UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE EN PLANTONES DE PUMAQUIRO (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) PUCALLPA, PERÚ-2024

Tesis para optar el título profesional

INGENIERO FORESTAL

JEANELY RUIZ MORALES

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°019-2026-CGT- FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 11:00 am del día 15 de octubre del 2026, de acuerdo con el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con memo múltiple N°016-2026-UNU-FCFy-A-CGyT conformado por los siguientes docentes:

Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romayna	Miembro
Mg. Moisés Torres Velasco	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la Tesis denominada: **"IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE EN PLANTONES DE PUMAQUIRO (Aspidosperma macrocarpon Mart.) PUCALLPA, PERÚ-2024"**, presentado por la Bachiller en Ciencias Forestales **RUIZ MORALES, JEANELY**, asesorada por el Dr. CÉSAR MORI MONTERO.

Finalizando la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, siendo absueltas por la sustentante, en consecuencia la tesis fue APROBADA POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN, quedando expedido para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**.

Siendo las 11:56 am horas del mismo día, se dio por culminado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Mg. Moisés Torres Velasco
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

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

Dr. Gabriel Mercado Jauregui — Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna — Miembro

Mg. Moisés Torres Velasco — Miembro

Dr. Cesar Mori Montero — Asesor

Bach. Jeanely Ruiz Morales — Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/399-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE EN PLANTONES DE PUMAQUIRO (*Aspidosperma macrocarpon*) PUCALLPA, PERÚ-2024**"

Autor(es)	:	**RUIZ MORALES, JEANELY**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. FORESTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. MORI MONTERO, CESAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 5%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 07/08/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, JEANELY RUIZ MORALES

Autor de la tesis titulada: IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE EN PLANTONES DE PUMAQUIRO (ASPIDOSPERMA MACROCARPON MART.) PUCALLPA, PERÚ – 2024

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Dr. CESAR MORI MONTERO

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

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, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 09/11/2026

Email: jeanely25@hotmail.com Firma:

Teléfono: 993747933 DNI: 76476128

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos, brindarme salud y concederme la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta.

A mis padres, Olga y Dennis, por ser los pilares de mi formación. Su guía, sacrificio y amor incondicional han sido fundamentales en mi crecimiento personal y académico.

A mi hermana, Leydi Mia, por ser mi motivación constante y compañera incondicional. Su apoyo refuerza mi determinación.

A mis compañeros de estudio y docentes, por compartir conocimientos y fomentar un ambiente de aprendizaje colaborativo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater, por forjarme como una profesional, desde mis primeros días como estudiante. Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería Forestal, quienes me enseñaron a valorar mis estudios y brindaron un espacio en la escuela para mi crecimiento académico, personal y profesional.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), por proporcionarme las herramientas necesarias para la ejecución y redacción de mi tesis. Agradezco el acceso a sus oficinas y viveros experimentales, los cuales fueron fundamentales para obtener óptimos resultados.

Al Ingeniero Wilson Francisco Guerra Arévalo co– asesor, investigador del IIAP, por brindarme sus conocimientos invaluables, experiencia, conocimientos y por todo el apoyo que recibí durante el tiempo de la ejecución de la tesis, También al técnico Hugo Tapullima Pashanasi y al técnico Rony Ríos Gonzales por apoyarme durante la preparación de mis tratamientos de mi proyecto.

A mi asesor de tesis el Dr. Cesar Mori Montero, por su invaluable apoyo en la revisión de mi trabajo. Agradezco profundamente su asesoramiento oportuno, su experiencia, sabiduría, paciencia y sus valiosos consejos, que fueron esenciales para lograr una tesis de alta calidad.

ÍNDICE GENERAL

pág.

DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE ANEXO xiii
RESUMEN xiv
ABSTRACT xvi
INTRODUCCIÓN xviii
CAPÍTULO I 20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 21
1.2. Formulación del problema 21
1.3. Objetivos 22
1.3.1. Objetivo general 22
1.3.2. Objetivos específicos 22
CAPÍTULO II 23
MARCO TEÓRICO 23
2.1. Antecedentes 23
2.1.1. Antecedentes Internacionales 23
2.1.2. Antecedentes Nacionales 26
2.1.3. Antecedentes Locales 27
2.2. Base Teórica 29
2.2.1. Impacto de las Deficiencias Nutricionales con la Técnica del Elemento Faltante en Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) 29
2.2.2. Técnica del Elemento Faltante 31
2.2.3. Deficiencia Nutricional 32
2.2.4. Macronutrientes y Micronutrientes 33
2.2.5. Análisis Foliar 36
2.2.6. El Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) 37
2.3. Definición de Términos Básicos 39
CAPÍTULO III 40
METODOLOGÍA 40

3.1. Método de Investigación 40
3.2. Población y Muestra 40
3.2.1. Población 40
3.2.2. Muestra 40
3.3. Procedimientos de Recolección de Datos 41
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 49
3.4.1. Técnicas 49
3.4.2. Instrumentos 49
3.5. Procesamiento para recolección de datos 51
3.6. Tratamiento de Datos 51
CAPÍTULO IV 53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 53
4.1. Resultado de los Análisis de los Tratamientos 53
4.2. Formulación de las Soluciones Nutritivas en Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en Vivero 62
4.3. Administración de Tratamientos de Macro y Micronutrientes 71
4.4. Reacción a la falta de elementos de los Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) 78
CAPÍTULO V 85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 85
5.1. Conclusiones 85
5.2. Recomendaciones 86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87
ANEXOS 93

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido de Tabla **pág.**

Tabla 1. Detalle de la solución nutritiva. 444
Tabla 2. Análisis de Varianza (ANVA)..... 51
Tabla 3. Distribución de los tratamientos. 52
Tabla 4. Evaluación promedio de los tratamientos y sus repeticiones durante los 5 meses. 53
Tabla 5. Evaluación del crecimiento en altura. 54
Tabla 6. ANVA para la evaluación del crecimiento en altura. 54
Tabla 7. Evaluación del crecimiento en diámetro...... 55
Tabla 8. ANVA para la evaluación del crecimiento en diámetro. 55
Tabla 9. Evaluación de hojas (Necrosis) 56
Tabla 10. ANVA para la evaluación de hojas (Necrosis) 56
Tabla 11. Evaluación de hojas (Coloración anormal) 57
Tabla 12. ANVA para la evaluación de hojas (Coloración anormal) 57
Tabla 13. Evaluación de hojas (Deformación) 598
Tabla 14. ANVA para la evaluación de hojas (Deformación)..... 59
Tabla 15. Evaluación de Clorofila. 59
Tabla 16. ANVA para la evaluación de Clorofila. 60
Tabla 17. Evaluación promedio de los tratamientos durante los 5 meses. 61
Tabla 18. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 621
Tabla 19. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en altura. 63
Tabla 20. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en diámetro...... 64
Tabla 21. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Necrosis) 65
Tabla 22. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Coloración anormal)..... 66
Tabla 23. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de hojas (Deformación)..... 68

Tabla 24. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de Clorofila. 69

Tabla 25. Promedio en altura (cm) de los tratamientos en investigación de los 5 meses de evaluación. 72

Tabla 26. Promedio total en altura (cm) de los tratamientos. 73

Tabla 27. Análisis de varianza del aumento en altura de las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 74

Tabla 28. Promedio en diámetro (mm) de los tratamientos en investigación de los 5 meses de evaluación. 75

Tabla 29. Promedio total en diámetro (mm) de los tratamientos. 75

Tabla 30. Análisis de varianza del aumento en diámetro de las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 77

Tabla 31. Resultados promedio de la evaluación de la sintomatología. 79

Tabla 32. Análisis de varianza de la sintomatología de necrosis de hojas en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 79

Tabla 33. Análisis de varianza de la sintomatología de coloración anormal de hojas en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 80

Tabla 34. Prueba de promedios de Dunnet en sintomatología de coloración anormal de hojas. 81

Tabla 35. Análisis de varianza de la sintomatología de deformación de hojas en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 82

Tabla 36. Análisis de varianza de la clorofila en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido de Figuras **pág.**

Figura 1. Mapa de ubicación del área de investigación, coordenadas geográficas WGS 84 539551.66 E, 9071730.75 N Zona 18 S. 42
Figura 2. Preparación de los tratamientos. 44
Figura 3. Aplicación de los tratamientos. 45
Figura 4. Aplicación de los tratamientos a los plantones de pumaquiro. 46
Figura 5. Planta de pumaquiro afectado por marchitez. 47
Figura 6. Planta de pumaquiro afectado por necrosis. 48
Figura 7. Planta de pumaquiro afectado por clorosis. 48
Figura 8. Evaluación del crecimiento en altura. 55
Figura 9. Evaluación del crecimiento en diámetro. 56
Figura 10. Evaluación de hojas (Necrosis) 57
Figura 11. Evaluación de hojas (Coloración anormal) 58
Figura 12. Evaluación de hojas (Deformación) 60
Figura 13. Evaluación de Clorofila. 61
Figura 14. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en altura. 63
Figura 15. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en diámetro. 64
Figura 16. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Necrosis) 65
Figura 17. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Coloración anormal) 67
Figura 18. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de hojas (Deformación) 68
Figura 19. Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de Clorofila. 70
Figura 20. Promedio total en altura (cm) de los tratamientos. 73
Figura 21. Promedio total en diámetro (mm) de los tratamientos. 76

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido en el Anexo **pág.**

ANEXO 1A. MATRIZ DE CONSISTENCIA..... 94
ANEXO 2A. EVALUACIONES EN CAMPO. 95
ANEXO 3A. IMÁGENES DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE. 100

RESUMEN

La tesis denominada "*Impacto de las Deficiencias Nutricionales con la Técnica del Elemento Faltante en Plantones de Pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) Pucallpa, Perú-2024*", la investigación se desarrolló en condiciones de vivero que fue desarrollado en el lugar del vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) en Ucayali con un diseño experimental DCA con 12 tratamientos más el testigo haciendo un total de 13 tratamientos con 4 repeticiones por un tiempo de 5 meses. Los resultados obtenidos de la aplicación de la técnica del elemento faltante para observar las deficiencias nutricionales en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) fueron, la falta de algunos elementos genera efectos negativos, así como también la ausencia de algunos de los elementos mediante la técnica del elemento faltante no influyen en el óptimo desarrollo de la planta, en la formulación de las soluciones nutritivas el elemento nutricional ejerce un efecto positivo o negativo haciendo que el elemento faltante sea registrado y se reformula la solución nutritiva para lograr un óptimo desarrollo de los plantones de pumaquiro, en la administración de los tratamientos macro y micro nutrientes para la obtención de un buen crecimiento en altura estaría incluido el Cu puesto que este elemento nutricional obtuvo valores de crecimiento mínimo en comparación a los demás elementos nutricionales con esta técnica del elemento faltante registrando un crecimiento en altura de 48.65 cm y un promedio mensual de 0.1 cm, en el desarrollo del diámetro del tallo de la planta no se encontraron diferencias significativas demostrando que la ausencia de algún elemento nutricional no ejerce alguna influencia en el crecimiento en diámetro de la planta en investigación, en los síntomas de necrosis en hojas no se encontraron diferencias significativas demostrando que la ausencia de algún elemento nutricional no genera este síntoma, en la coloración anormal en hojas la falta de N ocasiona este síntoma generando en promedio 6.10 hojas con coloración anormal pero la ausencia de S genera menos coloración anormal en las hojas con un valor promedio de 2.25 de hojas con este síntoma, en el síntoma color purpureo, deformación de las hojas, marchitez y contenido de clorofila no se encontraron diferencias significativas por lo que se puede afirmar que la ausencia de algún elemento nutritivo no genera estos síntomas. Los hallazgos permiten concluir que el nitrógeno, fósforo y molibdeno son nutrientes esenciales para el crecimiento óptimo y la sanidad de Aspidosperma

macrocarpon en vivero, aportando información valiosa para el diseño de programas de fertilización orientados a la producción de plantones de calidad para reforestación.

Palabras clave: Elemento faltante, Pumaquiro, nutrientes, soluciones.

ABSTRACT

The thesis called "Impact of Nutritional Deficiencies with the Missing Element Technique in Pumaquiro Saplings (Aspidosperma macrocarpon Mart.) Pucallpa, Peru-2024", the research was carried out under nursery conditions that were developed at the site of the forest nursery of the Peruvian Amazon Research Institute (IIAP) in Ucayali with an experimental DCA design with 12 treatments plus the control making a total of 13 treatments with 4 repetitions for a period of 5 months. The results obtained from the application of the missing element technique to observe nutritional deficiencies in pumaquiro seedlings (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) were, the lack of some elements generates negative effects, as well as the absence of some of the elements through the missing element technique do not influence the optimal development of the plant, in the formulation of nutrient solutions the nutritional element exerts a positive or negative effect making the missing element be recorded and the nutrient solution is reformulated to achieve optimal development of pumaquiro seedlings, in the administration of macro and micro nutrient treatments to obtain good height growth, Cu would be included since this nutritional element obtained minimum growth values compared to the other nutritional elements with this missing element technique, recording a height growth of 48.65 cm and a monthly average of 0.1 cm, in the development of the diameter of the stem of the plant, no significant differences were found, demonstrating that the absence of any nutritional element does not exert any influence on the growth in diameter of the plant under investigation, in the symptoms of necrosis in leaves no significant differences were found demonstrating that the absence of any nutritional element does not generate this symptom, in the abnormal coloration in leaves the lack of N causes this symptom generating on average 6.10 leaves with abnormal coloration but the absence of S generates less abnormal coloration in the leaves with an average value of 2.25 leaves with this symptom, in the symptom of purplish color, leaf deformation, wilting and chlorophyll content, no significant differences were found, so it can be stated that the absence of any nutrient does not generate these symptoms. The findings allow us to conclude that nitrogen, phosphorus, and molybdenum are essential nutrients for optimal growth and health of Aspidosperma macrocarpon in the nursery, providing valuable information for the

design of fertilization programs aimed at producing quality seedlings for reforestation.

Keywords: Missing element, Pumaquiro, nutrients, solutions.

INTRODUCCIÓN

Los bosques aún cubren alrededor del 30% de la superficie terrestre del planeta, pero están desapareciendo a un ritmo alarmante. Desde 1990, más de 420 millones de hectáreas de bosque se han perdido mundialmente, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), principalmente en África y Sudamérica. Se estima que el 17% de la selva amazónica ha sido destruida en los últimos 50 años y va en aumento. (Nunez, 2024). La deforestación del Amazonas afecta a toda la población mundial, como la pérdida de cualquier bosque, dada la gravedad de sus consecuencias y el efecto en cadena. Casi un tercio de la superficie terrestre actual está arbolada, casi la mitad de las especies habitan en ella, las masas forestales nutren el 75% de las fuentes de agua dulce y más de 1.000 millones de personas viven en esos hábitats. (BBVA, 2024). Ante esta deforestación, la especie forestal pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es el más afectado por ser una especie cuya regeneración natural no es muy frecuente en los bosques teniendo escasa producción de semillas. (Villar Cabrera, 2021), siendo una especie de gran importancia por contribuir al ambiente proporcionando sombra y materia orgánica en sistemas agroforestales.

Ante esta situación se plantea la alternativa de reforestar con la especie forestal pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) por su alto valor ecológico, económico y cultural, sin embargo, en regiones como Ucayali, el pumaquiro enfrenta serias amenazas debido a la explotación indiscriminada y a la limitada regeneración natural, lo que ha llevado a incluirlo en listas de especies vulnerables. (Muñoz & Sierra, 2021). El pumaquiro, aún no se han desarrollado suficientes investigaciones que profundicen en sus necesidades nutricionales

para la producción en vivero y este vacío de conocimiento representa una limitación para su propagación a gran escala, especialmente en viveros que buscan obtener plantones vigorosos y bien adaptados para actividades de reforestación y conservación. Para estas actividades, la presente tesis de investigación plantea como objetivo general: Determinar el impacto de la deficiencia nutricional con la técnica del elemento faltante en pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. Y los objetivos específicos: Analizar la formulación de las soluciones nutritivas en plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. Analizar la administración de tratamientos de macro y micronutrientes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. Determinar el efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. Mediante el desarrollo de los objetivos se podrá iniciar acciones de reforestación mediante la producción de plantones de esta especie en investigación

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es una especie forestal de alto valor ecológico y económico en la Amazonía peruana, especialmente en la región de Ucayali. Sin embargo, su producción en viveros enfrenta diversos desafíos, entre ellos la adecuada dosis y administración de soluciones nutritivas para su óptimo crecimiento. La disponibilidad de macro y micronutrientes juega un papel fundamental en el desarrollo de los plantones, afectando directamente su altura, diámetro, biomasa y vigorosidad.

Frente a esta información, uno de los principales problemas en la producción de plantones de Pumaquiro es la falta de conocimiento sobre cómo las deficiencias de elementos nutricionales impactan su crecimiento en vivero. En la actualidad, los protocolos de fertilización utilizados en viveros forestales no siempre están ajustados a las necesidades específicas de esta especie, lo que puede llevar a un crecimiento subóptimo y una menor tasa de supervivencia en campo definitivo.

La técnica del elemento faltante es una metodología ampliamente utilizada para evaluar el impacto de la deficiencia de nutrientes en el crecimiento de las plantas. Sin embargo, hasta el momento no se ha aplicado sistemáticamente en Pumaquiro bajo condiciones de vivero en Pucallpa, lo que deja un vacío en la comprensión de cómo la ausencia de elementos esenciales afecta su desarrollo.

Por ello, es necesario analizar el impacto de las deficiencias nutricionales en Pumaquiro mediante la técnica del elemento faltante, evaluando cómo la falta de

macronutrientes y micronutrientes específicos afecta las características morfológicas y fisiológicas de las plantas. Esto permitirá generar información clave para mejorar las prácticas de fertilización en vivero, optimizando la producción de plantones de calidad y contribuyendo a la conservación y uso sostenible de esta especie forestal.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el impacto de las deficiencias nutricionales, mediante la técnica del elemento faltante, en el crecimiento del pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero, Pucallpa 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se formula las soluciones nutritivas en plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero?
- ¿Cómo se administra los tratamientos de Macro y Micronutrientes en plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero?
- ¿Cuál es el efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la deficiencia nutricional con la técnica del elemento faltante en Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la formulación de las soluciones nutritivas en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero.
- Analizar la administración de tratamientos de macro y micronutrientes en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero.
- Determinar el efecto de los elementos faltantes en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Yucailla Guaylla, (2022) en su tesis titulado "*Evaluación de los índices de calidad en plántulas de Eucalyptus globulus en condiciones de invernadero en la estación experimental Santa Catalina INIAP*" investigación que fue realizado en la ciudad de Chimborazo, en la ciudad de Quito, Ecuador;

> La investigación tuvo un diseño experimental de BCA con 6 tratamientos con los elementos faltante de N, P, K, Ca y Mg y 2 tratamientos testigo que fueron uno con fertilizante completo y otro con agua, y las variables evaluadas fueron altura (h), diámetro, Índice de Robustez (IR), clorofila, altura del cuello (DAC), Índice de calidad de Dickson (ICD), relación entre Biomasa aérea/Biomasa raíz (RAR), color y descripción visual de los síntomas. Los resultados que el investigador obtuvo fueron, el tratamiento T_1 (fertilización completa) fue mejor que los demás tratamientos obteniendo una media de 0,70 en el ICD, en RAR con un valor de 4,86 gr, no se observó significancia en el IR, valores de 38,39 unidades de SPAD y 36,82 el T_1 obtuvo en las variables de clorofila y color respectivamente.

Moreira Sánchez, (2022) en su investigación denominada "*Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de judía de metro (Vigna unguiculata Subsp. Sesquipedalis) en el cantón El Carmen*". Investigación que fue realizado en la ciudad de Manabí, Ecuador;

El diseño experimental de la investigación fue un BCA con 4 repeticiones, los tratamientos fueron: T_1 (sin aplicación), T_2 (aplicación de PK), T_3 (aplicación de NK), T_4 (aplicación de NP) y T_5 (aplicación de NPK) y las variables a evaluar fueron: altura de planta (AP), días a floración (DF), número de semillas vaina^{-1} (NSV), número de hojas (NH), biomasa de vaina planta^{-1} (BVP), biomasa de vainas sin semillas (BVSS), número de vainas planta^{-1} (NVP). Los resultados que el investigador obtuvo fueron, se encontraron diferencias significativas en las variables de AP, NH, NVP, NS y BVP, siendo el tratamiento T_5 que mejor se comportó frente a los demás tratamientos obteniendo valores a los 56 días después de la siembra a campo definitivo hasta el final de la investigación y estos valores son: 59,15 a 160,58 cm, 77,10 hojas·planta-1, 11,45 ods planta^{-1}, 17,73 g y 4,36 g respectivamente. El investigador que, mediante esta información que se generó por la ejecución de esta investigación tendrá una muy importante contribución en el mejoramiento de este cultivo.

