo, 2002)

La fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento y aumentar la supervivencia, tanto de la planta en vivero como de las masas forestales una vez establecidas en el campo. La aplicación de cualquiera de ellas exige el conocimiento de la demanda nutricional de la planta en cada momento, además de la capacidad del terreno para asegurar dicha nutrición en la cantidad y tiempo adecuados (Guerra, Herrera, & Drake, 2007)

(Toro, 2004), indica que la aplicación de fertilizantes tiene por objetivo entregar a las plantas el complemento nutricional necesario para que éstas se desarrollen apropiadamente y logren tasas de crecimiento que satisfagan los requerimientos de los propietarios de las plantaciones. Para ello, es preciso considerar las características físicas y químicas de los suelos, las dosis y época de aplicación de nutrientes, y las características de la especie, como también, el clima local que predomina en un sitio determinado. Esto permite emplear la combinación óptima de factores de suelo, planta y clima.

2.3.1. Propiedades de los fertilizantes

A la hora de elegir un fertilizante deben considerarse ciertas propiedades de los mismos que hacen a la calidad de su aplicación (Portal fruticola, 2019). Entre ellas pueden mencionarse:

- Propiedades físicas

- a) Polvos: Presenta una mayor superficie de reacción con el suelo y son fácilmente asimilables por las raíces de las plantas.

- b) Cristales: Presentan fácil manipulación y distribución de campo por sistemas mecánicos y, por ello, su aplicación es más uniforme. Solo se acepta hasta 2% polvo en fertilizante inorgánico sólido del tipo granulado y perlado.

- c) Granulometría: Corresponde al tamaño y proporción del tamaño de partículas en el volumen total del fertilizante.

- Propiedades químicas

(Portal fruticola, 2019), menciona las siguientes propiedades químicas que poseen los fertilizantes:

- a) Solubilidad: en agua o en otros compuestos.

- b) Reacción del fertilizante en el suelo: ácida o básica, en función del efecto que tenga el fertilizante sobre el pH del suelo.

- c) Higroscopicidad: es la propiedad de un fertilizante de absorber humedad del ambiente y se mide como el valor de humedad relativa a partir del cual el fertilizante empieza a absorber agua. En general, la higroscopicidad es proporcional a la solubilidad del fertilizante. La absorción de agua provoca la disolución de parte de las partículas, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante. Al volver a secarse, se forman terrones en lugar de los gránulos iniciales, lo que dificulta su distribución mecánica.

2.3.2. La fertilización en el vivero

En los viveros las aplicaciones de fertilizantes influyen en el crecimiento y calidad óptima de los plantones forestales. Demostrando mayor volumen y longitud de raíz, la cual se refleja en una mayor supervivencia en campo. Los fertilizantes pueden ser utilizados por los viveros independientemente de la escala de los establecimientos, siendo una práctica rentable (Bernaola & Zamora, 2015).

Por tal motivo, es de vital importancia identificar los efectos de aplicación de distintos nutrientes en el vivero con el fin de establecer momentos y dosis óptima de fertilización en cada etapa. Otro aspecto importante en los viveros es el tiempo que dura la etapa de plántula, hasta que el mismo esté listo para ser llevado al campo definitivo (Porcelli, 2016).

La fertilización, acelera el potencial de crecimiento de los plantones forestales para una variedad de sitios de reforestación (Robin, Haase, & Arellano, 2004)

2.3.3. Efecto de fertilización en las especies forestales

(Blinkley, 1993), menciona que, si la respuesta a la fertilización es positiva, esta se manifiesta en una mayor actividad fotosintética, existiendo una estrecha relación entre el aumento del área foliar y el aumento en el crecimiento de área basal. El mismo autor señala que son muchas las experiencias que muestran una respuesta positiva en los rendimientos después de un período de 5 a 10 años.

El crecimiento rápido de los árboles jóvenes también da como resultado una gran masa central de madera juvenil. En términos generales, estos cambios que ocurren en la calidad de la madera tienen poco efecto de modo que la fertilización está directamente relacionado con el volumen de los árboles. La fertilización acelera el

crecimiento en la fase joven en las repoblaciones observándose un aumento de un 50 a 80% (Gros, 1986).

2.3.4. Algunas fuentes de macronutrientes existentes en el mercado nacional

- Fuente Sulfato de potasio y magnesio (22%K₂O-22%S-18%MgO)

La presentación comercial y que se utilizará en este estudio está compuesto por 22% de K₂O, 22% de S y 18% de Mg. Es un fertilizante que proporciona en forma efectiva azufre, magnesio y potasio, los cuales son nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal. Se presenta de color variable, desde blanco grisáceo (cristales), hasta distintos tonos de café (granular). (Molicom, 2018), es un compuesto de baja higroscopicidad, no requiere de precauciones especiales, se pueden aplicar de manera manual o mecanizada.

- Fuente de macronutrientes Coagrimax súper (20-20-20)

Es una fórmula especial concentrada de nutrimentos que contiene 20% de nitrógeno (N), 20% de fósforo (P₂O₅) y 20% de potasio (K₂O). (Mena, 2018) , menciona que el coagrimax súper es el resultado de la mezcla física de gránulos blancos, marrón claro a oscuro o negro, rojos y cristalinos y/o vidriosos. Este fertilizante, según su fabricante es de aplicación directa al suelo. Actúa en cultivos que requieren alta cantidad de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en las primeras etapas de su desarrollo, como: hortalizas, espárrago, papa, frutales, algodón, etc. La planta los aprovecha íntegramente y su efecto se manifiesta en cultivos vigorosos y cosechas más abundantes y de calidad notable.

- Fuente de macronutrientes Yaramila Integrador (15-09-20)

(Dossier, 2006) , describe como un producto perlado que está compuesto por 15% de nitrógeno balanceado, 9% de fósforo, 20% de potasio. Ayuda a la toma de

otros nutrientes, no hay pérdidas por volatilización, no acidifica el suelo, eficientes fuentes de P, K y elementos secundarios y micronutrientes como Mg (1.8%), B (0.015%), S (3.8%), Mn (0.02%), Zn (0.02%).

Presenta un alto contenido de potasio y fósforo, elemento clave para aumentar la producción y calidad. Por su tamaño y fórmula de los gránulos, asegura una aplicación eficiente. Cada granulo contiene todos los elementos de la fórmula en forma precisa. Contiene nitrógeno en forma amoniacal y nítrica mejorando la asimilación de forma balanceada. En el proceso de fabricación se producen polifosfatos que en un 25% presentan un fósforo compensado eléctricamente con una mínima capacidad de fijación o formación de complejos insolubles. Este fertilizante está acompañado de elementos mayores y secundarios como el magnesio, azufre y micro elementos como boro, manganeso y zinc (Dossier, 2006)

- Fuente de macronutrientes Fosfato diamónico (13-46-0)

La fuente existente en el mercado tiene una composición de 13 % de nitrógeno, 46 % de fósforo y 0% de potasio. Según (Molicom, 2018), es un producto que asegura la nutrición en fósforo durante todo el ciclo de crecimiento y desarrollo de la planta. También proporciona una dosis inicial de nitrógeno (forma amoniacal) y una ligera dosis de azufre. Se puede aplicar como abonado de fondo, o bien antes o durante la siembra. Cuando se disuelve en el suelo, alcaliniza temporalmente el pH de la solución del suelo alrededor del gránulo. El azufre que contiene también contribuye a una mejor absorción del nitrógeno y fósforo por las raíces de las plantas. Es un fertilizante con gránulos opacos, oscuros, pardo, negro o grises.

- Fuente de macronutrientes Urea (46%)

En el mercado, la urea tiene una composición de 46% de nitrógeno, según su fabricante (Molicom, 2018), es un fertilizante nitrogenado muy concentrado en forma

granular o perlada, se puede aplicar a diferentes momentos del ciclo de crecimiento y desarrollo de los cultivos. El nitrógeno liberado por la urea en el suelo puede encontrarse bajo tres formas después de su transformación: amida, amonio y nitrato. Se recomienda aplicar en suelos ligeramente ácidos. La transformación de la urea en amonio provoca la alcalinización del pH del suelo, mientras que la transformación del amonio en nitrato provoca la acidificación del pH del suelo. Este fertilizante nitrogenado ofrece un amplio abanico de usos.

2.3.5. Rol de los nutrientes

(Gros, 1986), indica que las plantas, como todo ser vivo, necesita alimentos para poder desarrollarse. Existen tres nutrientes en el suelo que son fundamentales y absorbidos con mayor cantidad; nitrógeno, fosforo y potasio, denominados nutrientes principales, primarios o macronutrientes.

- Importancia de los nutrientes en las plantas

Las plantas viven en un ambiente iónico muy diluido donde logran nutrirse y por lo tanto sobrevivir y completar su ciclo de vida, en virtud de la capacidad que tienen de acumular en su interior iones a concentraciones aún 10.000 veces superiores a las extremas (Piaggese, 2004).

Para (Piaggese, 2004), los nutrientes minerales esenciales para las plantas son aquellos que son:

- a) Necesarios para que la planta complete su ciclo de vida.
- b) Que están involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos. Ya que, además de ser constituyentes de la estructura orgánica también actúan como activador de la reacción enzimática, transportador de carga u osmo-regulador.

c) La falta de uno de los nutrientes produce una serie de síntomas de deficiencia. Sí, no son corregidas a tiempo pueden conllevar a que el crecimiento de la planta se detenga y en casos extremos causar la muerte.

2.3.6. Principales funciones de los macronutrientes en las plantas:

- **Nitrógeno**

El nitrógeno es uno de los nutrientes más influyentes sobre el crecimiento de los plantones en un vivero. Sin embargo, la concentración de cada nutriente carece de importancia si no se la analiza en relación al conjunto de ellos. (Bartoli, 2018).

(Hernandez, 2011), menciona que el clima juega un papel dominante en la determinación del estado de nitrógeno de los suelos. En regiones de condiciones de humedad uniforme y vegetación comparable, el contenido promedio de nitrógeno y de materia orgánica del suelo decrece exponencialmente a medida que aumenta la temperatura anual.

El nitrógeno es uno de los nutrientes que tiene mayor impacto en el crecimiento y desarrollo en la planta. Constituyente de numerosos compuestos orgánicos en la planta como: aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, clorofila; así como también incrementa la relación biomasa/raíces, favorece la formación de tallos y hojas, incrementa el número de flores y mejora el peso y tamaño de los frutos. (Molina, 2006)

- **Fósforo**

El fósforo es crítico en el metabolismo de las plantas, desempeñando un papel importante en la transferencia de energía, respiración y fotosíntesis; también es un componente estructural de los ácidos nucleicos de los genes y cromosomas, así como de muchas coenzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos, su acumulación temprana es

extremadamente importante para la máxima acumulación de materia seca (Grant, 2001).

Además, (Navarro, 2013), señala que, a un valor de pH de 6.5 la absorción de fósforo existe y la precipitación cálcica es mínima. Por ello este valor se puede considerar como punto de máxima disponibilidad del fósforo para los cultivos.

Respecto al pH para el fósforo (Havlin, 1999), señala que es un factor decisivo ya que de él depende la existencia de diferentes fosfatos: el rango de máxima disponibilidad está entre los límites de 5.5 a 7, por debajo o por encima de estos valores suceden una serie de reacciones de fijación del fósforo.

- **Potasio**

La principal función de este elemento es el mantenimiento de la turgencia de la planta, y a su vez todo lo que ello conlleva (Hanke, 2008). Su nivel de concentración en las plantas es muy similar a la del nitrógeno. Este elemento media en varios procesos bioquímicos fisiológicos, entre los que se encuentra la síntesis de proteínas, neutralización de aniones y grupos ácidos de macromoléculas orgánicas, activación de enzimas y en la regulación de la presión osmótica de la planta trabajando en la apertura y cierre de estomas.

Está vinculado en el transporte de los foto asimilados desde las hojas al resto de la planta (Wild, 1992). Interviene en la absorción y reducción de nitratos, favorece la formación de fibras en la planta, evitando el volcamiento en los cereales y dando protección contra el ataque de plagas y enfermedades, y su consumo estimula la producción de azúcares, almidones y aceites en los diferentes cultivos (Hanke, 2008).

2.3.7. Efectos de los factores ambientales en la nutrición de las plantas

(Casas, 2000) , menciona que la temperatura, la luz, los niveles de humedad y aireación del suelo controlan la absorción de nutrientes por parte del sistema radicular de la planta. El manejo de la nutrición unida a la influencia de las condiciones medioambientales, será decisivo para la obtención de buenas producciones y óptimas calidades de plantones.

- **Temperatura**

Uno de los principales controladores de la distribución y productividad de las plantas, es la temperatura. Con efectos más importantes en la actividad fisiológica en todas las escalas temporales y espaciales. (Budowski & kubien, 2007).

Las plantas que son expuestas al exceso de calor muestran características metabólicas y celulares particulares. Cuando las plantas son sometidas a temperaturas, por lo menos 5° C arriba de su temperatura óptima de crecimiento, una señal de estrés por calor es activada, lo que disminuye la síntesis de proteínas normales y acelera la transcripción de las proteínas de choque térmico. (Yepez & Buckeridge, 2011), con resultados como el cese de crecimiento, daño de órganos y hasta la muerte.

- **Humedad**

El agua es un recurso indispensable para todas las funciones de las plantas, una adecuada humedad en el suelo proporciona buen desarrollo de éstas y mayor ganancia de biomasa, mientras que la deficiencia de agua repercute en la alteración de procesos fisiológicos y disminución del rendimiento (Moreno, 2009).

