UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

EFECTO DE UN CONSORCIO MICROBIANO AUTÓCTONO EN LA CALIDAD DE PLANTONES DE DOS ESPECIES FORESTALES BAJO CONDICIONES DE VIVERO, 2025

Tesis para optar el grado académico de
MAESTRO EN CIENCIAS EN MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

LUIZ PAULO AMARINGO CÓRDOVA

Pucallpa, Perú
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
ESCUELA DE POSGRADO

ANEXO N° 4

OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O DOCTOR

En la Sala de Grados de la Escuela de Posgrado de la UNU, siendo las 12:30 horas, del día 28 de Enero del 2026 ante el Jurado de Tesis constituido por :

PRESIDENTE: Dr. Roly Baldoceda Astete
SECRETARIO: Dr. Fernando Velasquez de la Cruz
VOCAL: Dr. Noé Klever Guadalupe Baylon

Don(ña) Luis Paulo Amoringo Cordova, aspirante al Grado de MAESTRO en ciencias en medio ambiente, gestión sostenible y responsabilidad social. ~~Mención~~ o DOCTOR en ....., inicia el acto defensa pública con la exposición de la tesis titulada Efecto de un consorcio microbiano autoctono en la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero, 2025

Concluido el acto de sustentación los miembros del Jurado procedieron a evaluar al sustentante obteniendo el siguiente puntaje, considerando los criterios siguientes:

N°	CRITERIO	RANGO	PUNTAJE
1	Presentación personal	0 - 4	4
2	Dicción y dominio de escenario	0 - 4	3
3	Desarrollo del contenido: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones	0 - 4	3
4	Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente	0 - 4	3
5	Aporte a la maestría o mención y a la comunidad	0 - 4	4
TOTAL			17

Calificación: Puntaje ejemplo: 18/20 17/20
Conclusiones: [Aprobado, Aprobado con distinción, Aprobado con observaciones, Desaprobado] APROBADO
Observaciones: [Si las hubiera] Indicado en el informe
Recomendaciones: [Si las hubiera] Indicado en el informe

Los miembros del Jurado, firman el presente Acta en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las 14:07 horas del 28 de enero del 2026

PRESIDENTE SECRETARIO VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/599-2025.

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

"EFECTO DE UN CONSORCIO MICROBIANO AUTOCTONO EN LA CALIDAD DE PLANTONES DE DOS ESPECIES FORESTALES BAJO CONDICIONES DE VIVERO, 2025"

Autor(es)	:	**AMARINGO CÓRDOVA, LUIZ PAULO**
Escuela	:	**POSGRADO**
Maestria	:	**CIENCIAS EN MEDIOAMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL**
Asesor(a)	:	**Dr. MORI MONTERO, CESAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 6%,** 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 presenta 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: 20/10/2025

Dr. 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, Luiz Paulo Amaringo Córdova

Autor de la tesis titulada : "Efecto de un Consorcio Microbiano Autóctono en la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero, 2025"

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Dr. Cesar Mori Montero

Escuela de Posgrado

Maestría: Medio Ambiente, Gestión Sostenible y Resp. Social

Mención:

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: 28/01/2026

Email: luiz.amaringo07@gmail.com Firma:

Teléfono: 991213545 DNI: 42362355

DEDICATORIA

A mi madre Margarita Córdova, por su esfuerzo, sacrificio y valentía que hicieron posible mi formación profesional.

A mi esposa Evelin Nora, por compartir a su lado nuestro amor, respeto y comprensión en la prosperidad y en momentos difíciles.

A mis hijos Lucio Darío y Felipe Luiz, por darme la alegría de ser padre de unos niños maravillosos.

A mi hermano Renzo Alejandro, por su confianza fraternal a lo largo de toda mi vida.

A mi primo Harry Córdova, por los buenos recuerdos en familia, descansa en paz querido primo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por el financiamiento del proyecto con el cual pude desarrollar la tesis para optar este grado académico.

Al Ing. Miguel Vásquez Macedo, ex-Director de la Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali del INIA, por las facilidades brindadas para la ejecución de la presente investigación en el Vivero Agroforestal.

A mi asesor, Dr. Cesar Mori Montero, por su valiosa contribución en la revisión de la tesis, así como los consejos necesarios para terminar el estudio de forma acertada.

Al Biólogo José Carlos María Florian Conder, por su apoyo en la evaluación de campo de esta tesis.

A los señores Lino Videira Mozombite, Julio del Águila Saavedra y Flor Francisca Gonzales Navarro, trabajadores del Vivero Agroforestal de la Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali del INIA, por su apoyo en la ejecución de la tesis.

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de dosis incrementales (0 ml, 160 ml, 320 ml, 480 ml y 640 ml por planta) de un Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad de plantones de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (capirona) bajo condiciones de vivero. El CMA presentó características físico-químicas destacadas: pH ácido (3.63), alta conductividad eléctrica (7.71 dS/m), contenido de materia orgánica (2.54%) y relación C/N de 11.29:1, indicativas de su potencial como bioinoculante. Los resultados mostraron una respuesta diferencial según la especie. En *G. crinita*, las dosis intermedias (160–480 ml) optimizaron significativamente la altura, el índice de esbeltez, el balance tallo-raíz y el Índice de Calidad de Dickson, con un pico de respuesta a los 320 ml para altura. En *C. spruceanum*, la dosis de 160 ml mejoró el Índice de Calidad de Dickson y el balance tallo-raíz, mientras que la dosis máxima (640 ml) promovió un mayor diámetro basal. Fisiológicamente, el CMA incrementó los contenidos foliares de nitrógeno y fósforo en ambas especies. Se concluye que el CMA es una herramienta biotecnológica efectiva para la producción de plantones forestales de calidad. Se recomiendan dosis específicas según la especie y el atributo morfológico deseado, constituyendo una alternativa sostenible para programas de reforestación en la Amazonía peruana.

Palabras clave: Consorcio Microbiano Autóctono (CMA), plantones forestales, calidad morfológica, calidad fisiológica, biol

ABSTRACT

This study evaluated the effect of incremental doses (0 ml, 160 ml, 320 ml, 480 ml, and 640 ml per plant) of an Autochthonous Microbial Consortium (AMC) on the quality of *Guazuma crinita* (bolaina blanca) and *Calycophyllum spruceanum* (capirona) seedlings under nursery conditions. The AMC exhibited notable physicochemical characteristics: acidic pH (3.63), high electrical conductivity (7.71 dS/m), organic matter content (2.54%), and a C/N ratio of 11.29:1, indicating its potential as a bioinoculant. The results showed a species-dependent response. In *G. crinita*, intermediate doses (160–480 ml) significantly optimized plant height, slenderness index, shoot-root balance, and the Dickson Quality Index (DQI), with a peak response at 320 ml for height. In *C. spruceanum*, the 160 ml dose improved the DQI and shoot-root balance, while the highest dose (640 ml) promoted greater basal diameter. Physiologically, the AMC increased foliar nitrogen and phosphorus content in both species. It is concluded that the AMC is an effective biotechnological tool for producing high-quality forest seedlings. Species-specific dosing is recommended based on the desired morphological attribute, establishing it as a sustainable alternative for reforestation programs in the Peruvian Amazon.

Keywords: Autochthonous Microbial Consortium (AMC), forest seedlings, morphological quality, physiological quality, biofertilizer (biol).

INTRODUCCIÓN

Los bosques desempeñan una función fundamental en la lucha contra el cambio climático al proporcionar servicios y recursos ecosistémicos de gran valor a escala local, regional, nacional y mundial. A pesar de esto, las tendencias económicas actuales representan una amenaza para los bosques y el clima en la región amazónica, lo que podría resultar en su sustitución o en una degradación significativa para el año 2030" (Rojas et al., 2019). "La deforestación se ha convertido en un desafío ambiental persistente en la actualidad" (Puerta y Iannacone, 2023). "En el Perú, este fenómeno ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos diez años, llegando a un punto crítico en el 2020 durante la pandemia, cuando se registró un récord histórico de más de 200,000 hectáreas de bosques devastados en tan solo un año (MINAM, 2024).

Por otro lado, la demanda insatisfecha de madera aserrada en el Perú, se destaca por la generación de nuevas oportunidades de negocio en su transformación y comercialización, proveniente de plantaciones forestales para los sectores construcción, carpintería y agroexportación" (Acuña et al., 2019). "Una opción para atender las necesidades del mercado y contribuir en la disminución de la deforestación es el establecimiento de plantaciones. Los viveros forestales y agroforestales locales se consideran el punto de partida para iniciar el cambio necesario y así contrarrestar en gran medida la degradación de los ecosistemas, mejorando también la calidad de vida de la población. Al mismo tiempo, surge la importancia de la restauración de tierras degradadas por medio de la forestación y la reforestación, pues podría absorber de la atmósfera de manera eficaz entre 0,9 Gt CO_2e y 1,5 Gt CO_2e al año, entre 2020 y 2050 (FAO, 2022).

En ese sentido, “a producción de plantones en viveros forestales con fines comerciales, de protección y de restauración es fundamental (Ramos y Lombardi, 2020), destacando la fase de producción como parte fundamental en este ciclo (Sánchez, 2018). La calidad de planta utilizada es crucial para el éxito de estas iniciativas, y se evalúa a través de características o parámetros morfológicos (forma y estructura) y fisiológicos (funciones y procesos vitales). La calidad de las plantas producidas en vivero resulta fundamental para cualquier programa de reforestación, ya que esto incrementa las posibilidades de supervivencia y crecimiento una vez que son trasplantadas en campo definitivo (Ramos y Lombardi, 2020).

En los últimos diez años, se están examinando enfoques que buscan reducir el uso de agroquímicos, así como explorar otras opciones de manejo y el uso de bioinsumos. Una de las alternativas destacadas para la producción vegetal, con menor o nula dependencia de agroquímicos, implica el empleo de microorganismos benéficos, los cuales pueden desempeñarse como biofertilizantes” (Bader et al., 2020), “al aumentar la disponibilidad de nutrientes mediante su influencia en los ciclos biogeoquímicos, como la fijación de nitrógeno, la solubilización de minerales y la mineralización de compuestos orgánicos; como fitoestimulantes, al promover la germinación de las semillas y el desarrollo de raíces mediante la producción de reguladores de crecimiento, vitaminas y otros compuestos; y, como mejoradores, al optimizar la estructura del suelo mediante su contribución a la formación de agregados estables (Cabrera et al., 2023).

Asimismo, una estrategia para desarrollar una agricultura sostenible podría basarse en el uso de fertilizantes a base de microorganismos, conocidos como fertilizantes orgánicos, con ello se podría ofrecer a los pequeños agricultores

una alternativa para producir sus propios fertilizantes utilizando la hojarasca del bosque, las cuales albergan una de las mayores diversidades microbianas" (Marois et al., 2023). Por lo tanto, "los biofertilizantes son una de las respuestas clave que debemos tener en cuenta si queremos establecer un sistema agrícola sostenible que alimente a todo el mundo mientras genera ganancias y mejora tanto el bienestar humano como al medio ambiente (Saha et al., 2023).

En ese contexto, la presente investigación priorizó especies forestales como *Guazuma crinita* Mart. "bolaina blanca" y *Calycophyllum spruceanum* Benth. "capirona", que son consideradas promisorias y con gran potencial gracias a su respuesta eficiente en la instalación de plantaciones destinadas a fines comerciales y convirtiéndolas en productos clave para la economía local. La capacidad para ofrecer madera de alta calidad a un costo relativamente bajo las ha posicionado dentro de las diez especies comerciales líderes en la producción de madera aserrada en la región (Goycochea et al., 2022; Egoavil et al., 2020).

Por lo tanto, es fundamental centrarse en estudios que buscan comprender las complejas interacciones entre microorganismos benéficos, plantas y su entorno. También es esencial llevar a cabo la búsqueda de recursos biológicos necesarios para aprovechar al máximo estas relaciones, con el objetivo de llevar el conocimiento desde los centros experimentales hasta los campos en forma de productos comerciales efectivos (Montoya et al., 2022).

En la presente investigación se buscó determinar el efecto de un Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) sobre la calidad de los plantones de *Guazuma crinita* Mart. ("bolaina") y *Calycophyllum spruceanum* Benth. ("capirona") en condiciones de vivero en Pucallpa. Para ello, se evaluaron las características físicas, químicas y microbiológicas del CMA y se evaluó la influencia de

diferentes dosis incrementales en los atributos morfológicos y fisiológicos de los plantones. Esta investigación permitió entender cómo estos microorganismos pueden mejorar la calidad de las plantas, contribuyendo así a la eficiencia en la producción forestal y al logro de plantaciones exitosas.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTO vi

RESUMEN vii

ABSTRACT viii

INTRODUCCIÓN ix

ÍNDICE GENERAL xiii

ÍNDICE DE TABLAS xv

ÍNDICE DE FIGURAS xix

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 22

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 22

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 25

1.2.1. Problema general 25

1.2.2. Problemas específicos 25

1.3. OBJETIVO GENERAL Y OLBJETIVOS ESPECÍFICOS 26

1.3.1. Objetivo general 26

1.3.2. Objetivos específicos 26

1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS. 27

1.4.1. Hipótesis general 27

1.4.2. Hipótesis específicas 27

1.5. VARIABLES 28

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 29

1.7. VIABILIDAD 32

1.8. LIMITACIONES 33

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 35

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 35

2.1.1. Antecedentes internacionales 35

2.1.2. Antecedentes nacionales 50

2.1.3. Antecedentes locales 57

2.2. BASES TEÓRICAS 60

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES 83

2.4. BASES EPISTÉMICAS 88

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO 91

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 91

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN 92

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 95

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 96

3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS 104

3.6. PRUEBA ESTADÍSTICA 107

CAPÍTULO IV. RESULTADOS 109

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 170

CONCLUSIONES 181

SUGERENCIAS 183

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 185

ANEXOS 211

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Evaluacion de Calidad según parametros morfologicos en Calycophyllum spruceanum…… 59

Tabla 2. Intervalos de calidad de plantón en latifoliadas…… 72

Tabla 3. Interacción de variables…….. 93

Tabla 4. Métodos de ensayo para la caracterización físico-químico del CMA……. 98

Tabla 5. Métodos de ensayo para la caracterización microbiológica del CMA……. 99

Tabla 6. Métodos de ensayo para análisis de contenido foliar……. 103

Tabla 7. Aplicación de dosis incrementales de CMA…….. 104

Tabla 8. Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos morfológicos en *Guazuma crinita* (bolaina blanca) a 120 días de trasplante……. 110

Tabla 9. Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos morfológicos en *Calycophyllum spruceanum* (capirona) a 120 días de trasplante…….. 114

Tabla 10. Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos fisiológicos en *Guazuma crinita* (bolaina blanca) a 120 días de trasplante……. 118

Tabla 11. Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos fisiológicos en *Calycophyllum spruceanum* (capirona) a 120 días de trasplante……. 121

Tabla 12. Resultados de los análisis físico-químico y microbiológico del CMA (biol) activado…… 123

Tabla 13. Análisis de Varianza para Altura de planta (cm) en Capirona…… 124

Tabla 14. Análisis de Varianza para Altura de planta (cm) en Bolaina blanca……. 125

Tabla 15. Prueba de Tukey para Altura de planta (cm) en Bolaina blanca……. 126

Tabla 16. Análisis de Varianza para diámetro (mm) en Capirona……. 128

Tabla 17. Prueba de Tukey para diámetro (mm) en Capirona…….. 128

Tabla 18. Análisis de Varianza para diámetro (mm) en Bolaina blanca. 129

Tabla 19. Análisis de Varianza del Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante en Capirona…… 131

Tabla 20. Análisis de Varianza del Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante en Bolaina blanca……... 132

Tabla 21. Prueba de Tukey para Índice de Esbeltez en Bolaina blanca. 132

Tabla 22. Análisis de Varianza para la Relación altura de planta/Longitud de raíz en Capirona…… 134

Tabla 23. Prueba de Tukey para Relación altura de planta/Longitud de raíz en Capirona…….. 135

Tabla 24. Análisis de Varianza para la Relación altura de planta/Longitud de raíz en Bolaina blanca…… 136

Tabla 25. Análisis de Varianza para el Índice Tallo-Raíz en Capirona.. 138

Tabla 26. Prueba de Tukey para el Índice Tallo-Raíz en Capirona…… 139

Tabla 27. Análisis de Varianza para el Índice Tallo-Raíz en Bolaina blanca……. 140

Tabla 28. Prueba de Tukey para el Índice Tallo-Raíz en Bolaina blanca……. 140

Tabla 29. Análisis de Varianza para el Índice de Calidad de Dickson en Capirona…….. 142

Tabla 30. Prueba de Tukey para el Índice de Calidad de Dickson en Capirona…… 143

Tabla 31. Análisis de Varianza para el Índice de Calidad de Dickson en Bolaina blanca…… 144

Tabla 32. Prueba de Tukey para el Índice de Calidad de Dickson en Bolaina blanca…….. 144

Tabla 33. Análisis de Varianza para contenido de Nitrógeno foliar (N%) en Capirona…… 147

Tabla 34. Prueba de Tukey para el contenido de Nitrógeno foliar (N%) en Capirona…….. 147

Tabla 35. Análisis de Varianza para contenido de Nitrógeno foliar (%) en Bolaina blanca……. 148

Tabla 36. Prueba de Tukey para el contenido de Nitrógeno foliar (%) en Bolaina blanca……. 149

Tabla 37. Análisis de Varianza para contenido de Fósforo foliar (P%) en Capirona……... 151

Tabla 38. Prueba de Tukey para el contenido de Fósforo foliar (P%) en Capirona……... 152

Tabla 39. Análisis de Varianza para contenido de Fósforo foliar (P%) en bolaina blanca……. 153

Tabla 40. Prueba de Tukey para el contenido de Fósforo foliar (P%) en Bolaina blanca……. 153

Tabla 41. Análisis de Varianza para contenido de Potasio foliar (K%) en Capirona…….. 155

Tabla 42. Análisis de Varianza para contenido de Potasio foliar (K%) en Bolaina blanca……. 156

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Efecto de un CMA en el Incremento de Altura de planta (cm) de dos especies forestales……. 127

Figura 2. Efecto de un CMA en el diámetro a cuello de raíz (mm) de dos especies forestales……... 130

Figura 3. Efecto de un CMA en el Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante de dos especies forestales…….. 133

Figura 4. Efecto de un CMA en la Relación Altura de planta/Longitud de raíz a 120 días de trasplante de dos especies forestales. 137

Figura 5. Efecto de un CMA en el Índice Tallo-Raíz a 120 días de trasplante de dos especies forestales…….. 141

Figura 6. Efecto de un CMA en el Índice de Calidad de Dickson a 120 días de trasplante de dos especies forestales……. 145

Figura 7. Efecto de un CMA en el Contenido de Nitrógeno foliar (N%) a 120 días de trasplante de dos especies forestales……. 150

Figura 8. Efecto de un CMA en el Contenido de Fósforo foliar (P%) a 120 días de trasplante de dos especies forestales……. 154

Figura 9. Efecto de un CMA en el Contenido de Potasio foliar (K%) a 120 días de trasplante de dos especies forestales…… 157

Figura 10. Modelo cuadrático para altura de planta (cm) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales….. 158

Figura 11. Modelo cuadrático para Diámetro (mm) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales……. 159

Figura 12. Modelo cuadrático para Índice de Esbeltez (IE) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales.. 161

Figura 13. Modelo cuadrático para la Relación altura de planta/Longitud de raíz en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales…….. 162

Figura 14. Modelo cuadrático para el Índice Tallo Raíz (ITR) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales.. 163

Figura 15. Modelo cuadrático para el Índice de Calidad de Dickson en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales…… 165

Figura 16. Modelo cuadrático para el Contenido foliar de Nitrógeno (N%) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales…….. 166

Figura 17. Modelo cuadrático para el Contenido foliar de Fósforo (P%) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales…… 167

Figura 18. Modelo cuadrático para el Contenido foliar de Potasio (K%) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales…… 168

En el anexo:

Figura 1A. Captura de Microorganismos Benéficos Nativos en Centro Experimental Alexander Von Humboldt…… 239

Figura 2A. Preparación de componentes de Biol……... 239

Figura 3A. Mezcla de componentes del biol…… 240

Figura 4A. Activación del biol en condiciones anaeróbicas…….. 240

Figura 5A. Selección y evaluación preliminar de plantones a evaluar… 241

Figura 6A. Ensayo destructivo – Preparación de plántulas, seccionado y rotulado……... 241

Figura 7A. Evaluación de atributos morfológicos de plántulas en laboratorio…….. 242

Figura 8A. Secado de muestras para obtención de biomasa aérea y radicular……. 242

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las extensas áreas de selva tropical están experimentando un deterioro significativo, lo que resulta en la pérdida de diversidad biológica y alteraciones en el clima a nivel global. Aunque se han intensificado los esfuerzos para recuperar estos bosques en América Latina, a menudo se ven limitados por la escasez de fondos. Por otra parte, las plantaciones forestales comerciales con especies nativas están surgiendo como una estrategia para reforestar grandes extensiones de terrenos deforestados o degradados, al mismo tiempo que satisfacen la demanda de productos maderables por parte de la industria forestal (Ugarte y Roman, 2020).

La deforestación es un desafío que ha ido aumentando progresivamente, especialmente en los últimos años, lo que ha resultado en una significativa reducción de áreas de bosques en todo el mundo. Esta situación es especialmente evidente en la región amazónica de Perú, donde la agricultura migratoria, la práctica de la roza y quema, la actividad minera y la tala ilegal son algunas de las principales causas de este problema (La Barreda, 2021).

Asimismo, la deforestación acarrea diversas consecuencias concretas. Especialmente, reduce la recarga de los glaciares, los cuales son la fuente de agua para los ríos en la cuenca del Pacífico y contribuyen al abastecimiento de agua en la Amazonía. Esto representa una seria amenaza para la agricultura bajo riego en las regiones costeras y de sierra.

Además, la degradación de los bosques conlleva a sequías e inundaciones cada vez más impredecibles y violentas en las zonas de selva baja. También implica la pérdida de especies vegetales y animales endémicas, exclusivas del territorio peruano, así como importantes impactos en la agricultura de las tres regiones naturales debido al cambio climático (Dourojeanni, 2022).

De igual manera, se observa un aumento en la incidencia de desastres ambientales, especialmente aluviones o deslizamientos de tierra, así como un incremento en los incendios forestales (Escobar, 2019) y la probable propagación de enfermedades nuevas o ya existentes (Brancalion et al., 2020). La pérdida de bosques, principalmente causada por la expansión sin planificación, informal o ilegal, de la agricultura y la ganadería, es una causa fundamental de la deforestación. Por otro lado, la degradación de los bosques, resultado del uso no sostenible de los recursos forestales, también contribuye significativamente a este problema (Dourojeanni et al., 2021).

El Perú aún no ha logrado utilizar eficazmente cerca de 10.5 millones de hectáreas de su territorio, que se reconocen como aptas para la reforestación. Aunque se ha informado oficialmente que hay 1,074,113 hectáreas reforestadas (SERFOR, 2019), el país se encuentra entre los que tienen menos bosques plantados en América del Sur. De hecho, solo alrededor de 50,000 hectáreas pueden considerarse de uso industrial.

Por lo tanto, aprovechar las áreas con potencial para plantaciones forestales con fines comerciales a largo plazo representa una oportunidad que requiere investigación, impulsando el cultivo de especies con ciclos de crecimiento más cortos y con características que satisfagan las demandas

del mercado, especialmente para la producción de madera destinada a la construcción, tableros de fibras y partículas, plataformas y muebles (Mendiburu y Cosavalente, 2022). A medida que la oferta sostenible de madera de bosque natural decaiga y la demanda siga aumentando, la tendencia general en el futuro será hacia el aumento de la producción y la utilización de más madera cultivada en plantaciones (Guariguata et al., 2017).

Por otro lado, la forma en que se están cultivando las plantas en vivero en la actualidad implica el empleo de productos químicos agrícolas externos, que se usan para combatir enfermedades e insectos. Esto no solo genera un gasto elevado para los agricultores, sino que también puede tener consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud humana (Villasmil et al., 2022).

La dependencia de la fertilización química ha propiciado el crecimiento de industrias que producen y comercializan productos químicos peligrosos que representan una amenaza para la vida. Estos fertilizantes químicos no solo son perjudiciales para los seres humanos, sino que también alteran el equilibrio ecológico (Shabbir et al., 2019). De igual manera, Marois et al., (2023), sostiene que el uso excesivo de productos químicos en la agricultura intensiva ha tenido un impacto negativo en la diversidad y fertilidad del suelo.

Con especies forestales hay desafíos en la producción desde la etapa del vivero hasta la plantación definitiva, los cuales están vinculados con la multiplicación, aclimatación y adaptación de las plantas a diferentes condiciones agroecológicas (Ramirez et al., 2018). En la mayoría de los viveros, la alimentación de las plantas se lleva a cabo principalmente

mediante la aplicación de fertilizantes hidrosolubles durante el riego. Este método de fertilización tiene inconvenientes, como la pérdida de nutrientes por lixiviación y, en algunas ocasiones, puede provocar una sobrefertilización y desequilibrios entre las raíces y otras partes de la planta (Castro et al., 2018).

Además, la restricción de recursos financieros significa que el plantón debe ser producido en el menor tiempo posible, manteniendo una calidad óptima, para asegurar el éxito en el establecimiento y crecimiento de las plantaciones. Este constituye el objetivo primordial de un proyecto de inversión y está influenciado por diversos factores, incluida la calidad de la planta (Alvarez et al., 2022).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto de un consorcio microbiano autóctono (CMA) en la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué características físicas, químicas y microbiológicas tiene el Consorcio Microbiano Autóctono (CMA)?
- ¿Cuál es el efecto del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad morfológica de plantones de *Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero?