Fernández et al., (2020) en su investigación denominado "*Deficiencias nutrimentales inducidas en higuera cv. Neza en condiciones Hidropónicas*", investigación que fue realizado en la ciudad de México;

La investigación fue realizada en condiciones de invernadero usando la técnica del elemento faltante con un diseño experimental de DCA con 6 tratamientos y 5 repeticiones siendo los tratamientos: solución completa y cinco de ellos sin un macronutriente: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio y las variables que se evaluaron fueron área foliar, diámetro del tallo, número de hojas, altura y número de frutos, y un análisis de tejido

vegetal. Los resultados que los investigadores obtuvieron fueron, se encontraron diferencias significativas siendo los tratamientos sin Ca y N diferentes a la solución completa en contenido nutrimental y crecimiento siendo los efectos observados de forma visual por los investigadores y en el tratamiento si P no se encontraron diferencias significativas. Los investigadores concluyeron que, mediante esta técnica se puede realizar una buena producción de este cultivo.

Herrera Ramírez et al., (2014) en su investigación titulado "*Evaluación de Requerimientos Nutricionales en Vivero de Especies Tropicales Empleadas en Silvicultura Urbana*" investigación que fue realizada en la ciudad de Medellín, Colombia;

Evaluaron los efectos de diferentes concentraciones de nutrientes en viveros de especies como *Tabebuia chrysantha* y *Margaritaria nobilis* en silvicultura urbana con la técnica de elemento faltante. En sus resultados obtenido fueron, la concentración óptima de nitrógeno y azufre para un crecimiento adecuado varió entre las especies, siendo más eficiente la combinación de 4.0 g/L de nitrógeno y 2.0 g/L de azufre, lo que resultó en un incremento del 45% en la biomasa total de las plantas cultivadas, el desbalance de bases calcio/magnesio y magnesio/potasio afectó el crecimiento en altura de todas las especies, evidenciado en los altos crecimientos obtenidos para los tratamientos deficientes en calcio y magnesio. Los investigadores concluyeron que, las fórmulas nutricionales utilizadas en vivero deben reajustarse a las exigencias individuales de las especies, para producir mejores árboles para la ciudad.

Consuegra et al., (1995) en su investigación denominado "*Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de Chachafruto Erythrina edulis*", investigación que fue realizado en Colombia;

> Las plántulas de chachafruto *Erythrina edulis* fueron sometidas a deficiencias de N, P, K, Ca y Mg. Los resultados que los investigadores obtuvieron fueron, los tratamientos con la dosis media de los elementos, excepto Medio K, presentaron diferencias significativas con el tratamiento completo para área foliar, altura de plántula y peso seco de la parte aérea. N, P y K mostraron más rápido los síntomas visuales de deficiencias, mientras Ca y Mg se manifestaron a los 45 y los 65 días respectivamente después de aplicadas las soluciones.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Salas Guerra, (2024) en su investigación titulada "*Niveles de deficiencias nutricionales en caoba (Swietenia macrophylla King) desarrollada a nivel de invernadero en el distrito de La Banda de Shilcayo - San Martín*", investigación que fue realizado en la cuidad de Tarapoto, San Martin;

> El diseño de la investigación fue un DCA con 12 tratamientos + testigo con 4 repeticiones. Los tratamientos en investigación fueron: T_0: macro y micro nutrientes (Control), T_1: N, T_2: P, T_3: K, T_4: Ca, T_5: Mg, T_6: S, T_7: Fe, T_8: Mn, T_9: B, T_{10}: Zn, T_{11}: Cu y T_{12}: Mo, los sustratos fueron en proporción de 1:1:1 - tierra agrícola, cascarilla carbonizada y compost. Los resultados obtenidos por el investigador fueron, los de mayores síntomas de deficiencia fueron los tratamientos de Fe y N y los demás tratamientos presentaron mayores síntomas cloróticos en hojas, el T_1 mostro un crecimiento lento, los

tratamientos T_1, T_2, T_8 y T_9 evidenciaron diferencias de colores anormales en las hojas.

Guillen Toscano, (2024) en su tesis titulada "*Técnica del elemento faltante en la evaluación de la fertilidad del suelo con cultivo de palto (Persea americana Mill.), en Churcampa - Huancavelica, 2021*". Investigación que fue realizado en la ciudad de Churcampa, Huancavelica;

El investigador uso un diseño experimental de DCA con 9 tratamientos y 3 repeticiones evaluando productividad de materia seca (g/maceta), para evaluar la fertilidad del suelo se utilizó muestras de suelo para ser incorporados en macetas de 1 Kg de capacidad y con la técnica del elemento faltante se sembraron plantas de tomate como planta indicadora de fertilidad de suelo. Los resultados que el investigador obtuvo fueron, el N total y el P resultaron con valores bajos, de valores medios fueron el Ca, S, Mg y oligoelementos, de valores medio a alto fue el K, encontrándose en forma desequilibrada la proporción de cationes, el mayor valor lo obtuvo el tratamiento completo presentando deficiencias en N>P>ME>K>S>Ca>Mg.

2.1.3. Antecedentes Locales

Ramírez Tello, (2014) en su tesis titulado "*Efecto de la Carencia de Micro Elementos en el Crecimiento de Plantones y Síntomas de Deficiencia en el Cultivo de Camu camu (Myrciaria dubia (H.B.K) Me. Vauhg)*", investigación que fue realizado en el laboratorio de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali – Pucallpa;

El experimento tuvo un diseño de DCA con 9 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados que el investigador obtuvo fueron, encontró diferencias

significativas en el tamaño de la parte aérea, raíz, diámetro de tallo y numero de hojas, siendo el T_1 compuesto por solución completa de Hoagland y Arnon que mostro un incremento en longitud en la parte aérea, diámetro de tallo y numero de hojas, pero un crecimiento intermedio en longitud de raíz en comparación con otros tratamientos.

Cervantes Huilca, (2014) en su tesis titulado "*Efecto de la carencia de macro elementos nutritivos en el crecimiento inicial y síntomas de deficiencia en caoba (Swletenla macrophya Klng.) en Pucallpa*", investigación que fue realizado el laboratorio de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali;

El investigador aplicó soluciones nutritivas con omisión individual de N, P, K, Ca, Mg y S por tres meses en plantas de caoba con almacigo de sustrato arena. Los resultados que el investigador obtuvo fueron, el tratamiento T_1 (solución completa) se comportó mejor en altura de la planta, los tratamientos T_7 (-S) y T_6 (-Mg) no tuvieron diferencias significativas con el tratamiento completo, los síntomas fueron similares entre tratamientos, sin enfermedades ni manchas. Las raíces mostraron desarrollo normal, con longitud moderada, abundantes raíces absorbentes y apariencia saludable en general.

Vargas Barbaran, (2013) en su tesis titulado "*Efecto de la Carencia de Micro Elementos en el Crecimiento Inicial y Síntomas de Deficiencia en el Cultivo de Bolaina Blanca (Guazuma crinita Mart.) en Pucallpa*" investigación que fue realizado en el laboratorio de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali;

El investigador utilizo la técnica de omisión de nutrientes, estableció siete tratamientos con soluciones nutritivas carentes de Fe, Cu, Zn, Mn, Mo y B, aplicadas en plantas cultivadas en contenedores de cuatro litros bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro repeticiones. Los resultados que obtuvo el investigador fueron, la deficiencia de estos microelementos ocasionó síntomas visibles como clorosis, necrosis y deformaciones foliares, así como una reducción significativa en el crecimiento de las plántulas. El investigador concluye que, la investigación realizada permitió identificar los nutrientes esenciales para el desarrollo saludable de *G. crinita* en sus etapas iniciales, siendo una referencia importante para el manejo nutricional en viveros forestales.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Impacto de las Deficiencias Nutricionales con la Técnica del Elemento Faltante en Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

2.2.1.1. Formulación de las Soluciones Nutritivas

La solución nutritiva (SN) la podemos definir como una disolución acuosa que contiene oxígeno y todos los nutrientes que la planta necesita para realizar todos sus procesos fisiológicos, estando disponibles para que los tome en el momento que los requiera. (Groho Garden, 2025)

Una solución nutritiva es una mezcla de nutrientes vegetales disueltos en el agua de riego. La fuente de los nutrientes es fertilizantes solubles. Se utiliza principalmente en cultivos sin suelo e hidropónicos, donde la solución nutritiva es la única fuente de nutrientes para las plantas. (Sela, 2025)

También llamada Solución Hidropónica es una mezcla de nutrientes disueltos en agua que se utilizan para “alimentar” a las plantas cultivadas en un sistema hidropónico. (Hernández Villaseñor, 2024)

Es la mezcla de diversos fertilizantes que al solubilizarse en agua hacen que los elementos químicos que los forman se ionizen y puedan fácilmente ser absorbidos por las raíces de las plantas. (InfoAgronomo, 2024)

Una solución nutritiva es una mezcla de elementos químicos en una solución acuosa, cuya concentración y relaciones entre ellos, favorecen la absorción de los nutrientes por el cultivo. (AEFA, 2022)

2.2.1.2. Administración de Tratamientos de Macro y Micro Nutrientes

Cada especie vegetal tiene necesidades nutricionales específicas, por lo que es importante conocer los requisitos de nutrientes de cada cultivo, ya que esto puede afectar directamente el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo. (Rizobacter, 2024)

El propósito de la administración de nutrientes es disminuir el transporte de nutrientes hacia las fuentes de agua; planificando y supliendo la cantidad necesaria de nutrientes obteniendo un óptimo rendimiento y calidad de plantas; promoviendo prácticas de manejo manteniendo sin afectar el suelo. (Sierra et al., 2024)

Según la revista ITC, (2023) menciona que la tecnología avanzada, como las bombas dosificadoras de ITC, asegura una dosificación eficiente, mejorando la productividad y reduciendo el impacto ambiental. Este enfoque integral de administración de nutrientes es crucial para la sostenibilidad y eficiencia en la producción forestal de la Amazonía peruana.

La deficiencia de nutrientes en las plantas es la principal causa en las alteraciones en el crecimiento, conlleva una irremediable pérdida de rendimiento. La deficiencia de nutrientes y su administración, micro y macro, puede diagnosticarse de forma visual para aplicar el tratamiento lo antes posible. (Cherlinka, 2022)

En el contexto de los estudios sobre Pumaquiro, es esencial comprender cómo los elementos faltantes afectan a las plantas en vivero. Según Kumar et al., (2021), las interacciones entre macro y micronutrientes, como nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), zinc (Zn) y hierro (Fe), son complejas y pueden influir significativamente en la fisiología de las plantas.

2.2.1.3. Reacción a la Falta de Elementos de los Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

La reacción a la falta de elementos en los plantones de pumaquiro implica observar y analizar cómo responden las plantas a la deficiencia de macro y micronutrientes. Este proceso requiere la aplicación controlada de tratamientos específicos para inducir deficiencias y evaluar los síntomas visuales y fisiológicos que se manifiestan en las plantas afectadas. La identificación precisa de estos síntomas es crucial para comprender las necesidades nutricionales de los plantones de Pumaquiro y desarrollar estrategias efectivas de corrección y prevención de deficiencias nutricionales en su cultivo.

2.2.2. Técnica del Elemento Faltante

Pueden describirse como elementos cuyo valor nutricional no se conoce habitualmente, pero que ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas. (Royal Brinkman, 2025)

La Técnica del elemento faltante y presente, es un procedimiento de evaluación de la fertilidad potencial del suelo a través de una prueba biológica. (Alca Mendoza, 2025)

Ley del mínimo de Liebig, el rendimiento del cultivo es limitado por el mínimo elemento nutritivo, y un exceso de cualquier otro nutriente no compensa la deficiencia. Un exceso de ciertos nutrientes trae efectos negativos en el desarrollo de la planta y en los rendimientos del cultivo. (AZUD, 2023)

Fairhurst & Witt., (2022) proponen una metodología para suministrar nutrientes a las plantas según sus necesidades específicas, ajustando dinámicamente el uso de fertilizantes químicos para abordar deficiencias nutricionales y optimizar el rendimiento agrícola.

En resumen, la técnica del elemento faltante es un indicativo de un buen rendimiento del cultivo y un buen desarrollo de la planta indicando síntomas de carencia del elemento faltante en la panta y así poder tomar decisiones de fertilidad.

2.2.3. Deficiencia Nutricional

La deficiencia de nutrientes en las plantas es un concepto indica que existe una cantidad limitada e inferior a la necesaria de elementos químicos vitales para las plantas, que conducirán a desviaciones respecto a su correcto desarrollo. (Cherlinka, 2025)

Es cuando las plantas no obtienen suficientes nutrientes esenciales del suelo para su desarrollo y crecimiento. Estos nutrientes se dividen en macronutrientes y micronutrientes. (Agrotey, 2025)

Las deficiencias nutrimentales en las plantas, se manifiestan de forma visual cuando llegan a una etapa aguda. En este punto, el crecimiento y el desarrollo de la planta ya han sido severamente afectados, mostrando los síntomas característicos que ya son evidentes a simple vista. (Imas, 2024)

Las deficiencias nutricionales en las plantas se refieren a la falta o disponibilidad insuficiente de nutrientes esenciales necesarios para su crecimiento y desarrollo saludables evidenciando síntomas visibles de deficiencia. (Sela, 2023)

Consideramos deficiencia cuando un nutriente no se encuentra disponible en la solución, o no se encuentra en el nivel adecuado para el cultivo. Esto afecta al crecimiento y el desarrollo, y crea anomalías dentro de la estructura fisiológica de las plantas. (Raquel, 2022)

2.2.4. Macronutrientes y Micronutrientes

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y son grandes cantidades las que tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Dentro de este grupo que la planta necesita para su desarrollo tenemos los primarios: nitrógeno, fósforo y potasio. (AEFA, 2024)

Los macronutrientes son los componentes que se deben consumir en elevadas cantidades para realizar las funciones específicas. Las plantas obtienen la energía del sol y los principales macronutrientes son: carbono, hidrógeno y oxígeno, que obtienen mediante el agua o el aire. (Capdevila, 2023)

Los macronutrientes son los encargados de proporcionar energía a nuestros cultivos y de dotarlos con las herramientas necesarias para que puedan absorber las sustancias esenciales que les permitirán crecer fuertes y mantenerse con vida. (Salvador Aguilar, 2022)

Los macronutrientes son aquellos elementos que se necesitan en relativamente grandes cantidades. Entre ellos se incluye nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo. (Proain, 2020)

Los micronutrientes desempeñan importantes funciones metabólicas como cofactores enzimáticos, al formar parte de la estructura de numerosas enzimas (grupos prostéticos) o al acompañarlas (coenzimas). (Wikipedia, 2025)

Los micronutrientes son elementos esenciales que las plantas requieren en pequeñas cantidades para llevar a cabo procesos vitales. Aunque no se necesitan en grandes proporciones, su presencia es crucial para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas. (Dirección Agrotey, 2024)

Los micronutrientes son: Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, B, Mo y Cl. Los cinco primeros de ellos se comportan en el suelo como cationes y así son absorbidos por las plantas, mientras que los restantes se comportan como aniones: borato, molibdato y cloruro. (Solórzano Peraza, 2023)

Los micronutrientes son aquellos elementos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades (en ocasiones cantidades traza), como hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, cloro y molibdeno. Tanto macronutrientes como micronutrientes son obtenidos de manera natural del suelo. (Proain, 2020)

2.2.4.1. Principales Funciones de los Macronutrientes

Son esenciales para las plantas en mayores cantidades y se dividen en primarios y secundarios. Los primarios incluyen el N, P y K, los secundarios: el Ca, Mg y S. Su función principal es el desarrollo estructural de la planta y el suministro de energía. (Dirección Agrotey, 2024)

Son: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), con una gran variedad de funciones esenciales para la planta como la producción de aminoácidos, fotosíntesis y su deficiencia puede llevar a un lento desarrollo y, en ocasiones, la muerte. (Gómez Moreno, 2024)

Son elementos esenciales que las plantas necesitan en grandes cantidades para su crecimiento. Incluyen nitrógeno, fósforo y potasio (primarios), y calcio, magnesio y azufre (secundarios). Estos nutrientes son fundamentales para diversas funciones fisiológicas y afectan el rendimiento y la calidad de los cultivos. (SQM, 2024)

Son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, actúan como unidades estructurales y agentes sensibles al redox, la aplicación de macronutrientes aumenta la producción, crecimiento y calidad de los cultivos; juegan un papel en cada etapa de la vida de la planta. (Niazi & Wahid Monib, 2023)

Proporciona la energía necesaria para mantener las funciones corporales de la planta. Generalmente su aplicación aumenta el crecimiento, rendimiento y la calidad de los cultivos. Su deficiencia puede provocar la aparición de síntomas y enfermedades específicos en las plantas. (Shinde et al., 2021)

2.2.4.2. Principales Funciones de los Micronutrientes

Las consecuencias de la falta de estos nutrientes pueden variar desde crecimiento perjudicado y descoloración de las hojas hasta la pérdida de los cuerpos fructíferos. En todos los casos los rendimientos de las cosechas disminuyen. (CRODA, 2025)

Se requieren en cantidades significativamente menores que los macronutrientes, los micronutrientes son igualmente importantes para la salud de las plantas. Su función se relaciona más con procesos enzimáticos y de regulación, necesarios para la activación de funciones específicas dentro de la planta. (Dirección Agrotey, 2024)

Incluyen elementos: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno, estos elementos están involucrados en la fotosíntesis, respiración, división celular y producción de enzimas, entre otros procesos fundamentales. Sin una nutrición adecuada de micronutrientes, las plantas pueden sufrir clorosis, marchitez, deformaciones y retraso en el crecimiento. (Pachón Sales, 2023)

Además de su papel en el crecimiento vegetal, los micronutrientes también juegan un papel crucial en el fortalecimiento del sistema de defensa de las plantas. La deficiencia puede afectar las barreras físicas y químicas de las plantas, haciéndolas más susceptibles a enfermedades causadas por patógenos. (Pachón Sales, 2023)

Participan en transferencia de electrones o forman complejos enzimáticos para ligar enzimas a sustratos; algunos también hacen parte de la enzima súper óxido dismutasa, encargada de eliminar radicales de oxígeno tóxicos, protegiendo las células de posibles daños. (Pachón Sales, 2023)

2.2.5. Análisis Foliar

Es una práctica que nos permite detectar deficiencias nutricionales para así realizar un adecuado programa de abonado según los requerimientos del cultivo y de la planta. (González & Palacios, 2025a)

El análisis foliar es una herramienta de diagnóstico nutricional de la planta. El análisis de hojas nos da una instantánea del estado nutricional del cultivo. (CSR, 2025)

Es una práctica que nos permite detectar deficiencias nutricionales para así realizar un adecuado programa de abonado según los requerimientos del cultivo y de la planta. (González & Palacios, 2025b)

Es un tipo de análisis químico que analiza el contenido de los principales macro y micronutrientes que se encuentran en la parte aérea de la planta. Se trata de una herramienta fundamental que puede evitar problemas de desarrollo vegetativo o de cuajados deficientes en plantaciones. (INNOTEC, 2021)

El análisis foliar podría definirse como, un análisis químico del contenido en nutrientes de la planta, y por extensión, del cultivo. Es una excelente herramienta de diagnóstico, para determinar las deficiencias y excesos de nutrientes de la planta o cultivo. (AGQ, 2020)

2.2.6. El Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Esta especie es utilizada en la construcción, carpintería. Es utilizado en la agricultura como sombra para el cultivo del café, mejora la fertilidad del suelo con la incorporación de las hojas como materia orgánica. Brinda beneficios ambientales como son, la protección de la biodiversidad por medio de la retención de artrópodos en sus hojas y cortezas que estos sirven de alimentos para aves que se alimentan de insectos. (Ken Fern, 2022)

2.2.6.1. Descripción Taxonómica

Según el portal web Maderas del Perú, (2023) se clasifica de la siguiente manera:

Reino:	Plantae
Orden:	Gentianales
Familia:	Apocynaceae
Especie:	*Aspidosperma macrocarpon* Mart.
Sinonimia:	*Aspidosperma platuphyllum* M. Arg. *Aspidosperma verbacifolium* M. Arg. *Aspidosperma gardneri* M. Arg.
Nombres comunes:	Perú: pumaquiro. Bolivia: gabetillo. Brasil: maparaná, pau marfim, araracanga. Colombia: canelo, cestillo. México: volador. Venezuela: amargo, amarillo, cabo de hacha.
Nombre comercial internacional:	Araracanga

Los sinónimos son: *Aspidosperma platuphyllum* M. Arg., *Aspidosperma verbacifolium* M. Arg., *Aspidosperma gardneri* M. Arg.