La planta tiene una respuesta fisiológica a la carencia de agua, (López, 2008), manifiesta que en diferentes especies vegetales se ha observado que las respuestas fisiológicas por estrés hídrico son variadas y que es factible incrementar la eficiencia en el uso del agua disminuyendo la humedad aprovechable hasta cierto nivel sin afectar rendimiento.

El estrés por falta de agua se traduce principalmente en pérdida del color verde de las hojas, aumento de temperatura foliar e incremento de la reflectancia de la luz infrarroja. (Perez, 2011).

- **Efecto de la humedad del suelo**

Para (Shaxson, 2005), la cantidad de agua presente en el suelo que está disponible para la producción de cultivos dependerá de cuánta agua de lluvia permanece en el suelo después de las pérdidas por escorrentía, evaporación y drenaje profundo.

En cualquier tipo de suelo, cuanto mayor es la profundidad de enraizamiento, también mayor será la cantidad de agua disponible para el cultivo. Esto es más importante para los cultivos anuales ya que tienen menos tiempo que las especies perennes para desarrollar raíces profundas y extensas. La capacidad disponible de agua puede tener influencia sobre la duración del período de crecimiento de las plantas que crecen en un suelo determinado (Shaxson, 2005).

En relación a la influencia del agua en el crecimiento (Shaxson, 2005), expresa que los suelos con alta capacidad de agua disponible permitirán períodos de crecimiento más extensos en razón de la posibilidad de proporcionar mayores cantidades de agua almacenada durante los períodos secos que los suelos con baja capacidad de agua disponible.

También se debe tener en cuenta los excesos no son benéficos para la planta. Para (Agroestrategias, s.f), el efecto que ocasiona el exceso de humedad en el suelo en las plantas, es la cesación del crecimiento radicular. La parte aérea deja de crecer e inmediatamente las raíces tampoco pueden seguir tomando los nutrientes.

- **Efecto del pH en la nutrición de las plantas**

En el suelo es muy importante el pH porque influye en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, entre otros (Vasquez, 2002).

En general, el pH óptimo de los suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad (Intagri, S.f), ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y, por tanto, donde mejor se aportarán la mayoría de los cultivos.

La importancia del pH del suelo es decisiva para el crecimiento de las plantas, sin embargo, el efecto de la acidez o alcalinidad del suelo no afecta directamente la producción, sino que tiene un efecto indirecto, con excepción de casos extremos de acidez o alcalinidad. (Sierra, 1982).

2.3.8. Definición de términos básicos

Crecimiento: Es un proceso de aumento de peso y/o volumen asociado a la división y elongación celular. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado (Quiroz, 2009)

Crecimiento de planta: se refiere a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma y/o número, como una función del genotipo y el complejo ambiental, dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta. (Santos, 2009)

Fertilizante: Son sustancias que contienen elementos o compuestos químicos nutritivos para los vegetales, en forma tal que pueden ser absorbidos por las plantas. Este material es orgánico o inorgánico, natural o sintético, (Agronutrientes, 2019).

Efecto: Es aquello que se consigue por virtud de una causa o el fin para que se hace una cosa.

Nutriente vegetal: son minerales esenciales para la vida de las plantas y se clasifican en macronutrientes y micronutrientes dependiendo de su participación en las funciones y tejidos de la planta (Sanchez, 1984).

Nutrición vegetal: Es una de las funciones fundamentales del metabolismo vegetal y determina en gran medida la productividad y las respuestas de las plantas a los cambios en los factores ambientales (Sanchez, 1984).

Reforestación: Es repoblar zonas que estaban cubiertas de bosques y que la sobreexplotación de los recursos forestales, un incendio, una sequía, etc., fueron eliminadas. (FAO, 2010).

2.4. HIPOTESIS

2.4.1. Hipótesis General

El empleo de diferentes fuentes que contienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S) favorecen un mayor crecimiento y calidad, de plántulas de Palisangre blanco, en vivero.

2.4.2. Hipótesis nula

El empleo de diferentes fuentes que contienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S) no favorecen un mayor crecimiento y calidad, de plántulas de Palisangre blanco, en vivero.

2.4.3. Hipótesis específicas

El empleo de diferentes fuentes que tienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S) favorecen un mayor crecimiento en diámetro a la altura del suelo y altura, de plántulas de Palisangre blanco en vivero.

El empleo de diferentes fuentes que tienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), mejoran la calidad: peso de raíces, área foliar y estado fitosanitario, de plántulas de Palisangre, en vivero.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable independiente

- Macronutrientes

2.5.2. Variable dependiente

- Crecimiento de plantones

- ✓ Altura de plantón
- ✓ Diámetro del tallo a 0.5 centímetro del suelo
- Calidad de plantones:
 - ✓ Índice de área foliar
 - ✓ Índice de robustez
 - ✓ Estado fitosanitario

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	
Variable Independiente			
Macronutrientes	Fuentes de macronutrientes		
	Sulfato de potasio y magnesio	22%K ₂ O-22%S-18%MgO.	
	Yaramila Integrador	15%N-09%P ₂ O ₅ -20%K ₂ O.	
	Coagrimax super.	20%N-20%P ₂ O ₅ -20%K ₂ O.	
	Fosfato diamónico	13%N-46%P ₂ O ₅ .	
	Urea	46%N	
Variable Dependiente			
Crecimiento de plántula	- Altura	- cm	
	- Diámetro a 0.5 centímetro del suelo.	- mm	
	Peso parte aérea	gr	
Calidad de plántula	Peso raíces	gr	
	Área foliar	cm ²	
	Estado Fitosanitario	Índice de área foliar	
		Índice de robustez	
	Sano, enfermo		

CAPITULO III

III. METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Se utilizó el método experimental explicativo, como se sabe, el método experimental consiste en que el investigador manipula variables que producen una respuesta en el objeto de estudio, en este caso se utilizaron diferentes fuentes de macronutrientes que se presentan en forma comercial como fertilizantes. Estas fuentes de macronutrientes se utilizaron en una dosis determinada para evaluar su efecto en el crecimiento y calidad de las plántulas de Palisangre blanco en la etapa de vivero.

El estudio es de campo, el nivel de investigación es aplicativo y se evaluaron tanto variables cuantitativas, en el caso del crecimiento y calidad del plantón, pero también se evaluará una variable cualitativa en la calidad del plantón que es el estado fito-sanitario

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población está representada por la cantidad de semillas recolectadas de un mes, obteniéndose 1386 semillas por lo que constituyen la población de la cual se extrajo la muestra.

3.2.2. Muestra

La muestra está representada por las 300 semillas que se obtuvo a través de la fórmula estadística para una población finita. La fórmula para calcular el tamaño de muestra es el siguiente:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

N: Tamaño de la población = 3835

Z: Nivel de confianza = 1.96

P: Probabilidad de éxito = 0.5

q: Probabilidad de fracaso= 0.5

d: Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) =0.05

$$n = \frac{1386 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times 1385 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 300$$

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnica

Al ser una investigación experimental, se utilizó la técnica de la observación directa de todos los sucesos que se van desarrollando en el transcurrir de los días, teniendo mucho cuidado al observar las variables a evaluar.

3.3.2. Instrumentos

Como instrumento se elaboró una ficha de registro donde se consigne las variables que van a ser observadas y medidas durante y al final del experimento. Además, se utilizaron los siguientes equipos y materiales para lograr obtener la información deseada.

3.3.2.1. Materiales de recolección datos

- Semillas de Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*)
- Cinco tipos de fertilizantes (Sulfato de potasio y magnesio, Yaramila integrador, coagrimax súper, fosfato diamónico y Urea).
- Ambiente de almacigo
- Tubetes
- Sustrato
- Bandejas
- Vaso precipitado
- Malla rasel
- Etiquetas
- Formato de evaluación
- Tablero de apuntes

3.3.2.2. Equipos

- Medidor de Ph
- Balanza analítica
- Computadora
- Impresora
- Calibrador de vernier

3.3.2.3. Herramientas

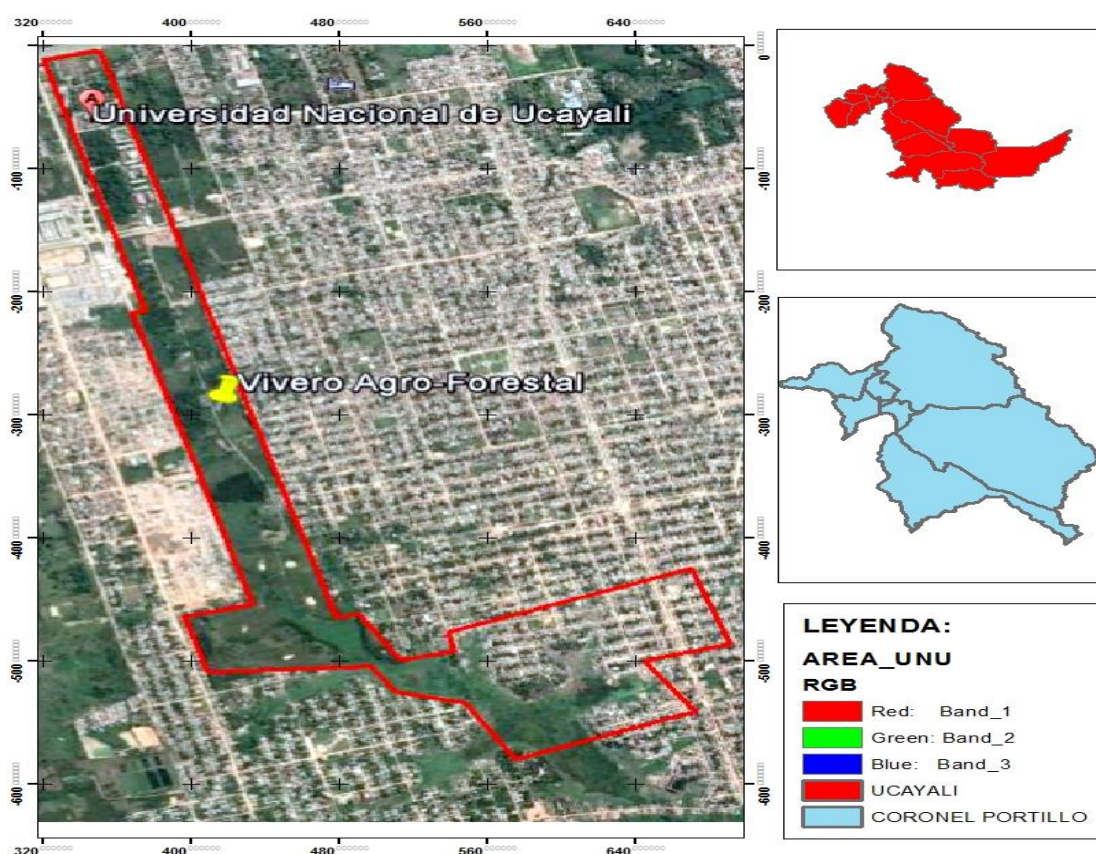
- Pala
- Pico
- Machete
- Cavadora

3.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el vivero forestal de la Universidad Nacional De Ucayali ubicado en el km.6.200 Carretera Federico Basadre, en el distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali. La ubicación del vivero se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Ubicación del vivero Forestal UNU



- Limpieza del área donde se instaló el experimento

Se procedió a limpiar de malezas, eliminando todo tipo de residuos orgánicos e inorgánicos para evitar contratiempos y facilitar el acceso del área.

- **Acondicionamiento de las cámaras de germinación y crecimiento**

Para la instalación del experimento se utilizaron cámaras de germinación y crecimiento existentes en el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UNU. Estas son estructuras de metal con soporte para cubierta y que posee una malla con espacio suficiente para introducir un tubete separado el uno del otro.

Para que sea posible la utilización de las cámaras se debió acondicionarlas, acciones que consistieron en limpiar las cámaras eliminando el óxido de la superficie de su estructura empleando lija, luego eliminar los restos del lijado con un trapo y luego proceder a pintar toda la estructura de la cámara de germinación y crecimiento con pintura anti corrosiva negra.

Una vez limpiada el área, las cámaras de germinación y crecimiento se instalaron sobre maderas, luego, en la plataforma de estas cámaras fueron colocados los tubetes que contendrán las semillas.

- **Obtención y selección de semillas**

Se utilizó semillas de *Pterocarpus rohrii* obtenida de un árbol existente en el campus de la Universidad Nacional de Ucayali, que presentan buenas características de vigor, producción y libres de enfermedades, plagas o daño físico.

Estas semillas fueron seleccionadas eligiéndose sólo las que se encontraron sanas, luego fueron remojadas con un fungicida, en seguida fueron sometidas a un proceso de pre germinación poniéndoles a germinar entre periódicos que en forma constante fueron humedecidas hasta su germinación; cuando emergió la radícula fueron trasplantadas dos semillas a cada tubete donde continuaron el proceso de emergencia.

Se remojo un número de semillas igual a cuatro veces las semillas necesarias para desarrollar el experimento teniendo en cuenta que en ensayos preliminares se determinó un porcentaje de germinación de 30%.

Las semillas que se pusieron a germinar fueron contadas y se controló su germinación cada dos días, anotándose en la ficha de registro el número de semillas que germinan cada día. Con estos datos y solo como datos referenciales se determinó el porcentaje de germinación de la semilla estudiada para lo que se utilizó la siguiente formula:

$$PG \% = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{cantidad de semillas}} \times 100 \%$$

- **Acondicionamiento de tubetes**

De los tubetes existentes en el vivero se seleccionaron 300 tubetes que tienen un volumen de 300 cm³, luego se procedió a limpiarlos remojándolos en agua con detergente y lejía, por 30 minutos, luego se limpiaron los tubetes con la ayuda de escobilla. Finalmente se enjuagaron con abundante agua y se colocaron en un recipiente para su respectivo secado.