- ¿Cuál es el efecto del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad fisiológica en plantones de *Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero?
- ¿Cuál es la dosis incremental del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) que mejora significativamente la calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero?

1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de las dosis incrementales de un consorcio microbiano autóctono (CMA) en la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) utilizado en la inoculación de plantones forestales en condiciones de vivero.
- Determinar el efecto del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad morfológica de plantones de *Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero.

- Determinar el efecto del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad fisiológica de plantones de *Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero.
- Determinar la dosis incremental del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) que mejora significativamente la calidad de plantones de *Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero.

1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

- El consorcio microbiano autóctono (CMA) mejora significativamente la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El CMA presenta características físicas, químicas y microbiológicas favorables para su inoculación en plantones forestales en condiciones de vivero.
- El CMA mejora significativamente la calidad morfológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum.*
- El CMA mejora significativamente la calidad fisiológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*.

- Al menos una dosis incremental del consorcio microbiano autóctono (CMA) mejora significativamente la calidad de plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum en condiciones de vivero.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable independiente

- Efecto de un Consorcio Microbiano Autóctono (CMA).

➢ Dosis incrementales del CMA: Volumen de dosis incrementales de CMA

- D1 = 0 ml de biol.
- D2 = 160 ml de biol.
- D3 = 320 ml de biol.
- D4 = 480 ml de biol.
- D5 = 640 ml de biol.

➢ Evaluación del CMA

- Física: pH; Conductividad eléctrica (dS/m).
- Química: Materia orgánica (%), N(%), P(%), K(%) en solución.
- Microbiológico: Recuento bacteriano (UFC).

1.5.2. Variable dependiente

- Calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero.

➢ Efecto del CMA en la calidad morfológica en plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*

Atributos morfológicos de plantones:

- Altura de planta en centímetros
- Diámetro a cuello de raíz en mm
- Índice de esbeltez es adimensional
- Relación altura/longitud de raíz es adimensional.
- Índice Tallo-Raíz es adimensional
- Índice de Calidad de Dickson es adimensional

➢ Efecto del CMA en la calidad fisiológica en plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*

Atributos fisiológicos de plantones:

- Contenido foliar de Nitrógeno (%)
- Contenido foliar de Fósforo (%)
- Contenido foliar de Potasio (%)

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación es necesaria porque busca aportar soluciones innovadoras y sostenibles a la producción de plantones

forestales de alta calidad en el Perú, contribuyendo así al fortalecimiento de la competitividad del sector forestal y al desarrollo sostenible del país (Guariguata et al., 2017). La formulación y aplicación de un consorcio microbiano autóctono constituye una estrategia prometedora para mejorar la calidad morfológica y fisiológica de los plantones, reduciendo la dependencia de insumos químicos sintéticos y promoviendo la utilización de la biodiversidad microbiana local. Esto no solo favorece una producción más saludable y resistente, sino que también potencia la capacidad de restauración de los ecosistemas forestales y la generación de valor agregado a partir de la reforestación (Aguilar et al., 2020; Hernandez et al., 2011; Sotomayor et al., 2022).

La escasa participación de Perú en el mercado mundial de productos forestales, inferior al 1%, y el bajo desarrollo de las plantaciones comerciales apenas 40,000 ha de un potencial estimado en 10 millones de hectáreas reflejan una oportunidad desaprovechada para el país (FAO y UNEP, 2020; SERFOR, 2023). Si bien esta situación señala un desafío, también resalta la urgencia de implementar prácticas innovadoras en viveros forestales, que mejoren la calidad del material de plantación y fortalezcan los procesos de reforestación y restauración. La incorporación de consorcios microbianos autóctonos ofrece una alternativa sustentable y adaptada a las condiciones locales, capaz de optimizar el crecimiento, la nutrición y la resistencia de los plantones (Marín et al., 2023; Sotomayor et al., 2022).

El trabajo se centra en dos especies forestales de alto valor ecológico y comercial: *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*, emblemáticas de la Amazonía peruana y de otras regiones (Ugarte y

Roman, 2020). A través de la caracterización del consorcio microbiano autóctono y la evaluación de su efecto en la calidad de los plantones en vivero, el estudio permitirá establecer protocolos científicos y técnicos que mejoren la eficiencia productiva y garanticen la salud y el vigor de los plantones. Estos resultados permitirán no solo validar el uso de bioinsumos locales, sino también fomentar su adopción por parte de viveristas y profesionales del sector forestal.

En síntesis, se busca fortalecer la economía circular y el uso de tecnologías sostenibles en la producción de plantones forestales, mediante la incorporación de microorganismos nativos que mejoren la calidad de la planta y del suelo. El consorcio microbiano propuesto potenciará procesos naturales de nutrición, promoverá la biodiversidad funcional del suelo y reducirá el uso de agroquímicos, lo que contribuirá a la recuperación de suelos degradados y a la salud integral del ecosistema (Aguilar et al., 2020; Rosabal et al., 2021). Esta estrategia permitirá incrementar la productividad y sostenibilidad de los viveros forestales en el Perú, alineándose con los principios de bioeconomía, sostenibilidad ambiental y generación de valor agregado en la cadena forestal. Finalmente, los resultados generados serán de gran utilidad para técnicos, viveristas, investigadores y políticas públicas, facilitando la adopción de bioinsumos autóctonos que aseguren la calidad y éxito de las plantaciones forestales, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la economía verde del país.

Por tanto, este proyecto se justifica porque:

Pretende brindar información sobre la relación de la aplicación de un CMA (biol) en diferentes dosis incrementales en la calidad de plantones de

especies forestales como *Calycophyllum spruceanum* "capirona" y *Guazuma crinita* "bolaina", bajo condiciones de vivero.

Contribuirá a conocer la influencia de las concentraciones de un CMA (biol) en los atributos morfológicos y fisiológicos de los plantones de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" y *Guazuma crinita* "bolaina", en condiciones de vivero.

Busca brindar información preliminar sobre la concentración adecuada para la aplicación de un CMA (biol) en plantones de especies forestales, en condiciones de vivero; con la finalidad de continuar evaluando en otras especies forestales en el tiempo.

Busca promover el uso de insumos orgánicos en la fertilización de plantones en vivero, ofreciendo una alternativa ecológica, social y económicamente viable para los productores y empresas en la Amazonía involucrados en reforestación o plantaciones forestales, debido a la naturaleza orgánica y bajos costos de producción que los hacen muy atractivos frente a otros productos del mercado.

1.7. VIABILIDAD

La presente investigación es viable, ya que la elaboración del CMA (biol) representa el uso de insumos locales de fácil acceso para el productor, asimismo, pretende contribuir al mejoramiento productivo y ambiental a través de la acción de bacterias fotosintéticas, lácticas, hongos, levaduras, entre otros; de esta forma favorecer al mejoramiento económico y social de la comunidad. El uso de consorcios microbianos nativos es factible para ser utilizada en los viveros forestales por ser rentable e incrementar la producción de plantones de calidad. Con ello aseguramos el

éxito en la instalación de plantaciones forestales, reduciendo el índice de mortalidad y obteniendo el vigor necesario para su instalación en campo definitivo. Además de ello, el uso de microorganismos en la agricultura y forestería es factible debido a su capacidad para descomponer residuos orgánicos, desintoxicar compuestos recalcitrantes, suprimir enfermedades en las plantas, producir compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento vegetal, y aportar nutrientes al suelo por medio de procesos como la solubilización de fosfato y la fijación de nitrógeno molecular (Beltran y Bernal, 2022).

1.8. LIMITACIONES

La presente investigación presentó ciertas limitaciones inherentes a las condiciones del entorno experimental y a las características propias del material vegetal utilizado:

1.8.1. Condiciones ambientales no controladas

El estudio se desarrolló en un vivero, por lo que no fue posible controlar de manera precisa variables ambientales como la temperatura (°C) y la humedad relativa (%). Sin embargo, se mantuvo un control parcial de la precipitación mediante la instalación de una cubierta de Agrofilm en el área de trabajo, lo que permitió mitigar el impacto directo de las lluvias.

1.8.2. Temporalidad del estudio

Las evaluaciones se realizaron exclusivamente entre los meses de junio y setiembre del presente año. En consecuencia, los resultados

obtenidos fueron influenciados por las condiciones estacionales propias de este periodo, lo que podría limitar su extrapolación a otras épocas del año con diferentes características climáticas.

1.8.3. Variabilidad genética del material vegetal

Los plantones utilizados en el ensayo provinieron de semillas, lo que implicó una inevitable heterogeneidad genética entre los individuos. Esta variabilidad podría haber influido en la respuesta de los plantones a los tratamientos, y no pudo ser controlada ni estandarizada en el marco de esta investigación.

1.8.4. Composición del sustrato estandarizada

El sustrato empleado en la experimentación estuvo compuesto por una mezcla en proporciones iguales (1:1:1) de tierra agrícola, arena y abono orgánico. Esta fórmula fue uniforme para todos los tratamientos y unidades experimentales, por lo que los resultados fueron condicionados a dicha proporción específica. Cualquier modificación en la composición o en los insumos del sustrato podría generar respuestas diferentes, lo cual representa una limitación en cuanto a la generalización de los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Castillo et al. (2024) en su pesquisa titulado: "*La inoculación con microorganismos rizosféricos en la restauración de bosques secos tropicales aumentó la diversidad microbiana, pero no tuvo efecto en el crecimiento de las plántulas*" evaluaron, durante un periodo de 5 meses, los efectos de la inoculación de plántulas nodrizas de *Inga densiflora* con microorganismos rizosféricos provenientes de un hábitat forestal vecino, en el contexto de un proyecto de restauración ecológica en una zona de bosque seco tropical invadida por el pasto Guinea (*Panicum maximum*). Se evaluó el efecto de la inoculación en dos variables de respuesta: (1) el crecimiento de las plántulas (*I. densiflora*), y (2) la diversidad de bacterias y hongos, con énfasis en los géneros asociados a la rizosfera que promueven el crecimiento vegetal. La diversidad bacteriana y fúngica se evaluó utilizando el método de metabarcoding y los números de Hill q = 0, 1 y 2. Se encontró una diversidad significativamente mayor de microorganismos en la rizosfera de las plántulas inoculadas en comparación con las no inoculadas. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el crecimiento de las plántulas inoculadas frente a las no inoculadas. Esta evidencia sugiere que, a corto plazo y en un contexto de restauración, la inoculación de árboles con microorganismos tomados directamente de un bosque vecino puede aumentar la diversidad

bacteriana, y posiblemente también la fúngica. Aunque comprender la complejidad de estos procesos requiere más estudios, esta técnica parece ser un enfoque prometedor para recuperar la diversidad de microbiomas rizosféricos durante la restauración ecológica.

Según Legesse et al. (2024) en sus investigación titulado: *"Hongos micorrícicos nativos de Etiopía mejoran el crecimiento de árboles y la supervivencia de plántulas, contribuyendo al Programa Legado Verde*", investigaron el efecto de consorcios nativos de hongos micorrícicos arbusculares (HMA), aislados de raíces de acacias autóctonas, sobre el crecimiento de plántulas de *Cassia fistula* bajo condiciones controladas. A los 120 días, el consorcio T2 (HMA proveniente de raíces de *Acacia seyal*) mostró resultados destacados en casi todos los parámetros: altura promedio de 42,3 ± 1,4 cm frente a 25,6 ± 0,8 cm del control, longitud de raíz de 16,9 ± 0,0 cm comparado con 11,3 ± 0,1 cm, y número de hojas máximo (132 ± 1) frente al mínimo (69 ± 1) del control. La biomasa fresca y seca del brote (13,2 ± 0,1 g y 5,4 ± 0,0 g) y de la raíz (4,5 ± 0,4 g y 2,3 ± 0,4 g) duplicaron o triplicaron los valores del control. Esto evidencia que el Tratamiento 2 mejora significativamente el crecimiento, biomasa, producción foliar y desarrollo radicular de las plántulas, factores clave para su supervivencia en ambientes áridos. Se atribuye a la capacidad de los HMA nativos para mejorar la absorción de agua y nutrientes, lo que es esencial en suelos de baja fertilidad y pH bajo. En conclusión, la aplicación de consorcios nativos de AMF, especialmente aquellos asociados a *A. seyal*, constituye una estrategia eficiente y sostenible para potenciar la reforestación en zonas áridas de Etiopía. Se recomienda su inclusión en viveros y campañas nacionales de reforestación, aunque se subraya la

necesidad de estudios adicionales bajo condiciones de campo y estrés ambiental para validar su potencial a largo plazo y competitividad frente a inoculantes comerciales.

Los autores Marín et al. (2023) en sus pesquisa titulada: *"Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en Ochroma pyramidale (balsa) en fase de vivero*", establecieron cuatro tratamientos con 10 repeticiones: T1: *Glomus spp*., T2: *Acaulospora spp*., T3: *Scutellospora spp*. y T4: Tratamiento testigo con agua destilada estéril, para evaluar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plántulas de balsa a los 90 días después de la inoculación. El consorcio micorrízico Glomus spp. demostró ser el tratamiento más eficaz, logrando los mayores valores en todas las variables evaluadas: densidad de colonización micorrízica en raíces (alta capacidad de infección), altura promedio de planta (52,44 cm), peso seco del sistema foliar (21,15 g/planta), peso seco del sistema radicular (15,89 g/planta), longitud de raíz (84,08 cm/planta) y longitud de raíz por volumen de suelo (1,09 cm/cm^3). Asimismo, este tratamiento presentó el mayor peso húmedo del sistema radicular (33,22 g/planta) y peso húmedo del sistema foliar (90,17 g/planta), destacando por su capacidad para aumentar significativamente la biomasa y el área radicular en comparación con los demás tratamientos, incluido el testigo, que presentó los valores más bajos en todas las variables. Estos resultados evidencian que la inoculación con Glomus spp. no solo promueve el crecimiento vegetativo y el desarrollo radicular de las plántulas de balsa, sino que también mejora su absorción de agua y nutrientes, lo que podría incrementar su supervivencia en campo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos, beneficiando a los productores forestales, la industria

maderera y favoreciendo prácticas sostenibles en la reforestación y conservación de suelos.

En la investigación de los autores Moreto et al. (2023), titulado: *"Fertilización e inoculación de consorcios micorrízicos en plántulas de Pinus radiata D. Don"*, establecieron ocho tratamientos con 80 repeticiones para evaluar el efecto de la inoculación micorrícica y la fertilización en el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* D. Don. El objetivo fue determinar el tratamiento óptimo para maximizar el crecimiento y la calidad de las plántulas. El tratamiento T7, que consistió en la aplicación de 15 mL de agua, 1 g de *Suillus luteus* y 1 g de Basacote Plus, presentó los mejores resultados, alcanzando un 98,75% de supervivencia, altura promedio de 16,01 cm, diámetro de cuello de raíz de 2,09 cm, biomasa fresca aérea de 1,86 g, biomasa fresca radicular de 0,45 g, índice de lignificación de 24,26 e índice de calidad de Dickson de 6,57. Estos resultados fueron significativamente superiores en comparación con otros tratamientos, especialmente el T1, que mostró la menor supervivencia (92,50%). La combinación de micorrización y fertilización demostró ser complementaria, generando un efecto sinérgico que optimiza el crecimiento y la calidad estructural de las plántulas, incrementando su potencial de supervivencia en campo.

Koziol et al., (2023) en sus pesquisa titulado: "*Los microorganismos nativos amplifican el establecimiento y la diversidad de plántulas nativas mientras inhiben el crecimiento de un pasto no nativo"*, evaluaron el efecto de diferentes comunidades microbianas sobre el establecimiento y diversidad de plántulas nativas en presencia de la gramínea invasora *Setaria faberi* en restauraciones de praderas. Se compararon

cuatro tratamientos: control estéril, suelo agrícola abandonado (ex-arable), hongos micorrícicos arbusculares (AM) nativos de pradera tardía, y la combinación de AM nativos con suelo ex-arable. El tratamiento combinado fue el más efectivo, aumentando la diversidad total de plantas en un 33,5% respecto al suelo ex-arable solo y promoviendo la mayor abundancia de especies nativas de sucesión tardía. Además, redujo significativamente la abundancia de la invasora *S. faberi*, que fue máxima en el control y suelo ex-arable sin AM. Aunque la biomasa total no varió significativamente, la composición cambió favorablemente hacia especies nativas en el tratamiento combinado. Estos resultados indican que la inoculación con AM nativos junto con suelo agrícola mejora la restauración al favorecer especies nativas y limitar invasoras, siendo una estrategia clave para restaurar la diversidad y funcionalidad de ecosistemas degradados.

Según Cabrera et al. (2023) en sus publicación titulado: "*Evaluación del crecimiento inicial de las especies Swietenia macrophylla King y Triplaris cumingiana Fisch. & C.A. Mey. con la aplicación de tres dosis de biofertilizantes*", mostraron que la especie *Swietenia macrophylla* presentó el mayor porcentaje de germinación con 90,95% en la etapa de vivero. Para la variable altura de planta de 30, 60 y 90 días, la misma especie reportó el valor alto, con 8,19 cm; 18,73 cm y 28,73 cm sin aplicación de biofertilizante. Al aplicar las dosis de biofertilizantes se pudo establecer que, a los 60 días, con las dosis de 200 ml y 300 ml en 5l de agua, se obtuvieron mayores alturas de planta, con 13,89 cm y 13,59 cm, respectivamente. Así mismo, al interaccionarse los valores en la variable altura de planta, el tratamiento *S. macrophylla* con 200 ml en 5 l de agua presentó el mayor valor, con 8,41 cm a los 30 días y 19,37 cm a los 60 días. Mientras que la

variable diámetro de tallo reportó a los 60 días 0,40 cm y a los 90 días 0,70 cm para *S. macrophylla* presentó una respuesta favorable a la aplicación de sustrato enriquecido con microorganismos (biofertilizante). La dosis que mayor crecimiento inicial reportó fue de 300 ml en 5l de agua. A los 60 días, con la dosis de 200 ml en 5 l de agua, se registró el mejor crecimiento en altura de la planta.

Marois et al. (2023) en sus trabajo de investigación: *"Caracterización química y microbiana de hojarascas forestales fermentadas utilizadas como biofertilizantes*", compararon hojarascas forestales antes y después del proceso de fermentación; mostrando que dicho proceso cambió la composición química, así como las estructuras de la comunidad microbiana de las hojarascas forestales iniciales, por lo que las diferencias iniciales entre las hojarascas, ya sean químicas o microbiológicas, son mitigadas por el proceso de fermentación. Asimismo, no observaron ninguna diferencia entre las dos hojarascas forestales fermentadas (HFF), independientemente del origen de las hojarascas o la complejidad de la mezcla. Debido a su baja relación C/N y alta proporción de moléculas alifáticas, las HFF deberían descomponerse rápidamente en los suelos y liberar nutrientes disponibles para las plantas. Sin embargo, el proceso de fermentación causa una pérdida drástica de diversidad, lo que potencialmente conduce a la selección de unos pocos microorganismos beneficiosos.

Los autores Jayakody et al., (2023), en sus pesquisa: “*Efecto de biofertilizantes y enmiendas orgánicas en la germinación y crecimiento de plántulas de especies forestales comunes en la Zona Seca de Sri Lanka: Prácticas sostenibles de reforestación en Sri Lanka*”, trataron de encontrar

posibles medidas para la exitosa germinación de semillas y el establecimiento de plantones de especies forestales de la zona seca mediante una gestión sostenible de la fertilidad del suelo. El experimento constó de 7 tratamientos: T1: Hongos Micorrícicos Arbusculares (Arbuscular Mycorrhizal Fungi: AMF, por sus siglas en ingles), T2: un conjunto microbiano mixto tradicional (Jeewamurthum), T3: Compost, T4: Biochar, T5: T1+T2, T6: T1+T3, T7: T1+T4; y diferentes especies de plantas forestales: *Manilkara hexandra*, *Feronia limonia*, *Pterospermum conscens* y *Bauhinia racemosa*. Se midió el porcentaje de germinación de las semillas dos semanas después de la siembra, y la biomasa de los brotes, la tasa de crecimiento relativo de las plantas y el porcentaje de colonización de AMF se midieron después de cuatro meses de germinación. Los resultados revelaron que la inoculación de AMF aumenta el porcentaje de germinación de semillas de todas las especies de plantas seleccionadas. Tanto la aplicación única como combinada de AMF y compost proporcionan más beneficios a todas las especies de plantas probadas al mejorar todos los parámetros de crecimiento medidos.

Espinosa et al., (2023) en sus investigación: "*El efecto de los consorcios micorrícicos y el tipo de fertilización en la calidad de plántulas en un vivero del árbol Ramón (Brosimum alicastrum Swartz) en Campeche, México*", evaluaron el efecto de diferentes consorcios micorrícicos (comercial, Hopelchén, Conkal, Ramón y sin micorriza) y tipos de fertilización (Osmocote® y Bio2®), así como un tratamiento control (sin micorriza y sin fertilizante), sobre variables morfológicas de las plántulas de *Brosimum alicastrum*, indicadores clave de calidad en vivero. Los mejores resultados se observaron principalmente en los tratamientos con micorriza

de Ramón y en las plántulas sin micorriza, ya que presentaron los valores más altos en la mayoría de las variables evaluadas. El tratamiento con micorriza de Ramón destacó con la mayor altura (33,80 cm), el mayor diámetro de tallo (3,69 mm) y la mayor biomasa seca aérea (2,26 g), mientras que el mayor número de hojas se registró en el tratamiento sin micorriza (7,57). En las variables radicales, la mayor longitud de raíz se obtuvo con micorriza de Hopelchén (14,70 cm), aunque este tratamiento presentó los valores más bajos en el resto de las variables. El mayor diámetro radical fue con Ramón (4,03 mm), y el mayor peso seco de raíz se observó en el tratamiento sin micorriza (0,85 g). En conclusión, los consorcios micorrízicos de Ramón y el control sin micorriza favorecieron el mejor desarrollo y calidad de las plántulas en vivero.

Según los autores Kumar y Sandhya (2022) en sus pesquisa titulado: "*Potencial sinérgico de microorganismos (biofertilizante) en el rendimiento de crecimiento de Neem*", se utilizaron los biofertilizantes Azospirillum, Azotobacter, fosfobacterias, hongos AM y movilizador de potasio. La eficacia sinérgica del biofertilizante se evaluó en diferentes formas: doble, triple, cuádruple y quíntuple. Los parámetros de crecimiento, como la longitud máxima del brote (94.3 cm), la longitud de la raíz (24.5 cm), el diámetro del cuello (12.85 mm), los pesos secos del brote y de la raíz (23.27 g y 31.47 g), y el peso seco total (54.73 g), revelaron que las plantas que recibieron un consorcio de biofertilizantes (quíntuple) se desempeñaron bien, lo que fue aún más intrigante por los índices de crecimiento e índices de calidad. Este estudio destacó la eficacia potencial del biofertilizante en combinación, es decir, el triple, cuádruple y quíntuple, que fue más eficiente que los inoculantes individuales.

Limón et al., (2022) en sus trabajo de investigación titulado: *“Efecto de consorcios microbianos en el patosistema Solanum lycopersicum - Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici”*, estudiaron el antagonismo in vitro de tres consorcios microbianos (Soil Pro - SP, SOS® y SSB® de Liventia™) contra *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Fol) y su efecto en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero. Los consorcios, compuestos por bacterias, levaduras y micorrizas, fueron aplicados a plántulas inoculadas con Fol, y se midieron parámetros de crecimiento, contenido de clorofila, biomasa seca aérea y radicular, y la incidencia y severidad de marchitez. Los resultados destacaron que el tratamiento con SP promovió significativamente el crecimiento de las plántulas, aumentando un 21% la altura (41.72 cm) respecto al control, además de registrar el mayor contenido de clorofila (~45 SPAD), y el peso seco de biomasa aérea (1.42 g), superando al control y a otros tratamientos. Aunque el diámetro del tallo fue mayor en SOS, SP y SSB, las diferencias no fueron significativas. En cuanto a peso seco de raíz, el control mostró el valor más alto (0.1 g), aunque sin diferencias estadísticas con SP (0.16 g) y SOS (0.12 g). Adicionalmente, tanto SP como SOS redujeron la severidad de la marchitez en un 37%, con menor porcentaje de incidencia y severidad, destacándose SP como el mejor tratamiento integral. Estos hallazgos sugieren que SP, con su combinación específica de microorganismos benéficos, no solo promueve el crecimiento vegetal, sino que también fortalece la resistencia de las plantas frente a *Fusarium oxysporum*, resultados comparables a los de otras bacterias benéficas como *Pseudomonas spp.* y *E. cloacae*, conocidas por mejorar parámetros de crecimiento y resistencia bajo estrés.

Los autores Cargua et al., (2022), en sus investigación titulado: "*Crecimiento y calidad de plantas de café arábica con la aplicación de biochar y biofertilizantes en vivero*", evaluaron el efecto del biochar y biofertilizantes sobre el crecimiento y calidad de plantas de *Coffea arabica* cv. Sarchimor-1669 en vivero. Los tratamientos evaluados fueron: biochar (T1), biofertilizante (T2), biochar + biofertilizante (T3), fertilización química (T4) y un control (T5). El biochar fue colocado en dosis de 20 g kg^{-1} de sustrato. El biofertilizante utilizado fue un consorcio microbiano nativo compuesto de bacterias, micorrizas, hongos y levaduras, que fue colocado en dosis de 5 ml L^{-1} de agua. Las principales variables estudiadas fueron masa seca de planta (MS), área foliar (AF), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN) e índice de calidad de Dickson. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p<0,05$) para todas las variables evaluadas. Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 fueron estadísticamente similares, pero mostraron diferencias con respecto al tratamiento control. La mezcla biochar + biofertilizante (T3) alcanzó mayor masa seca y área foliar por planta en relación a los demás tratamientos, con valores de 8,28 g y 316,63 cm^2, respectivamente. Este tratamiento también presentó mayor TCR, TAN e índice de calidad de Dickson. La calidad de las plantas se correlacionó positivamente con las variables de crecimiento. El estudio concluye que la aplicación de biochar y biofertilizante tiende a potenciar el crecimiento y calidad de plántulas de café en vivero.