Se encuentra en las formaciones ecológicas de Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) en transición a Bosque Húmedo Tropical (bh-T), en bosques primarios y secundarios hasta los 700 msnm, extendiéndose en todo Suramérica parte norte, amazonia central y occidental. En el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto, San Martin, Pasco y Ucayali en los bosques primarios no inundables. (Maderas del Perú, 2023)

Aspidosperma macrocarpon Mart., (conocido como pumaquiro) se destaca como una de las especies forestales más solicitadas tanto en el ámbito nacional como internacional, gracias a sus notables propiedades tecnológicas y su elevado valor comercial. (Tesillo, 2020)

2.2.6.2. Descripción Botánica de la Especie y Distribución

De fuste recto cilíndrico ahusado. Altura comercial promedio de 22 m, altura total promedio de 30 m. Diámetro promedio a la altura del pecho de 0,55 m. Corteza externa de color marrón parduzco de forma acanalada, profundamente fisurada. Textura compacta. Su espesor es de 2 a 4 cm. Corteza interna de color crema. Segrega látex blanquecino en cantidades pequeñas. (Maderas del Perú, 2023)

2.3. Definición de términos básicos

- **Clorosis**: Incapacidad de la planta para producir clorofila. (Acosta, 2020)
- **Deficiencia de nutrientes**: Cantidad limitada e inferior a la necesaria de elementos químicos vitales para las plantas. (Cherlinka, 2025)
- **Necrosis**: Muerte del tejido vegetal. (Sloane, 2022)
- **Nutrientes esenciales**: Elementos que las plantas necesitan para un crecimiento adecuado. (Sela, 2025)
- **Viverización**: Proceso mediante el cual se cultivan plantas ornamentales y/o forestales en instalaciones llamadas viveros. (De la Vega Planet, 2020)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

El método de la investigación fue del tipo de experimental, correlacional, de laboratorio y campo con enfoque cuantitativo; porque permitió medir el nivel de relación existente entre las variables: solución nutritiva y planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.), se determinó el grado de relación entre las variables en un tiempo específico, es hipotético deductivo, porque se planteó una hipótesis de trabajo. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2020). Por su función de su propósito esta investigación fue aplicada, porque se buscó generar información del efecto de la solución nutritiva en la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) como define Alvarez Risco, (2020) a la investigación aplicada: "*Cuando la investigación se orienta a conseguir un nuevo conocimiento que permita soluciones de problemas dentro de los procesos industriales*"

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población fueron 300 plantas producidas en el vivero forestal de la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) filial Ucayali.

3.2.2. Muestra

La muestra se determinó de manera no probabilística (por conveniencia) seleccionando los mejores plantones de la especie Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon Mart.*) que fueron en total 52 plantones que estaban establecidas

en el vivero forestal de la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) filial Ucayali.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Para el procedimiento de recolección de datos se siguieron las siguientes actividades:

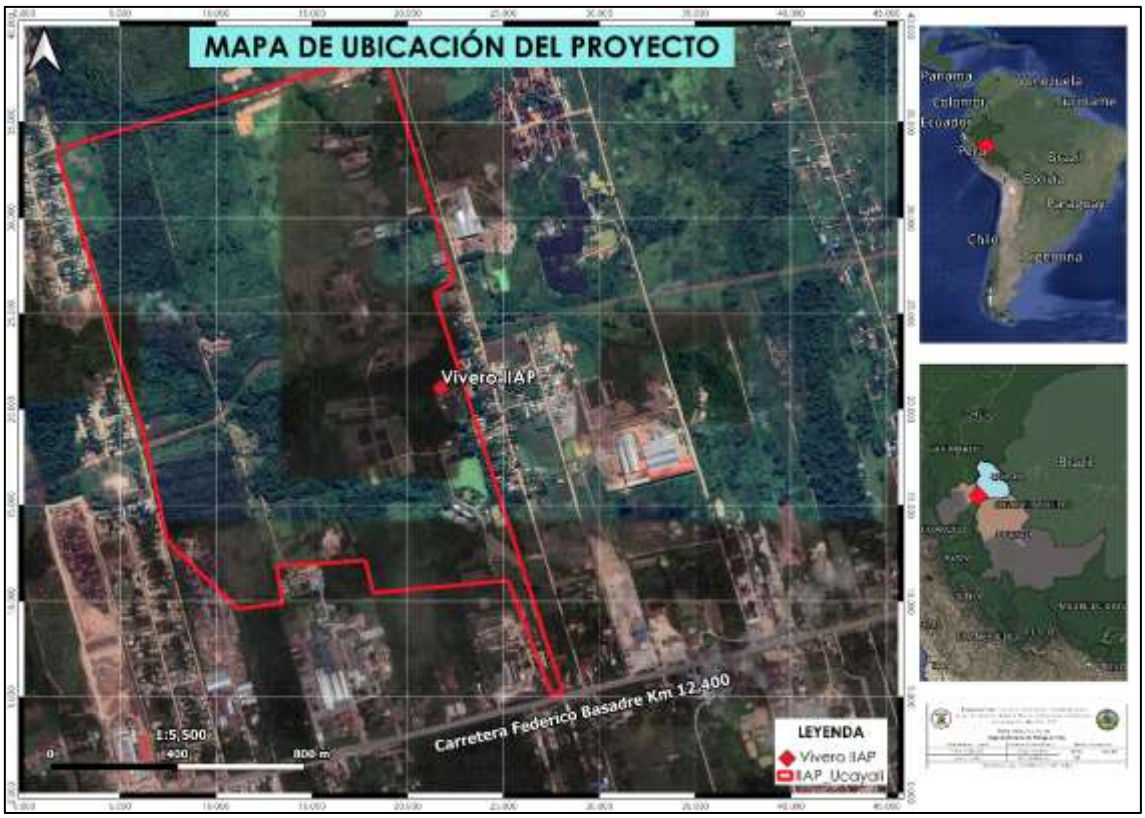
a) Ubicación del Área de Estudio

La ejecución del proyecto estuvo ubicada en el IIAP Ucayali ubica en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, Carretera Federico Basadre Km.12.400 en dirección Pucallpa – Tingo María margen derecho, teniendo como punto de referencia la siguiente ubicación geográfica WGS 84 539551.66 E, 9071730.75 N Zona 18 S.

El clima según el Sistema Holdrige, Ucayali se clasifica como “bosque húmedo tropical” y según la clasificación de los bosques amazónicos pertenece al ecosistema “bosques tropicales semi siempre verde estacional”. (Cochrane, 1982). Según SENAMHI, (2024) la temperatura máxima es de: 31°C a 33°C en áreas de Loreto y de 29°C a 31°C en Ucayali y Madre de Dios. La temperatura mínima es 28 de: 21°C a 23°C en el Loreto y de 19°C a 21°C en Ucayali y Madre de Dios. La precipitación anual es de: de 2000 mm a 3500 mm aproximadamente.

Figura 1.

Mapa de ubicación del área de investigación, coordenadas geográficas WGS 84 539551.66 E, 9071730.75 N Zona 18 S.



b) Preparación del Área de Investigación

Se acondiciono el vivero de la Institución de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) para realizar la preparación de los tratamientos y su aplicación correspondiente a los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

c) Siembra de los Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Los plantones fueron obtenidos del vivero forestal del IIAP de la especie pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.). Se tuvo en cuenta las plantas más vigorosas y sanas, y que fueran las más homogéneas entre ellas, para ello

se midió con una regla la altura y diámetro, de esta forma fueron clasificadas por su tamaño y estado fitosanitario.

Las plantas fueron sembradas en macetas sobre sustrato arena, grava y gravilla, debiendo de ser lavadas y secadas previamente. La arena fue tamizada, mediante la clasificación de suelos según la tabla de Kopecky, con el tamiz de granulometría media. Se efectuó la desinfección por la técnica de vapor de agua, el cual se realizó en un cilindro metálico. Se usaron macetas de 30 cm de diámetro, de 5 Kg de capacidad, y 52 unidades. En las macetas se albergó el depósito de grava, seguido de gravilla y luego una capa fina de arena desinfectada, posteriormente se colocaron las plantas y para concluir se completó el relleno con la misma arena.

d) Preparación de los Tratamientos

Este estudio correspondió a 12 tratamientos más el testigo (13 tratamientos) de fertilización al sustrato, contando con cuatro repeticiones. Se evaluaron los elementos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, B, Mo, Zn y Cu) y un tratamiento control (cuenta con todos los macro y micronutrientes), mediante la técnica del elemento faltante. Las soluciones se prepararon utilizando los volúmenes que se indica a continuación:

Tabla 1.

Detalle de la solución nutritiva.

Concentración de propuesta de nutrientes gr/lt	Nitrato de Potasio	Nitrato de Amonio	Nitrato de Calcio	Nitrato de Magnesio	Cloruro de Calcio	Fosfato Monopotasic	Sulfato de Potasio	Sulfato de Amonio	Cloruro de Potasio	Sulfato de Magnesio	Quetato de Hierro	Ácido Bórico	Sulfato de Magnesio	Sulfato de Zinc	Sulfato de Cobre	Molibdato de Amonio
Control (ml/L)	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	1	1	1	1	1	1
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	20	20	20	20	20	20
N	0	0	3.8	0	10	10	52	0	0	10	1	1	1	1	1	1
20 lt	0	0	76	0	200	200	1040	0	0	200	20	20	20	20	20	20
P	10	0	10	0	0	1.2	22	0	0	10	1	1	1	1	1	1
20 lt	200	0	200	0	0	24	440	0	0	200	20	20	20	20	20	20
K	0	10	10	0	0	10	0	10	0	10	1	1	1	1	1	1
20 lt	0	200	200	0	0	200	0	200	0	200	20	20	20	20	20	20
Ca	10	19.6	3.8	0	0	10	10	0	0	10	1	1	1	1	1	1
20 lt	200	392	76	0	0	200	200	0	0	200	20	20	20	20	20	20
Mg	4.3	7.6	10	0	0	10	35	0	0	1	1	1	1	1	1	1
20 lt	86	152	200	0	0	200	700	0	0	20	20	20	20	20	20	20
S	1.4	0	10	10	0	10	0	0	10	1	1	1	1	1	1	1
20 lt	28	0	200	200	0	200	0	0	200	20	20	20	20	20	20	20
Fe	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	0	1	1	1	1	1
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	0	20	20	20	20	20
Mn	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	1	1	0	1	1	1
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	20	20	0	20	20	20
B	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	1	0	1	1	1	1
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	20	0	20	20	20	20
Zn	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	1	1	1	0	1	1
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	20	20	20	0	20	20
Cu	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	1	1	1	1	0	1
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	20	20	20	20	0	20
Mo	10	0	10	0	0	10	10	0	0	10	1	1	1	1	1	0
20 lt	200	0	200	0	0	200	200	0	0	200	20	20	20	20	20	0

Con el objetivo de preparar 20 litros de solución nutritiva para cada tratamiento de macro y micronutrientes en plantas de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.). Se mezclaron las dosis requeridas por litro de agua según cada tratamiento específico. La aplicación de estas soluciones se realizó con una dosis de 50 ml por unidad experimental, con una distribución de 200 ml de dosis aplicadas diariamente por tratamiento.

Figura 2.

Preparación de los tratamientos.



e) Aplicación de los Tratamientos

Los tratamientos se aplicaron a las plantas que fueron sembrados en las macetas, se aplicaron diariamente desde el primer día hasta el quinto mes.

Figura 3.

Aplicación de los tratamientos.



Figura 4.

Aplicación de los tratamientos a los plantones de pumaquiro.



f) Evaluaciones de Campo

Las evaluaciones de campo fueron cada mes por 5 meses y consistieron de las siguientes evaluaciones:

- Altura promedio de la planta: Se midió desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta utilizando una regla metálica graduada.
- Diámetro promedio de la planta: Se midió en la base del tallo a una altura de 3 cm utilizando un vernier digital.
- Evaluación de sintomatologías: Las evaluaciones sintomatológicas consistieron en identificar los tipos de características anormales que expresa la planta de acuerdo con la insuficiencia de algún elemento nutritivo identificado de una forma visual, donde se evaluaron en la planta de cada tratamiento la marchitez, clorosis, necrosis y color purpureo.

- Clorofila total de la planta: Se evaluó manualmente utilizando el Clorofilómetro Chlorophyll Meter (modelo SPAD 502 de Konica Minolta), la evaluación se llevó a cabo al segundo mes de la aplicación de los tratamientos donde se evaluó en dos hojas en la parte media de cada planta.
- Peso verde total de la planta: Esta actividad se realizó al finalizar el experimento dividiendo a la planta en tres partes, peso húmedo de las hojas, peso húmedo del tallo y peso húmedo de la raíz, para luego ser sumado los pesos para obtener el peso verde total por planta, esto se aplicó a todos los tratamientos y repeticiones utilizando el equipo de la balanza analítica.

Figura 5.

Planta de pumaquiro afectado por marchitez.



Figura 6.

Planta de pumaquiro afectado por necrosis.



Figura 7.

Planta de pumaquiro afectado por clorosis.



g) Tabulación de los Datos

Los datos fueron tabulados en una hoja Excel y posteriormente fueron descargados los datos en el programa estadístico InfoStat 2023 con un nivel de significancia del 95% para encontrar si existen diferencias significativas, los datos que el programa estadístico proceso fueron los tomados en campo correspondiente a los parámetros de variables de crecimiento, desarrollo y calidad; complementariamente para el análisis de calidad, se utilizaron fórmulas para calcular los índices establecidos con valores cuantitativos; adicionalmente con los resultados del ANVA, de haberse encontrado diferencias significativas se

procedió a realizar la prueba de comparación de medias Tukey con una significancia del 95%.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas

La recolección de datos estuvo conformada por el formato de evaluación de campo, se evaluaron mensualmente durante 5 meses y que consistió de las siguientes evaluaciones:

- Mediante la formulación de soluciones nutritivas bajo la técnica del elemento faltante aplicados a los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) se evaluaron las deficiencias nutricionales que estos pueden ocasionar a estos plantones.
- Se analizaron la administración de tratamientos de macro y micronutrientes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero mediante la técnica del elemento faltante; los elementos macronutrientes fueron N, P, K, Ca, Mg, S y los micronutrientes fueron Fe, Mn, B, Mo, Zn y Cu) más un tratamiento control (cuenta con todos los macros y micros nutrientes) administrándolos a los plantones de pumaquiro para su evaluación.
- Se determinaron las diferencias nutricionales en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero con la técnica del elemento faltante; mediante el formato de evaluación de campo se evaluaron por 5 meses las deficiencias nutricionales en los plantones de pumaquiro.

3.4.2. Instrumentos

a) Material de Campo

Los materiales a utilizar son:

- Gorra para sol
- Camisa manga larga
- Botas de hule
- Lápiz y lapicero
- Libreta de campo
- Tablero de campo
- Macetas de 5 kl de capacidad
- Cilindro metálico de 250 gl de capacidad
- Tamiz de granulometría media
- Arena fina, grava y gravilla
- Regla metálica graduada
- Calibrador vernier digital
- Clorofilómetro Chlorophyll Meter (modelo SPAD 502 de Konica Minolta)

b) Material de Oficina

Los materiales a utilizar son:

- Papel bond A4 75 gr
- Folder de manila A4

c) Material de Gabinete

Los materiales a utilizar son:

- Laptop
- Impresora multi uso
- Cámara fotográfica digital

d) Material de Laboratorio

Los materiales a utilizar son:

- Pipetas de 50 ml,
- Goteros
- Guantes quirúrgicos
- Bata de laboratorio
- Agua destilada
- Balanza analítica

e) Material Biológico

Los materiales a utilizar son:

- Plantones de la especie forestal pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

3.5. Procesamiento para recolección de datos

Para el proceso de la recolección de datos tomado durante el transcurso del proyecto se siguió:

- Un modelo aditivo de varianza: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$

Donde:

  - Y_{ij} = Cualquier observación en estudio.
  - μ = Media general
  - T_i = Efecto del i – esimo tratamiento en estudio
  - e_{ij} = Error o residual.

- Análisis de Varianza (ANVA)
  - F.V = Fuentes de Variabilidad.
  - G. L = Grados de Libertad.

Tabla 2.

Análisis de Varianza (ANVA)

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad
Tratamientos	t-1 = 13-1 = 12
Error	N-k = 51-13 = 38
Total	N-1 = 52-1=51

3.6. Tratamiento de datos

Para el tratamiento de datos se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 13 tratamientos incluido un testigo (T_0) con 4 repeticiones a una significancia del 95% o el $\alpha = 0.05$. Cada unidad experimental (UE) estuvo

conformado por un tratamiento; cada tratamiento constó de una maceta que contuvo una planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) para ser evaluado. Fueron 13 UE con 4 repeticiones haciendo un total de 52 UE.

Los tratamientos en investigación se basaron en la técnica del elemento faltante, a continuación, se detallan los tratamientos con el elemento faltante respectivo:

- T_0: Testigo
- T_1: (N) Nitrógeno
- T_2: (P) Fosforo
- T_3: (K) Potasio
- T_4: (Ca) Calcio
- T_5: (Mg) Magnesio
- T_6: (S) Azufre
- T_7: (Fe) Hierro
- T_8: (Cu) Cobre
- T_9: (Mn) Manganeso
- T_{10}: (B) Boro
- T_{11}: (Zn) Zinc
- T_{12}: (Mo) Molibdeno

Tabla 3.

Distribución de los tratamientos.

T_0R_1	T_1R_4	T_2R_1	T_3R_4	T_4R_4	T_5R_3	T_6R_3	T_7R_2	T_8R_3	T_9R_2	$T_{10}R_3$	$T_{11}R_2$	$T_{12}R_1$
T_0R_3	T_1R_3	T_2R_3	T_3R_2	T_4R_3	T_5R_1	T_6R_4	T_7R_4	T_8R_1	T_9R_4	$T_{10}R_4$	$T_{11}R_1$	$T_{12}R_4$
T_0R_4	T_1R_1	T_2R_2	T_3R_1	T_4R_1	T_5R_2	T_6R_1	T_7R_1	T_8R_2	T_9R_3	$T_{10}R_1$	$T_{11}R_3$	$T_{12}R_2$
T_0R_2	T_1R_2	T_2R_4	T_3R_3	T_4R_2	T_5R_4	T_6R_2	T_7R_3	T_8R_4	T_9R_1	$T_{10}R_2$	$T_{11}R_4$	$T_{12}R_3$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado de los Análisis de los Tratamientos

Durante los 5 meses se evaluaron las variables de altura promedio de la planta (cm), diámetro promedio de la planta (mm), evaluación de sintomatologías (marchitez, clorosis, necrosis, color purpureo) y clorofila total de la planta (nm), los resultados se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Evaluación promedio de los tratamientos y sus repeticiones durante los 5 meses.