- **Preparación del sustrato base**

Como primer paso se preparó sustrato base de tierra de río cuyo pH es de 7, este componente del sustrato fue limpiado de sus impurezas, cernido en una malla de media pulgada y mezclado en forma manual con la ayuda de una pala hasta que se observó un color uniforme en toda su superficie.

- **Preparación del sustrato por tratamiento**

Todos los tratamientos tuvieron una concentración de 4gr por litro de la fuente de macro nutrientes que se conocen en forma comercial como fertilizantes, por lo que

para preparar 15 litros que son necesarios para llenar con sustrato los 50 tubetes que se utilizaron en cada tratamiento, se pesaron 60gr de cada uno de las fuentes de macro nutrientes (fertilizantes), se molió y, por separado, se mezclaron con 15 litros del sustrato base hasta lograr uniformidad en la mezcla. La medición de los litros de sustrato se realizó con la mayor precisión utilizando un vaso de precipitado de 500 mL de capacidad.

Con cada uno de los sustratos preparados para cada tratamiento se llenaron los tubetes que tienen una capacidad de 300 ml de capacidad, por lo tanto, cada tubete tendrá 1.2 gramos de fuente de macronutrientes, que son el fertilizante comercial existente en el mercado local y cuya composición en nutrientes por tratamiento se presenta en la tabla 2:

Tabla 2. Gramos de macro nutrientes en cada tubete de acuerdo a tratamientos y fuente

Tratamiento	Fuentes y nutrientes	Nutrientes en gramos					
		N	P	K	Ca	Mg	S
T1	Sin fertilizante	0	0	0	0	0	0
T2	Sulfato de potasio y magnesio (22- 22- 18)	0	0	0.264	0	0.216	0.264
T3	Yaramila Integrador (15-9-20)	0.18	0.108	0.24	0	0	0
T4	Coagrimax súper (20-20-20)	0.24	0.24	0.24	0	0	0
T5	Fosfato diamónico(13-46-0)	0.156	0.552	0	0	0	0
T6	Urea(46-0-0)	0.552	0	0	0	0	0

3.4.2. TRATAMIENTOS, REPETICIONES Y UNIDADES EXPERIMENTALES.

Los tratamientos consistieron en agregar 4 gramos de cada uno de las fuentes de macro nutrientes en estudio, es decir de los fertilizantes, por cada litro de sustrato base a excepción del testigo al cual no se agregará alguna fuente de macro nutrientes (fertilizante). Los tratamientos a ensayar fueron:

T₁ = Testigo (Sin ninguna fuente artificial de macro nutrientes, fertilizante):

T₂ = 4 gr de la fuente de macro nutrientes 0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄
por litro de sustrato.

T₃ = 4 gr de la fuente de macro nutrientes 15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄
por litro de sustrato:

T₄ = 4gr de la fuente de macro nutrientes 20 N- 20 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 So₄
por litro de sustrato

T₅ = 4 gr de la fuente de macro nutrientes 13 N- 46 P₂O₅- 0K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄
por litro de sustrato

T₆ =4 gr de la fuente de macro nutrientes 46 N- 0 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄-
por litro de sustrato

En el presente estudio se ensayaron seis tratamientos, el primero de ellos fue el testigo al cual no se le agregará ninguna fuente de macro nutrientes (fertilizante), los otros tratamientos corresponden a agregar 4 gramos por litro de cada uno de las cinco fuentes de macro nutrientes (fertilizantes) elegidos para ser probados en el presente estudio. La composición en macro nutrientes de cada tratamiento se presentó en la tabla 2 y los detalles de los tratamientos se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Descripción de los tratamientos

Especie	Clave	Fuente utilizado/Composición	Gramos de fertilizante por litro	Numero de repeticiones y numero de tubetes por repetición
Palisangre Blanco	T1	Ninguno	0	50
Palisangre Blanco	T2	Sulfato de potasio y magnesio 22K ₂ O- 22SO ₄ - 18MgO	4	50
Palisangre Blanco	T3	Yaramila integrador 15N-9P ₂ O ₅ -20K ₂ O	4	50
Palisangre Blanco	T4	Coagrimax Súper 20N-20P ₂ O ₅ -20K ₂ O	4	50
Palisangre Blanco	T5	Fosfato Diamónico 13N-46P ₂ O ₅ -0K ₂ O	4	50
Palisangre Blanco	T6	Urea 46N-0P ₂ O ₅ -0K ₂ O	4	50

Cada tratamiento tendrá 10 repeticiones y cada repetición estará conformada por 5 tubetes, haciendo un total de 50 unidades, conteniendo cada uno de ellos una semilla pre germinada de palisangre blanco por lo que se requirió de 300 semillas pre germinado.

3.4.2.1. Parámetros a evaluar

Se registraron las mediciones de las plántulas del testigo y de los diferentes tratamientos la primera de las cuales se hará después de 20 días de iniciado el experimento, luego se harán evaluaciones cada 15 días hasta un tiempo máximo de 150 días. Los parámetros a evaluar fueron:

- Altura

La medición de este parámetro se realizó con la ayuda de una regla graduada en centímetros, haciendo la medición desde el nivel del suelo hasta la punta del ápice de cada planta.

- Diámetro

Se realizó la medición del medir el diámetro de las plántulas de la especie forestal en estudio a 0.5 cm del nivel del suelo, la medición se realizó utilizando un pie de rey (vernier) graduado en décimas de mm.

- Peso

Al cumplir los 150 días, se tomaron 10 plántulas al azar de cada tratamiento y se determinó el peso húmedo y seco de la parte aérea, de las raíces y total de cada planta utilizando una balanza analítica. Para determinar el peso seco se introdujo las muestras de raíces y tallos en una estufa a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y de acuerdo a fórmulas se determinará el peso seco de raíces tallos y hojas.

- Área foliar

Se utilizó la plataforma de software libre como imagenJ para todas las hojas de las plántulas utilizadas para determinar el área foliar de las plántulas de cada tratamiento.

- Supervivencia

Se realizó en base al número de plantas vivas al finalizar los 150 días de la investigación, con respecto al número de plántulas iniciales.

3.4.3. Diseño experimental

Teniendo en cuenta que en este estudio se tiene una fuente de variación que sería cada uno de las fuentes de macro nutrientes utilizados, los cuales serán evaluados por sus efectos integrales, para el análisis del efecto de los macronutrientes sobre el crecimiento y calidad de *Pterocarpus rohrii* "Palisangre" en fase de vivero, se empleará un diseño completamente al azar (DCA) con sub muestras, ya que en este caso se tendrá 5 sub muestra por cada unidad experimental, sin que ello constituya una repetición. El Modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, t$$

Dónde:

Y_{ij} : Valor de la variable correspondiente a la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

μ : Media general de la variable respuesta

τ_i =: Efecto del i – esimo tratamiento

ε_{ij} : Error experimental

3.4.4. Distribución de los tratamientos en las camas de germinación y crecimiento.

Los tratamientos fueron distribuidos al azar en dos camas de germinación y crecimiento para lo cual se confeccionaron fichas con cada uno de las repeticiones de los diferentes tratamientos y luego se distribuirá en las camas de germinación y crecimiento de acuerdo al orden en el que salgan sorteados. Al final, las unidades experimentales de los tratamientos quedaron distribuidas de la siguiente manera:

Figura 2. Distribución de las unidades experimentales en las cámaras de germinación y crecimiento

T2 R1	T6R3	T3R1	T5R3	T5R8	T4R1	T4R7	T2R5	T4R2	T6R7	T1R6	T1R8	T4R10	T3R6	T5R2
T3R10	T4R9	T3R3	T6R9	T5R1	T4R6	T6R8	T3R8	T1R2	T6R5	T6R10	T4R8	T3R4	T1R1	T4R4
T1R5	T3R2	T1R9	T2R2	T2R3	T5R5	T6R4	T5R6	T2R7	T6R2	T5R7	T1R4	T2R4	T5R10	T2R10
T4R5	T5R4	T3R9	T6R6	T1R3	T3R7	T2R9	T4R3	T5R9	T3R5	T2R6	T1R7	T6R1	T1R10	T2R8

En la figura N°2 la letra (T) significa el tratamiento y (R) es la repetición. Cada tratamiento está representado por el uso de diferentes fuentes de macro nutrientes (fertilizantes) designadas de la siguiente manera:

FUENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
T1	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	22	0	18	22
T3	15	9	20	0	0	0
T4	20	20	20	0	0	0
T5	13	46	0	0	0	0
T6	46	0	0	0	0	0

El color se escogió al azar de acuerdo a los colores de cinta aislante que se disponen en el mercado local.

Como se dijo en otra sección, la letra T con sus respectivos números representan los siguientes tratamientos

- T1 = Testigo, se le designo, el color Amarillo
- T2 = Fuente de macro nutrientes 0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄, el color rojo
- T3 = Fuente de macro nutrientes 15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄, el color verde
- T4 = fuente de macro nutrientes 20 N- 20 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄, el color negro
- T5 = Fuente de macro nutrientes 13 N- 46 P₂O₅- 0K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄, el color blanco.
- T6 = 46 N - 0 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄, el color celeste

La letra R seguido de números del 1 al 10 representa la respectiva repetición del correspondiente tratamiento.

3.4.5. TRATAMIENTOS CULTURALES

Una vez instalado el experimento se aplicaron tratamientos culturales en las camas de germinación y crecimiento, así como mantenimiento del área circundante.

Los principales cuidados culturales fueron:

- Riego

Se aplicó riego en las mañanas y en las tardes hasta que emerjan las plántulas, a partir de ese momento el riego será diario por las mañanas.

- Deshierbo

Se realizó de manera manual cada vez que se observan hierbas en los tubetes.

- Manejo de luz

Se realizó el manejo de la luz utilizando diferentes mallas raset que dejan pasar diferentes intensidades de luz.

- Control de plagas y enfermedades

Se realizó el control de enfermedades o plagas manualmente, utilizando agentes químicos que produzcan el menor impacto en el ambiente, como el fungicida Fuji-One 40, cuya aplicación solo será requerida en presencia de estos agentes.

3.5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos experimentales colectados fueron ingresados y procesados en una hoja de cálculo electrónica Excel, confeccionando una base de datos, para la obtención de los promedios por tratamiento y repeticiones, así como tablas y gráficos que nos permitan observar con mayor claridad el efecto en las plantas de los macro nutrientes utilizados. Luego se realizó la prueba de ANVA y si existe diferencia significativa entre los tratamientos se aplicará la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar entre que tratamientos realmente existe diferencia significativa. Todo esto se realizó con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Tabla 4. Esquema de análisis de datos

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	5	$\sum_{I=1}^t \frac{Y_I^2}{n} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	Sctra/Gltra	$F_1 = \frac{CMtra}{CMe}$
Error experimental	54	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i.}^2}{n}$	Sce/Gle	
Total	59	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{y_{...}^2}{N}$		

Con los datos obtenidos relacionados a la plántula y con la finalidad de determinar la calidad de la misma, se calculará el índice de calidad de Dickson (ICD) como se explica líneas abajo.

- Índice de calidad de Planta de Dickson (ICD)

Este índice reúne varios atributos morfológicos en un solo valor que es usado como índice de calidad; a mayor valor de índice mejor calidad de planta. Su cálculo se realizará con la fórmula sugerida por (Dickson, 1960).

$$ICD = \frac{Peso\ seco\ total\ (g)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diámetro\ (mm)} + \frac{Peso\ seco\ parte\ aérea\ (g)}{Peso\ seco\ raíz\ (g)}}$$

- Índice de Robustez o relación altura/diámetro

Según (Gonzales & Donoso , 1996), este índice determina la relación entre la altura (cm) y diámetro (mm) total de los plantones.

$$IR = \frac{altura\ (cm)}{diámetro\ cuello\ de\ la\ raíz\ (mm)}$$

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Supervivencia de las plántulas del *Pterocarpus rohrii*:

Tabla 5. Supervivencia de las plántulas del *Pterocarpus rohrii*

TRATAMIENTOS	Supervivencia (%)			Total (%)
	Pi	Plantas vivas	Plantas muertas	
T1	50	45	5	90
T2	50	43	7	86
T3	50	48	2	96
T4	50	42	8	84
T5	50	47	3	94
T6	50	45	5	90

Nota: El Pi que se visualiza es el número total de plantas al inicio del experimento por tratamiento.

En la tabla 5 se observa la supervivencia de los diferentes tratamientos según fuentes de la especie *Pterocarpus rohrii*, en ella podemos apreciar que los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, con valores de 90, 86, 96, 84, 94 y 90 respectivamente de porcentaje de supervivencia. (Centeno, 1993), menciona que los valores de supervivencia deben ser 80-100% muy buena, 70-80% buena, 40-70% regular y menor a 40% mala, por lo que podemos concluir que el porcentaje de supervivencia en el presente experimento fue de muy bueno.

La supervivencia del Palisangre blanco (*Pterocarpus rohrii*), obtenida en la presente investigación es superior a las obtenidas por (Aguirre & Leon, 2011), que lograron una supervivencia de 66.7%. Se debe tener en cuenta que los factores que intervienen en la supervivencia son muchos, siendo uno de los principales, la calidad de semilla, las características físicas y químicas del sustrato (Grandez, 2022).