En la investigación de los autores Sotomayor et al., (2022), titulado: "*Consorcios microbianos aplicados en un sistema de producción de plántulas de aguacate cultivar "criollo"*, estudiaron el efecto de consorcios

microbianos (Glomus spp., *Trichoderma spp.*, *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*) sobre el crecimiento y estado nutricional de plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. 'Criollo'), establecidas en un sistema de vivero con sustrato estéril, mediante un diseño de bloques completamente al azar. Las inoculaciones se realizaron a los 70, 100, 120 y 150 días después de la siembra (DDS), evaluándose variables morfológicas (altura, diámetro del tallo), fisiológicas (contenido de clorofila) y nutricionales (concentración de nutrientes en tejidos). Los resultados a 170 DDS mostraron que el Consorcio 2 (ReviB® con 10^9 UFC g^{-1} de concentración, conformado principalmente por 5 géneros bacterianos, 6 géneros fúngicos y 1 género levaduriforme), presentó los mejores resultados, con una altura promedio de 47,51 cm (vs. 42,52 cm del control), diámetro del tallo de 7,51 mm (vs. 7,19 mm del control) y contenido de clorofila de 53,76 SPAD (vs. 51,80 SPAD del control). Cabe precisar que el tratamiento con el Consorcio 1 (Trichoeb 5WP® + Fungifert® con $1x10^9$ UFC g^{-1} y 120 propágulos g^{-1} de concentración respectivamente) es estadísticamente similar al Consorcio 2. También se observó un aumento en el contenido de cobre en tallos, hojas y raíces respecto al control. Estos datos evidencian el potencial de los consorcios microbianos, especialmente el Consorcio 2, para promover el crecimiento y nutrición de plántulas de aguacate, lo que respalda el uso de bioinoculantes como práctica sustentable en viveros comerciales.

Según Nachu et al., (2021) en sus pesquisa titulado: *"Desarrollo de consorcios microbianos para la mejora del crecimiento del neem",* demostraron que la inoculación de plántulas de neem con consorcios microbianos que combinan el hongo micorrízico *Funneliformis mosseae* y la rizobacteria *Paenibacillus polymyxa* (Fm + Pp) generó los mejores

resultados en crecimiento y nutrición, evidenciando aumentos significativos en altura, diámetro de tallo y biomasa, tanto en condiciones de invernadero como en campo. En viveros forestales, las plántulas inoculadas con Fm + Pp mostraron un índice de biovolumen (BI) un 39% mayor en promedio (en tres localidades) frente al control sin inoculación, mientras que después de ocho meses en terrenos baldíos, el BI de las plantas inoculadas superó al control en un 29% promedio. Además, el tratamiento Fm + Pp resultó en una mayor colonización de raíces por micorrizas y un aumento significativo en el número de esporas presentes en el suelo de la rizosfera. Estos hallazgos confirman que la combinación de hongos AM y PGPR no solo mejora el crecimiento y la absorción de nutrientes de las plántulas, sino que también fortalece su resistencia al estrés y su capacidad de establecerse en condiciones adversas, mostrando su gran potencial para programas de forestación y restauración ambiental.

Falcón et al., (2021) en sus artículo titulado: “*Calidad de plántulas de Swietenia mahagoni L. Jacq. producida en sustratos inoculados con hongo micorrízico arbuscular*” evaluaron el efecto de la utilización de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el crecimiento y calidad de la planta *Swietenia mahagoni* L. Jacq. cultivadas en sustratos orgánicos. El experimento se desarrolló en mediante un diseño completamente al azar, se evaluaron las combinaciones de dos factores: sustratos (cascarilla de cacao + fibra de coco + aserrín de pino compostados en proporción 6:2:2 y 2:6:2) y cepas de HMA (*Glomus cubense*, *Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae* y sin inoculación). Se evaluó la altura, el diámetro del cuello de la raíz, el área foliar, la masa seca de la parte aérea y radical, esbeltez, índice de Dickson, colonización micorrízica y el índice de calidad

de la planta. Se encontraron interacciones significativas ($p \leq 0,001$) entre los factores para todas las variables evaluadas. Existió un efecto diferenciado de las micorrizas en el crecimiento de la caoba antillana. La interacción del sustrato S2 conformado por 60% de fibra de coco + 20% de cascarilla de cacao + 20% de aserrín de pino y las cepas micorrízicas *Glomus cubense, Rhizoglomus intraradices y Funneliformis mosseae*, son las más beneficiosas para la estimulación del crecimiento de la planta *S. mahagoni* cultivada en vivero, propiciaron incrementos significativos en el crecimiento y calidad de la planta. La inoculación de sustratos orgánicos con Hongos Micorrízicos Arbusculares como biofertilizantes, demuestran ser alternativas viables para utilizar en la producción de plantas forestales de *S. mahagoni* de alta calidad para el establecimiento de plantaciones.

Los autores Raghu et al., (2020), en sus pesquisa titulado: *"Mejorando la calidad de planta y el crecimiento en campo de Acacia auriculiformis en plantaciones de terrenos áridos mediante la inoculación de un consorcio microbiano seleccionado en vivero"*, estudiaron el desempeño del consorcio microbiano compuesto por *Scutellospora calospora*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus coagulans* y *Trichoderma harzianum* en *Acacia auriculiformis* mediante ensayos a gran escala en viveros forestales ubicados en tres localidades del distrito de Mandya, Karnataka, India. Se establecieron 500 plántulas inoculadas y 500 no inoculadas por localidad. Los análisis de varianza indicaron que las plantas inoculadas presentaron incrementos significativos: altura 15% mayor, diámetro del tallo 32% mayor e índice de biovolumen (BI) 53% superior. La biomasa seca total fue 31% más alta, y las concentraciones de nitrógeno y fósforo fueron significativamente mayores. La colonización micorrízica

aumentó en 37% y la abundancia de esporas mostró la misma tendencia. Las plántulas se plantaron en terrenos degradados, con seguimiento durante 73 meses. A los 27, 39, 52, 67 y 73 meses, el BI de los árboles inoculados fue 52%, 54%, 104%, 59% y 52% mayor, respectivamente, en comparación con los controles. La supervivencia fue completa, posiblemente por la plantación en temporada de lluvias. Los análisis estadísticos ($F=5.07$, $P<0.05$) confirmaron el efecto positivo de la inoculación en todos los intervalos. Estos resultados demuestran que el consorcio microbiano mejora significativamente el crecimiento y nutrición de *A. auriculiformis* en viveros y en terrenos degradados a mediano plazo, representando una herramienta eficaz para la restauración de ecosistemas áridos y degradados.

Según González et al., (2019) en sus investigación titulado: "*Efecto de la aplicación de biofertilizantes en el crecimiento de plantones de Eucalyptus grandis en condiciones de invernadero*", aplicaron fertilizantes inoculados con bacterias fijadoras de nitrógeno de los géneros Azotobacter spp y Azospirillum spp. Para la formulación de los biofertilizantes, se inoculó un consorcio de bacterias fijadoras de nitrógeno, y el diseño experimental fue un arreglo factorial 2×2×2, los factores fueron la fuente de nitrógeno (gallinaza), la fuente de carbono (hojarasca de eucalipto) y la fuente de micronutrientes (suelo rizosférico) con dos niveles de dosis, inoculados con un consorcio de Azotobacter spp y Azospirillum spp. El tiempo óptimo de producción de los mejores biofertilizantes fue de 30 días, con la mayor densidad de Azospirillum (9.23 × 106 UFC·g−1) y Azotobacter (19.3 × 106 UFC·g−1), y contenidos totales de nitrógeno en el rango de 2.15-5.64%, liberados en los biofertilizantes con gallinaza y bioaumentados con el

consorcio bacteriano. El tratamiento con la dosis más alta de biofertilizante, 500 g, mostró el efecto más significativo en el desarrollo de los plantones, aumentando el crecimiento, estimulando el enraizamiento y el mayor aumento en el número de hojas. Los resultados muestran que los biofertilizantes contribuyeron al crecimiento de *Eucalyptus grandis*, y se proponen como una alternativa para implementar una gestión sostenible del suelo en el sector forestal.

Ramirez et al., (2018) en sus pesquisa: "*Biofertilización con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en especies forestales en vivero*", determinaron que el uso de HFMA nativos como inoculante para las diferentes especies forestales evaluadas fue muy eficaz cuando estos son combinados con el 50% de fertilización de síntesis química en donde las asociaciones *Glomus. sp*. + *Gigaspora. sp*. - *Gmelina arbórea*, *P. quinata, Eucalytus sp.* y *A. mangium* a nivel de vivero representan un potencial para el productor forestal. El uso de esta tecnología para las especies forestales permitió obtener las condiciones óptimas de altura y diámetro de cuello de la raíz para su trasplante a campo, así como una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas cuando estas se encontraban asociadas a los HFMA mencionados anteriormente.

Los autores Maharana et al., (2018), en sus investigación titulado: "*Mejora del vigor de las plántulas mediante la aplicación de biofertilizantes en Gmelina arborea Roxb*.", evaluaron el crecimiento de las plántulas de *Gmelina arborea* Roxb en respuesta a la aplicación de varios biofertilizantes, que se distribuyeron en un DCA que consistía en doce tratamientos (T1 a T12) de cuatro biofertilizantes: AM (Mycozone), PSB (fosfobacterias solubilizadoras de fosfato), Azospirillum y savia de

pseudotallo de plátano (Nuevo) en forma individual y combinados junto con el control. Los resultados revelaron que la aplicación de biofertilizantes influyó significativamente en los parámetros de crecimiento, la biomasa total y la calidad de las plántulas. Entre todos los tratamientos, la combinación de biofertilizantes AM + PSB + savia de pseudotallo de plátano reflejó la máxima altura de las plántulas (156,52 cm), diámetro del cuello (13,20 mm), número de hojas por planta (24,67), área foliar por planta (3708,93 cm^2), longitud de la raíz (30 cm) y número de raíces por planta (21,67), biomasa fresca y seca de la parte aérea, parte aérea y planta entera después de siete meses de observaciones, lo que indica una mayor calidad y vigor de las plántulas para una mejor establecimiento en el campo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Los autores López et al., (2023) en sus pesquisa titulado: "*Crecimiento de plántulas de Pinus tecunumanii usando fertilizantes foliares y sustratos en un vivero de Oxapampa, Perú*", emplearon un tratamiento de fertilización con fósforo F2 (QUIMIFOL P680 PLUS + AGROSTEMIN GL) en el sustrato S2 (50% tierra propia del área de estudio + 50% turba), presentando los mejores resultados otorgó al crecimiento en vivero de las plántulas de *Pinus tecunumanii,* al obtener los mejores promedios en altura, biomasa seca aérea (BSA) y biomasa seca radicular (BSR), por lo que se recomienda su uso en la producción de esta especie forestal.

Según Rodríguez y Santillana (2021), en sus investigación titulado: *"Calidad morfológica y biológica de Pinus radiata D. Don, micorrizado con Scleroderma verrucosum (vaill) pers. y Rhizopogon luteolus Fr. & Nordh. en condiciones de vivero",* evaluaron el efecto de consorcios

ectomicorrícicos silvestres *Scleroderma verrucosum* y *Rhizopogon luteolus*, provenientes de bosques de templados de Vilcashuamán, Ayacucho, sobre la calidad morfológica y biológica de plántulas de *Pinus radiata* D. Don. Se aplicaron cuatro tratamientos: (1) micorrización con Scleroderma verrucosum, (2) Micorrización con Rhizopogon luteolus, (3) Mezcla de ambos hongos y (4) Control. Los resultados demostraron que la combinación de ambos hongos en el tratamiento mezcla generó los mejores resultados en todas las variables evaluadas. La altura promedio de las plantas fue de 18.51 cm, superior a los tratamientos individuales y al control; además, se obtuvo el mayor contenido de materia seca total (1.21 g), con materia seca de raíz (0.48 g) y materia seca aérea (0.74 g) significativamente superiores. El diámetro del cuello también fue el mayor (2.89 mm), y se registró un número notablemente alto de micorrizas monopodiales (91%), lo que refleja una excelente calidad biológica. Estos resultados resaltan que el uso combinado de hongos ectomicorrízicos nativos mejora significativamente el crecimiento, desarrollo y adaptabilidad de P. radiata en viveros altoandinos, recomendándose su aplicación para incrementar la calidad morfológica y biológica de las plántulas.

Mendoza (2023) en su investigación: *“Efecto del biol y compost en la producción de plantones de Nectandra sp (moena negra) en Tingo María”*, trabajó con dos factores de estudio: Concentración de biol Biofer (a1: Ninguno, a2:10,0 ml/L, a3: 15,0 ml/L y a4: 20,0 ml/L) y proporción de compost (b1: Ninguno, b2: 5,0%, b3: 10,0% y b4: 15,0%), los cuales formaron 16 combinaciones; los plantones se analizaron a los cuatro meses de repicado. Como resultados se obtuvo interacción estadística entre los niveles de ambos factores en estudio, los indicadores correspondientes a

los aspectos morfológicos con calidad alta fueron la altura y la relación de la altura con la longitud radicular, mientras que en el caso del diámetro de tallo, la robustez, la relación de la biomasa aérea con la biomasa radicular y el índice de calidad de Dickson registraron una calidad baja; en el caso de la calidad fisiológica, el contenido de nitrógeno fue bajo, el potasio fue medio y el fósforo obtuvo una calidad alta; además, los plantones provenientes de utilizar 15% de compost y 20 ml/L de biol obtuvieron mayor cantidad de raíces por planta. El autor concluye que, los plantones de *Nectandra sp*. que se produjeron bajo las combinaciones en estudio obtuvieron una calificación de calidad baja debido a las características propias de la especie forestal.

Los autores Diaz y Valdes (2020) en sus pesquisa titulado: "*Crecimiento de plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King) en respuesta a extractos vegetales*", utilizaron un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos: T1) *R. communis* L.; T2) *S. torvum* Sw.; T3) *S. mammosum* L., y T4) testigo sin extracto vegetal, y con cuatro repeticiones de 45 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron morfológicas (tasas de crecimiento de altura y diámetro de tallo, y longitud y número de raíces) y de calidad (peso seco, índice de robustez e índice de calidad de Dickson). Los datos se analizaron mediante ANDEVA de una vía y las medias se compararon con la prueba de Tukey (p£0.05). Los tratamientos se aplicaron a las plántulas a los 15 d de emergencia y los extractos se aplicaron vía foliar cada 15 d, con dosis de 60 ml 20 L-1de cada extracto. Las unidades se midieron cada 15 d, durante 60 días. La aplicación de los extractos produjo tasas de crecimiento y pesos secos 38% superiores respecto a los testigos. El extracto de *R. communis*

obtuvo las tasas más altas y el mejor índice de calidad de Dickson (0.28). Por lo tanto, el extracto de esta especie fue la mejor alternativa orgánica para mejorar el crecimiento y la calidad de las plántulas de caoba en vivero.

Según Runco (2018), en su investigación titulado: *"Biofertilización con microorganismos eficientes y mezcla de fósforo, boro, cobre y zinc en plantones de shaina (Colubrina glandulosa Perkins)*", empleó cuatro tipos de microorganismos eficientes: suero de leche, melaza, material verde y nutrientes (N – K, P - B, Cu - Zn, Mg - Mn). Se probaron 5 dosis de biofertilizante: 890 ml de dosis de biofertilizante (T1), 1010 ml de dosis de biofertilizante (T2), 1125 ml de dosis de biofertilizante (T3), 1255 ml de dosis de biofertilizante (T4) y 1380 ml de dosis de biofertilizante (T5) y un tratamiento testigo (T0). Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones. El mayor crecimiento en la altura y diámetro de planta se dio con la dosis de biofertilizante (T5), con 48.52 cm y 3.57 mm. Así mismo en la biomasa seca aérea y la biomasa secar radicular, se registró 1.476 g y 0.808 g respectivamente. En los índices de calidad, todos los tratamientos presentaron calidades bajas, sin embargo, el tratamiento T5 fue el que presentó mejor calidad, teniendo 11.68 en el Índice de robustez, 0.17 para el Índice de calidad de Dickson y 4.05 Relación altura/longitud radicular.

Vargas (2018) en "*Aplicación de Microorganismos Benéficos MB en la producción de plantones de Theobroma cacao L. "cacao*" en condiciones de vivero", pretendió encontrar diferencias significativas en la inoculación de Microorganismos Benéficos en vivero a diferentes dosis como se muestra en los tratamientos: T1 (MB autóctono puro), T2 (MB 0.5: 0.5 agua), T3 (MB 0.25: 0.75 agua), T4 (MB comercial) y el T5 (Testigo), en

plantas de cacao. Sin embargo, la evaluación estadística de la altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo evaluados a los 30, 60, 90 y 120 días, muestra que a pesar que matemáticamente se observaron diferencias en todas las variables y tratamientos, estadísticamente las variables de altura de la planta y grosor en todos los tratamientos incluido el testigo son iguales, es decir no hay diferencias estadísticas con el uso o sin el uso de MB, posiblemente la respuesta se vea influenciada en la productividad de las plantas; por otra parte, los resultados muestran concordantemente con la presencia de un mayor número de hojas, siendo mayor el desarrollo foliar con los MB autóctonos sin dilución y menor en el testigo, el comercial muestra estadísticamente valores semejantes a los MB autóctonos diluidos. Si bien es cierto que estadísticamente no existen diferencias significativas, en las evaluaciones se observó que el tratamiento T1 (MB autóctono) y el T3 (0.25:0.75) mostraron mayor diámetro y vigorosidad homogénea siendo los más recomendables para el injerto en el vivero, a diferencia de los demás tratamientos, principalmente el del testigo que mostró diámetros más delgados y heterogéneos.

Marín (2018) en su investigación: *"Evaluación de la calidad de plantones forestales producidos bajo un vivero temporal en el distrito de Santa Rosa de Alto Yanajanca, provincia de Marañón, Huánuco – Perú*"; obtuvo valores de altura promedio a los 120 días de repique: *Swietenia macrophylla* (29,32 cm), *Cedrela odorata* (44,35 cm), Guazuma crinita (47,01 cm), *Calycophyllum spruceanum* (31,04 cm), donde se desprende que *Guazuma crinita* y *Cedrela odorata* alcanzaron mayores alturas, mostrando alturas ideales para condiciones del sitio de plantación adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva que rodea al brinzal, debido

a las características del sustrato ideal en cuanto a nutrientes (Nitrógeno) necesarios y niveles de materia orgánica optimas, generando condiciones de humedad y temperatura adecuada. En cuanto a *diámetro promedio* de los plantones, se registraron los siguientes valores: *Swietenia macrophylla* (5,02 mm), *Cedrela odorata* (9,43 mm), *Guazuma crinita* (6,39 mm), *Calycophyllum spruceanum* (6,19 mm). De los resultados se desprende que todas las especies alcanzaron diámetros ideales a los 120 días en función a las labores silviculturales, manejo de sombra y condiciones ideales del sustrato. Con respecto al Índice de Calidad de Dickson (ICD), se observó valores mayores a 0,5 (Sáenz et al., 2010) en las especies *Cedrela odorata y Calycophyllum spruceanum*, lo cual significa caracterizar morfológicamente a estas especies con calidad alta, bajo las múltiples condiciones donde se iniciaron (clima, sustrato, contenedores). De acuerdo a los parámetros fisiológicos, se observó mayores concentraciones de *Nitrógeno* en las especies de *Cedrela odorata* (2,24%) y *Guazuma crinita* (2,14%) y en menores concentraciones a *Calycophyllum spruceanum* (1,81%) y *Swietenia macrophylla* (1,77%); también se observó mayores concentraciones de *Fósforo* en las especies *Cedrela odorata* (0,14%) y *Guazuma crinita* (0,15%) y en menores concentraciones a *Calycophyllum spruceanum* (0,12%) y *Swietenia macrophylla* (0,11%). En cuanto al Potasio, se observó mayores concentraciones de Potasio en las especies de *Calycophyllum spruceanum* (2,77%) y *Cedrela odorata* (1,55%) y en menores concentraciones a Guazuma crinita (1,50%) y *Swietenia macrophylla* (2,08%).

Del Aguila et al., (2018) en sus pesquisa titulado: *“Inoculación de Consorcios Micorrícicos Arbusculares en Coffea arabica, Variedad Caturra en la Región San Martín”,* evidenciaron que las plántulas de café (*Coffea arabica* var. Caturra) inoculadas con consorcios micorrícicos arbusculares nativos presentaron mejoras significativas en todas las variables morfológicas evaluadas tras siete meses en vivero, en comparación con el control sin inoculación. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas en altura de planta, siendo el tratamiento T8 (HMA procedencia El Dorado – Buena Vista) el que alcanzó el mayor valor (alrededor de 15 cm), superando al control en un 10,65%. El área foliar también presentó incrementos notables en los tratamientos inoculados, con T8 y T9 alcanzando los valores máximos (cerca de 400 cm^2), lo que representó aumentos de hasta 239,31% respecto al control. En cuanto a biomasa seca aérea, los mejores resultados se observaron en T5, T8 y T9 (provenientes de Moyobamba y El Dorado), con valores cercanos a 2,8 g, duplicando los del control. La biomasa seca radicular fue significativamente mayor en el tratamiento T9 (alrededor de 0,9 g), mientras que el control mostró los valores más bajos en todas las variables. Estos resultados confirman que la inoculación con consorcios micorrícicos seleccionados mejora el crecimiento, área foliar y acumulación de biomasa en plántulas de café, favoreciendo la obtención de plantas más vigorosas y aptas para el trasplante, y resaltan la alta dependencia micorrízica de esta variedad para un desarrollo óptimo en vivero.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Loyola (2019), en su trabajo de investigación titulado: "*Efecto de cuatro tipos de sustrato en la producción de plantones de capirona (Calycophyllum spruceanum) en el Vivero Forestal de Cervecería San Juan S.A, Ucayali – Perú*", desarrolló 04 tratamientos en estudio: (T1) 60% tierra aluvial, 20% arena y 20% humus de lombriz (sustrato convencional y/o testigo); (T2) 50% fibra de coco, 30% cascarilla de arroz semicarbonizada y 20% compost cervecero; (T3) 50% fibra de coco, 50% cascarilla de arroz y 2 cm de vermiculita y (T4) 100% sustrato inerte Premix. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con sub muestreo, compuesto por cuatro tratamientos (sustratos) con seis repeticiones de 48 plantas, siendo consideradas útiles para la evaluación las 16 plantas centrales, haciendo un total de 96 plantas por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: (a) altura de la planta, (b) diámetro al cuello de la planta, (c) biomasa seca total y (d) área foliar. Para determinar los efectos del tipo de sustrato en las variables evaluadas se empleó la comparación de medias de Tukey (α=0.05) y se realizó el ANVA a cada una de ellas. Se usaron índices morfológicos como: Índice de Dickson, Índice de Robustez y Proporción Peso Masa Aérea/Peso Masa Radicular. Finalmente se estableció que el tratamiento (T2) a base de fibra de coco, cascarilla de arroz y compost cervecero es el sustrato más apropiado para la producción de plantones de capirona, pese a estar compuesto de insumos más costosos que los convencionales como son la tierra aluvial y la arena, pero su uso se justifica por un menor consumo de mano de obra. Los tratamientos (T1) y (T4) no presentaron diferencias significativas en su morfología.

Sáenz (2015) en su pesquisa titulado: *"Influencia de cuatro tipos de sustratos en el crecimiento y calidad de plantones de Schizolobium amazonicum (pashaco) en tubetes, Pucallpa - Ucayali*", sostiene que los sustratos utilizados en el crecimiento de los plantones de *Schizolobium amazonicum* (pashaco) influyeron de forma significativa durante el periodo de 120 días de viverización, siendo los tratamiento S2 (Tierra aluvial + 1 Arena de rio + 2 Gallinaza + 3 Cascarilla de arroz semi-carbonizada + Basacote), S3 (3 Materia orgánica + 1 arena de río + 2 compost cervecero + 1 Cascarilla de arroz semi-carbonizada + Basacote) y S4 (1 Compost cervecero + 2 Cascarilla de arroz semi-carbonizada + 3 Fibra de coco + Basacote) con los que se obtuvo mejores crecimientos: 23.48, 24.86 y 23.66 cm y diámetro de 5.29, 5.92 y 5.41 mm, en comparación al testigo que alcanzó 16.82 cm y 4.18 mm respectivamente. Los mejores resultados obtenidos en los índices de calidad fueron en los tratamientos S2, S3, S4 donde en la relación BSA/BSR, el índice de lignificación, robustez e Indice de Calidad de Dickosn (ICD) fueron semejantes, finalmente el Area Foliar Específica (AFE) solo fue superior en el S3 con 55.41 cm2 frente a los demás tratamientos.