Tratamientos	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (mm)	Promedio de hojas (Necrosis)	Promedio de hojas (Coloración anormal)	Promedio de hojas (Color purpureo)	Promedio de hojas (Deformación)	Promedio de hojas (Marchitez)	Promedio de Clorofila
T_0R_1	45	5.652	1.2	1.6	0	0.8	0.2	15.96
T_0R_2	47	4.792	0.2	0.6	0	0.6	0	18.12
T_0R_3	49.2	6.01	2.6	4.4	0	0.6	0	32.12
T_0R_4	55	5.62	2.4	5	0	0.2	0	24.86
T_1R_1	51.6	6.54	1.2	7	0	0	0	27.48
T_1R_2	61	6.378	4.4	4.8	0	0.6	0	32.22
T_1R_3	61	7.256	1.6	5.4	0	1.8	0	32.26
T_1R_4	53	5.626	2.8	7.2	0	1.2	0	25.58
T_2R_1	57.6	6.414	3.4	7.4	0	0.6	0	34.16
T_2R_2	55	6.688	3.6	4.6	0	1.4	0	30.46
T_2R_3	54.2	5.93	2.8	3.8	0	0	0	35.08
T_2R_4	48	5.978	5.4	6	0	0.2	0	28.34
T_3R_1	46.1	5.818	4.6	5.2	0	0	0	14.3
T_3R_2	47	5.322	4.6	4.8	0	0	0	26.1
T_3R_3	67.2	6.412	3	3.6	0	0.2	0	37.5
T_3R_4	46.8	5.06	2.8	3.6	0	0.2	0	27.68
T_4R1	54.7	6.824	1.6	3.6	0	0	0	32.1
T_4R_2	49.8	6.034	2.4	4	0	0	0	34.42
T_4R_3	53	6.324	4.4	3	0	0	0	20.9
T_4R_4	54.6	6.75	3.4	3.2	0	0.2	0	22
T_5R_1	52	6.906	3	2.6	0	0	0	27.02
T_5R_2	56.46	6.266	3.8	4.6	0	0.4	0	22.34
T_5R_3	54	6.536	1.8	2.8	0	0.4	0	30.44
T_5R_4	54.2	6.46	1.8	2.6	0	0.4	0	29.56
T_6R_1	49.6	5.254	4.6	3.4	0	1.2	0	34.22
T_6R_2	48.1	5.578	0.8	1.4	0	0	0	9.98
T_6R_3	50.7	4.496	3	1.2	0	0	0	15.6
T_6R_4	56.1	5.984	2.2	3	0	0.6	0	27.54
T_7R_1	61.4	6.366	1.8	3.2	0	0	0	28.22
T_7R_2	56.9	6.256	0.8	2	0	0	0	25.48
T_7R_3	49.4	5.482	2.4	3	0	0.8	0	29.64
T_7R_4	49.8	5.246	0.6	1.8	0	0.4	0	18.22
T_8R_1	54.6	6.838	2.2	3.8	0	0.8	0	30.86
T_8R_2	50.2	6.226	3	2.2	0	0.2	0	21.54
T_8R_3	48.6	5.336	3.8	4	0	0	0	22.52
T_8R_4	49.2	5.24	2.8	4.6	0	0	0	21.3
T_9R_1	52.2	7.082	2	4.8	0	0	0	29.82
T_9R_2	46.2	5.134	1.2	3.6	0	0	0	16.46

T_9R_3	49	4.71	1.6	2.8	0	0	0	14.76
T_9R_4	51.5	5.192	1.2	5.2	0	0	0	19.22
$T_{10}R_1$	65.6	6.576	1.8	3.6	0	0.2	0	31
$T_{10}R_2$	50.6	5.146	4	4.6	0	0	0	16.74
$T_{10}R_3$	50	5.93	3	4.8	0	0.4	0	23.76
$T_{10}R_4$	50.2	5.534	1.8	2.2	0	0.4	0	26.66
$T_{11}R_1$	49.8	6.472	2.6	4.6	0	0	0	19.98
$T_{11}R_2$	46.4	5.48	2.4	3.4	0	0	0	19.64
$T_{11}R_3$	49	4.812	2.6	3.4	0	0.6	0	18.98
$T_{11}R_4$	49.4	4.354	4.4	3.8	0	0.4	0	24.68
$T_{12}R_1$	52.06	5.764	4.2	3.2	0	1.2	0	27.96
$T_{12}R_2$	48.1	6.972	2.2	3.8	0	0.2	0	23.46
$T_{12}R_3$	51.5	5.714	2	4	0	0.6	0	26.64
$T_{12}R_4$	56.5	6.712	2.2	8.6	0	1.4	0	25.42

De la tabla 4, se muestran los tratamientos y las repeticiones, evaluación promedio de los 5 meses que estuvo en investigación.

Tabla 5.

Evaluación del crecimiento en altura.

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
R_1	45	51.6	57.6	46.1	54.7	52	49.6	61.4	54.6	52.2	65.6	49.8	52.06
R_2	47	61	55	47	49.8	56.46	48.1	56.9	50.2	46.2	50.6	46.4	48.1
R_3	49.2	61	54.2	67.2	53	54	50.7	49.4	48.6	49	50	49	51.5
R_4	55	53	48	46.8	54.6	54.2	56.1	49.8	49.2	51.5	50.2	49.4	56.5
Σ	**196.2**	**226.6**	**214.8**	**207.1**	**212.1**	**216.7**	**204.5**	**217.5**	**202.6**	**198.9**	**216.4**	**194.6**	**208.2**
Prom.	**49.1**	**56.7**	**53.7**	**51.8**	**53.0**	**54.2**	**51.1**	**54.4**	**50.7**	**49.7**	**54.1**	**48.7**	**52.0**

Tabla 6.

ANVA para la evaluación del crecimiento en altura.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	269.3	22.45	0.94	0.515
Error	39	927.1	23.77		
Total	51	1196.5			

Figura 8.

Evaluación del crecimiento en altura.

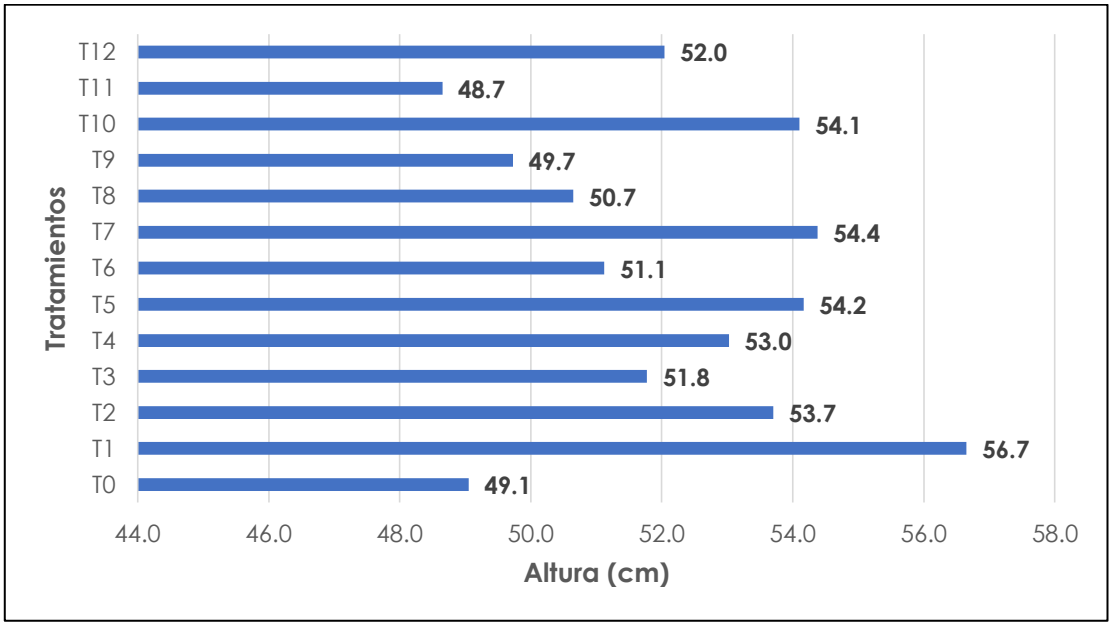


Tabla 7.

Evaluación del crecimiento en diámetro.

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
R_1	5.65	6.54	6.41	5.82	6.82	6.91	5.25	6.37	6.84	7.08	6.58	6.47	5.76
R_2	4.79	6.38	6.69	5.32	6.03	6.27	5.58	6.26	6.23	5.13	5.15	5.48	6.97
R_3	6.01	7.26	5.93	6.41	6.32	6.54	4.50	5.48	5.34	4.71	5.93	4.81	5.71
R_4	5.62	5.63	5.98	5.06	6.75	6.46	5.98	5.25	5.24	5.19	5.53	4.35	6.71
Σ	**22.1**	**25.8**	**25.0**	**22.6**	**25.9**	**26.2**	**21.3**	**23.4**	**23.6**	**22.1**	**23.2**	**21.1**	**25.2**
Prom.	**5.5**	**6.5**	**6.3**	**5.7**	**6.5**	**6.5**	**5.3**	**5.8**	**5.9**	**5.5**	**5.8**	**5.3**	**6.3**

Tabla 8.

ANVA para la evaluación del crecimiento en diámetro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	9.599	0.7999	1.91	0.064
Error	39	16.348	0.4192		
Total	51	25.947			

Figura 9.

Evaluación del crecimiento en diámetro.

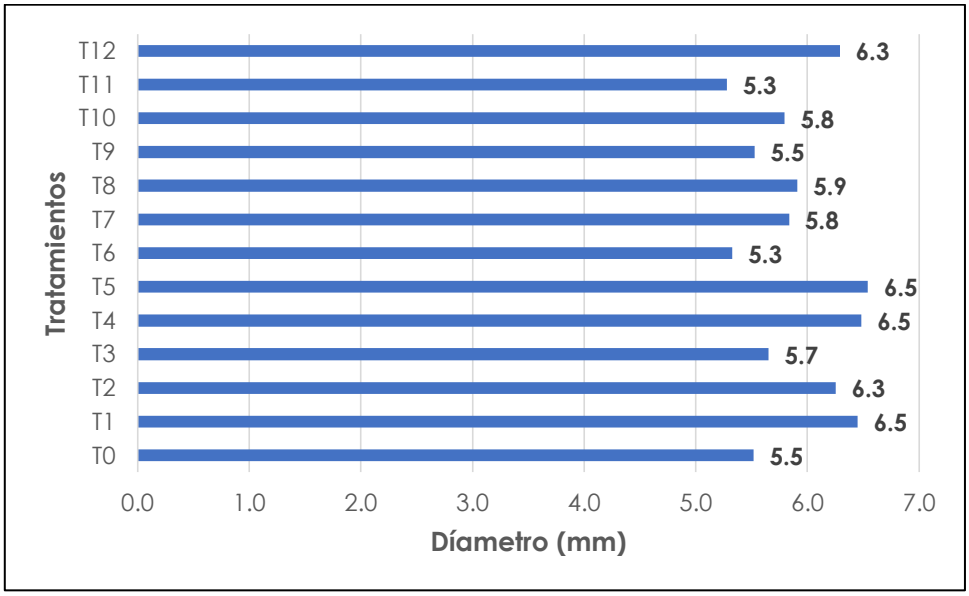


Tabla 9.

Evaluación de hojas (Necrosis)

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
R_1	1.2	1.2	3.4	4.6	1.6	3	4.6	1.8	2.2	2	1.8	2.6	4.2
R_2	0.2	4.4	3.6	4.6	2.4	3.8	0.8	0.8	3	1.2	4	2.4	2.2
R_3	2.6	1.6	2.8	3	4.4	1.8	3	2.4	3.8	1.6	3	2.6	2
R_4	2.4	2.8	5.4	2.8	3.4	1.8	2.2	0.6	2.8	1.2	1.8	4.4	2.2
Σ	**6.4**	**10**	**15.2**	**15**	**11.8**	**10.4**	**10.6**	**5.6**	**11.8**	**6**	**10.6**	**12**	**10.6**
Prom.	**1.6**	**2.5**	**3.8**	**3.75**	**2.95**	**2.6**	**2.65**	**1.4**	**2.95**	**1.5**	**2.65**	**3**	**2.65**

Tabla 10.

ANVA para la evaluación de hojas (Necrosis)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	27.33	2.277	1.99	0.053
Error	39	44.66	1.145		
Total	51	71.99			

Figura 10.

Evaluación de hojas (Necrosis)

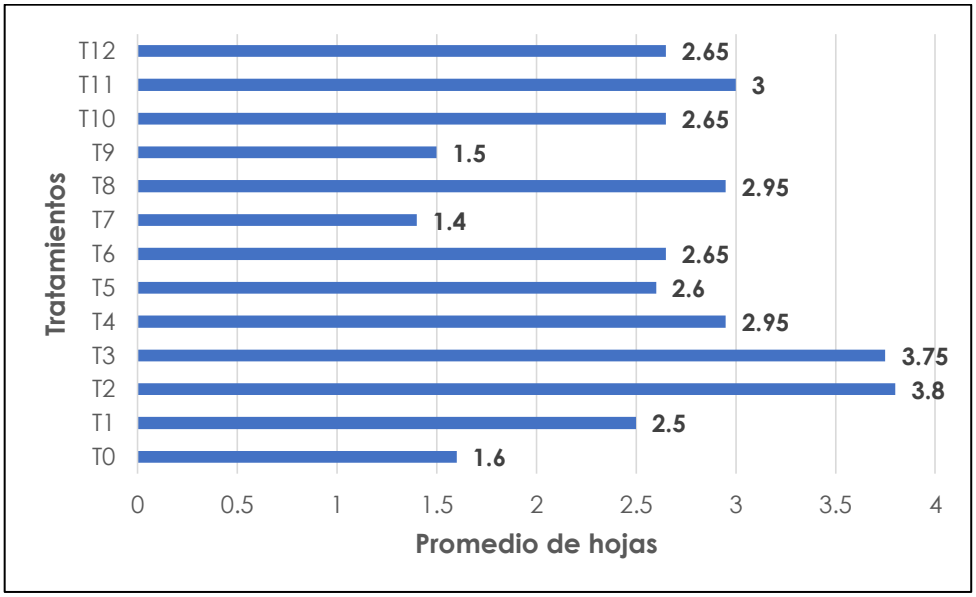


Tabla 11.

Evaluación de hojas (Coloración anormal)

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
R_1	1.6	7	7.4	5.2	3.6	2.6	3.4	3.2	3.8	4.8	3.6	4.6	3.2
R_2	0.6	4.8	4.6	4.8	4	4.6	1.4	2	2.2	3.6	4.6	3.4	3.8
R_3	4.4	5.4	3.8	3.6	3	2.8	1.2	3	4	2.8	4.8	3.4	4
R_4	5	7.2	6	3.6	3.2	2.6	3	1.8	4.6	5.2	2.2	3.8	8.6
Σ	**11.6**	**24.4**	**21.8**	**17.2**	**13.8**	**12.6**	**9**	**10**	**14.6**	**16.4**	**15.2**	**15.2**	**19.6**
Prom.	**2.9**	**6.1**	**5.45**	**4.3**	**3.45**	**3.15**	**2.25**	**2.5**	**3.65**	**4.1**	**3.8**	**3.8**	**4.9**

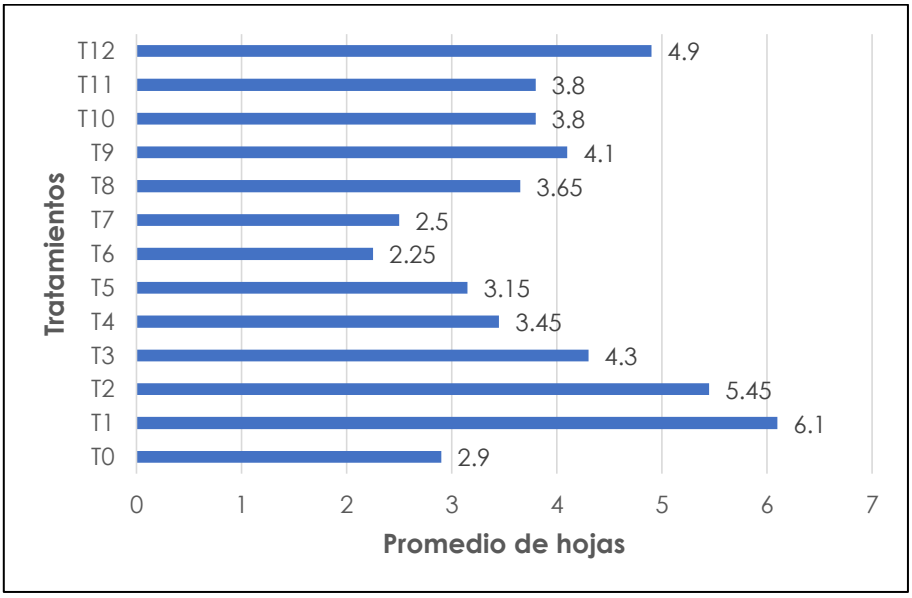
Tabla 12.

ANVA para la evaluación de hojas (Coloración anormal)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	59.85	4.988	2.92	**0.006***
Error	39	66.63	1.708		
Total	51	126.48			

Figura 11.

Evaluación de hojas (Coloración anormal)



En la Tabla 12, se observa que hay diferencias significativas, el valor p es igual a 0.006 que fue menor a la significancia del 95%. Se procedió a la prueba de promedios de Tukey a una significancia del 95%

Tabla 13.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación	
T_1	4	6.1	A	
T_2	4	5.45	A	B
T_{12}	4	4.9	A	B
T_3	4	4.3	A	B
T_9	4	4.1	A	B
T_{11}	4	3.8	A	B
T_{10}	4	3.8	A	B
T_8	4	3.65	A	B
T_4	4	3.45	A	B
T_5	4	3.15	A	B
T_0	4	2.9	A	B
T_7	4	2.5		B
T_6	4	2.25		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizando la prueba de promedios de Tukey a una significancia del 95% se observa que el tratamiento T_1 presento mayor coloración anormal en las hojas de los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en comparación a los demás tratamientos, siendo el tratamiento T_6 y T_7 los tratamientos que menor coloración anormal en las hojas que presento.

Tabla 14.

Evaluación de hojas (Deformación)

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
R_1	0.8	0	0.6	0	0	0	1.2	0	0.8	0	0.2	0	1.2
R_2	0.6	0.6	1.4	0	0	0.4	0	0	0.2	0	0	0	0.2
R_3	0.6	1.8	0	0.2	0	0.4	0	0.8	0	0	0.4	0.6	0.6
R_4	0.2	1.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4	0	0	0.4	0.4	1.4
Σ	**2.2**	**3.6**	**2.2**	**0.4**	**0.2**	**1.2**	**1.8**	**1.2**	**1**	**0**	**1**	**1**	**3.4**
Prom.	**0.55**	**0.9**	**0.55**	**0.1**	**0.05**	**0.3**	**0.45**	**0.3**	**0.25**	**0**	**0.25**	**0.25**	**0.85**

Tabla 15.

ANVA para la evaluación de hojas (Deformación)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	3.791	0.3159	1.9	0.065
Error	39	6.48	0.1662		
Total	51	10.271			

Figura 12.

Evaluación de hojas (Deformación)

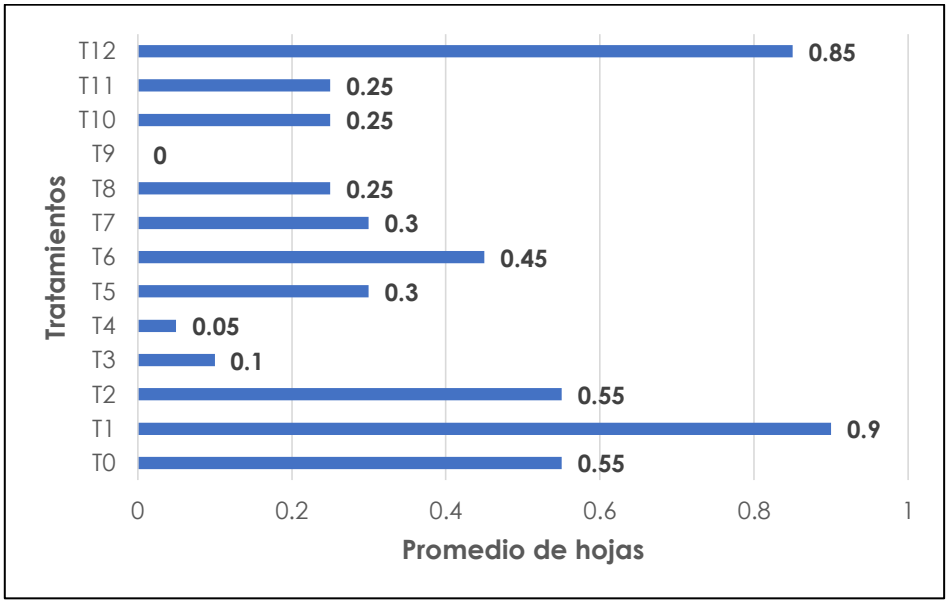


Tabla 16.

Evaluación de Clorofila.