El tratamiento T3 con 15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄ obtuvo el mayor valor con respecto a la supervivencia del *Pterocarpus rohrii*, esto se puede deber los nutrientes del fertilizante.

4.2. Crecimiento en altura de plántulas de *Pterocarpus rohrii*

Tabla 6. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el crecimiento en Altura total (cm) en vivero de plántulas de *Pterocarpus rohrii*.

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Var(n)	CV	Mín.	Máx.	Mediana	Suma	Suma Cuad.
T1	Altura(cm)	10	9.81	0.79	0.56	8.08	8.56	11.16	9.75	98.1	968.01
T2	Altura(cm)	10	14	2.97	7.94	21.22	10.98	19.4	12.5	139.99	2039.11
T3	Altura(cm)	10	10.73	0.83	0.62	7.7	9.2	11.96	10.7	107.34	1158.34
T4	Altura(cm)	10	11.68	1.27	1.45	10.85	10.7	14.58	11.18	116.83	1379.38
T5	Altura(cm)	10	12.6	2.99	8.06	23.75	9.5	17.9	11.44	126.04	1669.23
T6	Altura(cm)	10	11.23	1.43	1.85	12.75	9.65	13.4	10.84	112.33	1280.27

En la Tabla 5, se observa los valores estadísticos por tratamiento o fuente, en base a dicha tabla; se realiza la siguiente figura teniendo en cuenta las medias por tratamiento:

Figura 3. Efecto de los macronutrientes en el crecimiento en altura (cm) de *Pterocarpus rohrii*

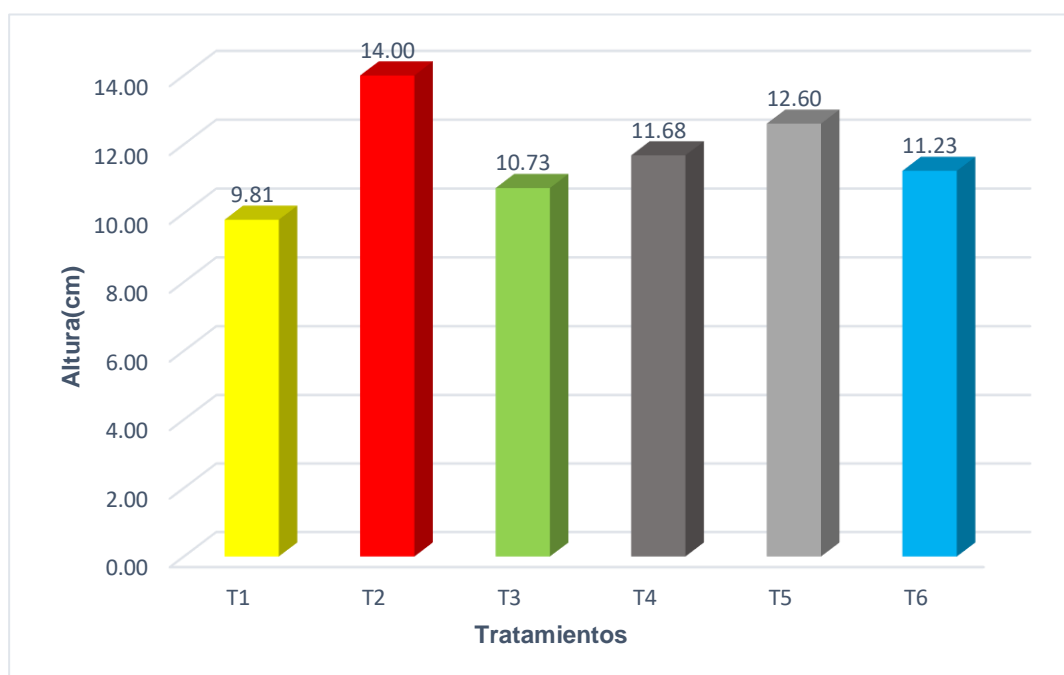


Tabla 7. Anova para el efecto de macronutrientes en el crecimiento en altura total (cm) en vivero de las plántulas de *Pterocarpus rohrii*.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	5	108.23	21.65	5.71	0.0003
Error	54	204.74	3.79		
Total	59	312.98			

La ANOVA muestra que el valor p es menor a 0.05, por lo tanto, rechazamos la Hipótesis nula, lo que indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos o fuentes evaluados en el crecimiento total en altura de las plántulas de Palisangre blanco en vivero. Los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey al 95% se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Prueba Tukey para el efecto de macronutrientes en el crecimiento en altura total en vivero (cm) de las plántulas de *Pterocarpus rohrii*.

TRATAMIENTOS	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	10	9.81		
T3	10	10.73	10.73	
T6	10	11.23	11.23	
T4	10	11.68	11.68	11.68
T5	10	12.60	12.60	12.60
T2	10			14

Los resultados de la prueba Tukey demostraron que el tratamiento T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄), genero el mayor crecimiento en altura y supera estadísticamente al resto de los tratamientos evaluados. Los tratamientos T5 (13 N- 46 P₂O₅- 0K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄), T4 (20 N- 20 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), T6 (46 N- 0 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), T3 (15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), no tuvieron diferencias significativas entre ellas, formando un bloque con resultados estadísticamente similares.

Y el tratamiento T1 (Testigo) presento menor crecimiento en altura con 9.81 cm, de las plántulas de Palisangre blanco en fase de vivero.

La fertilización en etapa de vivero influyó, en el crecimiento de la especie en estudio, que fue notorio con respecto al testigo; (Zamora, 2016), indica que la fertilización en viveros forestales es crucial para el crecimiento de las plantas y la mejora de los índices de calidad. Pero según (Sáenz, 2015) , la altura no es suficiente para predecir la supervivencia de las plantas tanto en vivero como en campo definitivo.

El tratamiento T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄) obtuvo el mayor crecimiento en promedio, estos resultados pueden deberse al efecto de los elementos que acompañan al magnesio, como lo son el sulfato y la sílice; pues mientras el sulfato es un nutriente esencial para el crecimiento (Barker, 2006), la sílice es un elemento de protección para la planta (Romero, 2006). Así mismo (Soriano, 2011), señala que el potasio tiene incidencia sinérgica con los reguladores de crecimiento.

(Carillo, 2015), en su estudio relacionado al uso de fertilización controlada en plantas de *tectona grandis* en vivero, obtuvo una altura promedio de 23 cm fertilizadas con osmocote cuya composición fue 15N-9P₂O₅-12K₂O, se debe considerar que en su investigación se realizó con tres diferentes dosis, presentando una mejor asimilación de los nutrientes. Además (Castro, 2018) quien comprobó el efecto del envase, sustrato y fertilización de *Pinus greggii var. australis* en la etapa de vivero, presentó resultados superiores al tratamiento T2.

Así mismo (Muñoz, 2014), registro en su investigación efecto de un fertilizante foliar Powergizer 45, en tres especies forestales producidas con sustrato espuma agrícola en vivero quien cuyos resultados fueron de 14.19 cm, similares al tratamiento T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄), de la presente investigación.

4.3. Diámetro a la altura del cuello de la Raíz (DACR) de las plántulas de *Pterocarpus rohrii*.

Tabla 9. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm) en vivero de plántulas de *Pterocarpus rohrii*.

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana	Suma	Suma Cuad.
T1	Diámetro(cm)	10	1.79	0.11	5.93	1.67	1.94	1.74	17.86	32
T2	Diámetro(cm)	10	2.71	0.17	6.43	2.48	2.97	2.71	27.14	73.93
T3	Diámetro(cm)	10	2.81	0.13	4.75	2.49	2.94	2.83	28.10	79.12
T4	Diámetro(cm)	10	2.60	0.19	7.17	2.33	2.84	2.54	25.95	67.65
T5	Diámetro(cm)	10	2.68	0.18	6.77	2.45	2.96	2.71	26.77	71.96
T6	Diámetro(cm)	10	1.60	0.09	5.48	1.43	1.70	1.60	15.99	25.64

Se observa en la tabla 8, los valores estadísticos del efecto de macronutrientes en el diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) (mm), evaluadas durante un periodo de 150 días. Para una mejor observación se presenta la Figura 4, con las medias por tratamiento, en la que se puede apreciar que se obtuvo el mayor crecimiento en DACR utilizando el tratamiento T3 (15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), con promedio de 2.81 mm, siendo estos resultados inferiores a los reportados por (Castro, 2018), en su investigación relacionado al efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii var. australis* en vivero quien obtuvo un diámetro de 4.40 mm siendo superior a la presente investigación. Se debe considerar que las especies tienen un crecimiento característico y propio de la especie y por eso la diferencia en los crecimientos en diámetro.

Figura 4. Efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) (mm) en vivero de plántulas de *Pterocarpus rohrii*.

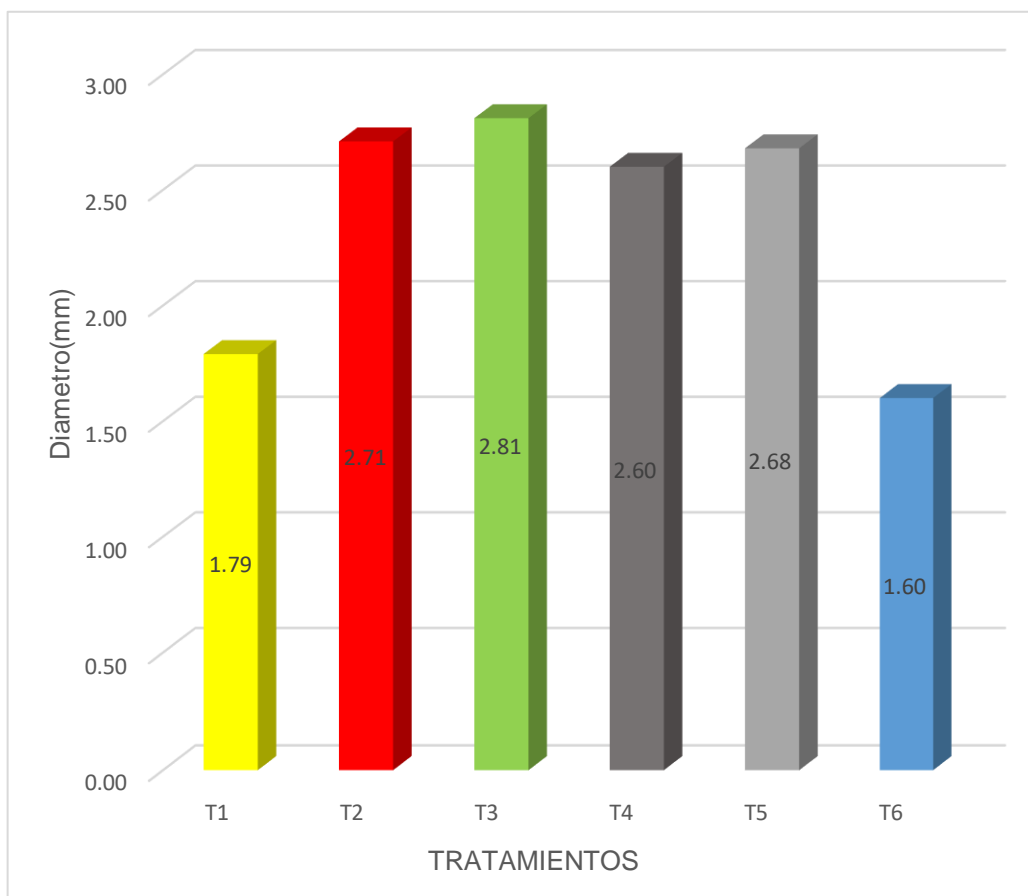


Tabla 10. Análisis de varianza del Efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) (mm) en vivero, de plántulas de *Pterocarpus rohrii* después de 150 días:

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamientos	13.92	5	2.78	123.96	<0.0001
Error	1.21	54	0.02		
Total	15.13	59			

El presente análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos o fuentes evaluados para el diámetro (mm) de las plantulas de Palisangre Blanco.

Tabla 11. Prueba Tukey para el efecto de macronutrientes en el crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) (mm) en vivero, de plántulas de *Pterocarpus rohrii* después de 150 días:

Tratamientos	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T6	10	1.60		
T1	10	1.79		
T4	10		2.60	
T5	10		2.68	2.68
T2	10		2.71	2.71
T3	10			2.81

Los resultados de la prueba Tukey demuestran que se formaron tres grupos de respuesta similar desde el punto de vista estadístico. En el grupo tres, se agrupan los tratamientos con los que se obtuvo los mayores crecimiento en (DACR), en él tenemos los tratamientos T3, T2 y T5. El otro grupo donde se obtuvieron crecimientos de DACR intermedios está conformado por los tratamientos T2, T5 y T4 y con los tratamientos que se obtuvieron los menores crecimiento en DACR son el T6 y el T1.

Con respecto al tratamiento T6 , con 1.60 mm de promedio quien presento el menor diametro en las plantulas de Palisangre Blanco.

El Tratamiento T3 (15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), mostro mejores efectos respecto al resto de fuentes, debido a que desarrollo más diámetro, (Balta, Rodriguez, & Guerrero, 2015), menciona que en la etapa de vivero la planta responde de manera positiva a las concentraciones de fosforo, nitrógeno y potasio, donde se desarrolla mejor la asimilación de los nutrientes del fertilizante. (Medina, Orosco, & Leonardy, 1999), indican que las plantas absorben los nutrientes minerales del suelo atravez de la raiz, hasta compensar sus requerimientos, por lo cual podriamos afirmar que los fertilizantes con NPK, favoren el aumento del (DACR).