Abanto et al., (2016) en sus investigacion titulado: *"Sustratos orgánicos en la producción de plantas de Calycophyllum spruceanum (Benth.)*" evaluaron la influencia del compuesto orgánico en la producción de plantas de capirona. El experimento fue realizado en el Centro de Investigaciones Dale E. Bandy del IIAP Ucayali. Los tratamientos fueron distribuidos mediante un Diseño Completos al Azar (DCA), con 5 tratamientos 3 repeticiones y 10 plantas por unidad experimental, los tratamientos fueron: T1 [Tierra aluvial]; T2 [tierra agrícola]; T3 [Tierra aluvial

+ tierra agrícola (1:1)]; T4 [Tierra aluvial + cascarilla de arroz + gallinaza (1:1:1)] y T5 [Tierra Agrícola+ cascarilla de arroz + gallinaza (1:1:1]. Las variables evaluadas al final del experimento fueron altura de planta (H) (cm); diámetro basal (DB) (mm); número de hojas; relación altura y diámetro basal (H/DB); masa seca de la parte aérea (MSPA) (g); masa seca de la raíz (MSR) (g) e índice de calidad de Dickson (ICD). Los resultados muestran que los tratamientos T4 y T5 presentaron diferencias significativas superiores en todas las variables evaluadas en relación a los otros tratamientos. En ese sentido, los autores concluyeron que los sustratos [Tierra aluvial + cascarilla de arroz + gallinaza] y [Tierra Agrícola+ cascarilla de arroz + gallinaza], provenientes de residuos de origen animal y vegetal proporcionaron mayor eficiencia en el crecimiento y mejor calidad de plantas de capirona aptas para campo definitivo. Los resultados obtenidos en el presente trabajo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Evaluacion de Calidad según parametros morfologicos en Calycophyllum spruceanum

Tratamientos	Altura (cm)	DB (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	NH	H/DC	ICD
T1	25,50 c	2,51 c	1,89 c	1,16 b	3,05 c	5,00 b	10,69 a	0,26 c
T2	23,87 c	3,77 b	2,24 bc	1,16 b	3,41 bc	7,00 b	63,4 b	0,41 b
T3	28,82 b	5,16 a	2,53 bc	1,11 b	3,64 bc	8,00 b	3,06 b	0,46 ab
T4	35,41 a	5,56 a	3,4 a	1,36 ab	4,76 a	13,00 a	6,40 b	0,53 ab
T5	27,87 b	5,01 a	2,83 ab	1,38 a	4,23 ab	12,00 a	5,01 b	0,54 a
Promedio	**28,3**	**4,38**	**2,58**	**1,24**	**3,82**	**10,60**	**6,90**	**0,44**

Prueba Estadística de Tukey (0,05), para Altura (H-cm), diámetro basal (DB-mm), masa seca de la parte aérea (MSPA-g), masa seca de la raíz (MSR-g), número de hojas (NH), Relación altura/diámetro basal (H/DC) e índice de calidad de Dickson (IQD) de plantas de capirona.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. *Consorcios Microbianos Autoctonos (CMA) y Calidad de planta en especies forestales*

Consorcios Microbianos Autoctonos (CMA). Los consorcios microbianos o microorganismos benéficos, conocidos como EM, constituyen un amplio conjunto de organismos que desempeñan diversas funciones en el suelo, contribuyendo al mantenimiento de los ciclos naturales de numerosas sustancias. Esta actividad es continua y esencial para sustentar la vida en el suelo. EM, acrónimo de Microorganismos Eficaces, hace referencia a un cultivo combinado de microorganismos benéficos presentes de forma natural en ecosistemas sin manipulación genética, los cuales son compatibles fisiológicamente entre sí (Luna y Mesa, 2016).

Estos microorganismos son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas y desempeñan una variedad de roles, especialmente en la descomposición y transformación de diversos materiales para su aprovechamiento en la nutrición de las plantas. Los EM son un producto de fabricación artesanal de bajo costo, que no requiere medios de crecimiento sofisticados para el escalamiento y que pretende aprovechar la diversidad microbiana, tanto taxonómica como funcional de las comunidades de microorganismos nativos de zonas boscosas, para luego incorporarlos en los agroecosistemas (Torres et al., 2022). Los consorcios microbianos o microorganismos benéficos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Las Bacterias Acido Lácticas (BAL) son un grupo bacteriano con la capacidad de metabolizar grandes cantidades de ácido láctico a partir de carbohidratos, siendo este el principal o único producto de la fermentación. Su adaptabilidad a distintas condiciones ambientales les permite habitar en materiales vegetales, corteza terrestre, así como en la microbiota de humanos y animales. Estas bacterias se caracterizan por ser fisiológicamente homogéneas, con pared Gram positiva, anaeróbicas y aerotolerantes, sin formar esporas, sin capacidad de reducir el nitrato, sin producción de pigmentos, ni ser patógenas o toxigénicas. Aunque la mayoría son mesófilas con un óptimo de crecimiento a 25 °C, pueden desarrollarse en un rango de temperatura de 5 a 45 °C, y resistir valores extremos de pH desde 3,2 hasta 9,6 (Thamires et al., 2021). Este grupo pertenece al phylum Firmicutes que comprende alrededor de 20 generos: *Lactococcus, Lactobacillus, Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Oenococcus, tetragenoococcus, Vagococcus y Weisella* son los principales miembros de las BAL, siendo *Lactobacillus* el más grande de estos géneros (Parra, 2010).

Las bacterias fotosintéticas (PSB, por sus siglas en inglés), de igual manera, son los primeros procariotas con un sistema primitivo de síntesis de fotoenergía en la Tierra y están ampliamente presentes en el entorno natural, como en el suelo, lagos y océanos. Las PSB crecen fototróficamente en lugar de fotosintéticamente. La característica más notable de las PSB es que pueden usar la luz como fuente de energía y emplear compuestos orgánicos de carbono, sulfuros (como S2− o S2O3 2−) o H2 como donantes de hidrógeno para fijar CO2 en la fotosíntesis

anoxigénica. Todo el proceso no requiere H2O como donante de electrones, ni libera O2. Las PSB se utilizan ampliamente en el control de desechos ambientales, la restauración ecológica, la ganadería, la agricultura, la acuicultura, la industria química y la industria farmacéutica, ya que se consideran beneficiosas tanto para el medio ambiente como para la economía (Cao et al., 2020).

Así también, los *mohos* son hongos filamentosos que forman estructuras multicelulares conocidas como micelio y se reproducen a través de esporas. En la agricultura, los mohos pueden ser beneficiosos al descomponer la materia orgánica y mejorar la fertilidad del suelo, pero también pueden ser perjudiciales al causar enfermedades en las plantas y contaminar productos almacenados con micotoxinas. Entre los principales géneros de mohos relevantes para la agricultura se encuentran *Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Botrytis y Rhizopus*, que pueden afectar tanto a los cultivos como a los productos almacenados.

Las levaduras, por otro lado, son hongos unicelulares que se reproducen por gemación o fisión. Desempeñan un papel crucial en la fermentación y descomposición de materia orgánica, siendo utilizadas en biotecnología agrícola para la producción de biofertilizantes, biopesticidas y en la mejora de procesos de fermentación de alimentos y bebidas. Los géneros más importantes de levaduras en la agricultura incluyen *Saccharomyces, Candida, Pichia y Cryptococcus*, que contribuyen a la fermentación y al biocontrol de enfermedades en los cultivos (Yuvaraj y Ramasamy, 2020).

En tanto, *los aerobios mesófilos viables* son microorganismos que prosperan en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno) y temperaturas moderadas, típicamente entre 20 °C y 45 °C. En el contexto agrícola, estos microorganismos juegan un papel crucial en la descomposición de materia orgánica, la ciclicación de nutrientes y la mejora de la fertilidad del suelo. Entre los géneros más comunes de aerobios mesófilos viables en la agricultura se encuentran Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces, Penicillium y Aspergillus. Estos géneros son esenciales para mantener la salud del suelo y promover el crecimiento de las plantas al participar activamente en la transformación de nutrientes y la biodegradación de compuestos orgánicos complejos (Mironov et al., 2021).

Por último y no menos importante tenemos a *los actinomicetos*, que son bacterias filamentosas que se asemejan a los hongos y son fundamentales en la agricultura por su capacidad para descomponer materia orgánica compleja y producir antibióticos y otros metabolitos secundarios. En la agricultura, los géneros más importantes de actinomicetos incluyen *Streptomyces, Actinomyces, Micromonospora, Nocardia y Frankia*. Estos microorganismos mejoran la fertilidad del suelo, promueven el crecimiento de las plantas y protegen contra enfermedades, actuando como agentes de biocontrol (Ebrahimi et al., 2022).

Por lo tanto, las BAL actúan como biofertilizantes y biocontroladores, mejorando la disponibilidad de nutrientes y controlando patógenos fúngicos y bacterianos en el suelo, lo que promueve el crecimiento de las plantas y la germinación de semillas (Jaffar et al., 2023; Raman et al., 2022); regulan la materia orgánica del suelo y el ciclo bioquímico, desintoxican químicos peligrosos y mejoran la fertilidad del suelo. También estimulan la actividad

microbiana, lo que resulta en un aumento de la actividad enzimática y la biodiversidad bacteriana (Jaffar et al., 2023; Macias et al., 2020; Rodríguez et al., 2017). “Las BAL ofrecen una alternativa a los agroquímicos sintéticos, reduciendo la contaminación ambiental y mejorando la calidad del suelo. Su uso puede disminuir la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos, promoviendo sistemas de producción sostenibles”. (Higa y Kinjo, 2004; Jaffar et al., 2023; Raman et al., 2022; Yaghoubi et al., 2024)

Así también, las BAL actúan como sintetizadores de metabolitos como los ácidos orgánicos, hormonas vegetales y sustancias antimicrobianas que contribuyen a la bioprotección y estimulación del crecimiento de las plantas (Yaghoubi et al., 2024) y facilitan la biodegradación de materia orgánica y la solubilización de fosfatos, mejorando la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas (Rodríguez et al., 2017; Shu et al., 2023; Yu et al., 2020). Su capacidad para reciclar eficazmente los nutrientes (Filannino et al., 2018; Raman et al., 2022; Yaghoubi et al., 2024; Yang et al., 2024) y proteger a las plantas de los patógenos subraya su importancia en las prácticas agrícolas sostenibles (Jaffar et al., 2023; Raman et al., 2022; Yaghoubi et al., 2024). El predominio de bacterias lácticas en una comunidad microbiana es beneficioso para mantener la estabilidad y la calidad en los procesos de fermentación (Ibrahim y Raman, 2021; Liang et al., 2016; Liu et al., 2019; Sun et al., 2021; Yang et al., 2024; Yu et al., 2020). Este predominio ayuda a crear un entorno que suprime los microorganismos dañinos (Liu et al., 2019; Sun et al., 2023; Yan et al., 2019), reduce la diversidad microbiana para favorecer a las especies beneficiosas y mejora la calidad general del producto fermentado (Justé et al., 2014; Sun et al., 2021; Yan et al., 2019).

Además, las BAL son eficaces en la regulación de la materia orgánica del suelo y el ciclo bioquímico, lo que contribuye a la salud y fertilidad del suelo. Además, promueven el crecimiento de las plantas al estimular el desarrollo de brotes y raíces (Raman et al., 2022; Yaghoubi et al., 2024). Estas bacterias producen metabolitos como ácidos orgánicos y bacteriocinas que tienen un efecto antagonista contra fitopatógenos, inhibiendo poblaciones fúngicas y bacterianas en el rizosfera y filósfera (Jaffar et al., 2023; Raman et al., 2022). El predominio de BAL en comunidades microbianas es beneficioso para mantener la estabilidad y calidad en los procesos de fermentación. Estas bacterias crean un entorno que suprime microorganismos dañinos, reduciendo la diversidad microbiana para favorecer a especies beneficiosas y mejorando la calidad del producto fermentado (Yang et al., 2024; Yu et al., 2020).

Con respecto a los consorcios microbianos presentes en el suelo y su aplicación en la agricultura, Cruz et al., (2021), sostienen que pueden ser clasificados en diferentes categorías: 1) Los fitoestimulantes, que promueven la germinación de las semillas, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas al producir reguladores de crecimiento, vitaminas y otras sustancias. 2) Los mejoradores, que favorecen la estructura del suelo y sus propiedades físico-químicas al formar agregados, lo que aumenta su fertilidad. 3) Los biorremediadores, que están relacionados con la eliminación de agroquímicos sintéticos resistentes y altamente perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana, como pesticidas y herbicidas, y 4) los biofertilizantes, que proporcionan nutrientes biodisponibles y moléculas bioactivas para promover el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, además de ayudar en el control de fitopatógenos.

Chávez et al. (2020), comentan que antes de emplear los biofertilizantes, es esencial realizar un análisis considerando varios aspectos como la problemática específica que se pretende abordar, su capacidad para colonizar tanto el suelo como la planta, la síntesis de compuestos bioactivos relevantes y la interacción con las comunidades microbianas locales. En ese contexto, Díaz et al., (2021), mencionan que esto se debe a que la capacidad de estos biofertilizantes para estimular el crecimiento de las plantas puede manifestarse en diferentes niveles, como la activación de procesos metabólicos para la solubilización o mineralización de nutrientes, la síntesis de metabolitos beneficiosos ya conocidos o aún por descubrir, y la producción de compuestos que actúan en contra de fitopatógenos.

Callisaya y Fernández (2017) indican que, en la actualidad se está introduciendo el uso de consorcios microbianos o microorganismos eficientes, un producto orgánico que se considera una tecnología que previene la contaminación del medio ambiente y protege la salud humana, fue desarrollado por el Ingeniero Agrícola japonés Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón. Los autores mencionan que, los EM son un concentrado líquido que contiene alrededor de 80 variedades de microorganismos, principalmente bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodopseudomonas spp*.), bacterias lácticas (*Lactobacillus spp*.) y levaduras (*Saccharomycetes spp*.); se utilizan en la agricultura como fertilizante orgánico con el propósito de sustituir a los agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos. Estos microorganismos se aplican en diversas etapas, desde la preparación del terreno hasta el mantenimiento del suelo y las plantas, con el fin de aumentar la producción

agrícola y prevenir o reducir el impacto de plagas y enfermedades. Asimismo, esta combinación biológica de microorganismos no representa ningún perjuicio, daño o modificación genética (transgénica); por el contrario, son organismos naturales, beneficiosos y altamente eficaces., dirigiendo su aplicación a una variedad de propósitos, incluyendo la agricultura, ganadería, protección del medio ambiente, promoción de la salud, industria, construcción y otros campos.

En el mismo sentido, los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son microorganismos que favorecen el desarrollo de las plantas mediante mecanismos directos e indirectos (Urgiles et al., 2023). Estos forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las raíces de las plantas en ecosistemas naturales y agrícolas, son conocidos como microorganismos que aumentan el crecimiento de las plantas, la tolerancia al estrés hídrico y la salud de las plantas (Avila et al., 2020). Otro grupo de hongos ampliamente utilizados en la agricultura son diversas especies del género *Trichoderma*, que actúan como estimulantes del crecimiento vegetal y agentes de biocontrol de patógenos fúngicos radiculares como *Phytium* y *Fusarium* (Urgiles et al., 2023). Además de los hongos, Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en ingles), que constituyen aproximadamente el 2 al 5% de las bacterias presentes en la rizosfera, su uso como biofertilizantes es una alternativa sostenible para promover el crecimiento de las plantas al mejorar la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento y los rendimientos. Se ha observado que los siguientes géneros de bacterias actúan como PGPR: *Agrobacterium, Arthrobacter, Azoarcus, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Caulobacter, Chromobacterium, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium,*

Klebsiella, Micrococcous, Pantoea, Pseudomonas, Rhizobium y Serratia (Moreno et al., 2018; Mhatre et al., 2018). La eficacia productiva de un PGPR particular puede mejorarse aún más mediante la optimización y aclimatación a las condiciones del suelo (Ghosh et al., 2024).

Los bioinsumos agrícolas para la Promoción del Crecimiento y Desarrollo Vegetal (PGPR por sus siglas en inglés) se clasifican por función y principio activo. La FAO (2023)**,** considera a tres grandes grupos: a) *Biofertilizantes*, son microorganismos vivos o latentes (bacterias, hongos y algas) que contribuyen a la fijación de nitrógeno atmosférico o solubilizan/movilizan nutrientes del suelo; b) *Bioestimulantes,* son microorganismos y sustancias orgánicas (extractos de algas, sustancias húmicas, quitosano, hidrolizados proteicos) que mejoran la eficiencia en el uso de nutrientes o su absorción, la tolerancia al estrés abiótico y/o las características de calidad de los cultivos; y c) los *Fertilizantes orgánicos,* como el biol, bocashi, compost o vermicompost, que son materiales derivados de compuestos orgánicos provenientes de animales y vegetales que mejoran las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, aportan nutrientes, e incrementan la actividad microbiana.

Los bioles son el remanente de sólidos y líquidos que quedan acumulados en la cámara de digestión, posterior al proceso de la degradación anaeróbica de la materia orgánica en un digestor. La fracción líquida de los bioles es rica en nitrógeno, fósforo, y potasio soluble, ya que, durante la digestión anaeróbica, no todos los nutrientes se lixivian o volatilizan, por tanto, esta fracción puede ser utilizada como un fertilizante. La producción de digestados o bioles se da por un proceso en el que una mezcla compleja de microorganismos transforma la materia orgánica —

bajo condiciones anaeróbicas nutrientes, biomasa microbiana, sales y materia orgánica refractaria. Es importante remarcar que, bajo este proceso, se puede estabilizar hasta el 90% de la fracción orgánica biodegradable (Pérez et al., 2022).

En los ecosistemas forestales, los biofertilizantes pueden ser una parte integral de la gestión integrada de nutrientes, donde los fijadores de nitrógeno, solubilizadores de potasio y fósforo, bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR), hongos micorrízicos endo y ecto (ECMF), cianobacterias y otros microorganismos beneficiosos se utilizan para mejorar la absorción de nutrientes y agua, el crecimiento de las plantas y la tolerancia de las plantas a factores abióticos y bióticos. Los ECMF juegan un papel crucial en el ciclo de nutrientes en los ecosistemas terrestres, particularmente en los ecosistemas forestales donde los ECMF forman una relación simbiótica formando una capa y una red de hifas intercelulares en las raíces de las especies forestales. Esta relación proporciona beneficios significativos para la restauración de bosques y la agregación y estabilización del suelo del ecosistema. Además, los ECMF y las bacterias ayudantes de micorrizas promueven el crecimiento de árboles económicamente significativos y reducen los costos de fertilizantes de manera ecológica. Los biofertilizantes son un componente necesario de las prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente, ya que es importante reducir el impacto en el entorno. A pesar de la falta de datos, es obvio que los biofertilizantes tienen un papel significativo en la productividad agrícola y también muestran un gran potencial para la restauración de bosques y el medio ambiente. Un biofertilizante efectivo puede tener un impacto positivo en las actividades de desarrollo de plantas

cuando se combina adecuadamente con la especie de planta hospedera (Saha et al., 2023).

La aplicación de biocarbón, yeso fosforado u otras enmiendas del suelo puede ayudar a reducir el pH y la CE del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de las plantas (Al-Enazy et al., 2018; Masud et al., 2020; Soothar et al., 2021). Asimismo, el uso de microbios que promueven el crecimiento de las plantas puede mejorar la adquisición de nutrientes y la tolerancia al estrés, incluso en condiciones ácidas y salinas (Msimbira et al., 2022). Por lo tanto, la combinación de enmiendas orgánicas e inorgánicas puede controlar eficazmente la acidez del suelo y mejorar la actividad microbiana, lo que es beneficioso para el crecimiento de las plantas (Masud et al., 2020; Patra et al., 2021).

El uso de consorcios microbianos como Biol en la silvicultura puede mejorar significativamente el crecimiento de las plantas y la recuperación ambiental. Sin embargo, para aprovechar plenamente estos beneficios, es esencial evaluar y adaptar las dosis y las especies utilizadas de forma individual, teniendo en cuenta las condiciones ambientales específicas y los resultados deseados. Este enfoque garantiza la aplicación más eficaz de los consorcios microbianos en la silvicultura (Liu et al., 2023).

De la calidad de planta en especies forestales. Duryea (1985) define a los plantones de alta calidad como aquellos que cumplen con niveles definidos de supervivencia y crecimiento en un sitio de plantación específico, de no cumplir con estos estándares definidos, puede ser necesario replantar con plantones adicionales. Las personas involucradas en la reforestación están familiarizadas con sitios que han sido plantados repetidamente debido a fracasos. Este retraso no solo causa una

duplicación o triplicación de los costos de regeneración, sino que también aumenta el tiempo requerido para que la plantación forestal alcance un tamaño comercial.

La calidad de una planta se refiere a su capacidad para adaptarse y crecer en las condiciones climáticas y del suelo del sitio de plantación. Esta capacidad está influenciada por las características genéticas del germoplasma y las técnicas de reproducción empleadas en el vivero. (Prieto et al., 2009). La calidad de los plantones producidos en vivero se evalúa utilizando 12 variables, de las cuales 7 son atributos morfológicos (altura de la parte aérea, diámetro del cuello, biomasa húmeda de la parte aérea y del sistema radical, relación tallo/raíz, índice de esbeltez, índice de lignificación, biomasa seca de la parte aérea y del sistema radical) y 5 son variables fisiológicas (contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, lignina y carbono). Los resultados de estas evaluaciones permitirán identificar las mejores plantas propagadas en vivero (Orozco et al., 2010).

La calidad de las plántulas a menudo se evalúa utilizando atributos morfológicos como la altura, el diámetro y la masa de la raíz, que son importantes para predecir el rendimiento en el campo, pero pueden no capturar todas las diferencias relevantes entre los tratamientos. Los métodos tradicionales pueden no ser lo suficientemente sensibles para detectar diferencias sutiles en la calidad de las plántulas que podrían afectar el crecimiento y el rendimiento (Grossnickle y MacDonald, 2018; Guimarães et al., 2024; Moreira et al., 2023). Asimismo, la calidad de las plántulas implica múltiples características, incluidos factores fisiológicos y genéticos, que no siempre se capturan mediante evaluaciones morfológicas simples (Cordeiro et al., 2014). Para que una planta forestal

sea considerada de alta calidad puede efectuarse a través del análisis de sus características morfológicas y fisiológicas, basándose en el uso de índices de calidad que permiten medir y calificar estos atributos de manera precisa (Ramos y Lombardi, 2020).

Con respecto a la calidad de planta, Muñoz et al., 2015; Rueda et al., 2018; Sáenz et al., 2014, sostienen que es fundamental que todos los actores involucrados en los programas de establecimiento de plantaciones forestales prioricen el estudio detallado de los atributos morfológicos y fisiológicos que impactan directamente en la calidad de las plantas producidas en vivero. Este conocimiento profundo no solo mejorará la eficacia de los viveros, sino que también optimizará el éxito y la sostenibilidad de las plantaciones forestales a largo plazo. Los intervalos de calidad de plantón para parámetros morfológicos y fisiológicos en latifoliadas se muestran a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2

Intervalos de calidad de plantón en latifoliadas

Parámetros	Variable	Calidad y Rango		
		Alta	**Media**	**Baja**
Morfológicos	Altura de planta (cm)	≥ 15.0	12.0 - 14.9	< 12.0
	Diámetro a cuello de raíz (mm)	≥ 5.0	2.5 - 4.9	< 2.5
	Índice de Esbeltez (IE)	< 6.0	6.1 - 7.9	≥ 8.0
	Relación Altura/Longitud de raíz	≤ 2.0	2.1 - 2.5	> 2.5
	Índice Tallo-Raíz	1.5 - 2.0	2.1 - 2.5	> 2.5
	Índice de Calidad de Dickson	≥ 0.5	0.49 - 0.20	< 0.20
Fisiológicos	Nitrógeno (%)	1.3 - 3.5	1.1 - 1.29	< 1.1
	Fosforo (%)	0.20 - 0.60	0.10 - 0.19	≤ 0.10
	Potasio (%)	0.70 - 2.50	0.50 - 0.69	< 0.50

Fuente: Adaptado de Muñoz et al., 2015; Rueda et al., 2018; Sáenz et al., 2014).

Por otro lado con respecto a las especies en estudio, Flores (2018) describe a *Guazuma crinita* Mart., como integrante de la familia Malvaceae, con el nombre común de bolaina blanca. El árbol puede medir hasta 35 metros de altura y 60 cm. de diámetro, presenta tronco cilíndrico, corteza de color gris o negruzco, agrietada o fisurada. Algunas características de esta especie que la hacen deseable para plantaciones son su rápido crecimiento, su copa rala, su capacidad de manejo y rebrotes (hasta 3 veces, observación personal), el color claro de su madera favorece su acabado, la ausencia de resina en la madera y su notable capacidad de regeneración. Es de amplia distribución en el continente americano, desde Centroamérica hasta la región amazónica y el sur de Brasil y Bolivia. Crece en Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Junín, Lambayeque, Loreto, San Martin y Ucayali, y en la costa del norte. Esta especie puede ser encontrada en forma abundante en los bosques secundarios o “Purmas”, aledañas a las carreteras y caminos, pero también formando rodales casi puros en márgenes de los grandes ríos como el Aguaytía, Pachitea, Ucayali y en los pequeños ríos y quebradas. Esta especie se caracteriza por un rápido crecimiento inicial, lo que la hace adecuada para proyectos de reforestación. Prospera en suelos pobres y bien drenados y requiere una alta exposición a la luz. La bolaina también es tolerante a períodos cortos de sequía, lo que potencia su papel como especie pionera en los esfuerzos de reforestación (Cornelius et al., 2018; Maruyama et al., 1996).