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
R_1	16	27.5	34.2	14.3	32.1	27	34.2	28.2	30.9	29.8	31	20	28
R_2	18.1	32.2	30.5	26.1	34.4	22.3	9.98	25.5	21.5	16.5	16.7	19.6	23.5
R_3	32.1	32.3	35.1	37.5	20.9	30.4	15.6	29.6	22.5	14.8	23.8	19	26.6
R_4	24.9	25.6	28.3	27.7	22	29.6	27.5	18.2	21.3	19.2	26.7	24.7	25.4
Σ	**91.1**	**118**	**128**	**106**	**109**	**109**	**87.3**	**102**	**96.2**	**80.3**	**98.2**	**83.3**	**103**
Prom.	**22.8**	**29.4**	**32**	**26.4**	**27.4**	**27.3**	**21.8**	**25.4**	**24.1**	**20.1**	**24.5**	**20.8**	**25.9**

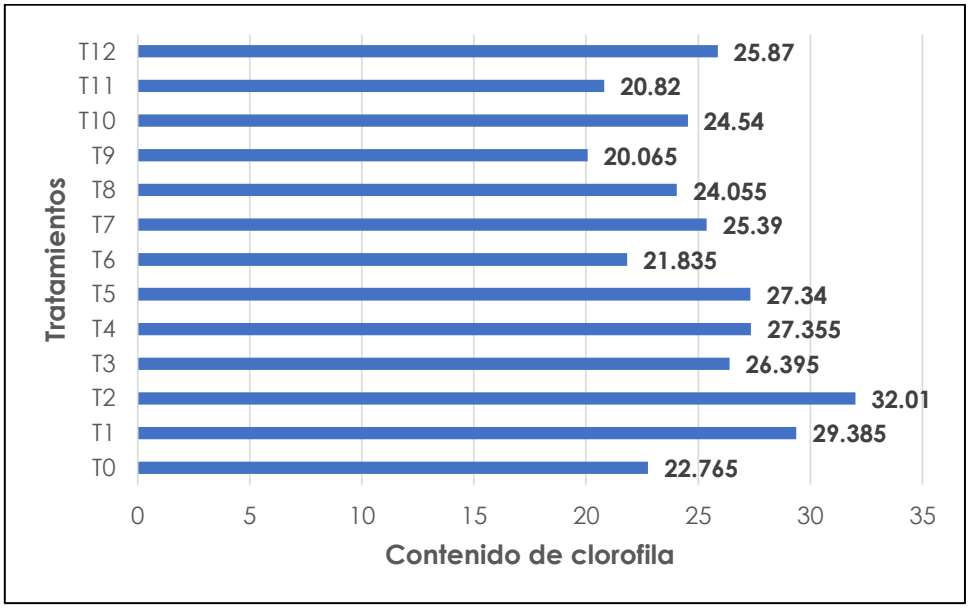
Tabla 17.

ANVA para la evaluación de Clorofila.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	558.3	46.52	1.24	0.290
Error	39	1459.3	37.42		
Total	51	2017.6			

Figura 13.

Evaluación de Clorofila.



En el parámetro evaluado de hojas (Color purpureo), no se evidenciaron los síntomas en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.), en el parámetro de hojas (Marchitez), se evidenciaron los síntomas solo en el tratamiento T_0R_1 con un valor de 0.2 promedio de hojas.

Tabla 18.

Evaluación promedio de los tratamientos durante los 5 meses.

Elemento faltante	Tratamientos	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (mm)	Promedio de hojas (Necrosis)	Promedio de hojas (Coloración anormal)	Promedio de hojas (Color purpureo)	Promedio de hojas (Deformación)	Promedio de hojas (Marchitez)	Promedio de Clorofila
Ninguno	T_0	49.05	5.52	1.60	2.90	0	0.55	0.05	22.77
N	T_1	56.65	6.45	2.50	6.10	0	0.90	0	29.385
P	T_2	53.7	6.25	3.80	5.45	0	0.55	0	32.01
K	T_3	51.78	5.65	3.75	4.30	0	0.10	0	26.40
Ca	T_4	53.03	6.48	2.95	3.45	0	0.05	0	27.36
Mg	T_5	54.17	6.54	2.60	3.15	0	0.30	0	27.34
S	T_6	51.13	5.33	2.65	2.25	0	0.45	0	21.84
Fe	T_7	54.38	5.84	1.40	2.50	0	0.30	0	25.39
Mn	T_8	50.65	5.91	2.95	3.65	0	0.25	0	24.06
B	T_9	49.73	5.53	1.50	4.10	0	0	0	20.07
Zn	T_{10}	54.10	5.80	2.65	3.80	0	0.25	0	24.54
Cu	T_{11}	48.65	5.28	3.00	3.80	0	0.25	0	20.82
Mo	T_{12}	52.04	6.29	2.65	4.90	0	0.85	0	25.87

De la Tabla 18, se muestran las evaluaciones promedio de los tratamientos en investigación de los 5 meses que fueron evaluados.

4.2. Formulación de las Soluciones Nutritivas en Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en Vivero

La formulación de las soluciones nutritivas con la técnica del elemento faltante aplicado a los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) obteniéndose los siguientes valores que fueron el resultado de las evaluaciones de los 5 meses.

Tabla 19.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Elemento faltante	Tratamientos	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (mm)	Promedio de hojas (Necrosis)	Promedio de hojas (Coloración anormal)	Promedio de hojas (Color purpureo)	Promedio de hojas (Deformación)	Promedio de hojas (Marchitez)	Promedio de Clorofila
Ninguno	T_0	49.05	5.52	1.60	2.90	0	0.55	0.05	22.77
N	T_1	56.65	6.45	2.50	6.10	0	0.90	0	29.385
P	T_2	53.7	6.25	3.80	5.45	0	0.55	0	32.01
K	T_3	51.78	5.65	3.75	4.30	0	0.10	0	26.40
Ca	T_4	53.03	6.48	2.95	3.45	0	0.05	0	27.36
Mg	T_5	54.17	6.54	2.60	3.15	0	0.30	0	27.34
S	T_6	51.13	5.33	2.65	2.25	0	0.45	0	21.84
Fe	T_7	54.38	5.84	1.40	2.50	0	0.30	0	25.39
Mn	T_8	50.65	5.91	2.95	3.65	0	0.25	0	24.06
B	T_9	49.73	5.53	1.50	4.10	0	0	0	20.07
Zn	T_{10}	54.10	5.80	2.65	3.80	0	0.25	0	24.54
Cu	T_{11}	48.65	5.28	3.00	3.80	0	0.25	0	20.82
Mo	T_{12}	52.04	6.29	2.65	4.90	0	0.85	0	25.87

Se analizarán la administración del elemento faltante, para ello se planteó las siguientes hipótesis:

- H_0: Las soluciones nutritivas en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) no se formula con la técnica del elemento faltante de macro y micro nutrientes
- H_a: Las soluciones nutritivas en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) se formula con la técnica del elemento faltante de macro y micro nutrientes

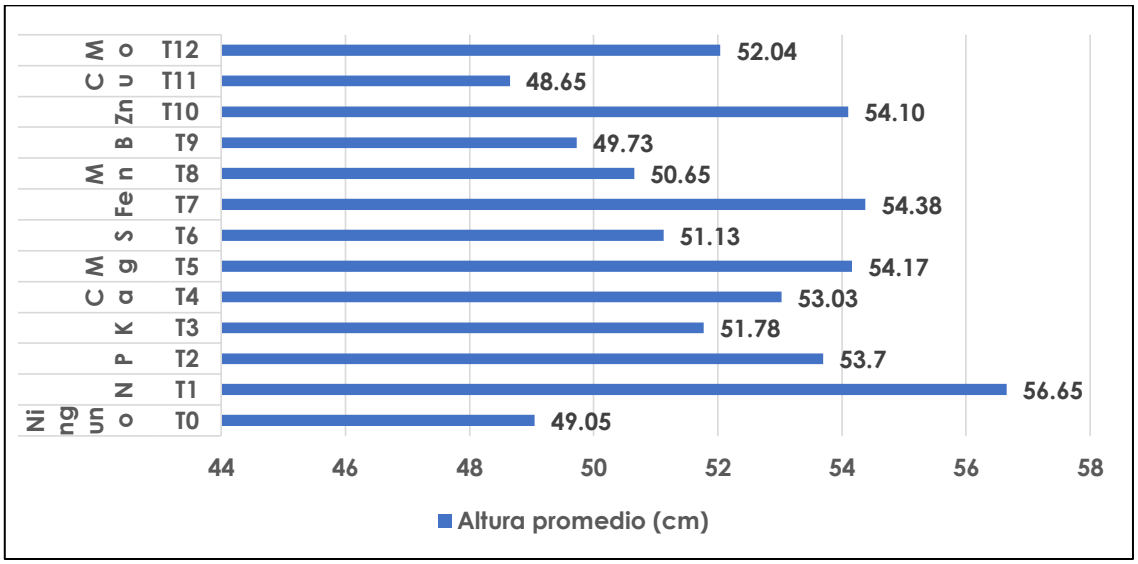
Tabla 20.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en altura.

Elemento faltante	Tratamientos	Σ promedio
Ninguno	T_0	49.05
N	T_1	56.65
P	T_2	53.70
K	T_3	51.78
Ca	T_4	53.03
Mg	T_5	54.17
S	T_6	51.13
Fe	T_7	54.38
Mn	T_8	50.65
B	T_9	49.73
Zn	T_{10}	54.10
Cu	T_{11}	48.65
Mo	T_{12}	52.04

Figura 14.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en altura.



En la Tabla 20 y la Figura 14, se puede observar que la mayor altura promedio lo obtuvo el tratamiento T_1 (con el elemento faltante de N) seguido por el tratamiento T_7 (elemento faltante de Fe) con valores de 56.65 cm y 54.38 cm respectivamente, el valor mínimo fue con el tratamiento T_{11} (con el elemento faltante de Cu) con un valor de 48.65 cm.

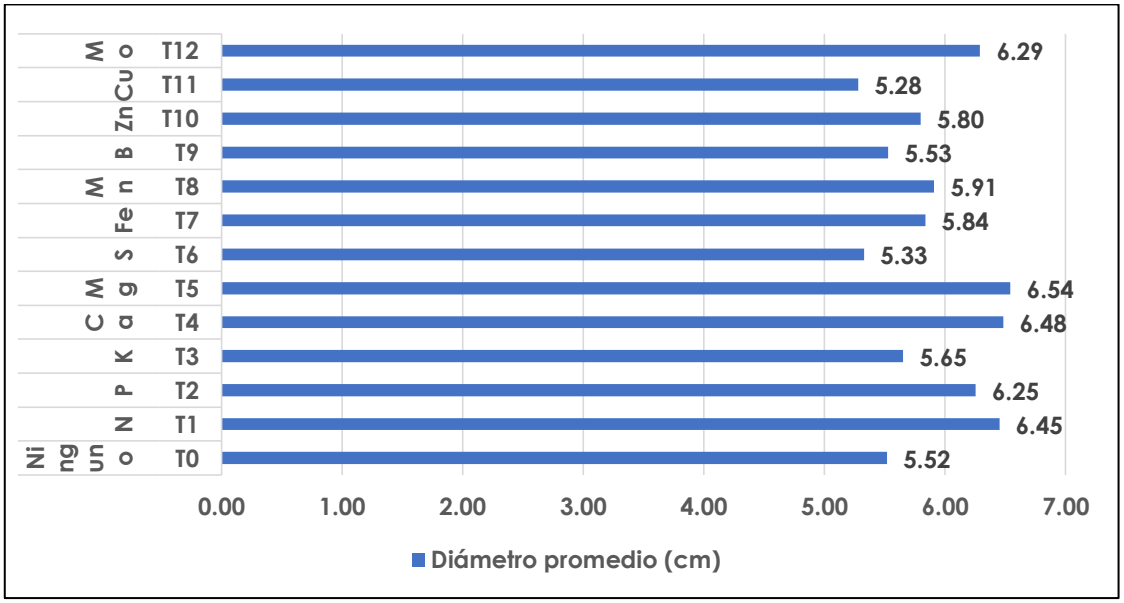
Tabla 21.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en diámetro.

Elemento faltante	Tratamientos	Σ promedio
Ninguno	T_0	5.52
N	T_1	6.45
P	T_2	6.25
K	T_3	5.65
Ca	T_4	6.48
Mg	T_5	6.54
S	T_6	5.33
Fe	T_7	5.84
Mn	T_8	5.91
B	T_9	5.53
Zn	T_{10}	5.91
Cu	T_{11}	5.28
Mo	T_{12}	6.29

Figura 15.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en diámetro.



En la Tabla 21 y la Figura 15, el mayor valor en diámetro del tallo de la planta de pumaquiro lo obtuvo el tratamiento T_5 (con el elemento faltante de Mg) con un valor de 6.54 mm seguido del tratamiento T_4 (con el elemento faltante de Ca) con

un valor de 6.48, el tratamiento que obtuvo un valor inferior a los demás tratamientos fue el T_{11} (con el elemento faltante de Cu) con 5.28.

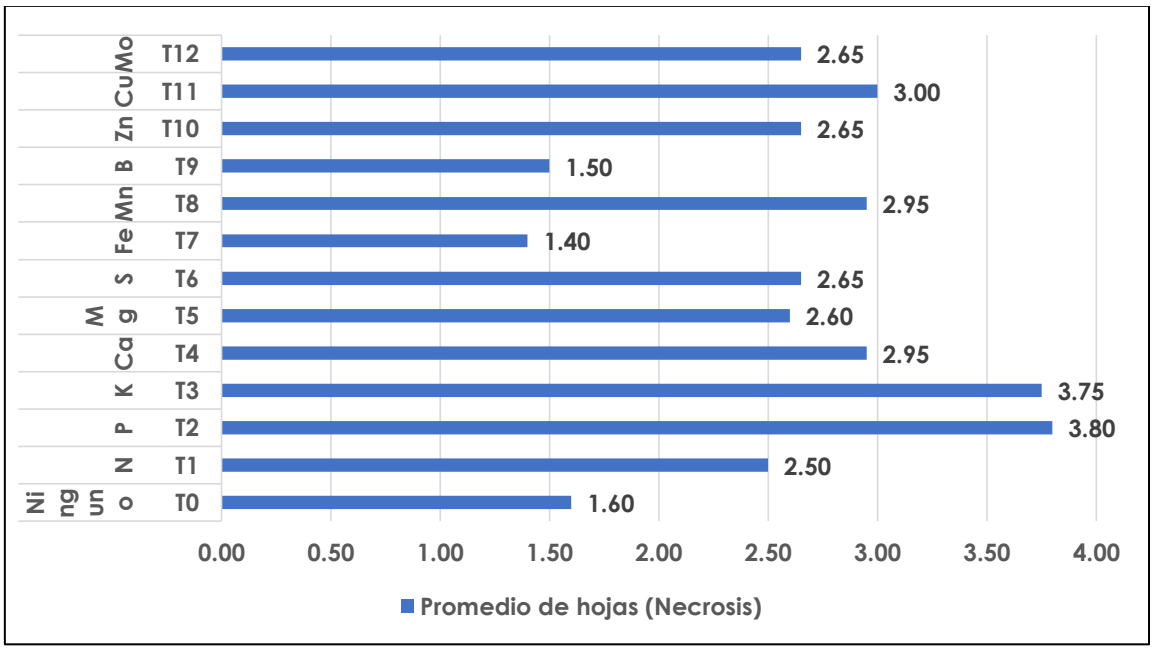
Tabla 22.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Necrosis)

Elemento faltante	Tratamientos	Promedio de hojas (Necrosis)
Ninguno	T_0	1.60
N	T_1	2.50
P	T_2	3.80
K	T_3	3.75
Ca	T_4	2.95
Mg	T_5	2.60
S	T_6	2.65
Fe	T_7	1.40
Mn	T_8	2.95
B	T_9	1.50
Zn	T_{10}	2.65
Cu	T_{11}	3.00
Mo	T_{12}	2.65

Figura 16.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Necrosis)



En la Tabla 22 y la Figura 16, la planta de pumaquiro que más hojas presento con síntomas de necrosis fue con el tratamiento T_2 (con el elemento faltante de P) seguido por el T_3 (con el elemento faltante de K) y el tratamiento con el valor más bajo fue el T_7 (con el elemento faltante de Fe) con valores de 3.80, 3.75 y 1.40 respectivamente.

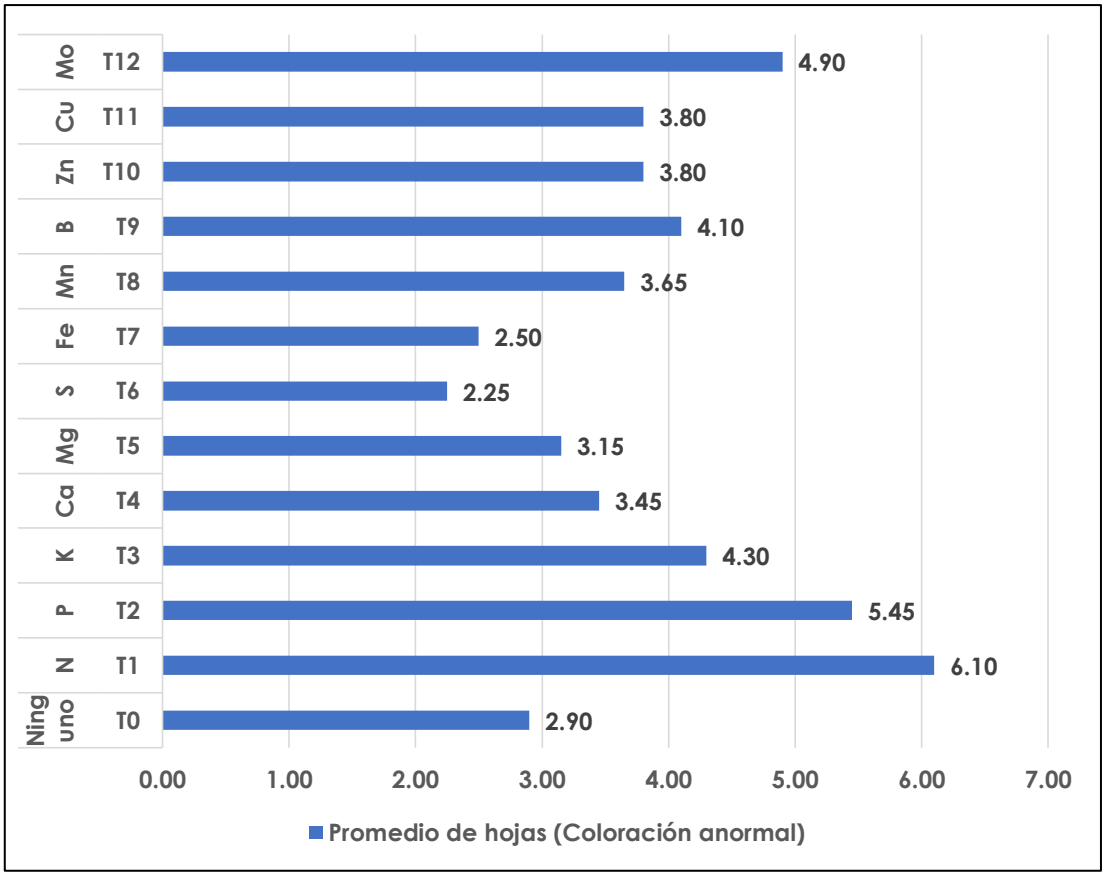
Tabla 23.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Coloración anormal)

Elemento faltante	**Tratamientos**	**Promedio de hojas (Coloración anormal)**
Ninguno	T_0	2.90
N	T_1	6.10
P	T_2	5.45
K	T_3	4.30
Ca	T_4	3.45
Mg	T_5	3.15
S	T_6	2.25
Fe	T_7	2.50
Mn	T_8	3.65
B	T_9	4.10
Zn	T_{10}	3.80
Cu	T_{11}	3.80
Mo	T_{12}	4.90

Figura 17.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en promedio de hojas (Coloración anormal)



En la Tabla 23 y la Figura 17, el tratamiento que más coloración anormal en hojas presento fue el tratamiento T_1 (con el elemento faltante de N) seguido del tratamiento T_2 (con el elemento faltante de P) y el tratamiento que menos coloración anormal de hojas tuvo fue el T_6 (con el elemento faltante de S) con valores de 6.10, 5.45 y 2.25 respectivamente.

En la variable evaluada de promedio de hojas (color purpureo) no se observaron en todos los tratamientos evaluados.