Por su parte (Cortina, 2013), menciona algo importante relacionado al DACR, dice que cuanto mayor sea el DACR, la plántula tendrá mayores posibilidades de sobrevivir ya que es un indicador morfológico que se asocia al vigor y resistencia de la planta. De modo que, si una planta tiene los requerimientos nutricionales suficientes para su desarrollo, será más robusta y sana (Sigala, 2012).

Además (Sadeghian, 2012), haciendo un estudio relacionado a la fertilización para cafetales en la etapa de producción, menciona que para garantizar la demanda de producción y calidad de plantas en etapa de vivero, los sustratos utilizados deben contener altas dosis de nutrientes, la cual está asociada al uso de fertilizantes con alto contenido de NPK.

4.4. Efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*.

Tabla 12. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Var(n)	CV	Mín.	Máx	Mediana	Suma	Suma Cuad.
T1	NºHojas	10	5.17	0.35	0.11	6.83	4.52	5.68	5.20	51.72	268.62
T2	NºHojas	10	7.00	0.60	0.33	8.62	5.6	7.80	7.20	70	493.28
T3	NºHojas	10	5.3	0.42	0.16	7.90	4.5	5.76	5.5	52.98	282.27
T4	NºHojas	10	5.33	0.69	0.42	12.85	3.88	6.24	5.48	53.32	288.53
T5	NºHojas	10	6.00	0.43	0.17	7.25	5.2	6.56	6.10	60	361.7
T6	NºHojas	10	4.78	0.45	0.18	9.39	4.04	5.48	4.72	47.8	230.3

En la Tabla 12, se observan los resultados de los valores estadísticos de números de hojas del *Pterocarpus rohrii*, evaluadas durante un periodo de 150 días.

Tabla 13. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamientos	31.39	5	6.28	24.71	<0.0001
Error	13.72	54	0.25		
Total	45.11	59			

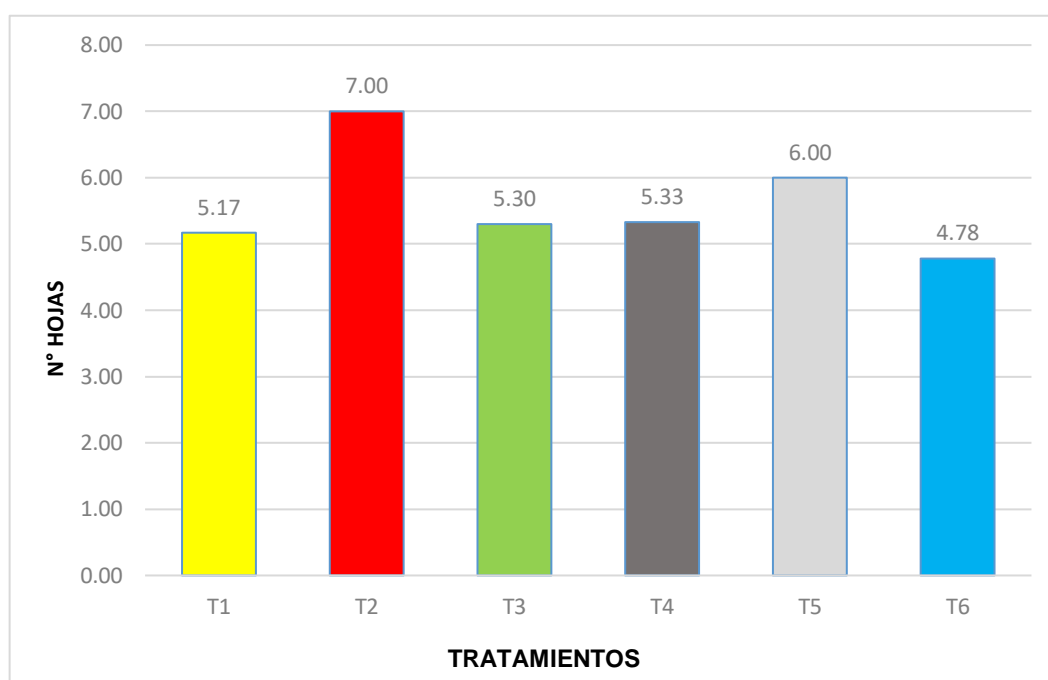
Se observa en la tabla 13, el análisis de varianza, que muestra que existe significancia estadística entre los tratamientos o fuentes evaluados para el número de hojas.

Tabla 14. Prueba Tukey del efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

Tratamientos	N°	Subconjunto alfa = 0.05		
		1	2	3
T6	10	4.78		
T1	10	5.17		
T3	10	5.30		
T4	10	5.33		
T5	10		6.00	
T2	10			7.00

Los resultados de la prueba Tukey presentados en la Tabla 14 dan origen a tres grupos de resultados, el primero, en el que se obtienen el menor número de hojas está representado por los tratamientos T6(46 N- 0 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), T1(Testigo), T3(15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄) y T4(20 N- 20 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), el segundo mejor resultado se obtuvo con el tratamientos T5 (13 N- 46 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄) y el mejor resultado de todos, con el tratamientos T2(0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22 SO₄), donde se logró la formación de 7 hojas en promedio por planta. Para una mejor visualización de los resultados relacionado al número de hojas por planta se presenta la Figura 5 donde se representan las medias por tratamiento:

Figura 5. Efecto de macronutrientes en el número de hojas de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días



En esta figura 5 se observa, que en los tratamientos que tienen Nitrógeno se obtienen los menores números de hojas a excepción del tratamiento T5 caracterizado por su alto contenido de fósforo (46%) pero que también tiene nitrógeno en forma amoniacal. Estos resultados son diferentes a los reportados por (Díaz, 2011), quien menciona en su investigación que el número de hojas fue mayor empleando fertilizante a base de nitrógeno alcanzando un valor de 7.95 hojas. Por su parte (Reyes, 2017), Indica que el magnesio con otros nutrimentos incrementa la altura de la planta y el número de hojas. Así mismo, se sostiene que las aplicaciones de sulfato de potasio y magnesio contribuyen al incremento de las hojas en las plantas (Razeto, 2001). Por su parte (Meza, 2021), evaluando el efecto de los fertilizantes químicos Fosfato di Amónico (DAP) y Yaramila complex en la producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (cav,Ex lam.) Urb, (palo balsa o topa), bajo el sistema Jiffy Pellets, obtuvo en promedio 3 hojas, siendo un valor menor a los resultados de la presente investigación.

4.5. Efecto de macronutrientes en el Índice de robustez de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*.

Tabla 15. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el Índice de robustez de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días.

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana	Suma	Suma Cuad.
T1	Índice de Robustez	10.00	5.51	0.50	9.15	4.66	6.49	5.52	55.06	305.44
T2	Índice de Robustez	10.00	5.17	1.11	21.42	4.21	7.35	4.69	51.68	278.12
T3	Índice de Robustez	10.00	3.82	0.22	5.84	3.52	4.23	3.86	38.18	146.22
T4	Índice de Robustez	10.00	4.52	0.64	14.18	4.06	6.26	4.34	45.24	208.37
T5	Índice de Robustez	10.00	4.76	1.34	28.13	3.76	7.16	4.13	47.55	242.20
T6	Índice de Robustez	10.00	7.05	1.00	14.21	5.71	8.75	6.96	70.48	505.77

En la tabla 14, se muestran los valores estadísticos de la relación entre la altura de las plantas (cm) y el diámetro (mm), evaluadas durante un periodo de 150 días en fase de vivero. En la cual se aprecian la media, desviación estándar, Coeficiente de variación, mediana, suma, suma cuadrática por tratamiento o fuente. Para una mejor observación se realiza la siguiente figura con las medias por tratamiento.

Figura 6. Efecto de macronutrientes en el Índice de robustez de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días.

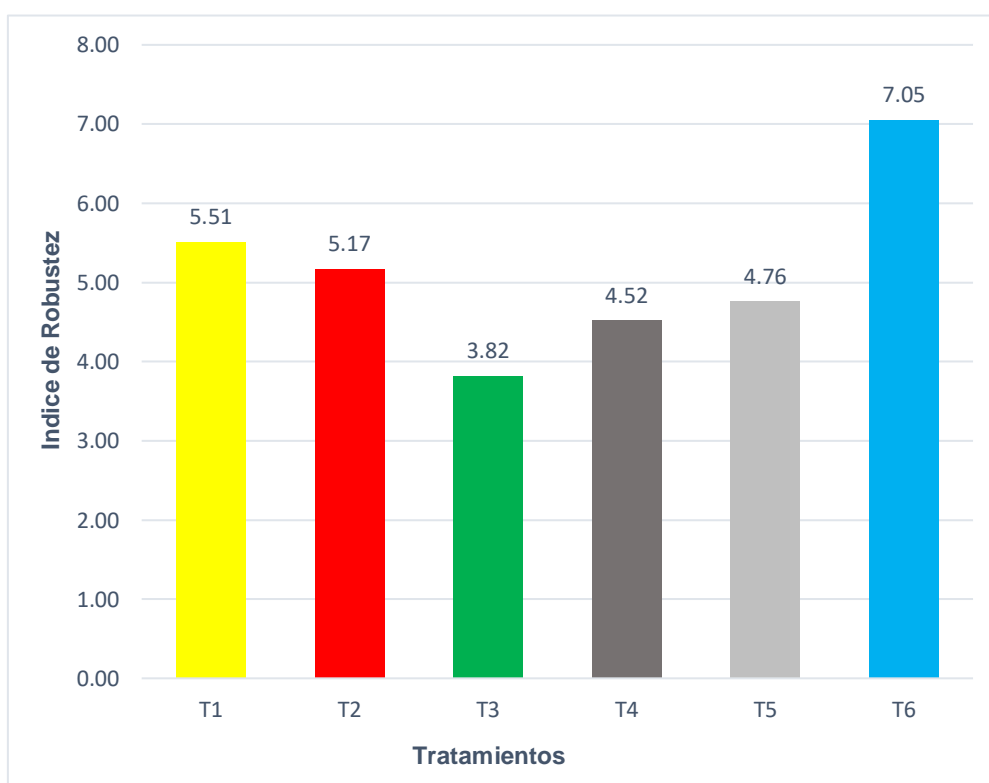


Tabla 16. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el Índice de robustez de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

F.V.	SC	GL	CM	F	p-Valor
Tratamientos	60.5	5	12.1	15.34	<0.0001
Error	42.59	54	0.79		
Total	103.1	59			

El análisis de varianza indica, que existen diferencias significativas de la relación entre la altura de las plantas (cm) y el diámetro (mm) entre los tratamientos evaluados para el índice de robustez.

Tabla 17. Prueba Tukey para el efecto de macronutrientes en el Índice de robustez de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

Tratamientos	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3	10	3.82		
T4	10	4.52	4.52	
T5	10	4.76	4.76	
T2	10		5.17	
T1	10		5.51	
T6	10			7.05

Los resultados de la prueba de Tukey presentados en la Tabla 17, nos indica que los tratamientos se comportaron de tres formas diferentes. Los mayores valores del índice de robustez se obtuvieron con el tratamiento T6 (46 N- 0 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), seguido del grupo formado por los tratamientos T4 (20 N- 20 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄), T5 (13 N- 46 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄), T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄) y T1(Testigo); por último, con los tratamientos T3(15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄) , T4(20 N- 20 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄) y T5(13 N- 46 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄) de obtuvieron los menores valores del IR.

Para el análisis de los resultados obtenidos es importante tener en cuenta lo indicado por (Santiago, Sanchez, & Monroy, 2007) que indica que los valores menores a 6 tienen un Índice de robustez alto, y los valores mayores a 6 su índice de robustez es bajo. Esto indica que dichas plántulas poseen resistencia a la desecación por el viento, además de ser aptos para sitios con limitación de humedad. (Rodríguez T. , 2008). Lo indicado, nos lleva a concluir que es preferible tener índices de esbeltez menores, es decir, los mejores resultados de índice de esbeltez se obtuvieron con los tratamientos T3, T4 y T5 y los menos adecuados con el tratamiento T6. Cabe recalcar que la presencia de nitrógeno en la urea hace que las plántulas tiendan a crecer más en altura que en diámetro, de ahí el valor obtenido.

Para aclarar el significado del índice de esbeltez, es importante mencionar lo que indica (Prieto, Castillo, & Merlin, 2003), que los valores más altos del índice de rigidez son una desproporción entre la altura y el diámetro característica no deseada en las plántulas que salen del vivero, porque estas plantas serán mucho más fáciles de quebrarse al someterse a los vientos que siempre existen en los campo.

Por otra parte, según (Sturion & Moreira Antunes, 2000), la relación entre la altura de la parte aérea y el diámetro a la altura del cuello de la raíz, constituye una de las características usadas para evaluar la calidad de los plantones forestales, pues, además de reflejar la acumulación de reservas, asegura mayor resistencia y mejor fijación al suelo. Para (Moreira 1996), esa variable es reconocida como una de las mejores, si no el mejor indicador del padrón de calidad de las mudas siendo, en general, el más indicado para determinar la capacidad de sobrevivencia de los plantones en el campo (DANIEL et al., 1997).

(Lopez, 2020), experimentando el efecto de sustratos y fertilizantes en la optimización del crecimiento de plántulas de *Pinus tecumanii*(Schw.) en condiciones de vivero, obtuvo un índice de robustez bajo con 7.46, este resultado es similar al obtenido con el tratamiento T6 de la presente investigación.