De igual manera, Flores (2018) describe que *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) pertenece a la familia Rubiaceae, con el nombre común de capirona, capirona del bajo o capirona de hoja chica. El árbol mide hasta 35 metros de altura y 80 cm de diámetro aproximadamente,

presenta fuste recto y cilíndrico. Frecuentemente durante la diseminación de semillas se presenta una defoliación total o parcial de la copa. Se distribuye por Brasil y Perú. Crece en Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martin y Ucayali. Es una especie heliófita, frecuente en bosques secundarios pioneros y tardíos, en suelos mayormente limosos a arenosos, aluviales, fértiles, a veces temporalmente inundables y en las zonas ribereñas. Se hallan también en bosques primarios. Pueden llegar a formar extensas agrupaciones más o menos homogéneas llamadas “capironales” en las orillas de los principales ríos amazónicos”. La capirona se destaca por su madera densa y troncos rectos, que son muy apreciados en la industria maderera. Crece moderadamente y se adapta bien a suelos húmedos y encharcados, típicos de la Amazonia. Su resistencia a las plagas y su adaptabilidad a climas cálidos y húmedos la convierten en una opción robusta para plantaciones en dichos entornos (Cornelius et al., 2018; Javier et al., 2021).

Tanto *Guazuma crinita* como *Calycophyllum spruceanum* son especies maderables de rápido crecimiento en la Amazonía peruana, destacando la importancia de la selección temprana en estas especies para reducir costos y mejorar la eficiencia en los programas de mejoramiento de árboles. La selección temprana, realizada entre 13 y 17 meses después del establecimiento del ensayo de campo, demostrando su rentabilidad en comparación con la selección posterior a los 49 a 53 meses, debido al ahorro en costos directos y costos de capital. Asimismo, los rasgos genéticos y fisiológicos inherentes a cada especie implican que las tasas de crecimiento y las respuestas a la selección pueden variar. Esta variabilidad subraya la necesidad de estrategias de gestión de viveros

específicas para cada especie a fin de maximizar el potencial de crecimiento y los beneficios económicos (Cornelius et al., 2018).

Estudios realizados con FTIR-ATR han demostrado diferencias significativas en la composición química de Capirona y Bolaina blanca, particularmente en el contenido de celulosa, hemicelulosa, holocelulosa y lignina. Estas diferencias son cruciales para desarrollar programas de mejoramiento y comprender la calidad de la madera de cada especie (Javier et al., 2021). Así también, las especies de rápido crecimiento pueden tener diferentes demandas de nutrientes y estrategias de reciclaje interno, lo que permite una coexistencia complementaria en plantaciones mixtas (Richards y Schmidt, 2010). La asignación de biomasa varía significativamente entre especies con diferentes tolerancias a la sombra y la sequía, lo que sugiere múltiples estrategias de partición de biomasa (Puglielli et al., 2021).

Las especies de sucesión temprana tienen una mayor conductividad hidráulica y tasas fotosintéticas, pero menor eficiencia de uso del agua, lo que influye en su distribución en diferentes etapas sucesionales (Zhu et al., 2013). La capacidad de rebrote y la asignación de carbohidratos no estructurales también varían entre especies, afectando su capacidad para sobrevivir en ambientes estresantes (Shibata et al., 2016).

El crecimiento de las plantas está influenciado predominantemente por sus características intrínsecas más que por el tipo o la dosis de fertilizantes orgánicos aplicados. Esto sugiere que los rasgos genéticos y fisiológicos inherentes a cada especie son determinantes cruciales del crecimiento (Huang et al., 2023; Lu et al., 2023; Stafford et al., 2012). Los fertilizantes orgánicos pueden mejorar ciertos parámetros de

crecimiento y las condiciones del suelo, sin embargo, su efecto no es universalmente significativo en todas las especies. Por ejemplo, en algunos estudios, los fertilizantes orgánicos mejoraron la fertilidad del suelo y la actividad microbiana, lo que puede favorecer indirectamente el crecimiento de las plantas, pero no fueron el principal determinante del crecimiento (Li et al., 2020; S. Li et al., 2023; Ma et al., 2018).

Las distintas especies responden de forma variable a los fertilizantes orgánicos. Por ejemplo, algunas especies, como la madera de agar "Qi-Nan", mostraron mejoras significativas en el crecimiento con fertilizantes orgánicos específicos, mientras que otras no mostraron tal dependencia (Huang et al., 2023; Li et al., 2023). Los fertilizantes orgánicos pueden alterar los microbiomas del suelo y la disponibilidad de nutrientes, lo que puede beneficiar indirectamente el crecimiento de las plantas. Sin embargo, estos cambios no necesariamente se traducen en un factor de crecimiento predominante para todas las especies (Ahanger et al., 2021; Li et al., 2020; Li et al., 2023).

2.2.2. Caracterización del Consorcio Microbiano

La caracterización integral de consorcios microbianos combina: (1) condiciones físicas y químicas del medio, (2) composición y viabilidad microbiana, y (3) funciones clave (degradación, producción de gas, acidificación, promoción del crecimiento vegetal). Esta triple mirada permite relacionar estructura microbiana con desempeño del consorcio en biorremediación, agricultura y conservación de alimentos (Flores et al., 2023; Miranda et al., 2017)

Las condiciones ácidas pueden ayudar a preservar el CMA y controlar los patógenos, ya que crean un entorno menos favorable para muchos microorganismos dañinos (Patra et al., 2021; Soothar et al., 2021). Además, una conductividad eléctrica (CE) alta indica una presencia significativa de sales, lo que puede provocar estrés salino, afectando la absorción de nutrientes y el crecimiento de las plantas (Al-Enazy et al., 2018; Soothar et al., 2021), el manejo de la CE es crucial para garantizar que la disponibilidad de nutrientes no se vea afectada negativamente, ya que las altas concentraciones de sal pueden limitar la absorción de nutrientes esenciales (Al-Enazy et al., 2018; Masud et al., 2020).

El uso de enmiendas del suelo, como el biocarbón, el compost y los inóculos microbianos, puede mejorar las propiedades del suelo y el crecimiento de las plántulas. Estas enmiendas pueden aumentar las concentraciones de nutrientes y mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, lo que a su vez puede favorecer un mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas (Salifu et al., 2020; Simiele et al., 2022; Widawati y Suliasih, 2021).

La presencia de microorganismos beneficiosos, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las bacterias fijadoras de nitrógeno, puede afectar significativamente el crecimiento de las plántulas al mejorar la absorción de nutrientes y la fertilidad del suelo (Abreu et al., 2022; Magsayo et al., 2023). Estos microorganismos pueden ayudar a las plántulas a utilizar mejor los nutrientes disponibles, compensando potencialmente cualquier deficiencia en el biol. Los distintos tipos y composiciones del suelo pueden afectar el crecimiento de las plántulas. Por ejemplo, los suelos con mayores concentraciones de nutrientes y mejor

retención de humedad pueden favorecer un crecimiento más robusto de las plántulas en comparación con los suelos pobres en nutrientes o secos (Jacobs et al., 2003; Smith et al., 2017).

La materia orgánica y las relaciones equilibradas de carbono/nitrógeno (C/N) promueven la actividad microbiana, que es crucial para el ciclo de nutrientes y la fertilidad del suelo. La fertilización orgánica aumenta la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas, que son esenciales para el ciclo de nutrientes en la rizosfera (Ai et al., 2012; Liu et al., 2020; Wang et al., 2024). En ese sentido, la materia orgánica contribuye a mejorar la estructura del suelo, lo que mejora la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes. Esto es particularmente beneficioso en la rizosfera, donde las concentraciones de nutrientes son generalmente más altas que en el suelo en general (Ai et al., 2012; Yu et al., 2018). Además, el entorno de la rizosfera enriquecido con materia orgánica favorece una comunidad microbiana diversa y activa, que incluye bacterias y hongos que desempeñan funciones en el ciclo de nutrientes y la promoción del crecimiento de las plantas (Liu et al., 2020; Wang et al., 2024; Yang et al., 2023). La presencia de materia orgánica y una relación C/N óptima ayudan a la retención y el ciclo de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, que son vitales para el crecimiento de las plántulas (Chen et al., 2021; Gu et al., 2023; Yu et al., 2018)

2.2.3. Calidad morfológica de plantones forestales

La Altura de la planta (cm) es un parámetro morfológico que se relaciona con la capacidad fotosintética de la planta y su superficie de

transpiración. Corresponde a la longitud que va del cuello de la raíz al ápice del tallo principal (CONAFOR, 2021).

El Diámetro al cuello de la raíz (mm) es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea de la planta, así como de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas por la planta. Se mide a la altura del cuello de la raíz, donde se diferencia el sistema radical y comienza el tallo (CONAFOR, 2021).

El Peso de la planta (biomasa aérea y radical en gramos) tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radical. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radical (Thompson, 1985; Mexal y Landis, 1990).

El Índice de Esbeltez (IE) es el cociente o razón entre la altura (cm) y el diámetro al cuello (mm). Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma (CONAFOR, 2021). Asimismo, valores más bajos están asociados a una mejor calidad de la planta e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Aquino et al., 2023).

$$\boldsymbol{IE} = \frac{\boldsymbol{Altura\ (cm)}}{\boldsymbol{Diametro\ cuello\ de\ la\ raiz\ (mm)}}$$

La Relación altura/longitud de raíz (R H/RL) predice el éxito de la plantación. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el

sistema radical de la planta (Muñoz et al., 2015). La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con limitantes de humedad se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin limitantes de humedad las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1. Se recomienda que los viveristas y plantadores establezcan la relación deseada en base a las especies y características del sitio de plantación (Aquino et al., 2023; Sáenz et al., 2014).

$$\boldsymbol{R\ H/RL} = \frac{\boldsymbol{Altura\ (cm)}}{\boldsymbol{Longitud\ de\ raiz\ (cm)}}$$

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. *La Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (RBSA/BSR) o índice de Tallo-Raíz (ITR)* señala que una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Muñoz et al., 2015), por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985).

$$\boldsymbol{R\ BSA/BSR} = \frac{\boldsymbol{Biomasa\ seca\ aérea\ (gramos)}}{\boldsymbol{Biomasa\ seca\ raiz\ (gramos)}}$$

El Índice de Calidad de Dickson (ICD) integra la relación entre la masa seca total del plantón (g) y la suma del Índice de esbeltez (IE) y el

Índice de Tallo-Raíz (ITR). Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura, pero con mayor vigor (Dickson et al., 1960).

$$CD = \frac{\textbf{Peso seco total de la planta (gramos)}}{\frac{\textbf{Altura (cm)}}{\textbf{Diametro cuello de la raiz (cm)}} + \frac{\textbf{Biomasa seca aérea (gramos)}}{\textbf{Biomasa seca raiz (gramos)}}}$$

2.2.4. Calidad fisiológica de plantones forestales

El nitrógeno (N%) promueve el crecimiento vegetativo, aporta suculencia y proporciona el color verde a las hojas; regula el uso de potasio, fósforo y otros nutrientes en las plantas. Sin embargo, su exceso puede retrasar la maduración, debilitar la planta, reducir la calidad del cultivo y disminuir la resistencia a enfermedades. Un crecimiento excesivo hace que la planta sea frágil y tierna, volviéndola más susceptible a plagas, enfermedades, viento, lluvia, granizo y frío. La deficiencia de nitrógeno causa clorosis general, seguida de un "achaparramiento"; en casos graves, el follaje se vuelve pequeño y de color amarillo-verde a amarillo, pudiendo presentar una coloración púrpura y, eventualmente, necrosis en las puntas de las hojas. Este tipo de clorosis se diferencia de la causada por deficiencia de hierro porque afecta primero a las hojas más viejas (Landis, 1989).

El fósforo (P%) juega un papel crucial en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular, ayudando al rápido desarrollo de raíces y plántulas, y mejorando su resistencia a bajas temperaturas. También

aumenta la eficiencia en el uso del agua y contribuye a la resistencia de ciertas plantas contra enfermedades. Es difícil alcanzar un exceso de fósforo porque este elemento no se retiene fácilmente en el suelo y es fácilmente lavable. Sin embargo, un exceso puede causar la fijación de otros elementos, como el zinc, en el suelo. Cuando hay deficiencia de fósforo, las plantas a menudo permanecen "achaparradas", aunque el tamaño del follaje puede variar. Los síntomas en las hojas varían según la especie, presentando colores que van desde el verde claro al amarillo o un tinte púrpura. Los efectos de la falta de fósforo se observan en las hojas viejas, que se vuelven de un verde pálido con bordes secos y un color entre violeta y castaño. Además, la floración es escasa y las raíces se desarrollan poco (Landis, 1989).

El potasio (P%) es un elemento esencial para todos los organismos vivos y juega un papel crucial en la activación enzimática, la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y carbohidratos, el balance de agua, y el crecimiento meristemático. Promueve el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. Además, el potasio mejora la resistencia de las plantas a enfermedades, sequías y bajas temperaturas. Sin embargo, en exceso puede impedir la absorción de magnesio y calcio. La deficiencia de potasio presenta síntomas que varían entre especies: el follaje suele ser corto y clorótico, con tonos verdes de intensidad variable, tonalidades oscuras y necrosis que avanza desde las puntas. Pueden aparecer colores café y necrosis. Los primeros síntomas de deficiencia generalmente se observan en las hojas más viejas, pero en casos graves, las hojas nuevas son las más afectadas. Las hojas jóvenes a menudo muestran un amarillamiento verde con bordes amarillos y marrones. La

deficiencia de potasio también provoca una baja foliación, fructificación y desarrollo general de la planta, y es más común en suelos arenosos o con alto contenido de calcio (Landis, 1989).

2.2.5. Dosis incrementales del Consorcio Microbiano

Los estudios coinciden en que existe una dosis intermedia óptima de consorcio microbiano autóctono: suficiente para generar beneficios (crecimiento, calidad, conservación) sin sobredosificar. La dosis debe determinarse experimentalmente para cada cultivo/producto, probando escalas crecientes y evaluando respuesta biológica y económica (Camacho et al., 2020).

El crecimiento de las plántulas puede verse afectado significativamente por la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Tanto los macronutrientes como los micronutrientes desempeñan un papel crucial en el desarrollo de las plántulas y su disponibilidad puede promover o limitar el crecimiento (Martini et al., 2020; Smith et al., 2017; South et al., 2018). En algunos casos, la presencia de ciertos nutrientes en el suelo se ha correlacionado positivamente con la altura de las plántulas, mientras que otros han mostrado correlaciones negativas debido a desequilibrios de nutrientes (South et al., 2018).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Aminoácidos:** Moléculas orgánicas que constituyen los bloques estructurales de las proteínas. Son esenciales para el metabolismo vegetal, la síntesis de enzimas y hormonas, y pueden ser liberados

o sintetizados por microorganismos del suelo, mejorando la nutrición de las plantas y su tolerancia al estrés abiótico (Glick, 2012).

- **Antagonismo microbiano:** Interacción en la que un microorganismo inhibe o reduce el crecimiento de otro, generalmente patógeno, mediante la producción de sustancias antimicrobianas, competencia por nutrientes o espacio. Es clave en el biocontrol de enfermedades en vivero (Limon et al., 2022; Lugtenberg y Kamilova, 2009).

- **Biofertilización:** Proceso en el que microorganismos del suelo, como bacterias y hongos, incrementan la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio) para las plantas, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y mejorando la sostenibilidad agrícola y forestal (Raghu et al., 2020; Vessey, 2003).

- **Biomasa seca:** Cantidad de materia orgánica (sin agua) acumulada en la parte aérea y radical de una planta, utilizada como indicador de crecimiento y calidad en plántulas bajo tratamientos con consorcios microbianos (Espinosa et al., 2023).

- **Biopromoción**. Acción de ciertos microorganismos que estimulan el crecimiento vegetal a través de la producción de fitohormonas, solubilización de nutrientes, o mejorando la tolerancia de las plantas al estrés abiótico y biótico, contribuyendo a un desarrollo vigoroso y saludable de los plantones (Glick, 2012; Nachu et al., 2021).

- **Biocontrol:** Uso de microorganismos benéficos para reducir la incidencia de enfermedades en plantas, ya sea mediante la competencia, producción de sustancias antimicrobianas, o inducción de defensas en la planta hospedera. Es una alternativa ecológica al uso de pesticidas químicos (Limon et al., 2022; Lugtenberg y Kamilova, 2009).

- **Colonización micorrízica:** Proceso mediante el cual hongos micorrízicos arbusculares (HMA) invaden y establecen simbiosis en las raíces de las plantas, formando arbúsculos y vesículas que mejoran la absorción de agua y nutrientes y aumentan la resistencia al estrés ambiental (Marín et al., 2023; Smith y Read, 2008).

- **Consorcio microbiano:** Combinación de diferentes especies de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras) que interactúan sinérgicamente para potenciar funciones como la nutrición, crecimiento y protección de las plantas, adaptándose a condiciones específicas del vivero (Bashan y De-Bashan, 2010; Limon et al., 2022; Sotomayor et al., 2022).

- **Contenido de clorofila:** Medida fisiológica relacionada con la capacidad fotosintética de la planta, que puede incrementarse mediante la inoculación de consorcios microbianos, reflejando un mejor estado nutricional y fisiológico (Limon et al., 2022; Sotomayor et al., 2022).

- **Diversidad microbiana**. Variedad de especies bacterianas y fúngicas presentes en la rizosfera o en el consorcio inoculado, asociada a mayor funcionalidad, resiliencia y estabilidad del sistema suelo-planta, y a una mejor respuesta frente a estreses bióticos y abióticos (Castillo et al., 2024).

- **Enzimas**. Proteínas producidas por microorganismos que catalizan reacciones bioquímicas, como la descomposición de materia orgánica y la liberación de nutrientes, facilitando su disponibilidad para las plantas y contribuyendo a la dinámica del suelo (Glick, 2012).

- **Exudados radiculares**. Sustancias liberadas por las raíces de las plantas, incluyendo azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos, que estimulan la actividad y colonización microbiana en la rizosfera, favoreciendo la formación de simbiosis y la disponibilidad de nutrientes (Lugtenberg y Kamilova, 2009; Smith y Read, 2008).

- **Fijación biológica de nitrógeno**. Proceso realizado por bacterias y arqueas que convierten el nitrógeno atmosférico en formas asimilables por las plantas, contribuyendo significativamente a la nutrición vegetal y la sostenibilidad agrícola y forestal (Vessey, 2003).

- **Fitohormonas**. Hormonas vegetales como auxinas, giberelinas y citoquininas, que pueden ser producidas por microorganismos y regulan procesos clave del desarrollo vegetal, como la elongación

celular, la formación de raíces y la diferenciación tisular (Glick, 2012; Lugtenberg y Kamilova, 2009).

- **Hongos micorrízicos arbusculares (HMA):** Hongos que establecen simbiosis con raíces de plantas, formando arbúsculos intracelulares y vesículas, y mejoran la absorción de agua y nutrientes, especialmente fósforo, además de incrementar la tolerancia al estrés y la supervivencia de plántulas (Legesse et al., 2024; Smith y Read, 2008).

- **Microorganismos benéficos nativos:** Microorganismos autóctonos del lugar de estudio, adaptados a las condiciones locales, que promueven el crecimiento y la supervivencia de plantas de manera más eficiente y sostenible que los inoculantes comerciales foráneos (Koziol et al., 2023; Legesse et al., 2024).

- **Microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR):** Bacterias y hongos que estimulan el desarrollo de las plantas mediante la producción de fitohormonas, solubilización de nutrientes, protección contra patógenos y mejora de la tolerancia a condiciones adversas (Glick, 2012; Lugtenberg y Kamilova, 2009).

- **Moléculas señalizadoras:** Compuestos químicos producidos por microorganismos o plantas que median la comunicación entre ambos, desencadenando respuestas como la formación de simbiosis, la activación de defensas o la promoción del crecimiento radicular (Smith y Read, 2008).

- **Simbiosis:** Relación íntima y prolongada entre dos organismos de diferentes especies, como la que se da entre plantas y microorganismos, donde ambos obtienen beneficios, por ejemplo, en la micorrización o la fijación biológica de nitrógeno (Smith y Read, 2008).

- **Vitaminas:** Compuestos orgánicos esenciales para el metabolismo vegetal, que pueden ser sintetizados por microorganismos y transferidos a las plantas, participando en procesos como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de proteínas (Glick, 2012).

2.4. BASES EPISTÉMICAS

Para abordar la investigación sobre la influencia de microorganismos benéficos en la calidad de plantones forestales en Pucallpa, es esencial establecer las bases epistemológicas que sustentan el estudio. En primer lugar, la epistemología positivista proporciona el marco para la evaluación objetiva de la actividad microbiana en el biofertilizante y su efecto en los plantones. Esta perspectiva enfatiza la aplicación de métodos científicos rigurosos para la recolección y análisis de datos, como lo indica Martínez y Rios (2006) quienes sostienen que la ciencia es el conocimiento de los hechos, de los sucesos observables y medibles.

Desde una perspectiva constructivista, la investigación se apoya en la interpretación cualitativa de los resultados obtenidos. Autores como Creswell (2007) abogan por la investigación cualitativa como un método para captar la complejidad de las interacciones entre microorganismos y plantas en entornos específicos como viveros forestales. Este enfoque

permite una comprensión profunda de cómo las condiciones locales y las interacciones ecológicas pueden influir en la calidad de los plantones estudiados bajo la influencia de biofertilizantes líquidos.

Además, la epistemología hermenéutica es crucial para interpretar el significado de los resultados obtenidos en el estudio. Autores como Gadamer (2004) argumentan que la comprensión científica no solo se limita a la recolección de datos, sino que implica un proceso de interpretación contextualizada que considera tanto el conocimiento científico como las experiencias prácticas locales. Esto es relevante al caracterizar la microbiología del biofertilizante y al evaluar su impacto en la morfología y fisiología de los plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum.

En el marco de la epistemología crítica, se examinan las estructuras de poder y las relaciones sociales que pueden influir en la producción y aplicación de conocimiento científico. Autores contemporáneos como Foucault (2002) y Haraway (2016) destacan la importancia de considerar las dinámicas de poder en la investigación científica, especialmente en contextos donde intervienen intereses políticos y económicos. Esto se refleja en cómo la evaluación de la calidad de los plantones podría estar influenciada por factores externos que afectan la implementación de biofertilizantes en prácticas forestales sostenibles.

Finalmente, la epistemología ecológica proporciona un marco holístico para comprender las interacciones entre los microorganismos benéficos y las especies forestales estudiadas. Autores como Folke et al. (2005) argumentan que la gestión efectiva de los ecosistemas depende de la comprensión de sus interconexiones dinámicas, donde la aplicación de

biofertilizantes puede jugar un papel crucial en la restauración y el mantenimiento de la biodiversidad forestal en lugares como Pucallpa.

Estas bases epistemológicas proporcionan un marco teórico robusto para investigar cómo los biofertilizantes líquidos pueden influir en la calidad de los plantones de especies forestales en condiciones de vivero en Pucallpa, integrando diversas perspectivas que enriquecen tanto la investigación científica como la práctica en la gestión forestal sostenible.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se enmarcó dentro de un enfoque metodológico integral, que combinó características de la investigación experimental, explicativa y longitudinal, con el propósito de garantizar un análisis riguroso, profundo y sostenido en el tiempo del fenómeno objeto de estudio.

En primer lugar, correspondió a una investigación experimental, dado que se realizó la manipulación intencional de una o más variables independientes bajo condiciones cuidadosamente controladas. Este procedimiento permitió observar, medir y analizar los efectos que dichas variables generaron sobre las variables dependientes en situaciones específicas. El control sistemático de los factores intervinientes buscó asegurar la validez interna del estudio, reduciendo posibles sesgos y permitiendo establecer relaciones claras entre causa y efecto.

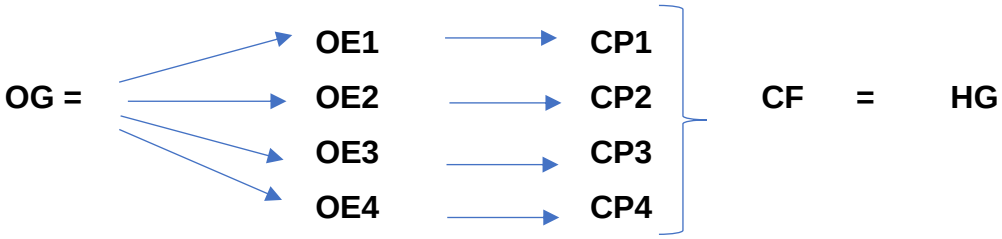
Asimismo, la investigación tuvo un carácter explicativo, ya que no se limitó únicamente a la descripción de los hechos ni a la recopilación de datos, sino que profundizó en el análisis de las relaciones existentes entre las variables. A través de la interpretación y valoración de los resultados obtenidos, se procuró identificar las causas que originaron el fenómeno estudiado y comprender las consecuencias derivadas del mismo. Este nivel de análisis permitió construir explicaciones fundamentadas y coherentes, sustentadas en evidencia empírica.

Finalmente, el estudio adoptó un enfoque longitudinal, debido a que contempló la observación y evaluación de los cambios producidos a lo largo del tiempo. Se analizaron procesos de desarrollo, crecimiento, comportamiento o respuesta a determinados tratamientos en distintos momentos, lo que permitió identificar tendencias, variaciones y patrones evolutivos. Este seguimiento temporal aportó una visión dinámica del fenómeno, fortaleciendo la consistencia y profundidad de los resultados obtenidos.

En conjunto, la articulación de estos tres tipos de investigación permitió abordar el objeto de estudio desde una perspectiva amplia, sistemática y rigurosa, garantizando resultados sólidos y relevantes para el campo académico correspondiente.