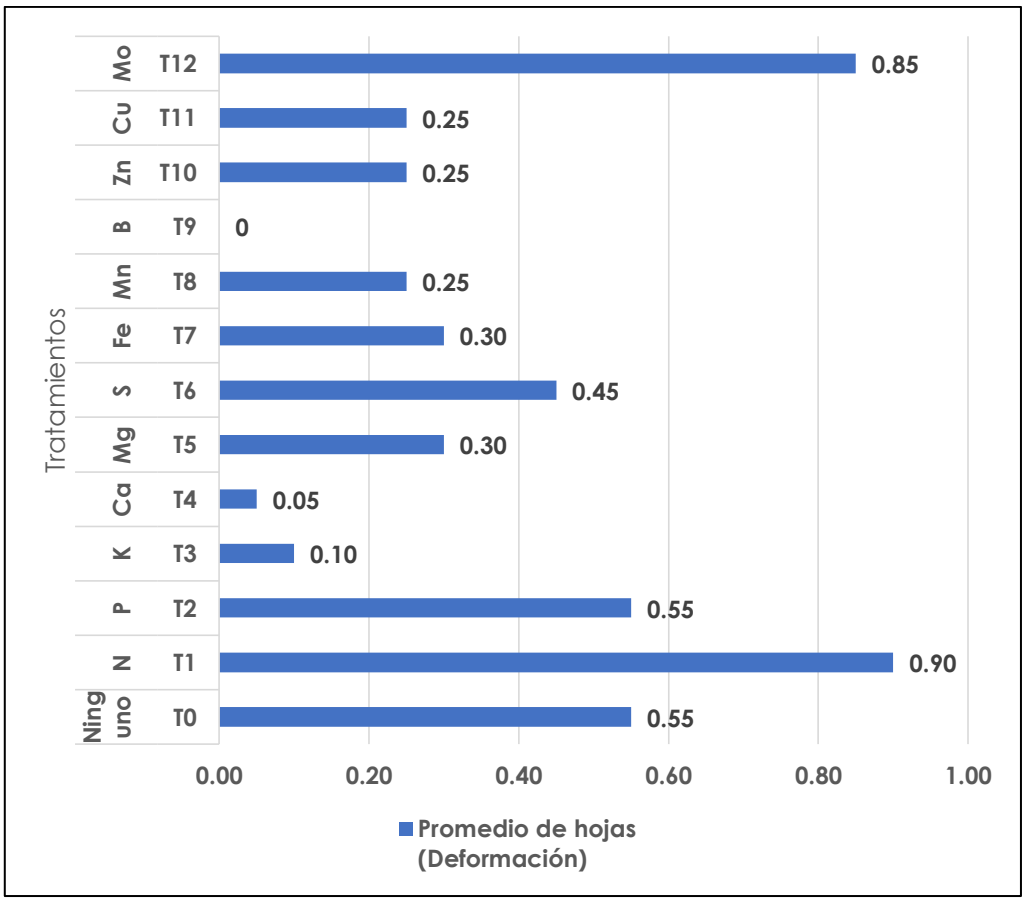
Tabla 24.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de hojas (Deformación)

Elemento faltante	Tratamientos	Promedio de hojas (Deformación)
Ninguno	T_0	0.55
N	T_1	0.90
P	T_2	0.55
K	T_3	0.10
Ca	T_4	0.05
Mg	T_5	0.30
S	T_6	0.45
Fe	T_7	0.30
Mn	T_8	0.25
B	T_9	0
Zn	T_{10}	0.25
Cu	T_{11}	0.25
Mo	T_{12}	0.85

Figura 18.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de hojas (Deformación)



En la Tabla 24 y la Figura 18, el número de hojas promedio en deformación el tratamiento T_1 (con el elemento faltante de N) obtuvo un valor de 0.90 seguido por el tratamiento T_{12} (con el elemento faltante de Mo) y el tratamiento T_9 (con el elemento faltante de B) no presento deformación de hojas.

En la variable evaluada de promedio de hojas (marchitez) solo el tratamiento T_0 (ningún elemento) presento un valor de 0.05.

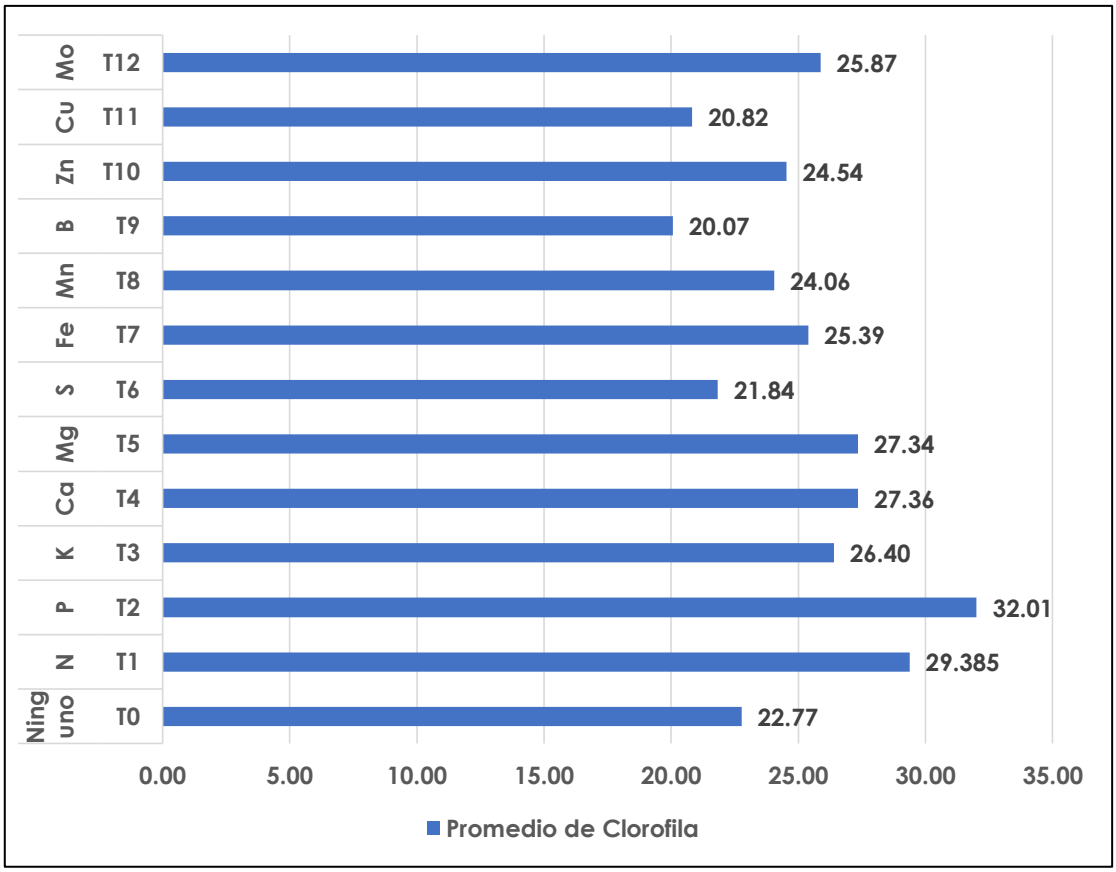
Tabla 25.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de Clorofila.

Elemento faltante	Tratamientos	Promedio de Clorofila
Ninguno	T_0	22.77
N	T_1	29.385
P	T_2	32.01
K	T_3	26.40
Ca	T_4	27.36
Mg	T_5	27.34
S	T_6	21.84
Fe	T_7	25.39
Mn	T_8	24.06
B	T_9	20.07
Zn	T_{10}	24.54
Cu	T_{11}	20.82
Mo	T_{12}	25.87

Figura 19.

Efectos de la formulación de las soluciones nutritivas en los plantones de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.) en Promedio de Clorofila.



En la Tabla 25 y la Figura 19, el tratamiento que mayor valor obtuvo fue el tratamiento T_2 (con el elemento faltante de P) seguido por el tratamiento T_1 (con el elemento faltante de N) y el tratamiento que menor valor tuvo fue el T_9 (con el elemento faltante de B)

Analizando los datos de las tablas y figuras se puede aceptar la H_a que dice:

- H_a: Las soluciones nutritivas en plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) se formula con la técnica del elemento faltante de macro y micro nutrientes

Para un buen desarrollo de los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en la fase de vivero se deberá incluir los elementos que

mediante su ausencia en la solución nutritiva generaron un efecto negativo en el crecimiento de los plantones, estos elementos fueron Cu, N, B y P en las proporciones de 6.3 ml, 5.3 ml, 6.6 ml y 2.96 ml respectivamente y aplicando la solución mensual las proporciones serian de Cu 189 ml, N 162.8 ml, B 198 ml y P 88.8 ml.

Como se puede observar en las tablas y figuras, la administración de las soluciones nutritivas para la planta con la técnica del elemento faltante hace que se pueda optimizar los nutrientes mediante la observación del desarrollo de la planta y los síntomas que denota la falta de algún nutriente, como define el portal web ITC, (2023) "*La aplicación precisa de los nutrientes exactos que necesita la planta hace que esta los reciba en el momento adecuado, evitando su desperdicio y posibles daños ambientales*". Siendo las soluciones nutritivas las que proporcionen un buen desarrollo a la planta en su fase de vivero que es la fase importante para un óptimo desarrollo de la planta ya en campo definitivo, Herrera Ramírez et al., (2014) en su investigación sugiere "*las fórmulas nutricionales utilizadas en vivero deben reajustarse a las exigencias individuales de las especies, para producir mejores árboles*", con esta técnica del elemento faltante en la solución nutritiva podemos reajustar los nutrientes para producir plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon*) óptimos.

4.3. Administración de Tratamientos de Macro y Micronutrientes

Para este análisis se planteó la siguiente hipótesis:

- H_0: La administración de los tratamientos de macro y micronutrientes no difieren con el tratamiento testigo en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

- H_a: La administración de los tratamientos de macro y micronutrientes si difieren con el tratamiento testigo en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Para aceptar o rechazar una hipótesis que se planteó se deberá cumplir los siguientes supuestos:

- Si el valor p > 0.05 de significancia se acepta la H_0
- Si el valor p < 0.05 de significancia se acepta la H_a

a) Altura (cm) de la Planta de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Para el análisis del crecimiento en altura se utilizaron los datos obtenidos en campo y se promediaron los valores en altura (cm) por los 5 meses de evaluación y los resultados fueron:

Tabla 26.

Promedio en altura (cm) de los tratamientos en investigación de los 5 meses de evaluación.

Elemento faltante	Tratamientos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Ninguno	T_0	48	48.25	48.5	49	51.5
N	T_1	48.5	49.25	54.25	61.5	69.75
P	T_2	51.25	50.75	53.25	53.5	59.75
K	T_3	47.5	48.5	52.625	53.5	56.75
Ca	T_4	49	49	50.625	54.75	61.75
Mg	T_5	52	54	53	54	59
S	T_6	50.5	50.75	50.875	51	52.5
Fe	T_7	51.25	50.75	54.375	56.25	59.25
Mn	T_8	49	50	50	50	55
B	T_9	49.25	49.75	49.375	50	50.25
Zn	T_{10}	48.75	50.5	53.25	54.75	63.25
Cu	T_{11}	48.5	48.5	48.75	48.5	49
Mo	T_{12}	49	51	54	52	55

Con estos valores se promediaron por cada tratamiento y los resultados fueron:

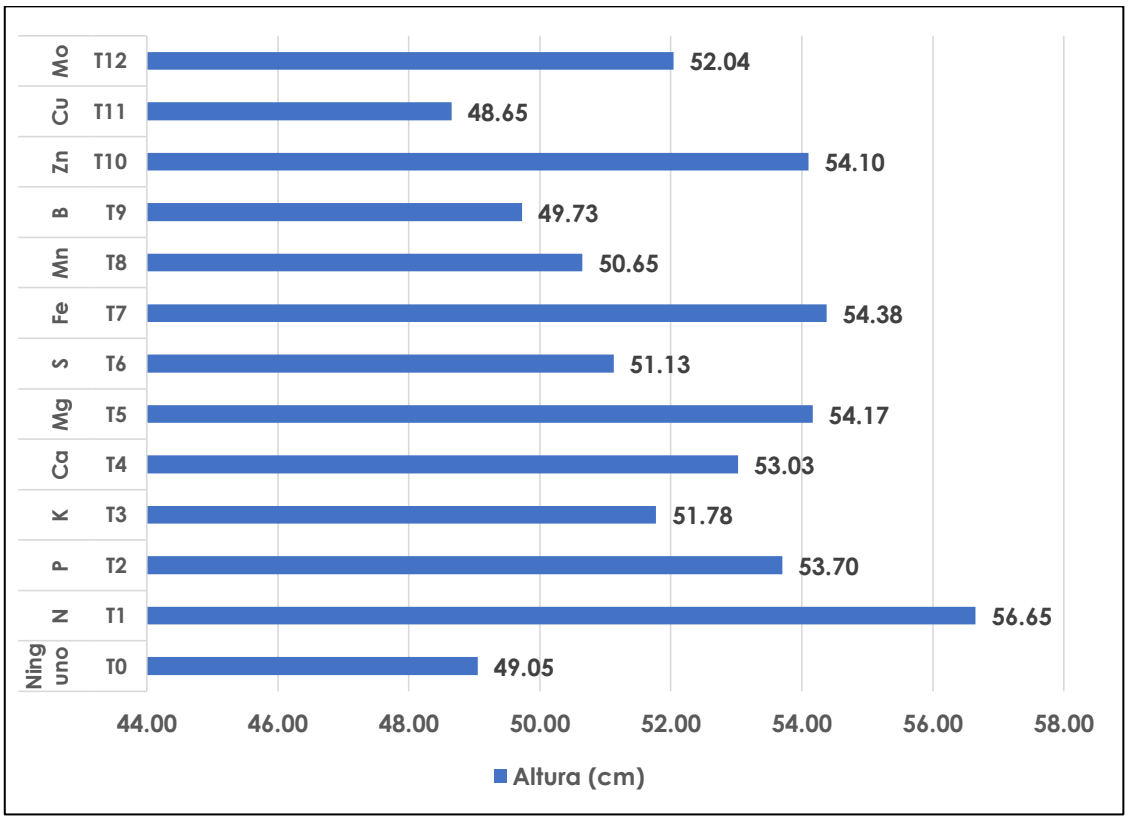
Tabla 27.

Promedio total en altura (cm) de los tratamientos.

Elemento faltante	Tratamientos	Σ promedio	Crecimiento promedio mensual
Ninguno	T_0	49.05	0.7
N	T_1	56.65	4.25
P	T_2	53.70	1.7
K	T_3	51.78	1.85
Ca	T_4	53.03	2.55
Mg	T_5	54.17	1.3
S	T_6	51.13	0.4
Fe	T_7	54.38	1.6
Mn	T_8	50.65	1.15
B	T_9	49.73	0.2
Zn	T_{10}	54.10	2.9
Cu	T_{11}	48.65	0.1
Mo	T_{12}	52.04	1.1

Figura 20.

Promedio total en altura (cm) de los tratamientos.



En la Tabla 27 y la Figura 20, se puede observar que el tratamiento que mejor se comportó en ganancia de altura de la planta de pumaquiro fue el T_1 (con el

elemento faltante de N) seguido del T_7 (con el elemento faltante de Fe) y el tratamiento que menor valor obtuvo fue el T_{11} (con el elemento faltante de Cu)

Los resultados estadísticos a una significancia de 0.05 fueron:

Tabla 28.

Análisis de varianza del aumento en altura de las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fob	P - valor
Entre tratamientos	269.3	12	22.45	0.94	0.515
Error	927.1	39	23.77		
Total	1196.5	51			

En la Tabla 28, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, el valor p es mayor a 0.05 de significancia que se planteó. Con estos resultados se acepta la H_0 que dice:

- H_0: La administración de los tratamientos de macro y micronutrientes no difieren con el tratamiento testigo en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Estos resultados indican que la falta de un elemento no influye el crecimiento en altura de los plantones de pumaquiro.

b) Diámetro (mm) del Tallo de la Planta de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Para los datos de crecimiento en diámetro (mm) se utilizaron los siguientes datos tomados durante los 5 meses de evaluación en campo a los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) y los resultados fueron:

Tabla 29.

Promedio en diámetro (mm) de los tratamientos en investigación de los 5 meses de evaluación.

Elemento faltante	Tratamientos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Ninguno	T_0	5.22	5.07	4.74	7.16	5.40
N	T_1	6.80	5.25	4.94	8.52	6.75
P	T_2	6.19	5.61	4.97	7.66	6.85
K	T_3	5.39	5.09	4.88	7.31	5.60
Ca	T_4	6.36	5.48	5.51	9.22	5.85
Mg	T_5	6.19	5.69	5.49	9.14	6.21
S	T_6	5.20	4.93	4.43	7.02	5.06
Fe	T_7	5.51	5.17	4.86	7.64	6.01
Mn	T_8	5.87	5.12	5.09	7.45	6.02
B	T_9	5.69	4.85	4.75	6.66	5.71
Zn	T_{10}	5.59	5.51	4.82	6.59	6.48
Cu	T_{11}	5.45	4.36	4.85	6.22	5.52
Mo	T_{12}	5.67	5.55	5.31	8.68	6.24

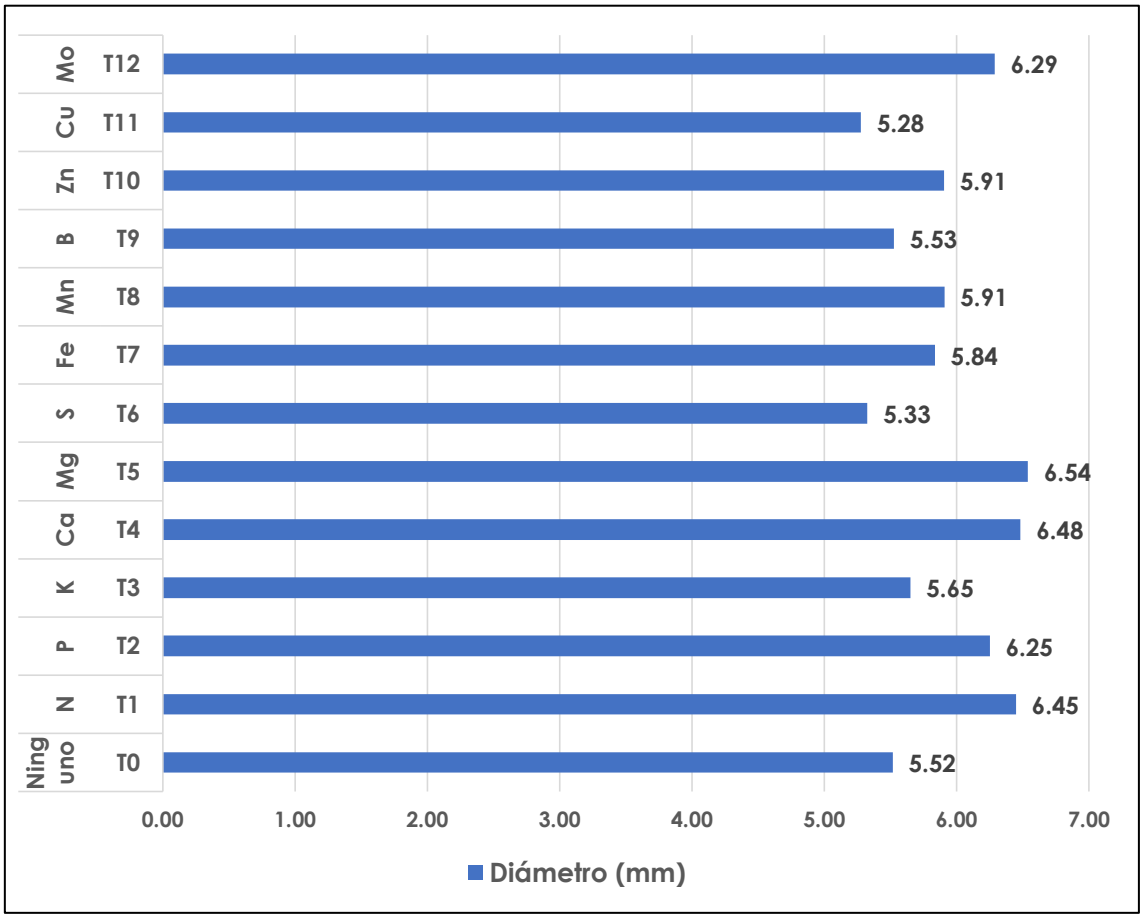
Tabla 30.

Promedio total en diámetro (mm) de los tratamientos.

Elemento faltante	Tratamientos	Σ promedio	Crecimiento promedio mensual
Ninguno	T_0	5.52	0.04
N	T_1	6.45	0.01
P	T_2	6.25	0.13
K	T_3	5.65	0.04
Ca	T_4	6.48	0.10
Mg	T_5	6.54	0.01
S	T_6	5.33	0.03
Fe	T_7	5.84	0.10
Mn	T_8	5.91	0.03
B	T_9	5.53	0.00
Zn	T_{10}	5.91	0.18
Cu	T_{11}	5.28	0.02
Mo	T_{12}	6.29	0.11

Figura 21.

Promedio total en diámetro (mm) de los tratamientos.



De la tabla 30 y la Figura 21, se observa que el tratamiento que mejor se comportó en crecimiento en diámetro de la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) fue el tratamiento T_5 (con el elemento faltante de Mg) con un valor de 6.54 mm seguido del tratamiento T_4 (con el elemento faltante de Ca) con un valor de 6.48 mm y el tratamiento que menor valor obtuvo fue el T_{11} (con el elemento faltante de Cu) con un valor de 5.28 mm.

Se realizo en análisis estadístico en la variable diámetro (mm) en la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) a una significancia de 0.05 y los resultados fueron:

Tabla 31.