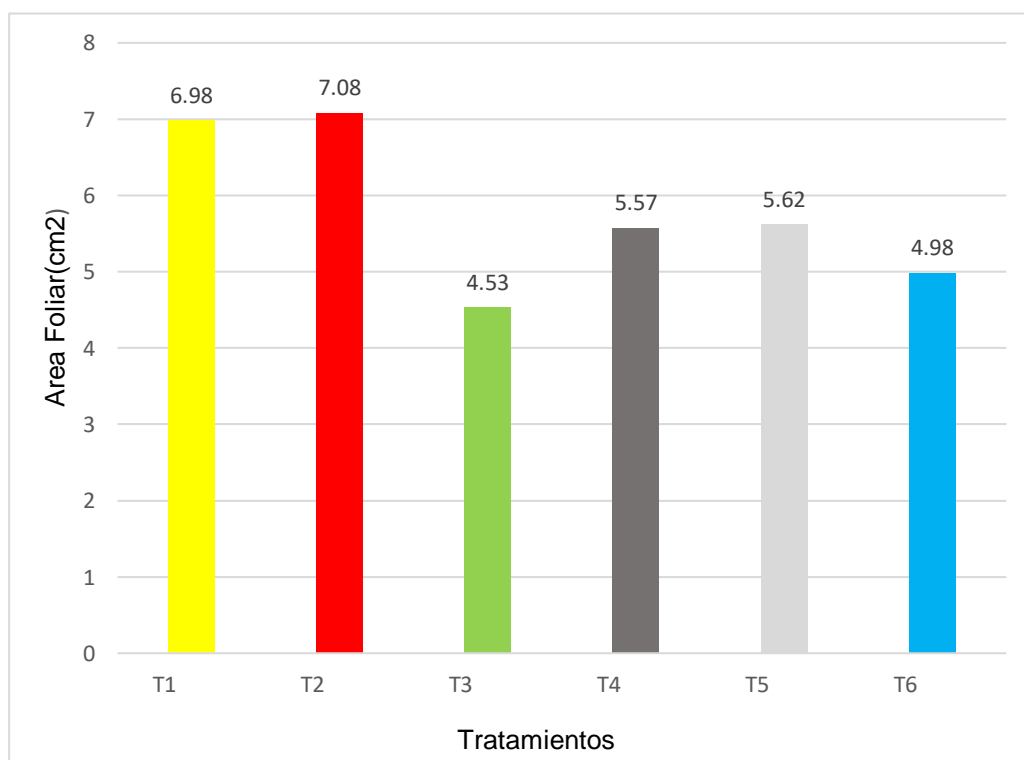
4.6. Efecto de macronutrientes en el Índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*.

Tabla 18. Estadísticos del efecto de macronutrientes en el índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

Tratamientos	Variable	N °	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana	Suma	SCC
T1	Área Foliar(cm ²)	10	6.98	3.78	54.19	3.2	15.3	6	69.8	128.76
T2	Área Foliar(cm ²)	10	7.08	4.08	57.58	1.7	16.8	6.6	70.8	149.56
T3	Área Foliar(cm ²)	10	4.53	1.96	43.17	1.5	8.3	4.65	45.3	34.42
T4	Área Foliar(cm ²)	10	5.57	2.59	46.56	1.6	10.5	5.05	55.7	60.54
T5	Área Foliar(cm ²)	10	5.62	2.01	35.71	3.2	9.3	5.35	56.2	36.26
T6	Área Foliar(cm ²)	10	4.98	3.12	62.6	1.5	12.5	4.65	49.8	87.48

En la tabla 18 se aprecia los datos estadísticos del efecto de macronutrientes en el índice de Área foliar de las plántulas de *Pterocarpus rohrii* procedente de diferentes fuentes. Así mismo en la Figura 7 se presenta los promedios del efecto de los macronutrientes en el índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

Figura 7. Efecto de macronutrientes en el índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días



El análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días se presenta en la tabla 19, pudiéndose ver que no existe diferencia estadísticamente significativa en relación al área foliar entre los tratamientos aplicados.

Tabla 19. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

F.V	SC	GL	CM	F	p-Valor
Tratamientos	54.01	5	10.8	1.17	0.3341
Error	497.01	54	9.2		
Total	551.02	59			

Por otra parte, la prueba de Tukey cuyos resultados están contenidos en la tabla 20 nos indican desde el punto de vista estadístico, que con todos los tratamientos aplicados se obtiene la misma área foliar.

Tabla 20. Prueba Tukey del efecto de macronutrientes en el índice de Área Foliar (cm²) de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días

Tratamientos	N°	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T3	10	4.53
T6	10	4.98
T4	10	5.57
T5	10	5.62
T1	10	6.98
T2	10	7.08

Estos resultados son importantes porque se utilizó un método destructivo, para realizar las medidas del área foliar, mediante un software llamado imagenJ que nos brinda una medición precisa y menos tediosa. Este método fue empleado por (Guerrero, Olarte, & Perez, 2012), quien determino el área foliar de cinco especies de plantas mediante imagenJ, empleando imágenes obtenidas de cámaras web, celular y cámara semiprofesional.

4.7. Efecto de macronutrientes en el índice de calidad de Dickson de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*.

Tabla 21. Valores del efecto de macronutrientes en el Índice de calidad de Dickson de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días la evaluación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	0.14	0.04	0.03	0.09	0.07	0.06	0.14	0.07	0.11	0.08
T2	0.17	0.02	0.17	0.10	0.07	0.04	0.06	0.04	0.10	0.18
T3	0.09	0.09	0.05	0.07	0.04	0.04	0.17	0.45	0.10	0.09
T4	0.03	0.05	0.08	0.06	0.13	0.07	0.08	0.07	0.03	0.04
T5	0.06	0.04	0.07	0.10	0.09	0.09	0.08	0.03	0.05	0.08
T6	0.07	0.03	0.06	0.06	0.04	0.08	0.05	0.05	0.05	0.04

En la tabla 21, se presenta los valores obtenidos después de 150 días, del índice de calidad de Dickson, determinándose que con los tratamientos T6, T4, T5, T1, T2 y T3 cuyos valores fueron 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.10 y 0.12 se obtuvieron índices de calidad bajo. Para una mejor observación de las medias obtenidas por tratamiento se presenta la Figura 8:

Figura 8. Valores del efecto de macronutrientes en el Índice de calidad de Dickson de plántulas en vivero, de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días la evaluación

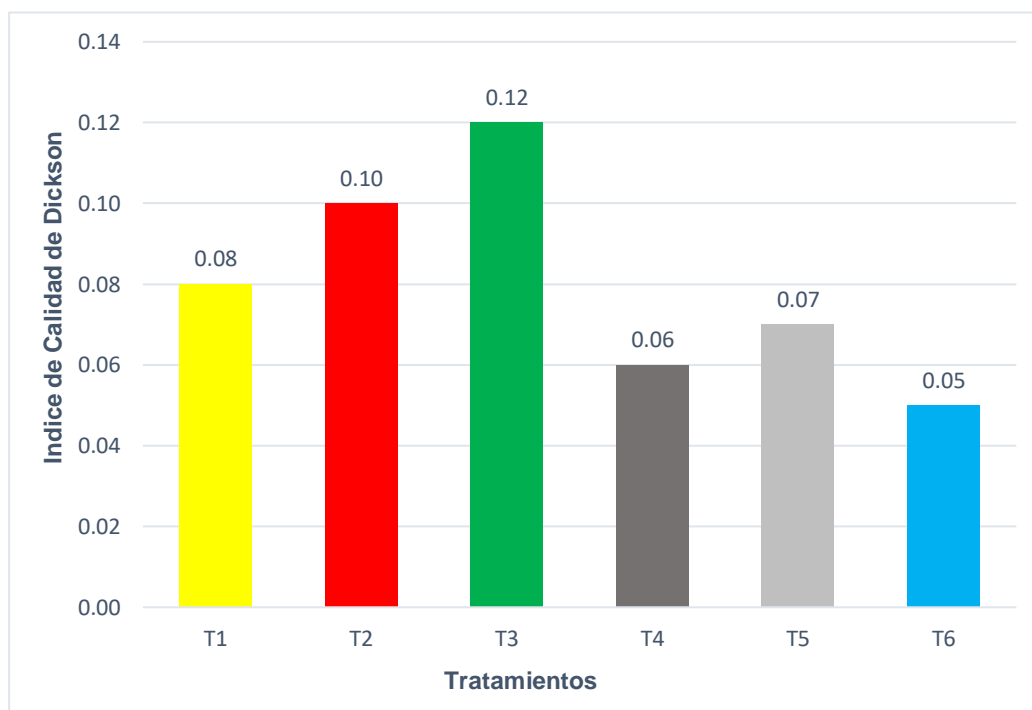


Tabla 22. Análisis de varianza del efecto de macronutrientes en el Índice de calidad de Dickson de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días de evaluación.

F.V	SC	GL	CM	F	p-Valor
Tratamientos	0.03	5	0.01	1.59	0.1792
Error	0.19	54	3.60E-03		
Total	0.22	59			

De acuerdo al análisis de varianza, cuyos resultados están contenidos en la tabla 22, se observa que no existe diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos, en relación al índice de calidad de Dickson, por lo tanto, se rechaza la hipótesis que al menos un tratamiento presenta distinto I.C.D con respecto al resto de tratamientos.

Tabla 23. Prueba Tukey del efecto de macronutrientes en el Índice de calidad de Dickson de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días de evaluación

Tratamientos	N°	Medias	
T6	10	0.05	A
T4	10	0.06	A
T5	10	0.07	A
T1	10	0.08	A
T2	10	0.10	A
T3	10	0.12	A

De acuerdo a la prueba Tukey, cuyos resultados están contenidos en la Tabla 23, todos los tratamientos aplicados forman un único grupo de resultados, concluyéndose que con todos los tratamientos aplicados se obtiene una misma calidad de planta. De acuerdo con los estándares de calidad de (CONAFOR., 2009), que indica que el índice de calidad de Dickson se categoriza en una calidad baja (Menor 0.2), calidad media (entre 0.2 y 0.4) y una calidad alta (Mayor o igual a 0.5), podemos decir que con todos los tratamientos aplicados se obtienen plantas de calidad baja.

Otros autores, como (Meza & Alvarado, 2021), produciendo plántulas de *ochroma pyramidale (balsa)* empleando fertilización orgánica e inorgánica, en el cantón mocache, obtuvieron 0.4 de Índice de Calidad clasificándose como de calidad media.

Del mismo modo (Saenz Reyes & Rueda Sanchez, 2010), afirma que, en su mayoría, investigaciones sobre especies forestales de clima templado, como *Pinus halepensis* se pueden tener valores de ICD entre 0.3 y 0.5, estos valores son altos en comparación a los resultados obtenidos en esta investigación.

Esto explica la importancia de una aplicación de fertilizantes de forma correcta para mejorar el crecimiento y calidad de las plántulas de Palisangre blanco en fase de vivero. En la presente investigación es posible que un sola concentración o dosis para todos los tratamientos, no fueron las más idóneas para cumplir con los estándares de calidad.

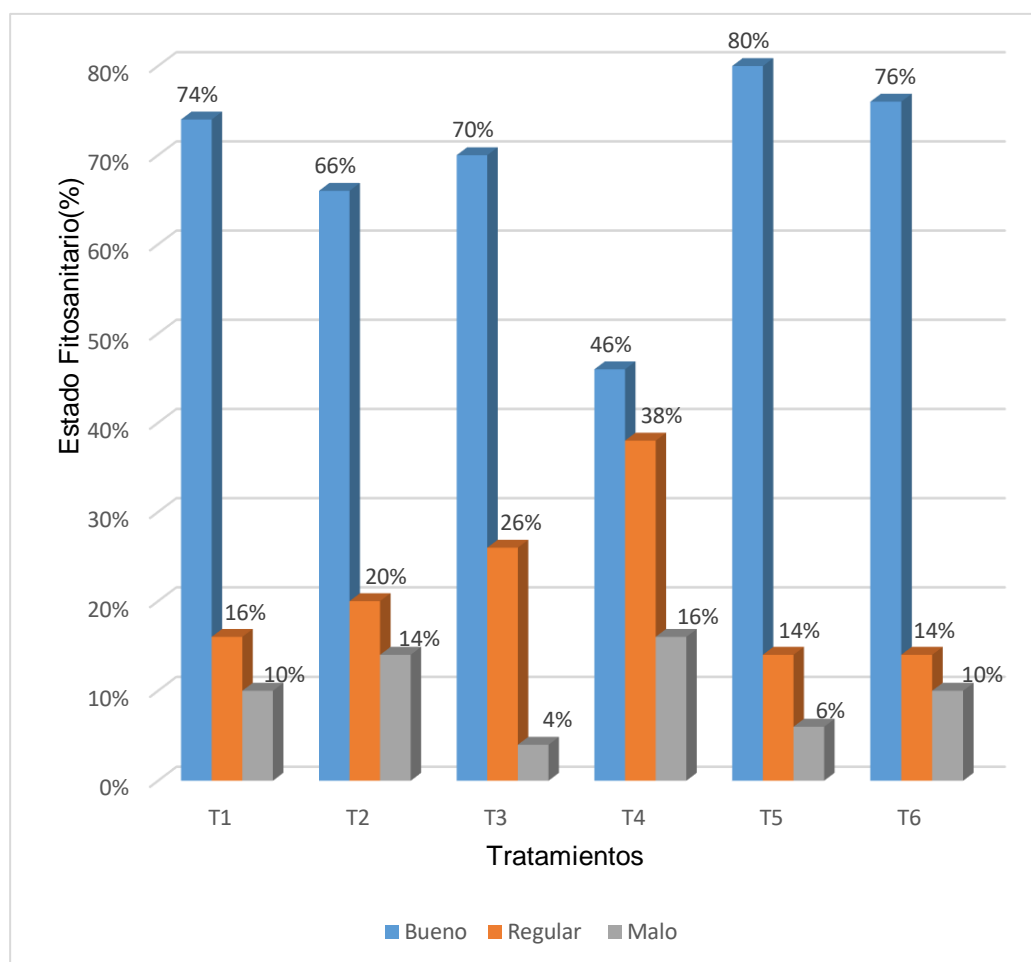
4.8. Efecto de macronutrientes en el estado Fitosanitario de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*

Tabla 24. Efecto de macronutrientes en el estado Fitosanitario (%) de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días de evaluación

TRATAMIENTOS	Estado Fitosanitario (%)			Total (%)
	Bueno	Regular	Malo	
T1	74%	16%	10%	100
T2	66%	20%	14%	100
T3	70%	26%	4%	100
T4	46%	38%	16%	100
T5	80%	14%	6%	100
T6	76%	14%	10%	100

En la tabla 24 se presenta el estado fitosanitario en porcentaje para una mejor apreciación se presenta la Figura 9.