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación por su diseño fue por “Objetivos”, conforme a los resultados que se obtuvieron de acuerdo al esquema que se presenta:



Donde:

OG = Objetivo General

OE = Objetivo Específico

CP = Conclusión Parcial

CF = Conclusión Final

HG = Hipótesis General

3.2.1. Diseño experimental

La presente investigación fue desarrollada mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), implementado de manera independiente para cada una de las dos especies estudiadas. Para cada especie, se evaluaron 5 concentraciones o dosis incrementales de consorcios microbianos (0 ml; 160 ml; 320 ml; 480 ml y 640 ml) y 04 repeticiones, haciendo un total de 20 Unidades experimentales por cada especie. Cada Unidad Experimental estuvo compuesta de 25 plantones, según se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Interacción de variables

Dosis incrementales de CMA	**Especies forestales**	
	Bolaina blanca (E1)	**Capirona (E2)**
0 ml (C1)	C1 x E1 = BoC1	C1 x E2 = CaC1
160 ml (C2)	C2 x E1 = BoC2	C2 x E2 = CaC2
320 ml (C3)	C3 x E1 = BoC3	C3 x E2 = CaC3
480 ml (C4)	C4 x E1 = BoC4	C4 x E2 = CaC4
640 ml (C5)	C5 x E1 = BoC5	C5 x E2 = CaC5

Donde:

BoC1: Plantón de bolaina blanca sin dosis de CMA (0 ml)

BoC2: Plantón de bolaina blanca con dosis incremental de 160 ml de CMA

BoC3: Plantón de bolaina blanca con dosis incremental de 320 ml de CMA

BoC4: Plantón de bolaina blanca con dosis incremental de 480 ml de CMA

BoC5: Plantón de bolaina blanca con dosis incremental de 640 ml de CMA

CaC1: Plantón de capirona sin dosis de CMA (0 ml)

CaC2: Plantón de capirona con dosis incremental de 160 ml de CMA

CaC3: Plantón de capirona con dosis incremental de 320 ml de CMA

CaC4: Plantón de capirona con dosis incremental de 480 ml de CMA

CaC5: Plantón de capirona con dosis incremental de 640 ml de CMA

3.2.2. Área de estudio

La investigación fue realizada en el vivero agroforestal de la Estación Experimental Agraria Pucallpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, ubicado en la carretera Pucallpa-Lima Km 4.200, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, Perú, cuyas coordenadas geográficas son 8°23’14.7” S y 74°33’34.8” W, 156 m.s.n.m., temperatura promedio de 27.10 °C, humedad relativa promedio de 82.4% y una precipitación anual de 1279.7 mm (SENAMHI, 2025).

3.2.3. Materiales, equipos, insumos y herramientas

Material genético

Se utilizó semillas de *Guazuma crinita* C. Mart “bolaina blanca” y *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) “capirona” procedentes del Centro Experimental Alexander Von Humboldt de la Estación Experimental Agraria Pucallpa - INIA.

Materiales, equipos y herramientas

De Campo: Bolsas de polietileno de 5 pulgadas de ancho por 8 pulgadas de altura, regla metálica de 60 centímetros con aproximación al milímetro, Cámara fotográfica digital, flexómetro de 5 metros, GPS Garmin 64x, computadora portátil, calibrador o vernier digital con aproximación al centésimo, mochila pulverizadora de 20 litros de capacidad, bidones de 200

litros con tapa hermética y baldes de 20 L.

De laboratorio: Balanza analítica con aproximación al centésimo, estufa de laboratorio, navaja para seccionamiento de plantas, bolsas de papel, plumones indelebles.

Insumos: Polvillo de arroz, sustrato de hojarasca proveniente de bosques naturales o plantaciones forestales del INIA, melaza de caña, agua no clorada. El sustrato para los plantones tendrá una proporción en iguales cantidades (1:1:1) de tierra agrícola, arena y abono orgánico. Esta mezcla será uniforme para todos los tratamientos y unidades experimentales.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La investigación se desarrolló considerando una población finita conformada por 1 000 plantones producidos en vivero, distribuidos equitativamente entre las especies Bolaina blanca (*Guazuma crinita*) y Capirona (*Calycophyllum spruceanum*), con un total de 500 individuos por cada especie.

Debido a que el estudio se llevó a cabo en condiciones controladas y se dispuso de la totalidad de los plantones existentes para la ejecución del experimento, se optó por un enfoque censal. En consecuencia, no se realizó un procedimiento de muestreo, ya que se trabajó con el universo completo de individuos disponibles, lo cual permitió maximizar la precisión de los resultados y reducir el error muestral.

En cada especie se aplicaron cinco dosis del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA), distribuyéndose 100 plantones por cada tratamiento. Esta organización experimental permitió contar con un número suficiente

de repeticiones por dosis, garantizando mayor confiabilidad en la medición de las variables evaluadas. Asimismo, facilitó una estimación precisa y comparativa de la respuesta morfológica de los plantones frente a las diferentes dosis incrementales aplicadas, permitiendo identificar tendencias, diferencias significativas y posibles efectos dosis-respuesta dentro de cada especie estudiada.

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Elaboración del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA)

El proceso de elaboración del Consorcio Microbiano Autóctono se realizó en base a una adaptación del Manual de Fertilizantes Orgánicos y Bio-fermentos (Kalema y Chacon, 2010).

Etapa 1 (Reproducción del CMA – Fase sólida): La primera etapa consistió en reproducir el CMA a niveles de uso viable. Para ello, se realizó una colecta de la parte intermedia e inferior del mantillo forestal (hojarasca en proceso de descomposición) proveniente de un bosque aledaño (Centro Experimental Alexander Von Humboldt del INIA), procediendo a tamizar el material húmedo el mismo día de colecta. Luego se procedió a mezclar los siguientes materiales en la proporción mencionada a continuación: 50 Kg de mantillo forestal, 46 kg de polvillo de arroz; 02 galones de melaza (es importante porque es una fuente de energía para la reproducción de los microorganismos) y 01 galón de agua no clorada (calcular). Luego se procedió a mezclar bien, dicha mezcla debe tener una humedad uniforme, para ello se realizó la prueba del prensado en mano o “prueba de puño”, el cual consistió en presionar la mezcla con el puño sin que esta segregue

líquidos a través de los dedos. Se formó un aglomerado que se rompía fácilmente al presionar.

Para desarrollar el CMA en *proceso anaeróbico*, se colocó 2/3 de la mezcla, compactándose enérgicamente para eliminar el aire y garantizar el proceso anaeróbico, en un bidón con sellado hermético por 30 días, depositándose en un lugar fresco y bajo sombra. El recipiente fue abierto a los 30 días para continuar con la siguiente fase. De forma paralela, se desarrolló el CMA en *proceso aeróbico*, colocando 1/3 de la mezcla en un balde, cubriendo con un paño para protegerlo del frío, del sol y de los animales por la primera noche. Durante los primeros ocho días, se movió la mezcla para disipar el exceso de calor que se producirá y luego sencillamente se mantuvo en un sitio fijo con monitoreo ocasional.

Etapa 2 (Activación del CMA - Fase líquida): Para realizar la activación de 200 litros de Consorcio Microbiano Autóctono se utilizaron los siguientes insumos: 6.5 Kg de MB sólido anaeróbico; 3.5 Kg de MB sólido aeróbico; 02 galones de melaza y agua no clorada. Pasado los 30 días necesarios para la reproducción de los MB en el ambiente sin oxigenación y en fase seca, las cantidades descritas de cada fuente de microorganismos fueron incorporadas en una tela que permitió el filtrado del líquido (como una bolsa de té) y posteriormente en un bidón de 200 litros con cierre hermético se diluyó la melaza y el agua no clorada a una distancia de 10 cm de la tapa, para la reproducción de los microorganismos en un ambiente líquido. Durante la activación se formaron gases que fueron disipados con el uso de un biorreactor.

Etapa 3 (Aplicación o Inoculación del CMA): Las aplicaciones de CMA se realizaron cada 15 días, correspondiendo un total de 8

aplicaciones. La cantidad exacta de CMA aplicado a cada plantón fue de 0, 20, 40, 60, 80 ml según corresponda el tratamiento, con ayuda de un dosificador de líquidos milimetrado. La primera aplicación de CMA se realizó el día cero (0), es decir 7 días después del trasplante. Posteriormente, cada 15 días se realizaron las aplicaciones de cada dosis correspondiente, hasta el día 105, con ello se completarán las 8 aplicaciones mencionadas. El día 120 se realizó las evaluaciones morfológicas (destructivas) y fisiológicas de la investigación.

3.4.2. Caracterización del CMA

Características físico-químico del CMA: El ensayo para los parámetros físicos y químicos del CMA se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali del INIA y se mencionan en la Tabla 4:

Tabla 4

Métodos de ensayo para la caracterización físico-químico del CMA

Ensayo	Norma de referencia
pH	Procedimiento para medir el pH. 6.9.3.2. 2011. Norma Técnica Colombiana 5167
Conductividad eléctrica	Procedimiento para medir la conductividad eléctrica. 6.9.3.3. 2011. Norma Técnica Colombiana 5167.
Materia orgánica	Calcinación
Nitrógeno total en solución (%)	ISO 11261-1995. Determinación total de Nitrogeno en suelos por método Kjendhal modificado
Fósforo total en solución (%)	Digestión vía húmeda y determinación por colorimetría del fosfo-vanadomolibdato. 6.1. 2004. Métodos de análisis de los tejidos vegetales. Comisión de normalización y acreditación. Sociedad chilena de ciencia del suelo. Modificado.
Potasio total en solución (%)	Digestión vía seca. Lectura por MPA-ES: Espectrometría de Emisión con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES).

Características microbiológicas del CMA

Luego del proceso de activación del CMA se realizó un análisis microbiológico para evaluar los microorganismos presentes en una muestra líquida del CMA al 100% de concentración. La metodología de ensayo aplicada se menciona en la Tabla 5.

Tabla 5

Métodos de ensayo para la caracterización microbiológica del CMA

Análisis microbiológico	Métodos
Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml)	International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.
Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml)	International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.
Recuento de aerobios mesófilos viables (UFC/ml)	International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.
Recuento de actinomicetos (UFC/ml)	American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3rd Ed. Chapter 13.

Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.4.3. Calidad morfológica de plantones

Producción de plantones

Se produjeron 500 plantones por cada especie forestal, generando un total de 1000 plantones. Las semillas fueron recolectadas del rodal

semillero del Centro Experimental Alexander Von Humboldt. Cada tratamiento presentó 100 plantones distribuidos en 4 repeticiones de 25 plantones por unidad experimental. A los 7 días después del trasplante se realizó la evaluación base, realizándose luego de cada 15 días las evaluaciones de los incrementos de altura y diámetro hasta los 120 días. Y así también, se consideró la extracción de 12 plantones de cada repetición para su evaluación a los 120 días en lo que respecta a los parámetros morfológicos restantes (RA/LR, RBSA/BSR, ICD).

Determinación de atributos morfológicos de plantones

Se realizó la evaluación de los atributos morfológicos como altura y diámetro, durante 120 días, “antes” de la aplicación del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA).

- **Altura (cm):** La altura de los plantones se midió con ayuda de una regla milimetrada desde la base del tallo hasta el ápice de los plantones.

- **Diámetro (mm):** El diámetro de los plantones se midió con ayuda de un calibrador o vernier digital sobre la base al cuello de la raíz de los plantones (nivel del sustrato).

- **Índice de esbeltez (IE) o relación altura/diámetro basal:** Se determinó en función a la altura y el diámetro evaluado en fase de vivero, considerando la relación siguiente (Sáenz et al., 2010):

$$\boldsymbol{IE} = \frac{\boldsymbol{Altura}\ (\boldsymbol{cm})}{\boldsymbol{Diametro\ cuello\ de\ la\ raiz}\ (\boldsymbol{mm})}$$

La determinación de los otros parámetros morfológicos se describe a continuación:

- **Relación altura/longitud de raíz (RA/LR):** Se limpió cuidadosamente las raíces separándolas del sustrato. Luego se midió con ayuda de la regla metálica desde el cuello de la raíz hasta la base de la raíz. La relación altura de planta y longitud radicular se determinó de la siguiente manera (Sáenz et al., 2010)

$$\boldsymbol{RA/LR} = \frac{\boldsymbol{Altura}\ (\boldsymbol{cm})}{\boldsymbol{Longitud\ de\ la\ raiz}\ (\boldsymbol{cm})}$$

- **Biomasa seca de la parte aérea y del sistema radical:** Se separaron ambas partes de la planta (aérea y radicular) con una navaja. Luego, cada componente de la planta fue colocado individualmente en sobres de papel. De este modo, en cada sobre se almacenó la parte aérea de las plantas, organizadas según su especie, siguiendo el mismo procedimiento con la parte radical. Luego, las muestras se sometieron a la estufa con una temperatura de 70 °C, durante 72 horas hasta obtener un peso constante. Finalmente se pesaron las muestras individualmente en una balanza analítica con 0.00 de precisión.

- **Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (RBSA/BSR) o índice de Tallo-Raíz (ITR):** Se determinó en función a la biomasa seca tanto de la parte aérea como la biomasa de la parte radical de los plantones muestreados, considerando la siguiente fórmula (Sáenz et al., 2010):

$$ITR = \frac{Biomasa\ seca\ aérea\ (gramos)}{Biomasa\ seca\ raiz\ (gramos)}$$

- **Índice de calidad de Dickson (ICD):** Una vez determinado los anteriores atributos morfológicos y físicos, se utilizó la siguiente formula (Dickson et al., 1960):

$$ICD = \frac{Peso\ seco\ total\ de\ la\ planta\ (gramos)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diametro\ \ cuello\ de\ la\ raiz\ (cm)} + \frac{Biomasa\ seca\ aérea\ (gramos)}{Biomasa\ seca\ raiz\ (gramos)}}$$

Evaluación de calidad morfológica

Se determinó la calidad de los plantones según los intervalos de calidad para atributos morfológicos, adaptado de Muñoz et al., 2015; Rueda et al., 2018; Sáenz et al., 2014.

3.4.4. Calidad fisiológica de plantones

Muestreo de follaje

Para la evaluación de atributos fisiológicos se utilizó las muestras de biomasa seca aérea obtenidas a los 120 días de evaluación, de los cuales se extraerá cuatro muestras de 30 gramos de follaje como unidad muestral (Orozco et al., 2010).

Determinación de atributos fisiológicos de plantones

Se realizó los análisis de contenido foliar (N%, P%, K%) en el Laboratorio Aguas y Suelos de la Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali (INIA), según la Tabla 6:

Tabla 6

Métodos de ensayo para análisis de contenido foliar

Análisis	Metodología
N (%)	SO 11261:1995, First Edition. Soil Quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method. Modificado.
P (%)	Calcinación y determinación por colorimetría del fosfo-vanadomolibdato. 6.1. 2004. Métodos de análisis de los tejidos vegetales. Comisión de normalización y acreditación. Sociedad chilena de ciencia del suelo.
K (%)	Calcinación y determinación por espectrofotometría de absorción y emisión atómica. 7.1. 2004. Métodos de análisis de los tejidos vegetales. Comisión de normalización y acreditación. Sociedad chilena de ciencia del suelo.

Evaluación de calidad fisiológica

Se determinó la calidad de los plantones según los intervalos de calidad para atributos fisiológicos, adaptado de Muñoz et al., (2015); Rueda et al., (2018); Sáenz et al., (2014).

3.4.5. Dosis incrementales de CMA

La dosificación del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) se estableció de manera incremental, manteniendo constante el volumen total de la solución aplicada por unidad experimental (2 L). Se evaluaron cinco tratamientos: un control sin CMA (0%; 2 L de agua) y cuatro concentraciones de CMA (25%, 50%, 75% y 100%); para el 25%, la solución estuvo compuesta por 0,5 L de CMA y 1,5 L de agua, preparándose las demás concentraciones de forma proporcional. Cada unidad experimental estuvo constituida por 25 plantones, entre los cuales se distribuyó homogéneamente el volumen total en cada aplicación; así, en

el tratamiento al 25%, los 500 mL de CMA correspondieron a una dosis efectiva de 20 mL por plantón y por aplicación, alcanzando una dosis acumulada de 160 mL por plantón tras ocho aplicaciones, incrementándose proporcionalmente en los demás tratamientos. Las aplicaciones de dosis incrementales se presentan la Tabla 7.

Tabla 7

Aplicación de dosis incrementales de CMA

	Dosis de CMA por aplicación (ml)									Dosis incremental (ml)
N° de Aplicaciones	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**Ev***	
Días	**0**	**15**	**30**	**45**	**60**	**75**	**90**	**105**	**120**	
Tratamiento 1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Tratamiento 2	20	20	20	20	20	20	20	20	-	160
Tratamiento 3	40	40	40	40	40	40	40	40	-	320
Tratamiento 4	60	60	60	60	60	60	60	60	-	480
Tratamiento 5	80	80	80	80	80	80	80	80	-	640
Tratamiento 6	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Tratamiento 7	20	20	20	20	20	20	20	20	-	160
Tratamiento 8	40	40	40	40	40	40	40	40	-	320
Tratamiento 9	60	60	60	60	60	60	60	60	-	480
Tratamiento 10	80	80	80	80	80	80	80	80	-	640

Ev: Evaluaciones de ensayos destructivos a los 120 días.*

3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

3.5.1. Elaboración del CMA

La recolección de datos durante la elaboración del CMA fue directa y documental. Se registraron los pesos de los insumos (cubierta forestal, polvillo de arroz) con balanza, y los volúmenes (melaza, agua) con recipientes graduados, en bitácoras de proceso que anotaron proporciones, tiempos de fermentación (30 días anaeróbico, 8 días aeróbico) y condiciones ambientales. El procesamiento consistió en la verificación del

cumplimiento del protocolo y la sistematización de las observaciones del proceso (como la prueba de puño para humedad). Estos datos se presentaron de forma descriptiva dentro de la metodología, sustentando la reproducibilidad del proceso.

3.5.2. Caracterización del CMA

La recolección de los datos de caracterización se realizó a través de los Informes de Ensayo oficiales emitidos por los laboratorios del INIA Pucallpa (parámetros físico-químicos) y la UNALM (parámetros microbiológicos). El procesamiento de estos datos consistió en la transcribir los resultados a una hoja de cálculo, calcular promedios y desviaciones estándar para cada parámetro medido (pH, conductividad, UFC/ml, etc.), y compararlos cualitativamente con rangos de referencia para biofermentos.

3.5.3. Calidad morfológica de plantones

La recolección de datos morfológicos se efectuó mediante mediciones directas con instrumentos calibrados: regla milimetrada (altura, longitud de raíz), vernier digital (diámetro) y balanza analítica (biomasa seca). Los datos se registraron en fichas de campo diseñadas y validadas para este fin (Formato 2, para evaluación destructiva). El procesamiento incluyó: 1) la depuración y digitalización de los datos; 2) el cálculo de índices morfológicos (IE, RA/LR, ICD); y 3) el análisis estadístico por especie mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con ANOVA de una vía y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), previa verificación de supuestos. Los resultados se presentaron en tablas con las

medias por tratamiento, el error estándar, los valores F y p del ANOVA, y las letras de significancia, complementadas con gráficos de barras.

3.5.4. Calidad fisiológica de plantones

La recolección de los datos fisiológicos (contenido de N, P, K foliar) se realizó a partir de los certificados de análisis del laboratorio del INIA Pucallpa. Estos resultados porcentuales se asociaron a cada unidad experimental correspondiente. Para su procesamiento, se realizó un análisis de varianza (ANOVA de una vía bajo DCA) por separado para cada especie y cada nutriente, siguiendo el mismo protocolo estadístico aplicado a las variables morfológicas. Los datos se presentaron en tablas con las medias por tratamiento, el error estándar, los valores F y p del ANOVA, y las letras de significancia, complementadas con gráficos de barras.

3.5.5. Dosis Incrementales de CMA

La recolección de datos para esta variable independiente (dosis) se controló mediante el uso de un dosificador milimetrado calibrado y una bitácora de aplicaciones, que registró la entrega exacta del volumen programado a cada unidad experimental en cada una de las 8 fechas. El procesamiento analítico de este factor consistió en utilizarlo como variable cuantitativa en modelos de regresión cuadrática para las variables respuesta que mostraron efecto significativo en el ANOVA. Para determinar la mejor dosis incremental de CMA en cada variable respuesta, se ajustaron modelos de regresión cuadrática utilizando las dosis de 0, 160, 320, 480 y 640 ml como variable independiente. La bondad de ajuste se evaluó

mediante el coeficiente de determinación (R^2), aceptando como válidos aquellos modelos con valores iguales o superiores a 0,50. Posteriormente, se calculó la primera derivada de cada ecuación con el fin de estimar la dosis óptima de aplicación, definida como el punto de máximo crecimiento o calidad del plantón. Este procedimiento permitió establecer de manera cuantitativa la respuesta de las especies frente a las dosis incrementales del CMA. La presentación de estos hallazgos se realizó mediante las ecuaciones de regresión en el texto y gráficos de dispersión con la curva de tendencia ajustada, señalando el punto de máxima respuesta.

3.6. PRUEBA ESTADÍSTICA

El análisis estadístico de las variables de evaluación se realizó con el software NAVURE versión 3.2.0. Profesional+, mediante modelos lineales mixtos (MLM), considerando como efecto fijo las cinco dosis incrementales de CMA y como efecto aleatorio las cuatro repeticiones del ensayo, con un periodo de observación de cuatro meses. Este enfoque permite estimar de manera precisa el efecto de las dosis sobre cada variable respuesta evaluada, a la vez que controla la variabilidad generada por las repeticiones, garantizando que las diferencias observadas se atribuyan principalmente a los tratamientos y no al diseño experimental. En consecuencia, el modelo ofrece una interpretación más robusta y confiable de la influencia de las dosis de CMA sobre las variables analizadas durante el periodo de estudio. Se ajustó el modelo:

$$Yij = \mu + \tau i + bj + \varepsilon ij$$

Donde:

Yij : Es la variable respuesta observada en la unidad experimental sometida a la i-ésima dosis incremental de CMA en la j-ésima repetición.

μ : Es la media general de todas las observaciones.

τi : Efecto fijo de la i-ésima *dosis incremental* de CMA (*i*=1,…,5).

bj : Efecto aleatorio de la j-ésima repetición (j=1,…,4)

ϵij : Error residual.

Se estimaron los parámetros mediante REML (*Restricted Maximum Likelihood*) para obtener estimaciones no sesgadas de las componentes de varianza. Al encontrarse diferencias significativas para el factor “dosis incrementales de CMA”, se desarrolló la prueba de Tukey (α=0.05) para evaluar el mejor tratamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. EFECTO DEL CMA EN LA CALIDAD DE PLANTONES FORESTALES

Los resultados obtenidos permitieron analizar de manera integral el efecto del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad de los plantones forestales evaluados. A partir de la aplicación de las diferentes dosis, se examinaron los cambios producidos en los atributos morfológicos, con el propósito de determinar su influencia en el desarrollo y vigor de las especies estudiadas.

4.1.1. Evaluación de la calidad morfológica de plantones

Con la finalidad de complementar el análisis cuantitativo de los atributos morfológicos, se evaluó la calidad de los plantones mediante intervalos de clasificación previamente definidos. Esta categorización se realizó tomando como referencia los criterios propuestos por Muñoz et al., (2015), Rueda et al., (2018) y Sáenz et al., (2014), que establecen rangos específicos para la valoración de variables morfológicas determinantes en la calidad de planta forestal. La adaptación de estos criterios permitió clasificar los plantones en distintos niveles de calidad, facilitando la interpretación de los resultados y la comparación objetiva entre tratamientos. Los intervalos considerados se presentan en la Tabla 8, donde se detallan los parámetros utilizados para determinar la calidad morfológica del material vegetal evaluado.

Tabla 8

Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos morfológicos en Guazuma crinita (bolaina blanca) a 120 días de trasplante

Indicador o Índice de Calidad a 120 días de trasplante	*Guazuma crinita* "bolaina blanca"														
	0 ml			160 ml			320 ml			480 ml			640 ml		
	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL
Altura de planta (cm)	$39,73^{b}$	2,49	A	$44,08^{ab}$	2,33	A	$46,66^{a}$	2,33	A	$41,09^{b}$	2,38	A	$39,47^{b}$	2,45	A
Diámetro (mm)	$7,10^{ns}$	0,27	A	$7,26^{ns}$	0,25	A	$7,24^{ns}$	0,25	A	$7,03^{ns}$	0,25	A	$7,01^{ns}$	0,26	A
Índice de Esbeltez (IE)	$5,57^{b}$	0,23	A	$6,10^{ab}$	0,20	M	$6,39^{a}$	0,20	M	$5,89^{ab}$	0,21	A	$5,70^{b}$	0,22	A
Relación Altura de planta/Longitud de raíz	$1,56^{ns}$	0,09	A	$1,67^{ns}$	0,11	A	$1,69^{ns}$	0,14	A	$1,66^{ns}$	0,09	A	$1,59^{ns}$	0,10	A
Índice Tallo Raíz	$2,36^{a}$	0,04	M	$1,03^{b}$	0,02	A	$1,01^{b}$	0,07	A	$0,98^{b}$	0,05	A	$1,18^{b}$	0,09	A
Índice de Calidad de Dickson	$0,86^{b}$	0,06	A	$1,44^{a}$	0,10	A	$1,06^{b}$	0,07	A	$1,45^{a}$	0,07	A	$0,97^{b}$	0,08	A

$\bar{x}$ = Media; EE= Error estándar; CAL = Calidad; A = Alta; M = Media; B = Baja;
ns = No significativo (p > 0.05).
Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas (Tukey, α=0.05)

La Tabla 8 muestra la evaluación de calidad para atributos morfológicos en la especie *Guazuma crinita (*bolaina blanca*)* a los 120 días de trasplante. A continuación, se presenta la evaluación por cada atributo:

- **Altura de planta (cm):** La altura de planta presentó valores entre 39,47 y 46,66 cm, clasificándose consistentemente en la categoría de alta calidad al superar el umbral de 15 cm establecido en la tabla de referencia. Se observó que el mayor crecimiento ocurrió con la dosis de 320 ml (46,66 cm), seguido por 160 ml (44,08 cm) y 480 ml (41,09 cm), mientras que las plantas sin fertilización (39,73 cm) y con 640 ml (39,47 cm) mostraron los valores más bajos, aunque siempre dentro de la categoría superior. Sin embargo, solo la dosis de 320 ml presentó diferencias significativas en el crecimiento en altura (Tukey, α=0.05), siendo la que generó el mayor efecto positivo.