Análisis de varianza del aumento en diámetro de las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fob	P - Valor
Entre tratamientos	9.599	12	0.7999	1.91	0.064
Error	16.348	39	0.4192		
Total	25.947	51			

Al realizar el análisis estadístico, se observa que no existe diferencias significativas, porque el valor p es igual a 0.353 que es mayor significancia de 0.05 que se planteó para esta investigación. Como resultado se acepta la H_0 que dice:

- H_0: La administración de los tratamientos de macro y micronutrientes no difieren con el tratamiento testigo en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Se acepta la H_0 por cumplir el supuesto:

- Si el valor p > 0.05 de significancia se acepta la H_0

En la evaluación en altura, la falta de N y Fe no influye en el crecimiento de la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) pero sin la ausencia de Cu tiene influencia en el crecimiento en altura de la mencionada planta. En el crecimiento en diámetro en la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.), la ausencia de algún elemento nutritivo no tiene influencia en este parámetro, similar a la investigación realizada por Yucailla Guaylla, (2022) en su investigación titulada "*Evaluación de los índices de calidad en plántulas de Eucalyptus globulus en condiciones de invernadero en la estación experimental Santa Catalina INIAP*" no encontró significancia en el crecimiento en diámetro en

los plantones de *Eucalyptus globulus*, que la ausencia de estos elementos N, P, K, Ca y Mg que fueron investigados no ejercieron alguna diferencia en el diámetro de la planta que investigo. En la investigación realizado por (Fernández et al., 2020) investigación titulada "*Deficiencias nutrimentales inducidas en higuera cv. Neza en condiciones Hidropónicas*" donde la ausencia de N y Ca en la solución nutritiva que fue aplicado a la planta de Higuera no tuvo influencia en el crecimiento de la misma.

4.4. Reacción a la falta de elementos de los Plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Para este análisis se planteó las siguientes hipótesis:

- H_0: El efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es negativo
- H_a: El efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es positivo

Se aceptará o rechazará la hipótesis si se cumple los siguientes supuestos:

- Si el valor p es < a 0.05 se acepta la H_a
- Si el valor p es > a 0.05 se acepta la H_0

Los resultados de las evaluaciones de la sintomatología de la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) durante los 5 meses de evaluación fueron:

Tabla 31.

Resultados promedio de la evaluación de la sintomatología.

Elemento faltante	Tratamientos	Promedio de hojas (Necrosis)	Promedio de hojas (Coloración anormal)	Promedio de hojas (Color purpureo)	Promedio de hojas (Deformación)	Promedio de hojas (Marchitez)	Promedio de Clorofila
Ninguno	T_0	1.60	2.90	0	0.55	0.05	22.77
N	T_1	2.50	6.10	0	0.90	0	29.385
P	T_2	3.80	5.45	0	0.55	0	32.01
K	T_3	3.75	4.30	0	0.10	0	26.40
Ca	T_4	2.95	3.45	0	0.05	0	27.36
Mg	T_5	2.60	3.15	0	0.30	0	27.34
S	T_6	2.65	2.25	0	0.45	0	21.84
Fe	T_7	1.40	2.50	0	0.30	0	25.39
Mn	T_8	2.95	3.65	0	0.25	0	24.06
B	T_9	1.50	4.10	0	0	0	20.07
Zn	T_{10}	2.65	3.80	0	0.25	0	24.54
Cu	T_{11}	3.00	3.80	0	0.25	0	20.82
Mo	T_{12}	2.65	4.90	0	0.85	0	25.87

Se realizaron el análisis estadístico y los resultados fueron:

a) Sintomatología de Necrosis de Hojas en las Plantas de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Para la evaluación de la sintomatología de necrosis en las hojas, el resultado del análisis estadístico fue:

Tabla 32.

Análisis de varianza de la sintomatología de necrosis de hojas en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs.	P - valor
Entre tratamientos	27.33	12	2.277	1,99	0,053
Error	44.66	39	1.145		
Total	71.99	51			

Al realizar el análisis estadístico en la sintomatología de necrosis en hojas de las plantas de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) no se encontraron diferencias significativas porque el valor p es igual a 0.053 que es mayor a 0.05

de significancia que se planteó para esta investigación, y según el supuesto planteado que indica:

- Si el valor p es > a 0.05 se acepta la H_0

Y la H_0 dice:

- H_0: El efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es negativo

Lo que indica que la falta de un elemento nutritivo no genera este síntoma en la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

b) Sintomatología de Coloración Anormal en la Hojas de las Plantas de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Los resultados del análisis estadístico fueron:

Tabla 33.

Análisis de varianza de la sintomatología de coloración anormal de hojas en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs.	P – valor
Entre tratamientos	59.85	12	4.988	2,92	**0,006***
Error	66.63	39	1.708		
Total	126.48	51			

Al realizar los análisis estadísticos se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, el valor p es igual a 0.006 que es menor a 0.05 de significancia que se planteó en esta investigación y se acepta la Ha que dice:

- H_a: El efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es positivo

Por cumplirse el supuesto:

- Si el valor p es < a 0.05 se acepta la H_a

Al encontrarse diferencias significativas se procedió a la prueba de promedios de Dunnet a una significancia de 0.05 y los resultados fueron:

Tabla 34.

Prueba de promedios de Dunnet en sintomatología de coloración anormal de hojas.

Factor	N	Media	Agrupación	
T_1	4	6.1	A	
T_2	4	5.45	A	B
T_{12}	4	4.9	A	B
T_3	4	4.3	A	B
T_9	4	4.1	A	B
T_{11}	4	3.8	A	B
T_{10}	4	3.8	A	B
T_8	4	3.65	A	B
T_4	4	3.45	A	B
T_5	4	3.15	A	B
T_0	4	2.9	A	B
T_7	4	2.5		B
T_6	4	2.25		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Se observa en la Tabla 34, que el tratamiento T_1 con el elemento faltante de N fue mayor que los demás tratamientos. Esto indica que la falta de N ocasiona coloración anormal en las hojas de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

c) Sintomatología de Color Purpureo en las Hojas de las Plantas de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

No se reportaron síntomas en las plantas en investigación durante los meses que estuvieron en observación con la técnica del elemento faltante esto indicando que la falta de algún elemento nutritivo no afecta a la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

d) Sintomatología de Deformación de Hojas en las Plantas de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

En las evaluaciones de sintomatología de deformación de hojas en las plantas de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) los resultados fueron:

Tabla 35.

Análisis de varianza de la sintomatología de deformación de hojas en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs.	P - valor
Entre tratamientos	3.791	12	0.3159	1,9	0,065
Error	6.48	39	0.1662		
Total	10.271	51			

En la Tabla 35, que no existe diferencias significativas porque el valor p es igual a 0.065 que es mayor a 0.05 de significancia que se planteó en esta investigación y por este motivo se acepta la H_0 que dice:

- H_0: El efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es negativo

Se acepta la H_0 por cumplir el supuesto:

- Si el valor p es > a 0.05 se acepta la H_0

Lo que indica que si falta un elemento en la solución nutritiva no genera este síntoma en la planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

e) Sintomatología de Marchitez en las Hojas de las Plantas de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

En las evaluaciones de la sintomatología de marchitez, solo se observó en el testigo el síntoma con un valor promedio de 0.05 hojas marchitadas. Lo que

indica que la falta de un elemento no afecta en la marchitez de las hojas de las plantas de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

f) Evaluación de Clorofila en las Hojas de las Plantas de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

Las evaluaciones de clorofila, los resultados de las evaluaciones estadística fueron:

Tabla 36.

Análisis de varianza de la clorofila en las plantas de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon Mart.)

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	P - valor
Entre tratamientos	558.299	12	46.525	1.24	0.290
Error	1459.341	39	37.42		
Total	2017.640	51			

En la Tabla 36, que no existe diferencias significativas porque el valor p es igual a 0.290 que es mayor a 0.05 de significancia que se planteó en esta investigación y por este motivo se acepta la H_0 que dice:

- H_0: El efecto de los elementos faltantes en los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es negativo

Se acepta la H_0 por cumplir el supuesto:

- Si el valor p es > a 0.05 se acepta la H_0

Esto indica que la falta de algún elemento nutritivo no genera este síntoma en las plantas de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)

En la sintomatología de necrosis en las hojas de la planta de pumaquiro la ausencia de un elemento nutritivo genera necrosis en las hojas, y la falta de N

en la solución nutritiva ocasiona coloración anormal en las hojas, similar a la investigación realizado por Salas Guerra, (2024) titulado "*Niveles de deficiencias nutricionales en caoba (Swietenia macrophylla King) desarrollada a nivel de invernadero en el distrito de La Banda de Shilcayo - San Martín*" que indica la falta de N y Fe produjeron los mayores síntomas de deficiencia, la falta de N, P, Mn y B produjeron colores anormales en las hojas. Sin embargo, la ausencia de algún elemento nutritivo que estaba en observación no genera un color purpureo, marchitez ni tampoco afecta el contenido de clorofila en las hojas, pero si genera deformación en las hojas. Como indica Consuegra et al., (1995) en su investigación denominado "*Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de Chachafruto Erythrina edulis*" en sus resultados indica que la falta de N, P y K en la solución nutritiva que fueron aplicados presentaron síntomas visuales en las hojas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El impacto de la deficiencia nutricional es un desarrollo anormal de los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en la fase de vivero atribuidos a los elementos nutritivos que son el Cu, P, N y B. La ausencia de Cu produjo un crecimiento retardado en los plantones (48.65 cm de alto y 5.28 mm de diámetro). La ausencia de P produce necrosis en las hojas (producción promedio de hojas necróticas de 3.8 hojas/plantones). La ausencia de N produce una coloración anormal y deformadas en las hojas (promedio de 6.1 de hojas con color anormal y 0.9 de hojas deformada por plantones). La ausencia de B retarda la producción de clorofila (producción promedio de 20.07)
- Para garantiza el equilibrio químico ideal de la solución nutritiva que serán aplicados a los plantones de (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en la fase de vivero incluir a la solución nutritiva la dosis de 189 ml de Cu, 162.8 ml de N, 198 ml de B y 88.8 ml de P.
- Para un buen desarrollo de los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en la fase de vivero se deberá administrar 2 lt/mes de la solución nutritiva.
- El efecto por la falta de N en la solución nutritiva provoca síntomas de coloración anormal en las hojas de los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en la fase de vivero.

5.2. Recomendaciones

- Para la elaboración de una solución nutritiva que será aplicado a los plantones de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) para el desarrollo optimo en la fase de vivero incluir en la formulación nutritiva dosis razonable de N para obtener una altura favorable de la planta y evitar el síntoma de coloración anormal en las hojas.
- Utilizar el método de la técnica del elemento faltante, para la producción de plantones de especies forestales de importancia ambiental y económica más relevantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, B. (2020). *CLOROSIS en las PLANTAS: Qué es y Cómo eliminarla - Guía Práctica*. Ecología Verde. https://www.ecologiaverde.com/clorosis-en-las-plantas-que-es-y-como-eliminarla-2598.html

AEFA. (2022, March 11). *Solución nutritiva*. AEFA - Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. https://aefa-agronutrientes.org/solucion-nutritiva

AEFA. (2024, November 21). *Macronutrientes*. AEFA - Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. https://aefa-agronutrientes.org/macronutrientes

AGQ. (2020, September 1). *Análisis Foliar - ¿Para qué Sirve?* AGQ Labs España. https://agqlabs.es/tienda/2020/09/01/analisis-foliar-para-que-sirve/

Alvarez Risco, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. *Repositorio Institucional - Ulima*. https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818

AZUD. (2023). *Nutrición Vegetal: maximiza la producción de tus cultivos con fertirrigación*. https://azud.com/blog/nutricion-vegetal-maximiza-la-produccion-de-tus-cultivos-con-fertirrigacion/

BBVA. (2024, October 4). *¿Qué es el cambio climático? Estas son las causas y así nos afecta*. BBVA. https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-cambio-climatico-causas-y-como-nos-afecta/

Cámara Nacional Forestal. (2023). *Manual Dendrológico de 26 Especies*. https://www.cnf.org.pe/publicaciones/

Capdevila, D. (2023, July 7). *¿Qué nos aportan los macronutrientes de las plantas?* Deusto Salud. https://www.deustosalud.com/blog/dietetica-nutricion/macronutrientes-de-las-plantas

Cervantes Huilca, J. (2014). *Efecto de la carencia de macro elementos nutritivos en el crecimiento inicial y sintomas de deficiencia en caoba (Swletenla macrophya klng.) en Pucallpa* [Tesis, Universidad Nacional de Ucayali]. https://hdl.handle.net/20.500.14621/2340

Cherlinka, V. (2025, March 5). *Deficiencia de Nutrientes en las Plantas: Identificar y Tratarla*. EOS Data Analytics. https://eos.com/es/blog/deficiencia-de-nutrientes-en-las-plantas/

Consuegra, A., Maya, C., H de Cantillo, S., & Barrera Marín, N. (1995). Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de Chachafruto Erythrina edulis. *Acta Agronómica, ISSN-e 2323-0118, ISSN 0120-2812, Vol. 45, Nº. 2-4, 1995, Págs. 73-78*, *45*(2), 73–78. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9444739&info=resumen&idioma=ENG

CRODA. (2025). *Micronutrientes (nutrición vegetal)*. Croda Agriculture. https://www.crodaagriculture.com/es-mx/about-us/market-areas/micronutrients

De la Vega Planet, F. (2020, July 9). *Viverización: una herramienta para la restauración ecológica*. https://forestal.uchile.cl/noticias/165073/viverizacion-una-herramienta-para-la-restauracion-ecologica

Dirección Agrotey. (2024, October 30). *Importancia de los micronutrientes en las plantas*. Agrotey de México, S.A. de C.V. https://www.agrotey.com.mx/importancia-de-los-micronutrientes-en-las-plantas/

Fairhurst, T., & Witt., C. (2022). *Guía Práctica para manejo de nutrients*. 1–40.

Fernández, Y. L., García Cue, J. L., Fernández Pavía, S. P., & Muratalla Lúa, A. (2020). Deficiencias nutrimentales inducidas en higuera cv. Neza en condiciones hidropónicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(3). https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2073

González, M., & Palacios, M. (2025, February 19). *Análisis Foliares ¿Qué son? Cómo hacerlos e interpretarlos*. SYNERGY NUTS. https://synergynuts.upct.es/almendro/analisis-foliar/

Groho Garden. (2025). *Solución Nutritiva: Puntos a considerar para tener mejores resultados*. GroHo Hidroponía - Tienda Oficial.

https://www.groho.es/post/solucion-nutritiva-puntos-a-considerar-para-tener-mejores-resultados-hidroponia

Guillen Toscano, J. C. (2024). *Técnica del elemento faltante en la evaluación de la fertilidad del suelo con cultivo de palto (Persea americana Mill.), en Churcampa - Huancavelica, 2021* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2020). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (S. A. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, Ed.). https://scholar.google.es/citations?user=Sl208icAAAAJ&hl=es&oi=sra

Hernández Villaseñor, R. (2024, December 24). *¿Qué es la Solución Nutritiva? Tipos y cómo elaborarla*. Hydro Environment - Inovación Agricola En Un Click. https://hydroenv.com.mx/id33/

Herrera Ramírez, D. A., León Peláez, J. D., Ruiz Rendón, M., Osorio Vega, N. W., Correa Londoño, G., Ricardo, R. E., & Uribe Bravo, Á. (2014). EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN VIVERO DE ESPECIES TROPICALES EMPLEADAS EN SILVICULTURA URBANA. *Revista EIA*, *21*, 41–54. https://doi.org/10.14508/reia.2014.11.21.41-54

Imas, P. (2024, July 5). *Deficiencias nutrimentales en las plantas*. ICL MX. https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/knowledge-hub/detecting-and-correcting-nutrient-deficiencies/

INNOTEC. (2021, November 30). *La importancia de los análisis foliares*. InnotecLaboratorios. https://www.innotec-laboratorios.es/la-importancia-de-los-analisis-foliares/

ITC. (2023). *Bombas dosificadoras*. Dosing Pumps - Verder Liquids. https://www.verderliquids.com/int/es/itc

Ken Fern. (2022, June 22). *Tropical Plants Database*. Tropical.Theferns. https://www.shadecoffee.org/es/catalog/peru/species/aspidosperma-cylindrocarpon#:~:text=Beneficios%20y%20usos%20del%20%C3%A1rbol%20*%20Usos,lo%20que%20incorpora%20materia%20org%C3%A1nica%20al%20suelo.

Kumar, S., Kumar, S., & Mohapatra, T. (2021). Interaction Between Macro- and Micro-Nutrients in Plants. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 665583. https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.665583/XML/NLM

Maderas del Perú. (2023). *Pumaquiro*. PROMPEX-WWF-USAID-INIA-ITTO.

Moreira Sánchez, A. A. (2022). *Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de judía de metro (Vigna unguiculata subsp. Sesquipedalis) en el cantón El Carmen*. https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5191

Muñoz, J., & Sierra, C. A. (2021). Evaluación de la nutrición mineral en especies forestales mediante soluciones nutritiva. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *38*, 123–130. https://www.revistadecienciasagricolas.org/index.php/rca/article/view/2021

Nunez, C. (2024, December 26). *Por qué la deforestación importa y cómo todavía la podríamos frenar*. National Geographic; American Association for the Advancement of Science. https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/deforestacion

Proain. (2020, October 6). *LOS MACRONUTRIENTES Y SU RELACIÓN EN EL SUELO*. https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/los-macronutrientes-y-su-relacion-en-el-suelo?srsltid=AfmBOornzHq6IEtN4YyfdzTKBRvggU2iuez3VqrdGpcktrnKGX0CXFAz

Ramírez Tello, A. (2014). *Efecto de la Carencia de Micro Elementos en el , Crecimiento de Plantones y Síntomas de Deficiencia en el Cultivo de Camu camu (Myrciaria dubia (H.B.K) Me. Vauhg)* [Tesis, Universidad Nacional de Ucayali]. https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/492198d1-c307-4f3a-8939-ec106fa94743/content

Raquel. (2022, October 14). *¿Qué es la deficiencia de nutrientes en las plantas?* Nevian Fertilizantes. https://nevianfertilizantes.com/blog/que-es-la-deficiencia-de-nutrientes-en-las-plantas/

Salas Guerra, M. R. (2024). *Niveles de deficiencias nutricionales en caoba (Swietenia macrophylla King) desarrollada a nivel de invernadero en el*

distrito de La Banda de Shilcayo - San Martín. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8569

Salvador Aguilar, T. (2022). *Los macronutrientes y su importante rol en el crecimiento*. Aguilar. https://abonosaguilar.com/los-macronutrientes-y-su-importante-rol-en-el-correcto-crecimiento-de-tus-plantas/

Sela, G. (2023, September 13). *Deficiencias Nutricionales y Sus Síntomas*. Cropaia. https://cropaia.com/es/blog/deficiencias-nutricionales-sintomas/

Sela, G. (2025, April 4). *Cómo diseñar soluciones nutritivas*. Cropaia. https://cropaia.com/es/blog/soluciones-nutritivas/

Shinde, S. A., Kapare, R. B., Palghadmal, R. M., & Inamke, P. S. (2021, May 5). *Role of Macronutrients in Plant Growth*. AgriCos E-Newsletter. www.agricosemagazine.com64

Sloane, C. (2022, March 24). *La definición de necrosis en plantas*. https://www.sciencing.com/the-definition-of-necrosis-in-plants-12003546/

Solórzano Peraza, P. R. (2023, July). *Los micronutrientes esenciales para las plantas*. Mundo Agropecuario. https://mundoagropecuario.com/los-micronutrientes-esenciales-para-las-plantas/

Tesillo, E. (2020). *Fertilización de plantaciones de Aspidosperma macrocarpon Martius con diferentes dosis de NPK, Anexo de La Florida–Satipo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7382

Vargas Barbaran, J. A. (2013). *Efecto de la Carencia de Micro Elementos en el Crecimiento Inicial y Síntomas de Deficiencia en el Cultivo de Bolaina Blanca (Guazuma crinita Mart.) en Pucallpa* [Tesis]. Universidad Nacional de Ucayali.