Figura 9. Efecto de macronutrientes en el estado Fitosanitario (%) de plántulas en vivero de *Pterocarpus rohrii*, después de 150 días de evaluación



En la Figura 9, se observa el estado fitosanitario de las plántulas de *Pterocarpus rohrii* que responde al grado de incidencia de plagas, y están clasificados como bueno, regular, malo. De los 6 tratamientos aplicados, en el tratamiento T5 (13 N- 46 P₂O₅- 0K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄) se tiene el mayor porcentaje de plántulas con estado fitosanitario bueno.

Al estar sometidas a diferentes fuentes de macronutrientes, se le puede atribuir la procedencia de las semillas en el vivero, como las características propias de la especie que generara un comportamiento en específico de acuerdo a los nutrientes del fertilizante.

4.9. Determinación de la mejor fuente comercial para la producción de plántulas de *Pterocarpus rohrii*

De acuerdo a los indicadores de crecimiento los tratamientos T5 (13 N- 46 P₂O₅- 0 K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄) y T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄) son con los que se lograron, en promedio, los mayores valores tanto en altura (12.60 y 14.60 respectivamente), diámetro (2.68 y 2.71), número de hojas (6 y 7), esbeltez (4,76 y 5.17), estado fitosanitario (80 y 66%) , así como índice de área foliar (5.62 y 7.08), pero si se tiene en cuenta sólo el índice de calidad de Dickson que es el que inter relaciona variables como peso de materia seca entre parte aérea y raíz así como altura de la parte aérea y diámetro a la altura del cuello de la raíz tendríamos que elegir al T3 (15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄) para producir las plántulas de esta especie, ya que con esta fuente de nutrientes se obtiene el mayor valor del índice de Dickson que es de 0.12 seguido del tratamiento T2.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

- El crecimiento y desarrollo de las plántulas como efecto de las diferentes fuentes de macronutrientes ensayados fue variado, pero de acuerdo a los valores de las variables estudiadas, se logró mejores resultados de crecimiento con el T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄) con 14 cm, con respecto al diámetro el mayor valor lo obtuvo el T3 (15 N- 9 P₂O₅- 20 K₂O- 0 CaO- 0 MgO- 0 SO₄) con 2.81mm.
- Los mejores resultados respecto a los índices de calidad fueron: El tratamiento T2 (0 N- 0 P₂O₅- 22 K₂O- 0 CaO-18 MgO- 22SO₄) en respuesta al Índice de área foliar con 7.08 centímetros cuadrados. El índice de robustez, con el tratamiento T5 (13 N- 46 P₂O₅- 0K₂O- 0 CaO 0 MgO- 0 SO₄), con un valor de 4.76 de relación altura/diámetro, el porcentaje de supervivencia fue de muy bueno ya que todos fueron superiores al 80%, el parámetro de medición del Índice de calidad de Dickson fue 0.12 según la clasificación de CONAFOR es clasificado de baja.
- Los mejores macronutrientes para un mejor comportamiento de las plántulas del *Pterocarpus rohrii* fueron 13N- 46P₂O₅-22K₂O-0CaO-18MgO-22SO₄.

5.2. Recomendaciones

- De los resultados obtenidos se recomienda continuar con más investigaciones utilizando los macronutrientes $13\text{N}-46\text{P}_2\text{O}_5-22\text{K}_2\text{O}-0\text{CaO}-18\text{MgO}-22\text{SO}_4$, realizando otros ensayos con diferentes dosis para mejorar la producción y calidad de plantones en la etapa de vivero.
- Instalar los plantones en campo definitivo y realizarlos en meses de precipitaciones continuas.

VI. REFERENCIAS

Agroestrategias. (s.f). *EFFECTOS DEL EXCESO DE HUMEDAD EN SUELOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA LOS CULTIVOS*. Obtenido de <http://www.agroestrategias.com/pdf/Nutricion%20%20Humedad%20y%20Disponibilidad%20de%20Nutrientes.pdf>

Agronutrientes, A. E. (2019). *Agronutrientes*. Obtenido de <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fertilizante>

Aguirre, Z., & Leon, N. (2011). Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi , Zamora, Chinchipe Survival and early growth of plants in the El Padmi Botanical. Ecuador .

Alternativa ecológica. (30 de Noviembre de 2017). Obtenido de <http://ecosiembra.blogspot.com/2017/11/uso-de-arena-de-rio-para-el-cultivo-de.html>

Alvarado, A. (Junio de 2012). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. *Agronomía Costarricense*, 411.

Arizaleta, M., & Pire, R. (2008). Respuesta de plántulas de café al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia*, 42(1).

Arriola, O., & Gonzales, G. (Mayo de 2011). Software propietario vs software libre: una evaluación de sistemas integrales para la automatización de bibliotecas. *Investigación bibliotecológica*, 25(54).

Baldemar Arteaga, M., & Zenil Rubio, J. (2005). Fertilización en vivero de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. *Foresta Veracruzana*, 7(1), 41- 45.

Baldemar, M. e. (2005). Fertilización en vivero de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. *Foresta Veracruzana*, 7(1), 41-45.

Balta, R., Rodríguez, A., & Guerrero, A. (2015). ABSORCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN SACHA INCHI. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). San Martín, Perú.

Barker, A. P. (2006). *Handbook of plant Nutrition*. Massachusetts, USA: Taylor & Francis Group.

Bartoli, c. (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 Valdivia*, 39(3). Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002018000300375

Benites, A. (2010). Efecto de niveles de tres tipos de sustratos en el crecimiento inicial de Capirona (*calycophyllum spruceanum*) en plantación a campo abierto en Pucallpa. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa.

Bernaola, R., & Zamora, j. . (2015). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(31). Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n33/2007-1132-remcf-7-33-00074-en.pdf>

Blinkley, D. (1993). *Nutrición Forestal*. Limusa, México.

Budowski, G., & Kubien, e. a. (2007). Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. *Colombia Forestal*, 40-42.

Caciara, M. e. (2013). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*). *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(75), 331-338.

Camargo Angelo, A., & Fonseca Da Silva, F. (Octubre de 2015). FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO LENTA NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Anadenanthera peregrina*(L) Speg.(ANGICO-VERMELHO) E *Shinus terebinthifolius* Raddi(AROEIRA-VERMELHA). *Ciência Florestal*, 25(4), 841-852.

Canavides, J. (Diciembre de 2001). Estudio ecológico, silvícola y de utilización del sangre, *Pterocarpus rohrii* valh, en bosques latifoliados de Honduras. *Desarrollo socioeconómico y ambiente*.

Carillo, E. (2015). USO DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN PLANTAS DE TECA (*Tectona grandis*), EN LA ETAPA DE VIVERO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 329-333.

Casas, A. (2000). *FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN*. Obtenido de <https://www.himarcn.com/wp-content/uploads/2019/11/Factores-Ambientales-que-Afectan-a-la-Nutricion-Vegetal-Antonio-Casas.pdf>

Castro, S. (2018). Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *pinus greggii* var. *australis* en vivero. *Agrociencia*.

Centeno, M. (1993). Inventario nacional de plantaciones. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

CONAFOR., C. N. (2009). Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración. Documento Técnico. Guadalajara, Mexico.

Cortina, J. (2013). El papel de los nutrientes para mejorar la calidad de las plantulas en las tierras secas. *Bosque nuevos*, 44(5), 719-732.

Diaz, J. (2011). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento en vivero de Cocuy (Agave cocui trelease). *Rev. Fac.Agron.(LUZ)*, 264-272.

Dickson, A. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36, 10-13.

Dossier, R. (11 de Abril de 2006). *YaraMilaHydrocomplex*. Obtenido de http://www.YaraMilaHydrocomplex_Calidad en Tabaco.mht.

FAO. (2010). *EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES*. Roma.

Fernandez, J. ., (2016). Dinámica nutricional del cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N,P,K en vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732016000200017

Flores, Y. (2014). *ESPECIES FORESTALES NATIVAS PARA LA RECUPERACION DE AREAS DEGRADADAS EN LA REGION DE UCAYALI*. (I. Davidson, Ed.) Ucayali.

Gonzales , M., & Donoso , C. (1996). Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque*, 17(1), 29-41.

Grandez, D. (2022). "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA- PERÚ". Teis de grado.Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali, Perú.

Grant, D. (2001). *Informaciones agronomicas*. Obtenido de Informaciones agronomicas: <http://www.ipni.net/publication/ia->

lahp.nsf/0/65CA27B9F703A9C2852579A30078FEEF/\$FILE/Importancia%20de%20la%20nutrici%C3%B3n%20temprana%20con%20P.pdf

Gros, A. (1986). *Abonos: Guía de práctica de la fertilización*. Madrid: Mundi-Prensa, Madrid.

Guerra, E., Herrera, M., & Drake, f. e. (Agosto de 2007). Rentabilidad de la fertilización al establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. *Agrociencia*, 41(7). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952007000700797

Guerrero, N., Olarte, M., & Perez, J. (02 de Mayo de 2012). Determinacion de Area foliar en fotografia tomadas con una camara web, un telefono celular o una camara simeprofesional. *Rev.Fac.Nac.Agron.*

Hanke, F. (2008). *La nutrición de la planta y su problemática en la agricultura*. Colombia. Obtenido de https://www.academia.edu/32939803/La_Nutrici%C3%B3n_de_la_Planta_y_su_Problem%C3%A1tica_en_la_Agricultura

Havlin, J. e. (1999). *introduction to nutrient management*. New jersey. Obtenido de <https://www.pearson.com/us/higher-education/product/Havlin-Soil-Fertility-and-Fertilizers-An-Introduction-to-Nutrient-Management-7th-Edition/9780130278241.html>

Hernandez, C. (2011). Temas de granja de la calidad y seguridad alimenticia. Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas. *University of Maryland*, 31.

IIAP. (2014). *VIVERO FORESTAL PARA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS: EXPERIENCIA EN MOLINOPAMPA, AMAZONAS – PERÚ*. Amazonas, Perú.

Intagri. (S.f). *Disponibilidad de Nutrientos y el pH del Suelo*. México. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientos-y-el-ph-del-suelo>

Jaramillo, D. (10 de Febrero de 2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín, Colombia.

Lopez Zavaleta, A., & Lopez Medina, E. (2018). Efecto de la luz en la germinación de semillas de *Pterocarpus rohrii* Vahl. *SCIÉND0*, 21(4).

Lopez, J. (2020). "EFECTO DE SUSTRATOS Y FERTILIZAN OPTIMIZACIÓN DEL CRECIMIENTOS EN LA DE PLÁNTULAS DE *tecunumanii* (Schw.) EN CONDICIONES DE VIVERO. TESIS DE PREGRADO. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Lima, Perú.

López, O. e. (2008). Estado parcial de la raíz de jitomate: efectos en la fisiología de la planta y calidad de fruto*. *Agricultura Técnica de México*, 34(3), 297-302.

Machado, M. (2016). Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea canjerana* producidas en vivero. *Bosque (Valdivia)*, 37(2).

Medina, G., Orosco, M., & Leonardy, J. (1999). Acumulación y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en *Gypsophila paniculata* L. cv. perfecta. *Agronomía Colombiana*, 16, 1-3.

Mena, J. e. (2018). Efectos de dos biofertilizantes en el desarrollo del girasol. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(4).

Meza, B., & Alvarado, E. (2021). Valoración de pequeños viveristas y la producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (balsa) empleando fertilización orgánica e inorgánica, en el cantón

Mocache, provincia de Los Ríos. Tesis de Pregrado. Universidad Tecnica Estatal de Quevedo.
Quevedo: UTEQ.

Meza, F. (2021). *valuación del efecto de los fertilizantes químicos Fosfato di Amónico (DAP) y Yaramila complex en la producción de plántulas de Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa) bajo el sistema Jiffy Pellets*. Ecuador: Quevedo:UTEQ.

Meza, F., & Alvarado, E. (2021). Valoración de pequeños viveristas y la producción de plántulas de ochroma pyramidale (balsa) empleando fertilización orgánica e inorgánica, en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Tesis de Pregrado. Universidad Tecnica Estatal de Quevedo.
Quevedo: UTEQ.