- **Diámetro al cuello de raíz (mm):** El diámetro mostró valores estables entre 7.01 y 7,26 mm, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo cual evidenció la homogeneidad de la variable frente a las dosis aplicadas. Según los intervalos de calidad, todos los valores se ubicaron por encima de 5,0 mm, clasificándose en la categoría de alta calidad.

- **Índice de Esbeltez (IE)**: El índice de esbeltez varió entre 5,57 y 6,39, ubicándose en las categorías de alta y media calidad, según el tratamiento. Las plantas sin fertilización (5,57), con 480 ml (5,89) y con 640 ml (5,70) se mantuvieron en la categoría alta, indicando una relación equilibrada entre altura y diámetro. En cambio, las dosis de

160 ml (6,10) y 320 ml (6,39) se situaron en la categoría media, mostrando una ligera tendencia hacia menor esbeltez. No obstante, en la comparación estadística se evidenció diferencias significativas (Tukey, α=0.05), destacando la dosis de 640 ml como la de mejor esbeltez.

- **Relación Altura/Longitud de raíz:** Los valores obtenidos fluctuaron entre 1,56 y 1,69, ubicándose siempre dentro de la categoría de alta calidad al encontrarse por debajo del umbral de 2,0. Esto indicó que el equilibrio entre la parte aérea y el sistema radical se mantuvo en proporciones óptimas, sin evidenciar desbalances atribuibles a las dosis de fertilización. Además, se confirmó la estabilidad del parámetro evaluado en todos los tratamientos demostrando que no existieron diferencias significativas (Tukey, α=0.05).

- **Índice Tallo-Raíz:** Este índice presentó una mayor variabilidad, con valores entre 0,98 y 2,36. En la mayoría de los tratamientos (160, 320, 480 y 640 ml), los resultados oscilaron entre 0,98 y 1,18, clasificándose en la categoría de alta calidad al estar dentro o por debajo del rango óptimo (1,5 – 2,0). Sin embargo, en las plantas sin fertilización, el índice fue de 2,36, ubicándose en la categoría de calidad media. La prueba múltiple de medias reflejó diferencias estadísticas significativas (Tukey, α=0.05), confirmando que la ausencia de fertilización generó un desbalance notorio frente al resto de tratamientos.

- **Índice de Calidad de Dickson (ICD):** El índice de calidad de Dickson registró valores entre 0,86 y 1,45, clasificándose en todos los casos dentro de la categoría de alta calidad (> 0,5). Se observó que las dosis de 160 ml (1,44) y 480 ml (1,45) alcanzaron los valores más altos, reflejando una mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes y en la integración de los parámetros morfológicos. Aunque los valores más bajos se presentaron en la condición sin fertilización (0,86), con 320 ml (1,06) y con 640 ml (0.97), estos aún superaron con holgura el umbral mínimo. Sin embargo, la prueba múltiple de medias señaló diferencias significativas (Tukey, $\alpha=0.05$), destacando la respuesta superior de las dosis intermedias frente a la ausencia de fertilización.

Tabla 9

Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos morfológicos en Calycophyllum spruceanum (capirona) a 120 días de trasplante

Indicador o Índice de Calidad a 120 días de trasplante	*Calycophyllum spruceanum* "capirona"														
	0 ml			160 ml			320 ml			480 ml			640 ml		
	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL
Altura de planta (cm)	$25,77^{ns}$	1,01	A	$27,38^{ns}$	0,97	A	$25,68^{ns}$	1,05	A	$25,74^{ns}$	1,23	A	$29,90^{ns}$	2,31	A
Diámetro (mm)	$5,58^{b}$	0,19	A	$5,77^{b}$	0,18	A	5.46^{b}	0,19	A	$5,94^{b}$	0,22	A	$7,05^{a}$	0,37	A
Índice de Esbeltez (IE)	$4,60^{ns}$	0,13	A	$4,77^{ns}$	0,12	A	$4,67^{ns}$	0,14	A	$4,40^{ns}$	0,16	A	$4,28^{ns}$	0,31	A
Relación Altura de planta/Longitud de raíz	$1,18^{ab}$	0,06	A	$1,20^{ab}$	0,09	A	$1,02^{b}$	0,09	A	$1,32^{ab}$	0,14	A	$1,52^{a}$	0,12	A
Índice Tallo Raíz	$2,40^{a}$	0,09	M	$1,41^{c}$	0,06	A	$1,61^{bc}$	0,09	A	$1,77^{b}$	0,06	A	$2,54^{a}$	0,09	B
Índice de Calidad de Dickson	$0,70^{ab}$	0,04	A	$0,95^{a}$	0,05	A	$0,77^{ab}$	0,11	A	$0,64^{b}$	0,09	A	$0,48^{b}$	0,08	M

$\bar{x}$ = Media; EE= Error estándar; CAL = Calidad; A = Alta; M = Media; B = Baja;
ns = No significativo (p > 0.05). Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas (Tukey, α=0.05)

Así también, en la Tabla 9, se muestra la evaluación de calidad para atributos morfológicos en la especie *Calycophyllum spruceanum (capirona) a los 120 días de trasplante. A* continuación, se presenta la evaluación por cada atributo:

- **Altura de planta (cm):** La altura de planta osciló entre 25,68 y 29,90 cm, clasificándose en todos los tratamientos en la categoría de alta calidad, ya que superaron ampliamente el valor mínimo de 15 cm establecido como umbral. El valor más alto se alcanzó con 640 ml (29,90 cm), mientras que los más bajos se registraron en 480 ml (25,63 cm) y 320 ml (25,68 cm). No obstante, la prueba múltiple de medias realizada mostró que no existieron diferencias significativas (Tukey, α=0.05), confirmando que la altura de los plantones no fue influenciada de manera estadísticamente relevante por la aplicación de CMA.

- **Diámetro al cuello de raíz (mm):** El diámetro varió entre 5,46 y 7,05 mm, clasificándose en todos los casos como de alta calidad, al encontrarse siempre por encima del umbral de 5,0 mm. Se destacó el tratamiento con 640 ml (7,05 mm), que presentó el mayor grosor y una diferencia significativa respecto al resto de tratamientos, los cuales fluctuaron entre 5,46 y 5,94 mm. Se confirmó las diferencias estadísticas (Tukey, α=0.05), evidenciando que únicamente la dosis de 640 ml promovió un incremento relevante en el diámetro a cuello de raíz de los plantones.

- **Índice de Esbeltez (IE):** El índice de esbeltez presentó valores entre 4,28 y 4,77, ubicándose en todos los tratamientos en la categoría de alta calidad, ya que se mantuvieron por debajo del umbral de 6,0. Este resultado reflejó que los plantones mantuvieron un tallo robusto y proporcionado en relación con la altura, sin presentar excesiva delgadez. Además, se evidenció que todos los tratamientos no tuvieron diferencias significativas (Tukey, α=0.05), demostrando la estabilidad del parámetro frente a las distintas dosis incrementales de CMA.

- **Relación Altura/Longitud de raíz:** La relación altura/longitud de raíz varió entre 1,02 y 1,52, mostrando valores que en su mayoría se clasificaron como de alta calidad (< 2,0). Los plantones fertilizados con 320 ml (1,02) alcanzaron el valor más favorable, mientras que con 640 ml se registró la relación más elevada (1,52), aunque todavía dentro del rango de calidad óptima. Las diferencias significativas mostradas (Tukey, α=0.05), confirman que la dosis de 320 ml promovió una mejor proporción entre altura y sistema radical respecto a la dosis más alta.

- **Índice Tallo-Raíz:** Este indicador presentó una mayor variabilidad, con valores que oscilaron entre 1,41 y 2,54. Los tratamientos de 160, 320 y 480 ml mostraron valores entre 1,41 y 1,77, clasificándose como de alta calidad (< 2,0), reflejando un adecuado equilibrio entre la asignación de biomasa al tallo y la raíz. En cambio, los tratamientos sin fertilización (2,40) y con 640 ml (2,54) superaron el límite de 2,0, ubicándose en categorías de calidad media y baja,

respectivamente. Se confirmaron diferencias significativas (Tukey, α=0.05), destacando que tanto la ausencia como el exceso de fertilización afectaron negativamente la proporción tallo-raíz.

- **Índice de Calidad de Dickson (ICD):** El índice de calidad de Dickson registró valores entre 0,48 y 0,95, con clasificaciones que oscilaron entre alta y media calidad, dependiendo del tratamiento. La dosis de 160 ml alcanzó el valor más alto (0,95), reflejando la mayor integración y equilibrio de los atributos morfológicos, mientras que la dosis de 640 ml presentó el valor más bajo (0,48), clasificándose en la categoría de calidad media. Así mismo se confirmaron las diferencias estadísticas (Tukey, α=0.05), evidenciando que dosis intermedias de fertilización favorecieron plantones de mayor calidad, mientras que la dosis más alta redujo la eficiencia del crecimiento.

4.1.2. Evaluación de la calidad fisiológica de plantones

De igual manera, para complementar el análisis de los atributos fisiológicos, se realizó la evaluación de los plantones según los intervalos de calidad para atributos fisiológicos, adaptado de Muñoz et al., (2015); Rueda et al., (2018); Sáenz et al., (2014), establecido en la Tabla 10.

Tabla 10

Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos fisiológicos en Guazuma crinita (bolaina blanca) a 120 días de trasplante

Indicador o Índice de Calidad a 120 días de trasplante	*Guazuma crinita* "bolaina blanca"														
	0 ml			160 ml			320 ml			480 ml			640 ml		
	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL
Contenido foliar de Nitrógeno (%)	1,43^{b}	0,06	A	1,60^{ab}	0,10	A	1,94^{ab}	0,19	A	1,89^{ab}	0,08	A	2,00^{a}	0,11	A
Contenido foliar de Fosforo (%)	0,37^{b}	0,02	A	0,47^{a}	0,03	A	0,40^{ab}	0,02	A	0,47^{a}	0,01	A	0,36^{b}	0,00	A
Contenido foliar de Potasio (%)	2,53^{ns}	0,05	A	2,87^{ns}	0,12	A	2,61^{ns}	0,16	A	2,75^{ns}	0,04	A	2,80^{ns}	0,12	A

$\bar{x}$ = Media; EE= Error estándar; CAL = Calidad; A = Alta; M = Media; B = Baja;

ns = No significativo (p > 0.05). Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas (Tukey, α=0.05)

La Tabla 10 muestra la evaluación de calidad para atributos fisiológicos en la especie *Guazuma crinita* (bolaina blanca) a los 120 días de trasplante, describiendo cada atributo a continuación*:*

- **Contenido foliar de Nitrógeno (N%):** El contenido foliar de nitrógeno varió entre 1,43 y 2,00%, clasificándose en todos los tratamientos dentro de la categoría de alta calidad (1,3 – 3,5%). El menor valor correspondió al tratamiento sin fertilización (1,43%), mientras que el mayor se obtuvo con 640 ml (2,00%). Se observó una tendencia creciente en la concentración de nitrógeno conforme aumentaron las dosis de fertilización, lo cual reflejó una mayor absorción y asimilación del nutriente en las plantas fertilizadas. Se confirmaron diferencias significativas (Tukey, α=0.05), indicando que los tratamientos con 320, 480 y 640 ml presentaron contenidos superiores en comparación con el control, evidenciando un efecto positivo de la fertilización sobre la nutrición nitrogenada.

- **Contenido foliar de Fósforo (P%):** El fósforo foliar presentó valores entre 0,36 y 0,47%, ubicándose en todos los tratamientos en la categoría de alta calidad (0,20 – 0,60%). La mayor concentración se alcanzó en las dosis de 160 ml (0,47%) y 480 ml (0,47%), mientras que los valores más bajos se registraron en 640 ml (0,36%) y en la condición sin fertilización (0,37%). Estos resultados reflejaron que las dosis bajas y medias favorecieron la absorción de fósforo, mientras que en ausencia de fertilización o en exceso, los valores fueron menores. La prueba de medias señaló diferencias

significativas (Tukey, α=0.05), mostrando que 160 y 480 ml lograron un efecto superior en la acumulación de fósforo foliar.

- **Contenido foliar de Potasio (%):** El potasio foliar osciló entre 2,53 y 2,87%, clasificándose en todos los casos dentro de la categoría de alta calidad (0,70 – 2,50%). Cabe resaltar que todos los valores superaron ligeramente el límite superior del rango de referencia, lo cual reflejó una alta acumulación de este nutriente en el follaje de los plantones. Sin embargo, todos los tratamientos indicaron que no existieron diferencias significativas (Tukey, α=0.05), evidenciando que la fertilización no tuvo un efecto estadísticamente relevante sobre la concentración foliar de potasio.

Tabla 11

Evaluación según intervalos de calidad de plantón para atributos fisiológicos en Calycophyllum spruceanum (capirona) a 120 días de trasplante

Indicador o Índice de Calidad a 120 días de trasplante	*Calycophyllum spruceanum* "capirona"														
	0 ml			160 ml			320 ml			480 ml			640 ml		
	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL	$\bar{x}$	EE ±	CAL
Contenido foliar de Nitrógeno (%)	1,78^{b}	0,07	A	2,19^{ab}	0,09	A	2,24^{a}	0,13	A	2,31^{a}	0,03	A	2,03^{ab}	0,12	A
Contenido foliar de Fósforo (%)	0,32^{ab}	0,03	A	0,37^{a}	0,02	A	0,23^{b}	0,01	A	0,28^{ab}	0,04	A	0,28^{ab}	0,01	A
Contenido foliar de Potasio (%)	2,57^{ns}	0,12	A	2,81^{ns}	0,13	A	2,75^{ns}	0,04	A	2,63^{ns}	0,10	A	2,63^{ns}	0,10	A

$\bar{x}$ = Media; EE= Error estándar; CAL = Calidad; A = Alta; M = Media; B = Baja;
ns = No significativo (p > 0.05). Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas (Tukey, α=0.05)

Así también, en la Tabla 11 se muestra la evaluación de calidad para atributos fisiológicos en la especie *Calycophyllum spruceanum (capirona) a los 120 días de trasplante,* describiendo cada atributo a continuación:

- **Contenido foliar de Nitrógeno (N%):** El nitrógeno varió entre 1,78 y 2,31%, valores que en todos los tratamientos se ubicaron dentro de la categoría de alta calidad (1,3 – 3,5%). El mayor contenido se observó con 480 ml (2,31%), seguido por 320 ml (2,24%) y 160 ml (2,19%), mientras que la dosis sin fertilización presentó el menor valor (1,78%). La prueba múltiple de medias indicó la existencia de diferencias significativas (Tukey, α=0.05), evidenciando que las dosis intermedias y altas promovieron una mayor acumulación de nitrógeno foliar respecto al control, reflejando un efecto positivo de la fertilización sobre la nutrición nitrogenada de los plantones.

- **Contenido foliar de Fósforo (P%):** El fósforo fluctuó entre 0,23 y 0,37%, clasificándose en todos los casos como de alta calidad (0,20 – 0,60%). La mayor concentración se registró en la dosis de 160 ml (0,37%), mientras que el valor más bajo correspondió a 320 ml (0,23%), aunque aún dentro del rango óptimo. La prueba de medias mostró diferencias significativas (Tukey, α=0.05), lo cual indicó que la fertilización no tuvo un efecto lineal, ya que el fósforo se acumuló más en dosis bajas y medias, mientras que en dosis intermedias y altas su concentración fue menor.

- **Contenido foliar de Potasio (K%):** El potasio osciló entre 2,57 y 2,81%, ubicándose en todos los tratamientos dentro de la categoría

de alta calidad (0,70 – 2,50%). Cabe resaltar que los valores obtenidos superaron el límite superior del rango de referencia, lo que reflejó una notable acumulación de este nutriente en el follaje. Sin embargo, todos los tratamientos indicaron que no existieron diferencias significativas (Tukey, α=0.05), lo que demostró que la fertilización no influyó de manera estadísticamente relevante en la concentración foliar de potasio.

4.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL CMA (biol)

Tabla 12

Resultados de los análisis físico-químico y microbiológico del CMA (biol) activado

Parámetro	Unidad	Valor
Bacterias ácido lácticas	UFC ml^{-1}	51×10^{6}
Aerobios mesófilos viables	UFC ml^{-1}	64×10^{6}
Mohos y levaduras	UFC ml^{-1}	10×10^{2}
Actinomicetos	UFC ml^{-1}	< 3
pH	-	3.63
Conductividad eléctrica	dS/m	7.71
Materia orgánica en solución	%	2.54
Carbono	%	1.473
Relación Carbono/Nitrógeno	-	11.29/1
Nitrógeno en solución	mg/L	1305
Fosforo en solución	mg/L	128,44
Potasio en solución	mg/L	4362,5

La Tabla 12 presenta los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del CMA (biol) activado, éstos evidencian una alta concentración de bacterias ácido lácticas (51×10^{6} UFC/ml) y aerobios mesófilos viables (64×10^{6} UFC/ml), lo que refleja una intensa actividad

microbiana benéfica, mientras que la presencia de mohos y levaduras fue reducida (10×10^2 UFC/ml) y los actinomicetos resultaron prácticamente ausentes (<3 UFC/ml). Desde el punto de vista químico, el biol presentó un pH ligeramente ácido (3.63) y una conductividad eléctrica elevada (7.71 dS/m), indicadores de una solución con abundante carga iónica. El contenido de materia orgánica en solución alcanzó 2.54%, con un carbono total de 1.473% y una relación C/N equilibrada (11.29/1), adecuada para procesos biológicos de mineralización y disponibilidad de nutrientes. En cuanto a macronutrientes, se determinó una concentración considerable de nitrógeno (1305 mg/L), fósforo (128.44 mg/L) y especialmente potasio (4362.5 mg/L).

4.3. CALIDAD MORFOLÓGICA DE PLANTONES DE BOLAINA Y CAPIRONA

Se evaluaron diferentes atributos morfológicos para conocer la respuesta de las especies frente a las dosis de CMA.

4.3.1. Altura de planta (cm) a 120 días de trasplante

Se registró el aumento en la altura de los plantones con el fin de comparar el efecto de las dosis incrementales de CMA sobre este indicador de crecimiento.

Tabla 13

Análisis de Varianza para Altura de planta (cm) en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	169	1444.91	<0.0001
Dosis incrementales de CMA	4	169	1.21	0.3083

En la Tabla 13 se presenta el análisis de varianza de tipo III, el cual evidenció que el intercepto fue altamente significativo (F = 1444.21; p < 0.0001), lo que confirma la adecuación del modelo. No obstante, el efecto principal de las dosis incrementales de CMA sobre el incremento de altura en *Calycophyllum spruceanum* no fue estadísticamente significativo (F = 1.21; gl = 4; 169; p = 0.3083). En consecuencia, no se observaron diferencias significativas en el crecimiento en altura (cm) de la especie entre los tratamientos evaluados. Esto conlleva a rechazar la hipótesis respecto a la mejora significativa de la variable altura de planta en *Calycophyllum spruceanum* (cm), de acuerdo con las condiciones experimentales analizadas.

Tabla 14

Análisis de Varianza para Altura de planta (cm) en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	210	431.8	<0.0001
Dosis incrementales de CMA	4	210	4.91	0.0008

El análisis de varianza presentado en la Tabla 14, muestra que las dosis incrementales de CMA tuvieron un efecto significativo sobre el incremento de altura en *Guazuma crinita* (F = 4.91; gl = 4; 210; p = 0.0008). Esto significó que el crecimiento en altura presentó diferencias estadísticas claras entre los tratamientos, lo que evidenció que la aplicación de CMA modificó de manera consistente la respuesta de la especie.

Tabla 15

Prueba de Tukey para Altura de planta (cm) en Bolaina blanca

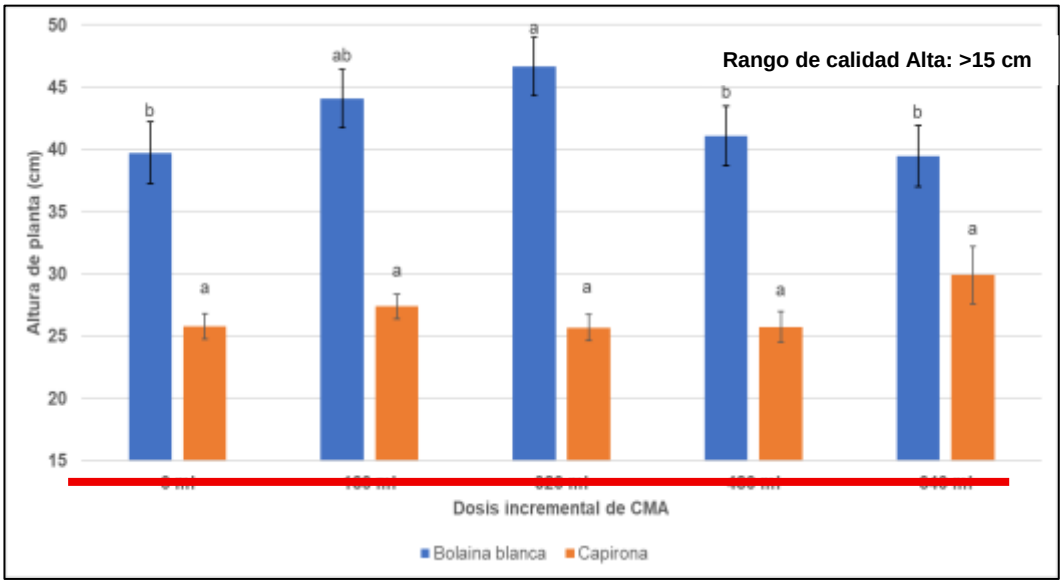
Dosis incrementales de CMA	Media	EE	N	Grupo
320 ml	46.66	2.33	50	a
160 ml	44.08	2.33	50	ab
480 ml	41.09	2.38	45	b
0 ml	39.73	2.49	35	b
640 ml	39.47	2.45	38	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=2.01
Mínima diferencia significativa promedio = 5.53

Para identificar específicamente qué tratamientos presentan diferencias significativas en altura de planta para *Guazuma crinita,* se realizó la prueba de Tukey (α = 0,05), presentado en la Tabla 15, permitiendo identificar las diferencias entre las dosis incrementales de CMA. Se observó que las dosis de 0 ml, 640 ml y 480 ml conformaron un mismo subconjunto homogéneo, sin diferencias significativas entre ellas. La dosis de 160 ml se ubicó en un nivel intermedio, ya que no difirió estadísticamente ni de las dosis menores (0, 640 y 480 ml) ni de la mayor dosis (320 ml). En contraste, la dosis de 320 ml presentó la mayor altura de planta (46.66 cm) y se diferenció significativamente de los tratamientos de menor respuesta, confirmando su superioridad en el efecto sobre la variable analizada. En consecuencia, se acepta la hipótesis por cuanto el CMA mejora significativamente la altura de los plantones de *Guazuma crinita.*

Figura 1

Efecto de un CMA en la Altura de planta (cm) de dos especies forestales



La Figura 1 muestra el crecimiento en altura de plantones de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (capirona) bajo diferentes dosis incrementales de CMA (0, 160, 320, 480 y 640 ml). En bolaina blanca se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, alcanzando el mayor valor en altura con la dosis de 320 ml (46.66 cm), mientras que las demás dosis presentaron valores intermedios. En contraste, en capirona no se observaron diferencias estadísticas, manteniéndose el crecimiento en altura en un rango homogéneo entre todas las dosis evaluadas.

4.3.2. Diámetro a cuello de raíz (d) a 120 días de trasplante

Se midió el engrosamiento del tallo en la base del plantón como respuesta a la aplicación de las diferentes dosis de CMA.

Tabla 16

Análisis de Varianza para diámetro (mm) en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	169	1492.65	<0.0001
Dosis incrementales de CMA	4	169	5.02	0.0008

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 16, indicó que el modelo general resultó altamente significativo, evidenciado por el efecto del intercepto (F=1492.65; p<0.0001), lo cual confirmó que la variable diámetro en *Calycophyllum spruceanum* (capirona) presentó diferencias reales respecto al promedio general. Asimismo, el factor dosis incrementales de CMA presentó un efecto significativo sobre la variable evaluada (F=5.02; p=0.0008), indicando que los niveles de CMA aplicados generaron variaciones estadísticamente significativas en el diámetro a cuello de raíz a los 120 días de trasplante. En este sentido, se confirmó que la respuesta de las plántulas no fue uniforme frente a las dosis, sino que existieron diferencias claras atribuibles a los tratamientos, lo que justifica el uso de una prueba múltiple de medias para identificar la dosis incremental de CMA que presenta el mejor efecto.