Wikipedia. (2025, April 14). *Micronutrientes*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Micronutrientes

Yucailla Guaylla, B. D. (2022). Evaluación de los índices de calidad en plántulas de Eucalyptus globulus en condiciones de invernadero en la estación experimental Santa Catalina INIAP. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA*

DE *CHIMBORAZO*.
https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16105

ANEXOS

ANEXO 1.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: "IMPACTO DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE EN PLANTONES DE PUMAQUIRO (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) PUCALLPA, PERÚ-2024"
Autor: Bach. Jeanely Ruiz Morales

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Tipo de Investigación
Problema General ¿Cuál es el impacto de las deficiencias nutricionales, mediante la técnica del elemento faltante, en el crecimiento del Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero, Pucallpa 2024? **Problema Específico** ¿Cómo se formula las soluciones nutritivas en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero? ¿Cómo se administra los tratamientos de Macro y Micronutrientes en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero? ¿Cuál es el efecto de los elementos faltantes en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero?	**Objetivo General** Determinar el impacto de la deficiencia nutricional con la técnica del elemento faltante en Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. **Objetivos Específicos** Analizar la formulación de las soluciones nutritivas en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. Analizar la administración de tratamientos de macro y micronutrientes en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero. Determinar el efecto de los elementos faltantes en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero	**Hipótesis General** El impacto de la deficiencia nutricionales con la técnica del elemento faltante en Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) en vivero es insignificante. **Hipótesis Especificas** Las soluciones nutritivas en plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) se formula con la técnica del elemento faltante de macro y micro nutrientes. La administración de los tratamientos de macro y micronutrientes no difieren con el tratamiento testigo en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) El efecto de los elementos faltantes en los plantones de Pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.) es positivo.	**Independientes** Solución nutritiva **Dependientes** Planta de pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon* Mart.)	Altura promedio de la planta (cm) Diámetro promedio de la planta (mm) Sintomatologías (marchitez, clorosis, necrosis, color purpureo) Clorofila total de la planta (nm)	La presente investigación fue del tipo de experimental, correlacional, de laboratorio y campo con enfoque cuantitativo; porque permitió medir el nivel de relación existente entre las variables: solución nutritiva y planta de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon), se determinará el grado de relación entre las variables en un tiempo específico, es hipotético deductivo, porque se plantea una hipótesis de trabajo. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2020). Por su función de su propósito esta investigación es aplicada, porque se busca generar información del efecto de la solución nutritiva en la planta de pumaquiro (Aspidosperma macrocarpon) como define Alvarez Risco, (2020) a la investigación aplicada: "Cuando la investigación se orienta a conseguir un nuevo conocimiento que permita soluciones de problemas dentro de los procesos industriales"

ANEXO 2.

EVALUACIONES EN CAMPO.

Mayo										
Elemento faltante	**Tratamientos**	**Altura (cm)**	**Diámetro (mm)**	**N° de hojas (Necrosis)**	**N° de hojas (Coloración anormal)**	**N° de hojas (Color purpureo)**	**N° de hojas (Deformación)**	**N° de hojas (Marchitez)**	**Clorofila**	**Observaciones**
ninguno	T_0R_1	45	5.38	1	8		4	1	15.3	
ninguno	T_0R_2	47	4.42		3		3		29.8	
ninguno	T_0R_3	49	5.71		9		2		44.3	pulgones
ninguno	T_0R_4	51	5.38	2	7				34.4	
N	T_1R_1	44	6.21		11				22.3	
N	T_1R_2	53	6.38		5				27.4	
N	T_1R_3	51	8.27		7				26.2	
N	T_1R_4	46	6.35		8				19.9	
P	T_2R_1	49	5.57		6		1		29.3	
P	T_2R_2	54	6.19		9		1		29.1	
P	T_2R_3	54	6.01		6				24.7	
P	T_2R_4	48	6.97	3	9				17.6	
K	T_3R_1	45	5.47	7	9				23	
K	T_3R_2	47	5.67	4	9				26.3	
K	T_3R_3	52	5.71	2	4				38.1	
K	T_3R_4	46	4.7	2	10				24.7	
Ca	T_4R1	51	6.95	2	9				25.2	
Ca	T_4R_2	47	5.2	5	6				34.2	pulgones
Ca	T_4R_3	50	6.75	5	5				24.9	
Ca	T_4R_4	48	6.53						21.3	
Mg	T_5R_1	48	6.58	3	4				28.6	
Mg	T_5R_2	56	5.28	4	10		1		22.8	
Mg	T_5R_3	53	6.16		3		1		30.3	
Mg	T_5R_4	51	6.72	2	5				24.1	
S	T_6R_1	49	4.91	4	7		1		33.2	
S	T_6R_2	49	5.44	4	6				24.4	
S	T_6R_3	50	4.59	4	6				26.4	
S	T_6R_4	54	5.85		3				26.1	
Fe	T_7R_1	53	5.98	2	4				29.1	
Fe	T_7R_2	53	5.43						23	
Fe	T_7R_3	49	5.08		2				28.9	
Fe	T_7R_4	50	5.53	3	4		2		27.1	
Mn	T_8R_1	52	6.61		4		1		30.9	
Mn	T_8R_2	48	5.53	3					20.7	
Mn	T_8R_3	47	5.86	4	8				9.4	
Mn	T_8R_4	49	5.47		4				21	
B	T_9R_1	52	6.18	2	6				27.9	
B	T_9R_2	46	6.07		12				25.2	
B	T_9R_3	49	5.24	4	8				28.8	
B	T_9R_4	50	5.27		9				22.8	
Zn	$T_{10}R_1$	55	5.84	1	3		1		27.9	
Zn	$T_{10}R_2$	47	4.9	7	13				22.9	
Zn	$T_{10}R_3$	47	5.95	2	4				27.4	
Zn	$T_{10}R_4$	46	5.66	2	3				22.3	
Cu	$T_{11}R_1$	50	6.19	2	6				31.8	
Cu	$T_{11}R_2$	47	5.05	3	7				20.7	
Cu	$T_{11}R_3$	49	5.49	7	11		2		20.4	
Cu	$T_{11}R_4$	48	5.06	7	5				23.7	
Mo	$T_{12}R_1$	51	5.48	8			2		37.2	
Mo	$T_{12}R_2$	48	5.85	7			1		23.7	
Mo	$T_{12}R_3$	48	4.99	1			2		23.7	
Mo	$T_{12}R_4$	49	6.37		9		2		24.7	

Junio										
Elemento faltante	**Tratamientos**	**Altura (cm)**	**Diámetro (mm)**	**N° de hojas (Necrosis)**	**N° de hojas (Coloración anormal)**	**N° de hojas (Color purpureo)**	**N° de hojas (Deformación)**	**N° de hojas (Marchitez)**	**Clorofila**	**Observaciones**
ninguno	T_0R_1	45	5.07	3					14.9	
ninguno	T_0R_2	46	4.3	1					28.7	
ninguno	T_0R_3	50	5.63	4			1		45.4	
ninguno	T_0R_4	52	5.28		1		1		13.3	
N	T_1R_1	45	5.78	1					23.2	
N	T_1R_2	54	4.6	6					32.6	
N	T_1R_3	54	5.55	2	2				27.5	
N	T_1R_4	44	5.05		1		1		25	
P	T_2R_1	49	6.04	1					30.3	
P	T_2R_2	56	5.57	1			2		29.8	
P	T_2R_3	51	5.13	3					33.2	
P	T_2R_4	47	5.69	9			1		22.3	
K	T_3R_1	45	5.49	5					14.3	
K	T_3R_2	47	4.99	4					24.2	
K	T_3R_3	55	5.32	2					29.5	
K	T_3R_4	47	4.56	4			1		25	
Ca	T_4R1	50	5.32	2					34.5	
Ca	T_4R_2	47	5.84		2				36.2	
Ca	T_4R_3	50	4.95	5					2.7	
Ca	T_4R_4	49	5.81	7					18	
Mg	T_5R_1	50	6.49	2					28.1	
Mg	T_5R_2	57	5.31	4					23.1	
Mg	T_5R_3	54	5.37	1			1		25.7	
Mg	T_5R_4	53	5.59	1			2		27.3	
S	T_6R_1	49	5.19	5			2		33.6	
S	T_6R_2	48	4.94		1				25.5	
S	T_6R_3	50	3.99	5					10.4	
S	T_6R_4	56	5.61	3			3		22.5	
Fe	T_7R_1	53	5.55						30.1	
Fe	T_7R_2	52	5.08	1					36.4	
Fe	T_7R_3	49	5.13	3			1		28.3	
Fe	T_7R_4	49	4.92		1				27.5	
Mn	T_8R_1	54	5.83	2			2		30.4	
Mn	T_8R_2	48	5.21	6					14.8	
Mn	T_8R_3	47	4.64	7					32.3	
Mn	T_8R_4	49	4.81	6	6				17.7	
B	T_9R_1	52	6.41		1				29.6	
B	T_9R_2	46	4.34	6	1				25.9	
B	T_9R_3	49	4.63	1					16.7	
B	T_9R_4	52	4.01		1				23.4	
Zn	$T_{10}R_1$	57	6.5	3					29.2	
Zn	$T_{10}R_2$	50	5.05	8					14.6	
Zn	$T_{10}R_3$	48	5.51	2					26	
Zn	$T_{10}R_4$	47	4.96	3					20.8	
Cu	$T_{11}R_1$	50	5.4	4					30.4	
Cu	$T_{11}R_2$	46	4.84	1					21.6	
Cu	$T_{11}R_3$	49	4.12	3			1		21.3	
Cu	$T_{11}R_4$	49	3.09	5					23.4	
Mo	$T_{12}R_1$	52	5.1	4			3		24	
Mo	$T_{12}R_2$	48	5.85		1				29.9	
Mo	$T_{12}R_3$	50	5.45	4			1		24.2	
Mo	$T_{12}R_4$	55	5.78	2			1		17.5	

Julio										
Elemento faltante	**Tratamientos**	**Altura (cm)**	**Diámetro (mm)**	**N° de hojas (Necrosis)**	**N° de hojas (Coloración anormal)**	**N° de hojas (Color purpureo)**	**N° de hojas (Deformación)**	**N° de hojas (Marchitez)**	**Clorofila**	**Observaciones**
ninguno	T_0R_1	45	4.95							Sin hoja
ninguno	T_0R_2	47	4.59							Sin hoja
ninguno	T_0R_3	49	4.83	4	7				44.4	
ninguno	T_0R_4	53	4.6	4	5				36.5	
N	T_1R_1	48	5.92	3	11				30.3	
N	T_1R_2	59	4.45	8	11				41.1	
N	T_1R_3	60	4.78	3	8		2		29.2	
N	T_1R_4	50	4.59	3	11		2		28.4	
P	T_2R_1	58	4.95		10		1		32.3	
P	T_2R_2	56	5.03	6	2		2		32.8	
P	T_2R_3	52	4.65		3				44	
P	T_2R_4	47	5.24	8	11				29.1	
K	T_3R_1	44.5	5.29	6	9				26.5	
K	T_3R_2	47	4.17	3	8				28.6	
K	T_3R_3	73	5.35	2	7				33.9	
K	T_3R_4	46	4.72	3	5				23.9	
Ca	T_4R1	50.5	5.92	1	2				31.5	
Ca	T_4R_2	48	4.97		5				34.9	
Ca	T_4R_3	50	5.34	3	5				32.2	
Ca	T_4R_4	54	5.81	7	8		1		31.1	
Mg	T_5R_1	50	5.73	1	4				27.4	
Mg	T_5R_2	56.3	5.57		8		1		21.2	
Mg	T_5R_3	54	5.28		6				32	
Mg	T_5R_4	53	5.37	1	5				35	
S	T_6R_1	48	3.99	4	5		2		35.2	
S	T_6R_2	48.5	4.56							Sin hoja
S	T_6R_3	50.5	4.02	3					22	
S	T_6R_4	56.5	5.15		7				25.6	
Fe	T_7R_1	65	5.15		4				21.8	
Fe	T_7R_2	53.5	5.06		4				35.9	
Fe	T_7R_3	49	4.72		3		2		28.2	
Fe	T_7R_4	50	4.52		4				36.5	
Mn	T_8R_1	54	5.8	4	10				29.4	
Mn	T_8R_2	51	5.52	2	7		1		18.5	
Mn	T_8R_3	47	4.5	5	5				34.5	
Mn	T_8R_4	48	4.55	3	8				23.5	
B	T_9R_1	52	5.77		7				28.6	
B	T_9R_2	46	4.1		5				31.2	
B	T_9R_3	49	4.6	3	6				28.3	
B	T_9R_4	50.5	4.52		8				24.6	
Zn	$T_{10}R_1$	65	4.82		3				29.5	
Zn	$T_{10}R_2$	52	4.44	2	6				19.8	
Zn	$T_{10}R_3$	49	5.34	1	5				24.6	
Zn	$T_{10}R_4$	47	4.67	2	6				27.5	
Cu	$T_{11}R_1$	50	5.72	1	9				11	
Cu	$T_{11}R_2$	47	5.08	1	3				10.9	
Cu	$T_{11}R_3$	49	4.83		3				28	
Cu	$T_{11}R_4$	49	3.75	2	2				28.4	
Mo	$T_{12}R_1$	52.3	4.91	1	7				21	
Mo	$T_{12}R_2$	48.5	5.38		4				18.9	
Mo	$T_{12}R_3$	50.5	4.89		8				29.6	
Mo	$T_{12}R_4$	63.5	6.06	1	8				15.2	

Agosto										
Elemento faltante	**Tratamientos**	**Altura (cm)**	**Diámetro (mm)**	**N° de hojas (Necrosis)**	**N° de hojas (Coloración anormal)**	**N° de hojas (Color purpureo)**	**N° de hojas (Deformación)**	**N° de hojas (Marchitez)**	**Clorofila**	**Observaciones**
ninguno	T_0R_1	45	7.75						32.3	hojas nuevas
ninguno	T_0R_2	48	6.04							sin hojas
ninguno	T_0R_3	49	7.82	5	6				26.5	
ninguno	T_0R_4	54	7.03	5	6				19.9	
N	T_1R_1	57	8.12	2	8				28.4	
N	T_1R_2	65	9.1	7	4		1		21.7	
N	T_1R_3	69	10.99	3	5		4		36.2	
N	T_1R_4	55	5.86	5	9		1		24.5	
P	T_2R_1	59	7.99	8	12				38.3	
P	T_2R_2	54	9.4	4	5		1		29	color negro en las hojas
P	T_2R_3	54	6.94	4	5				27.7	
P	T_2R_4	47	6.29	6	6				37.3	
K	T_3R_1	45	7.46							con brote
K	T_3R_2	46	7.03	5					26.8	
K	T_3R_3	76	8.04	3					44.2	
K	T_3R_4	47	6.71	2					32.7	
Ca	T_4R1	55	9.51	1					33.8	
Ca	T_4R_2	50	8.25	4					24	color negro en las hojas
Ca	T_4R_3	54	9.52	4					32.2	
Ca	T_4R_4	60	9.61	1					24.9	
Mg	T_5R_1	50	9.3	5					27.3	
Mg	T_5R_2	56	9.23	6					25.7	
Mg	T_5R_3	54	9.62	3					31.5	
Mg	T_5R_4	54	8.4	4					30.3	
S	T_6R_1	49	7.34	6			1		34.3	
S	T_6R_2	48	8.58							
S	T_6R_3	50	5.13	3					19.2	
S	T_6R_4	57	7.02	5					25.7	
Fe	T_7R_1	52	7.59	4	4				35.2	
Fe	T_7R_2	73	9.56	3	6				32.1	
Fe	T_7R_3	50	6.84	5	6		1		31.3	
Fe	T_7R_4	50	6.58							sin hojas
Mn	T_8R_1	53	9.01	5	5		1		32.4	
Mn	T_8R_2	52	8.7	4	4				19.2	
Mn	T_8R_3	47	6.4	2	2				27.8	solo 2 hojas
Mn	T_8R_4	48	5.7	5	5				13.4	5 hojas
B	T_9R_1	52	9.81	3	5				28.3	
B	T_9R_2	47	6.98							casi muerto pero
B	T_9R_3	49	4.38							sin hojas
B	T_9R_4	52	5.46	6	8				25.3	
Zn	$T_{10}R_1$	69	7.76	3	6				29.1	
Zn	$T_{10}R_2$	52	6.38	3	4				13	
Zn	$T_{10}R_3$	50	6.35	4	8		2		27.1	
Zn	$T_{10}R_4$	48	5.88	2	2				25.8	
Cu	$T_{11}R_1$	49	7.97	6	8				26.7	
Cu	$T_{11}R_2$	46	7.6	4	4				23.5	
Cu	$T_{11}R_3$	49	4.17	3	3				25.2	
Cu	$T_{11}R_4$	50	5.14	7	7		2		35.4	4 hojas pequeñas
Mo	$T_{12}R_1$	52	7.99	5	6		1		30.5	
Mo	$T_{12}R_2$	48	11.42		7				23.7	
Mo	$T_{12}R_3$	51	7.36	2	7				36.3	
Mo	$T_{12}R_4$	56	7.96	3	13		2		33.5	

Setiembre										
Elemento faltante	**Tratamientos**	**Altura (cm)**	**Diámetro (mm)**	**N° de hojas (Necrosis)**	**N° de hojas (Coloración anormal)**	**N° de hojas (Color purpureo)**	**N° de hojas (Deformación)**	**N° de hojas (Marchitez)**	**Clorofila**	**Observaciones**
ninguno	T_0R_1	45	5.11	2					17.3	con brote
ninguno	T_0R_2	47	4.61						32.1	con brote
ninguno	T_0R_3	49	6.06							
ninguno	T_0R_4	65	5.81	1	6				20.2	
N	T_1R_1	64	6.67		5				33.2	
N	T_1R_2	74	7.36	1	4		2		38.3	
N	T_1R_3	71	6.69		5		3		42.2	
N	T_1R_4	70	6.28	6	7		2		30.1	
P	T_2R_1	73	7.52	8	9		1		40.6	
P	T_2R_2	55	7.25	7	7		1		31.6	
P	T_2R_3	60	6.92	7	5				45.8	
P	T_2R_4	51	5.7	1	4				35.4	4 hojas
K	T_3R_1	51	5.38	5	8				7.7	
K	T_3R_2	48	4.75	7	7				24.6	
K	T_3R_3	80	7.64	6	7		1		41.8	
K	T_3R_4	48	4.61	3	3				32.1	
Ca	T_4R1	67	6.42	2	7				35.5	
Ca	T_4R_2	57	5.91	3	7				42.8	
Ca	T_4R_3	61	5.06	5	5				12.5	
Ca	T_4R_4	62	5.99	2	8				14.7	
Mg	T_5R_1	62	6.43	4	5				23.7	
Mg	T_5R_2	57	5.94	5	5				18.9	
Mg	T_5R_3	55	6.25	5	5				32.7	
Mg	T_5R_4	60	6.22	1	3				31.1	
S	T_6R_1	53	4.84	4	5				34.8	
S	T_6R_2	47	4.37							muerto
S	T_6R_3	53	4.75							con brote
S	T_4R_4	57	6.29	3	5				37.8	
Fe	T_7R_1	84	7.56	3	4				24.9	
Fe	T_7R_2	53	6.15							defoliado
Fe	T_7R_3	50	5.64	4	4				31.5	
Fe	T_7R_4	50	4.68							muerto
Mn	T_8R_1	60	6.94						31.2	vigorosa
Mn	T_8R_2	52	6.17						34.5	
Mn	T_8R_3	55	5.28	1	5				8.6	
Mn	T_8R_4	52	5.67						30.9	vigorosa
B	T_9R_1	53	7.24	5	5				34.7	
B	T_9R_2	46	4.18							muerto
B	T_9R_3	49	4.7							muerto
B	T_9R_4	53	6.7							defoliado
Zn	$T_{10}R_1$	82	7.96	2	6				39.3	
Zn	$T_{10}R_2$	52	4.96						13.4	
Zn	$T_{10}R_3$	56	6.5	6	7				13.7	
Zn	$T_{10}R_4$	63	6.5				2		36.9	
Cu	$T_{11}R_1$	50	7.08							con brote
Cu	$T_{11}R_2$	46	4.83	3	3				21.5	
Cu	$T_{11}R_3$	49	5.45							defoliado
Cu	$T_{11}R_4$	51	4.73	1	5				12.5	
Mo	$T_{12}R_1$	53	5.34	3	3				27.1	
Mo	$T_{12}R_2$	48	6.36	4	7				21.1	
Mo	$T_{12}R_3$	58	5.88	3	5				19.4	
Mo	$T_{12}R_4$	59	7.39	5	13		2		36.2	

ANEXO 3.

IMÁGENES DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES CON LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE.

Efecto del elemento faltante, testigo (derecha), nitrógeno (izquierda)





Efecto del elemento faltante, fosforo (derecha), potasio (izquierda)





Efecto del elemento faltante, calcio (derecha), magnesio (izquierda)





Efecto del elemento faltante, azufre (derecha), fierro (izquierda)





Efecto del elemento faltante, manganeso (derecha), boro (izquierda)





Efecto del elemento faltante, zinc (derecha), cobre (izquierda)





Efecto del elemento faltante, molibdeno