Molicom. (2018). *Molinos & cia Fertilizantes-Perú*. Obtenido de <https://www.molinosycia.com//web/secciones/index.php>

Molina, E. (2006). Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. *Informaciones agronomicas*. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4049CB1792601248852579A3006D4E81/\\$FILE/Efecto%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20Mineral%20en%20la%20Calidad%20del%20Mel%C3%B3n.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4049CB1792601248852579A3006D4E81/$FILE/Efecto%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20Mineral%20en%20la%20Calidad%20del%20Mel%C3%B3n.pdf)

Moraes, L. . (2003). FERTILIZAÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS Y EXOTICAS. *Sociedade de Investigações Florestais*, 129-137.

Moreno, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. *Agronomía Colombiana*, 27(02), 179- 191. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300032

Muñoz, R. (2014). *Efecto del Fertilizante Foliar en tres especies forestales producidas con un sustrato espuma agrícola en vivero.*(Tesis de grado). Universidad Agraria de la Selva, Tingo Maria. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/614>

Navarro, G. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas.* Mundiprensa. Obtenido de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766568/quimica-agricola--quimica-del-suelo-y-de-los-nutrientes-esenciales-para-las-plantas>

OSINFOR. (2017). *FICHAS DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES Y SILVICULTURA TROPICAL.* Von Humboldt: MLB Impresiones. Obtenido de <https://www.osinfor.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/A-FICHAS-MADERABLES-OSINFOR-2017-final-comp.pdf>

Pags, P. D. (1999). *Memoria del taller tecnico “La contribucion de los bosques latifoliados al desarrollo sostenible de Honduras: lineas estratégicas para entrar al siglo XXI” y memoria del foro politico: “El bosque latifoliado, madera y mucho más...”.* Tegucigalpa, Honduras.

Perez, A. . (2011). Efecto de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de *Capsicum chinense* Jacq. Y su relación con el desarrollo de *Bemisia tabaci* Genn. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3).

Piaggese, A. (2004). *Los microelementos en la nutrición vegetal.* ITALIA: VALAGRO Spa. Obtenido de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Losmicroelementosenlanutricionvegetal.pdf>

Pinedo, D. (2013). Efecto de la aplicación de cuatro dosis de N P K y Mg, en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq). 39-43.

Porcelli, C. ,. (2016). *Fertilizando.com*. Obtenido de Fertilizando.com:
<http://www.fertilizando.com/articulos/Preparando%20los%20Plantines.asp>

Portal fruticola. (16 de Diciembre de 2019). Obtenido de Portal fruticola.com:
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1340/3/03.pdf>

Prieto, J., Castillo, G., & Merlin, E. (2003). *Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluacion en vivero. Folleto tecnico INIFAP-Centros de Investigacion regional del INIFAP*. Mexico .

Prieto, T. ,. (2018). Crecimiento de *Pinus greggii* Engelm. bajo diferentes rutinas de fertilización en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(49). Obtenido de <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/171/1746>

Quiroz, I. G. (2009). *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*. Chile: INFOR.

Razeto, B. (11 de Mayo de 2001). EFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES POTÁSICOS EN EL CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIENTES, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTA EN NARANJO cv. VALENCIA. *Agricultura Técnica*, 4.

Reyes, M. (abril de 2017). Influencia del magnesio y zinc en la altura de la planta y verdor de las hojas en lillum. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 35(70), 31-37.

Reynel, C. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía Peruana : un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies*. Lima: Tarea educativa grafica.

Robin, R., Haase, D., & Arellano, E. e. (Agosto de 2004). Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. *Bosque(Valdivia)*, 25(2).

Rodríguez Laguna, R. (2010). *Manual de Practicas De Viveros Forestales*. Mexico.

Rodríguez, D. A. (2008). INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTA FORESTAL. *UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO*, 156.

Rodríguez, F. (2003). En *Fertilizantes; Nutrición Vegetal*. AGT (págs. 47-135). Mexico: S.A.Mexico, D.F.

Rodríguez, T. (2008). *ndicadores de calidad de planta forestal*. *Universidad Autonoma Chapingo*. Mexico: Mundiprensa.

Rodríguez, V. e. (2014). Fertilizacion foliar con zinc y manganeso en huertos de naranjo. *Cultivos Tropicales*.

Romero, M. (Agosto de 2006). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of plant physiology*, 847-855.

Rossa, U., & Oliveira, F. (2014). Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *adenanthera peregrina* (L.) speng. (angico-vermelho) e *schinus terebinthifolius raddi* (aroeira-vermelha).

Ruano , J. R. (2003). *VIVEROS FORESTALES: MANUAL DE CULTIVO Y PROYECTOS*. España: Editorial Mundi Prensa.

Sadeghian, S. (2012). Alternativas Generales de Fertilizacion para Cafetales En la etapa de Produccion. Manizales, Colombia.

Sáenz, J. (2015). Calidad de planta en el vivero foestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 72-89.

Sanchez, L. (1984). *La Alimentación Mineral De Las Plantas*. Salamanca. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/23747/1/TEMASMONOGRAFICOS11.pdf>

Santiago , B. (2003). LA CADENA DE LA REFORESTACIÓN Y LA IMPORTANCIA EN LA CALIDAD DE LAS PLANTAS. *Foresta Veracruzana*, 5(1), 45-51.

Santiago, O., Sanchez, M., & Monroy, C. (2007). *Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor*. INIFAP. Folleto técnico (Vol. 44). Veracruz, Mexico .

Santos, M. S. (2009). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá . *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 63(1).

Shaxson, F. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal*. Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-y4690s.pdf>

Sierra, C. (1982). *LA ACIDEZ Y ALCALINIDAD DE LOS SUELOS (PH)*. Chile. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boltec/NR10710.pdf>

Sigala, J. (2012). influencia de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de plantaciones forestales en chihuahua. Chihuahua, Mexico. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/274899764_INFLUENCIA_DE_LA_CALIDAD_DE_PLANTA_EN_LA_SUPERVIVENCIA_Y_CRECIMIENTO_DE_PLANTACIONES_FORESTALES_EN_CHIHUAHUA

Soriano, G. (2011). Efecto de la fertilización con NPK en la calidad de la planta *P.patula* y *P.devoniana* en vivero. Tesis de postgrado de maestría en ciencias. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Texcoco, Mexico. Obtenido de <https://1library.co/document/eqo30w5q-efecto-fertilizacion-n-calidad-planta-patula-devoniana-vivero.html>

Toro, J. (Agosto de 2004). Alternativas silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. *Bosque (Valdivia)*, 25(2). Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002004000200010

USDA, f. (Enero de 2000). *USDA Foresto Service*. Obtenido de https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/legacy_files/media/types/publication/field_pdf/water-forest-service-01-2000.pdf

Vasquez, A. e. (2002). Influencia del pH en el crecimiento de quince cepas de. *Anales del Instituto de Biología*, 73(1), 1-15. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/400/40073101.pdf>

Wild, A. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Mundiprensa. Obtenido de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471144003/condiciones-del-suelo-y-desarrollo-de-las-plantas-segun-russell>

Yepez, A., & Buckeridge, M. (2011). Repuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. *Colombia Forestal*, 14(2).

Zamora, J. (2016). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema Doble-Transplante. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 74-93.

VII. ANEXOS

Figura 1. Limpieza de la instalación del experimento



Figura 2. Obtención y selección de semillas



Figura 3. Acondicionamiento pre germinativo de las semillas en algodón



Figura 4. Limpieza de tubetes.



Figura 5. Etiquetado según tratamiento

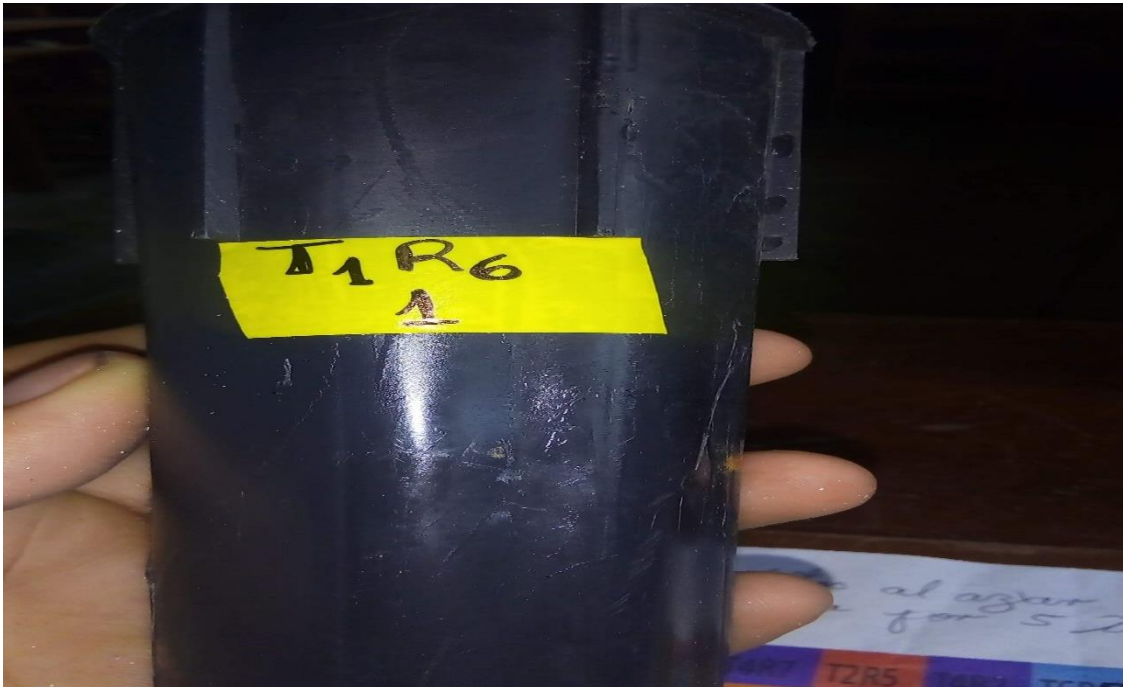


Figura 6. Acondicionamiento de la cámara de germinación y crecimiento



Figura 7. Preparación del sustrato base



Figura 8. Limpieza de impurezas del sustrato base



Figura 9. Peso del fertilizante según tratamiento



Figura 10. Presencia de Raíz para su traslado a los tubetes



Figura 11. Instalación de parantes para la malla raset



Figura 12. Colocación de la malla raset en la cámara de germinación y crecimiento



Figura 13. Distribución de las unidades experimentales en la cámara de germinación y crecimiento.



Figura 14. Colocación de las semillas en los tubetes según tratamiento



Figura 15. Vista panorámica de los tratamientos con las semillas germinadas



Figura 16. Crecimiento de las plántulas de *Pterocarpus rohrii*



Figura 17. Riego de agua con pulverizador manual para el desarrollo de las plantas



Figura 18. Medición del diámetro a la altura del cuello de la raíz de las plántulas de *Pterocarpus rohrii*



Figura 19. Vista panorámica de la raíz



Figura 20. Vista panorámica de la hoja



Figura 21. Peso seco parte aérea



Figura 22. Peso seco parte raíz



Figura 23. Colocación de las muestras a la estufa



Figura 24. Programación de la estufa con las muestras a 100°C



MATRIZ DE CONSISTENCIA:

TITULO: EFECTO DE LOS MACRONUTRIENTES PROCEDENTES DE DIFERENTES FUENTES EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD EN PLANTULAS DE PALISANGRE BLANCO (*Pterocarpus rohrii*), EN FASE DE VIVERO UNU-2020.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
¿Cuál es el efecto de los macronutrientes en el crecimiento y calidad, en vivero, de plántulas de Palisangre blanco (<i>Pterocarpus rohrii</i>), - UNU?	Determinar el efecto de los macronutrientes provenientes de diferentes fuentes en el crecimiento y calidad, de plántulas de Palisangre blanco (<i>Pterocarpus rohrii</i>), en vivero – UNU.	El empleo de diferentes fuentes que contienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S) favorecen un mayor crecimiento y calidad, de plántulas de Palisangre blanco, en vivero.	Variable independiente: Macronutrientes	Tipo de investigación: Experimental Nivel de investigación: Aplicativo.	Está representada por la cantidad de semillas recolectadas de un mes obteniéndose 1386.
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA	V.INDEPENDIENTE		MUESTRA
¿Cuál es el efecto de los macronutrientes (N-P-Ca-Mg-S), de diferentes fuentes en el crecimiento en altura y diámetro del tallo en vivero de plántulas de Palisangre blanco (<i>Pterocarpus rohrii</i>), en vivero?	Evaluar el efecto de los macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), proveniente de diferentes fuentes en el crecimiento en altura y diámetro del tallo, de plántulas de Palisangre blanco (<i>Pterocarpus rohrii</i>) en vivero.	El empleo de diferentes fuentes que contienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S) no favorecen un mayor crecimiento y calidad, de plántulas de Palisangre blanco, en vivero	- Crecimiento de plantones: Altura de plantón Diámetro del tallo		La muestra estará representada por 300 semillas.
¿Cuál es la influencia de los macronutrientes(N-P-Ca-Mg-S), de diferentes fuentes en la calidad (peso de raíces, área foliar, estado fitosanitario), de plántulas de Palisangre blanco (<i>Pterocarpus rohrii</i>), en vivero?	Determinar el efecto de los macronutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), provenientes de diferentes fuentes en la calidad (peso de raíces, área foliar, estado fitosanitario), de plántulas de Palisangre blanco (<i>Pterocarpus rohrii</i>) en vivero.	El empleo de diferentes fuentes que tienen los seis macro nutrientes (N-P-K-Ca-Mg-S), mejoran la calidad: peso de raíces, área foliar y estado fitosanitario, de plántulas de Palisangre, en vivero.	- Calidad de plantones: índice de área foliar índice de robustez Estado fitosanitario		