Tabla 17

Prueba de Tukey para diámetro (mm) en Capirona

Dosis incrementales de CMA	Media	EE	N	Grupo
640 ml	7.05	0.37	8	a
480 ml	5.94	0.22	30	b
160 ml	5.77	0.18	51	b
0 ml	5.58	0.19	46	b
320 ml	5.46	0.19	42	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias = 0.292
Mínima diferencia significativa promedio = 0.805

La Tabla 17, presenta la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el diámetro del cuello de raíz en *Calycophyllum spruceanum* (capirona), mostrando diferencias estadísticas significativas entre las dosis de CMA evaluadas. El tratamiento con 640 ml registró el mayor valor promedio (7,05 mm), conformando un grupo estadístico distinto, significativamente superior al resto de tratamientos. En contraste, las dosis de 480 ml (5,94 mm), 160 ml (5,77 mm), 0 ml (5,58 mm) y 320 ml (5,46 mm) no presentaron diferencias entre sí, agrupándose dentro del mismo nivel estadístico. Estos resultados indicaron que únicamente la dosis más alta de CMA (640 ml) promovió un incremento significativo en el diámetro de planta respecto a los demás tratamientos, evidenciando una respuesta diferencial de esta variable morfológica frente a la dosis de CMA aplicada, por lo tanto, se acepta la hipótesis formulada. Cabe precisar que, aunque la dosis de 640 ml contó con un menor número de observaciones, sin embargo, la prueba de Tukey demostró que la diferencia fue estadísticamente significativa al superar la mínima diferencia detectable. Esto indica que, pese al tamaño reducido de la muestra, el efecto fue real y consistente.

Tabla 18

Análisis de Varianza para diámetro (mm) en Bolaina blanca

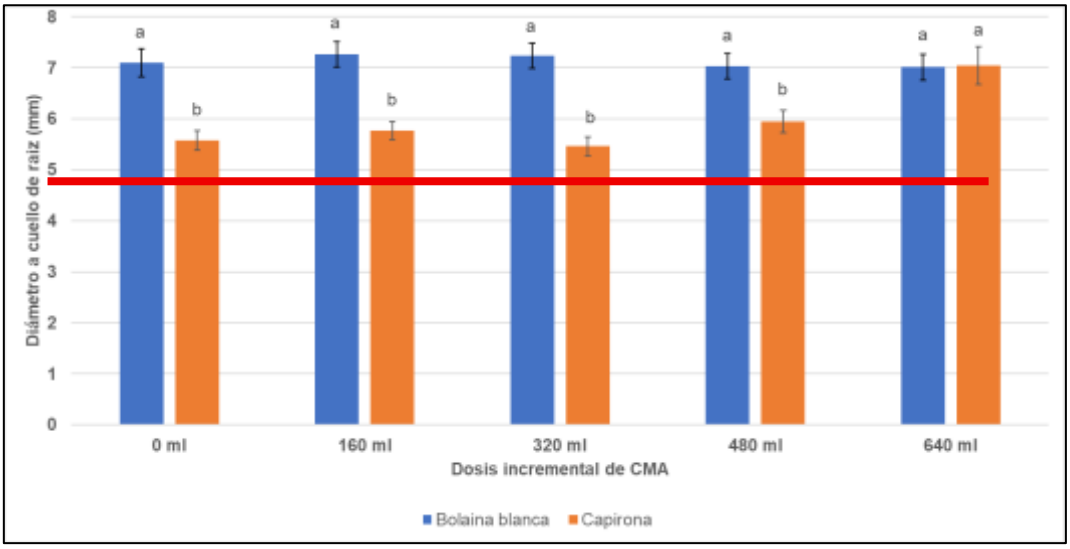
Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	210	1257.81	<0.0001
Dosis incrementales de CMA	4	210	0.47	0.7602

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 18, evidenció que las dosis incrementales de CMA no produjeron variaciones significativas en el diámetro de *Guazuma crinita* (F = 0.47; gl = 4; 210; p = 0.7602). Las

diferencias detectadas entre tratamientos fueron leves y no alcanzaron relevancia estadística, lo que reflejó que el CMA no modificó de manera consistente este atributo de crecimiento en la especie. En tal sentido, se rechaza la hipótesis formulada, por cuanto el CMA no mejora significativamente el crecimiento en diámetro de los plantones de *Guazuma crinita.*

Figura 2

Efecto de un CMA en el diámetro a cuello de raíz (mm) de dos especies forestales



Rango de calidad Alta: >5 mm

La Figura 2 muestra el efecto de las dosis incrementales de CMA sobre el diámetro a cuello de raíz. En Guazuma crinita (bolaina blanca), los valores oscilaron entre 7,0 y 7,3 mm, sin diferencias significativas entre las dosis, lo que indicó una respuesta uniforme en esta variable. En Calycophyllum spruceanum (capirona), el diámetro se mantuvo entre 5,4 y 5,9 mm en las dosis de 0 a 480 ml, sin mostrar cambios relevantes; sin embargo, la dosis de 640 ml generó un incremento significativo, alcanzando un valor promedio de 7,05 mm. Estos resultados sugieren que, mientras en

bolaina el diámetro fue estable a lo largo de todas las dosis, en capirona se observó un efecto positivo únicamente en la dosis máxima de CMA.

4.3.3. Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante (IE)

Se calculó el índice de esbeltez para observar el equilibrio entre altura y diámetro bajo las distintas dosis de CMA.

Tabla 19

Análisis de Varianza del Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	169	3010.49	<0.0001
Dosis incrementales de CMA	4	169	1.18	0.3194

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 19, señaló que, a los 120 días de trasplante, las dosis incrementales de CMA no ejercieron un efecto significativo sobre el Índice de esbeltez en *Calycophyllum spruceanum* (F = 1.18; gl = 4,169; p = 0.3194). Las variaciones observadas entre tratamientos fueron mínimas y no alcanzaron significancia estadística, lo que indicó que la aplicación de CMA no alteró de manera apreciable la relación altura-diámetro en los plantones de esta especie. En relación a ello, se rechaza la hipótesis planteada debido a que el CMA no mejora el Índice de Esbeltez en plantones de capirona, según las condiciones experimentales planteadas.

Tabla 20

Análisis de Varianza del Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	210	1.382.53	<0.0001
Dosis incrementales de CMA	4	210	4.34	0.0022

El análisis de varianza presentado en la Tabla 20, mostró que las dosis incrementales de CMA tuvieron un efecto significativo sobre el Índice de esbeltez en *Guazuma crinita* (F = 4.34; gl = 4; 210; p = 0.0022), a los 120 días de trasplante. Las diferencias estadísticas observadas entre tratamientos evidenciaron que las dosis incrementales de CMA modificaron la relación altura-diámetro de los plantones, afectando directamente su calidad morfológica. En consecuencia, la respuesta de esta especie reflejó una sensibilidad marcada por la aplicación de CMA. Es pertinente realizar una prueba de comparación de medias para establecer cuál tratamiento presenta la mejor respuesta.

Tabla 21

Prueba de Tukey para Índice de Esbeltez en Bolaina blanca

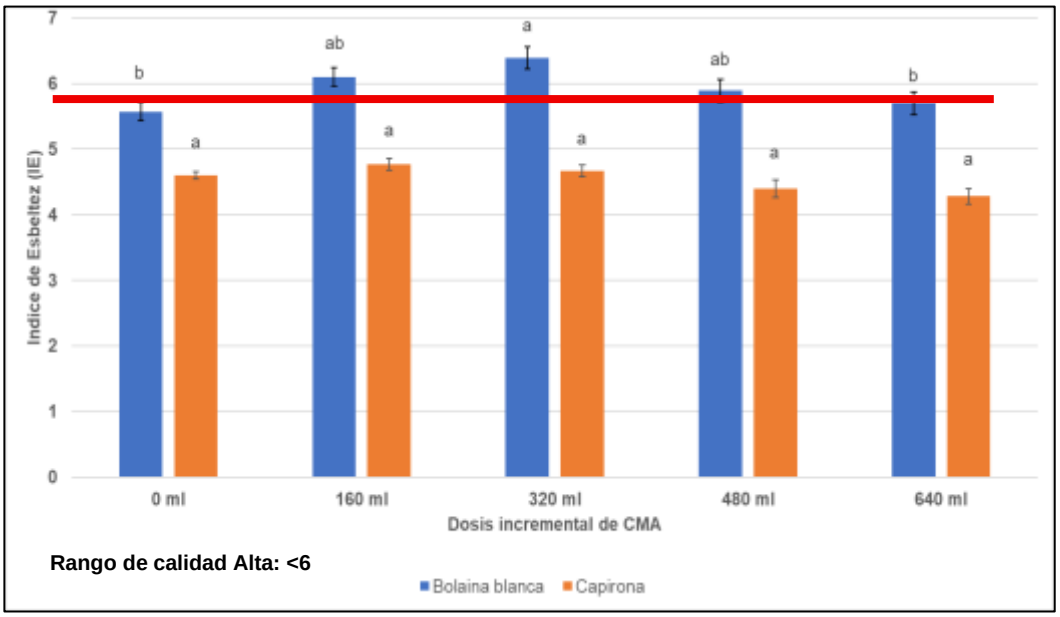
Dosis incrementales de CMA	Media	EE	N	Grupo
320 ml	6.39	0.20	50	a
160 ml	6.10	0.20	50	ab
480 ml	5.89	0.21	45	ab
640 ml	5.70	0.22	38	b
0 ml	5.57	0.23	35	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.224
Mínima diferencia significativa promedio = 0.616

En ese sentido, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentada en la Tabla 21, donde se observa que la aplicación de 320 ml de CMA alcanzó el valor más alto (6.39), clasificándose como calidad media. Las dosis de 160 ml (6.10) y 480 ml (5.89) conformaron un grupo intermedio, con la primera en el rango de calidad media y la segunda dentro de la calidad alta. En contraste, las dosis de 640 ml (5.70) y 0 ml (5.57) se agruparon ambas en la categoría de alta calidad. Estos resultados evidenciaron que, si bien el CMA generó variaciones en el índice de esbeltez, la mayoría de los valores permanecieron en rangos morfológicamente aceptables, destacando que dosis intermedias y bajas tendieron a favorecer la obtención de plantones de mayor calidad estructural. Por lo tanto, se acepta la hipótesis propuesta para el Índice de Esbeltez, por cuanto queda evidenciado que la calidad estructural de los plantones estuvo condicionada por la dosis aplicada.

Figura 3

Efecto de un CMA en el Índice de Esbeltez a 120 días de trasplante de dos especies forestales



La Figura 3 muestra el efecto de dosis incrementales de CMA sobre el índice de esbeltez (IE) en dos especies forestales. Los grupos de comparación muestran diferencias estadísticas en *Guazuma crinita*, revelando que la dosis de 320 ml difiere de 0 y 640 ml, mientras que no hay diferencias significativas entre tratamientos en *Calycophyllum spruceanum*. En resumen, la aplicación de CMA en dosis intermedias puede elevar el IE de *Guazuma crinita* hasta calidad media, pero ningún tratamiento afecta negativamente la calidad en ambas especies, manteniendo IE dentro de parámetros óptimos de esbeltez y calidad alta.

4.3.4. Relación Altura de planta/Longitud de raíz a 120 días de trasplante

Se determinó esta relación con el propósito de identificar cómo varió la proporción entre la parte aérea y el sistema radical en función de las dosis aplicadas.

Tabla 22

Análisis de Varianza para la Relación altura de planta/Longitud de raíz en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	52	733.03	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	52	3.28	0.0179

El análisis de varianza para la relación altura de planta/longitud de raíz en la especie *Calycophyllum spruceanum,* presentada en la Tabla 22, muestra que el modelo es significativo, evidenciado por un intercepto altamente significativo ($F = 733.03$; $p < 0.0001$), lo que indica que la relación evaluada es consistente y diferente de cero. Asimismo, el factor dosis

incremental de CMA presenta un efecto estadísticamente significativo sobre dicha relación (F = 3.28; p = 0.0179), lo que implica que las diferentes dosis aplicadas generan variaciones en el balance altura/longitud de raíz de las plántulas de Capirona. Se requiere una prueba de comparación de medias para identificar el tratamiento más adecuado.

Tabla 23

Prueba de Tukey para Relación altura de planta/Longitud de raíz en Capirona

Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
640 ml	1.52	0.12	12	a
480 ml	1.32	0.14	12	ab
160 ml	1.20	0.09	12	ab
0 ml	1.18	0.06	12	ab
320 ml	1.02	0.09	12	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.146
Mínima diferencia significativa promedio = 0.412

De igual forma, se realizó la prueba de Tukey para la relación altura de planta/longitud de raíz en plantones de *Calycophyllum spruceanum* presentada en la Tabla 23, la cual muestra que la dosis de 640 ml alcanzó el mayor promedio (1.52) y se ubicó en un grupo estadísticamente superior, mientras que la dosis de 320 ml (1.02) registró el valor más bajo y se diferenció significativamente en otro grupo; por su parte, las dosis de 480 ml (1.32), 160 ml (1.20) y el testigo sin CMA (1.18) conformaron un grupo intermedio, lo que evidencia que, aunque todas las plantas presentaron una relación altura/raíz indicativa de buena calidad morfológica, la aplicación de 320 ml de CMA promovió un mayor desarrollo relativo de la parte aérea frente al sistema radical. Estos resultados indican que las dosis incrementales de CMA tienen un efecto significativo sobre la Relación altura

de planta/Longitud de raíz en *Calycophyllum spruceanum*, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis planteada.

Tabla 24

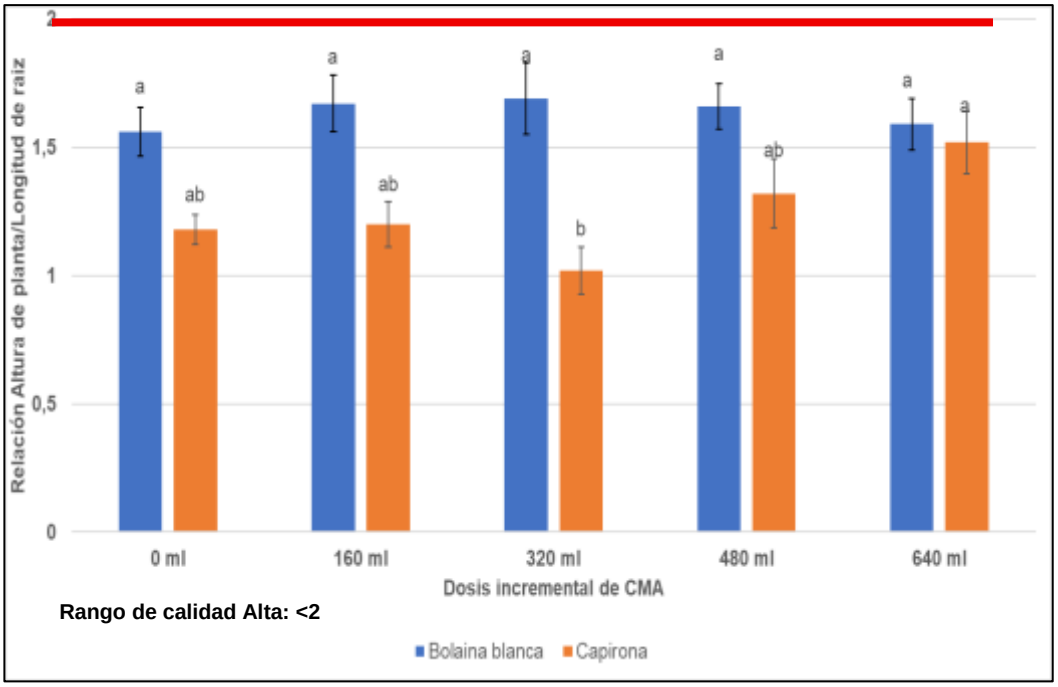
Análisis de Varianza para la Relación altura de planta/Longitud de raíz en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	52	670.66	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	52	0.28	0.8867

El análisis de varianza para la relación altura de planta/longitud de raíz en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) mostrado en la Tabla 24, indicó que el factor dosis incremental de CMA no tuvo un efecto significativo sobre esta variable (F=0.28; p=0.8867), lo que evidencia que no existen diferencias estadísticas entre las dosis evaluadas ni respecto al testigo. En consecuencia, la relación altura/raíz en Bolaina blanca se mantuvo estable independientemente del nivel de aplicación del consorcio microbiano, sugiriendo que esta especie presenta una respuesta homogénea en su equilibrio morfológico bajo las condiciones del vivero, lo que evidencia que la hipótesis propuesta para la relación altura de planta/Longitud de raíz en *Guazuma crinita*, no se sostiene.

Figura 4

Efecto de un CMA en la Relación Altura de planta/Longitud de raíz a 120 días de trasplante de dos especies forestales



La Figura 4 muestra la relación altura de planta/longitud de raíz a los 120 días de trasplante en dos especies forestales bajo dosis incrementales de CMA. Se observa que en *Guazuma crinita* (bolaina blanca) los valores se mantuvieron estables entre tratamientos, sin diferencias significativas, lo que refleja una calidad alta y un equilibrio morfológico consistente. En *Calycophyllum spruceanum* (capirona), en cambio, se aprecia mayor variabilidad: la dosis de 320 ml presentó el valor más bajo (1.02), mientras que las demás dosis fluctuaron entre 1.18 y 1.52 sin diferencias estadísticas marcadas. En conjunto, ambas especies mantuvieron relaciones menores a 2, lo que indica buena calidad de planta, aunque Capirona mostró mayor sensibilidad a la dosis de CMA en comparación con la estabilidad observada en Bolaina blanca.

4.3.5. Relación Biomasa Seca Aérea/Biomasa Seca Radicular o Índice Tallo-Raíz (ITR) a 120 días de trasplante

Se evaluó el índice tallo-raíz para establecer el balance de crecimiento entre la biomasa aérea y radicular en las plantas sometidas a las dosis de CMA.

Tabla 25

Análisis de Varianza para el Índice Tallo-Raíz en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	52	3.165.97	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	52	41.24	<0.0001

En la Tabla 25 se muestra el análisis de varianza del Índice Tallo-Raíz en *Calycophyllum spruceanum* (Capirona), revelando un efecto altamente significativo de las dosis de CMA sobre esta variable ($F=41.24$; $p<0.0001$). Esto confirma que la asignación de diferentes niveles del consorcio microbiano influyó de manera clara en la proporción biomasa aérea/biomasa radical, generando contrastes marcados entre tratamientos. Por lo tanto, la respuesta de los plantones de Capirona no fue uniforme, sino que dependió estrechamente de la cantidad de CMA aplicada, evidenciando sensibilidad del balance morfológico frente a la inoculación microbiana. Corresponde una prueba de medias para evidenciar el mejor tratamiento.

Tabla 26

Prueba de Tukey para el Índice Tallo-Raíz en Capirona

Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
640 ml	2.54	0.09	12	a
0 ml	2.40	0.09	12	a
480 ml	1.77	0.06	12	b
320 ml	1.61	0.09	12	bc
160 ml	1.41	0.06	12	c

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.109
Mínima diferencia significativa promedio = 0.309

Luego, se procedió con la prueba de medias de Tukey presentada en la Tabla 26, donde se aprecia que la dosis de 160 ml de CMA produjo el Índice Tallo-Raíz más bajo y significativamente distinto, representando la mejor alternativa al ubicar a los plantones de capirona en la categoría de mayor calidad (<2). Las dosis de 320 ml y 480 ml también se mantuvieron con valores superiores y sin diferencias estadísticas entre sí, lo que las posiciona como opciones intermedias. En contraste, tanto el testigo (0 ml) como la dosis más alta (640 ml) superaron el umbral de calidad, desplazando a los plantones hacia niveles medios y bajos, respectivamente, lo que evidencia que la ausencia de inoculación o su exceso afectan negativamente el equilibrio morfológico de la especie. Estos hallazgos conducen a la aceptación de la hipótesis planteada, por cuanto el CMA mejora significativamente el Índice Tallo-Raíz en *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).

Tabla 27

Análisis de Varianza para el Índice Tallo-Raíz en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	52	974.27	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	52	118.07	<0.0001

El análisis de varianza para el índice tallo-raíz en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) presentado en la Tabla 27, mostró un efecto altamente significativo de las dosis de CMA sobre esta variable (F=118.07; p<0.0001). Esto indica que la aplicación del consorcio microbiano influyó de manera marcada en el balance entre biomasa aérea y radical, generando diferencias claras entre dosis incrementales de CMA. En consecuencia, la respuesta de los plantones de Bolaina no fue homogénea, sino que dependió estrechamente de la cantidad de CMA aplicada. Resulta necesario aplicar una prueba de medias a fin de determinar el tratamiento óptimo.

Tabla 28

Prueba de Tukey para el Índice Tallo-Raíz en Bolaina blanca

Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
0 ml	2.36	0.04	12	a
640 ml	1.18	0.09	12	b
160 ml	1.03	0.02	12	b
320 ml	1.01	0.07	12	b
480 ml	0.98	0.05	12	b

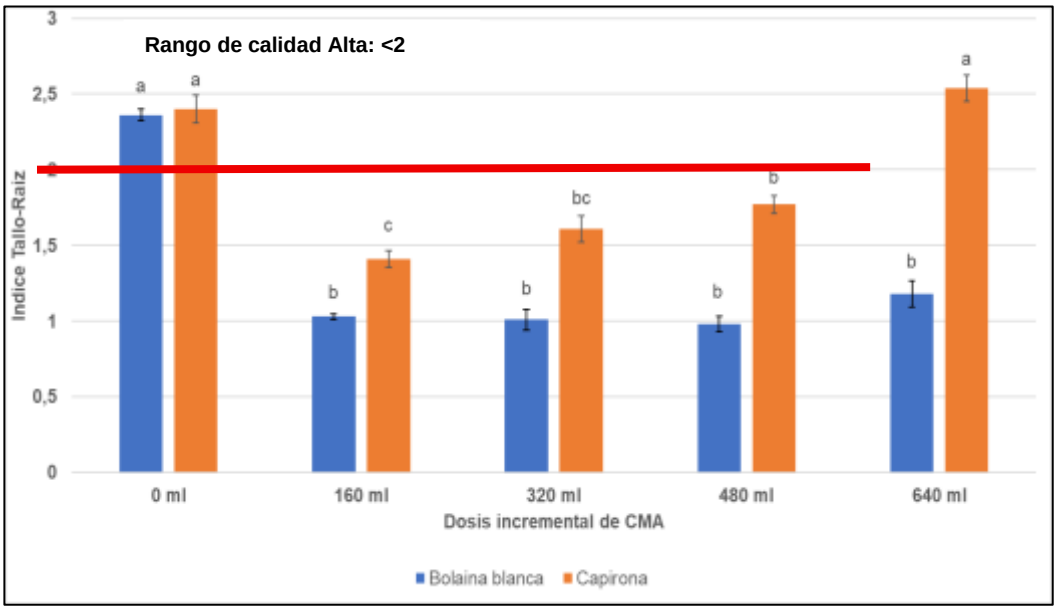
Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.077
Mínima diferencia significativa promedio = 0.217

Por ello, se realizó la comparación de Tukey presentado en la Tabla 28, evidenciando que el testigo sin CMA presentó el valor más elevado del índice tallo-raíz (2.36), ubicándose en el grupo estadísticamente superior y

reflejando una menor calidad de plantones en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca). En contraste, todas las dosis con aplicación de CMA (160, 320, 480 y 640 ml) conformaron un mismo grupo estadístico, con valores significativamente más bajos (entre 0.98 y 1.18), lo que indica una mejora consistente en el balance morfológico. En este sentido, cualquier nivel de inoculación resultó favorable frente al testigo, siendo las dosis intermedias (160–480 ml) las que generaron los valores más próximos al equilibrio óptimo entre parte aérea y sistema radical, y por tanto representan la mejor alternativa para la producción de plantones de bolaina blanca, lo que implica la validación de la hipótesis propuesta.

Figura 5

Efecto de un CMA en el Índice Tallo-Raíz a 120 días de trasplante de dos especies forestales



La Figura 5 muestra el comportamiento del índice tallo-raíz a 120 días de trasplante en plantones de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) bajo dosis incrementales de CMA. En bolaina blanca, los valores se mantuvieron bajos y estables (160 ml, 320

ml y 480 ml), sin diferencias significativas entre dosis. En cambio, en Capirona se observó una mayor variabilidad: la dosis de 160 ml alcanzó el valor más bajo (1.41), ubicándose como la mejor respuesta, mientras que las dosis de 320 ml y 480 ml lograron valores intermedios (1.61-1.77). Por su parte, el testigo (0 ml) y la dosis de 640 ml superaron el valor de 2, situándose en categorías de calidad inferior (media y baja). En conjunto, los resultados evidencian que Bolaina mantiene un balance morfológico estable sin importar el nivel de CMA, mientras que Capirona responde de manera diferencial, con ventajas en dosis intermedias y reducción de la calidad en condiciones extremas de aplicación o ausencia del CMA.

4.3.6. Índice de Calidad de Dickson (ICD) a 120 días de trasplante

Se calculó el ICD con el fin de contar con un indicador integrado de la calidad de planta en función de los tratamientos evaluados.

Tabla 29

Análisis de Varianza para el Índice de Calidad de Dickson en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	52	283.62	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	52	5.30	0.0012

El análisis de varianza presentado en la Tabla 29, muestra que la aplicación de diferentes dosis de CMA ejerció un efecto significativo sobre el Índice de Calidad de Dickson en los plantones de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) (F=5.30; p=0.0012). Este resultado indica que la respuesta de los individuos no fue uniforme frente a los tratamientos, evidenciando que la variación observada en el índice se explica en buena

medida por la influencia de las dosis aplicadas. Por tanto, se confirma que el CMA tiene un papel determinante en la mejora de la calidad morfológica de los plantones, aunque será necesario contrastar con la prueba de comparación de medias para identificar con precisión la dosis más adecuada.

Tabla 30

Prueba de Tukey para el Índice de Calidad de Dickson en Capirona

Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
160 ml	0.95	0.05	12	a
320 ml	0.77	0.11	12	ab
0 ml	0.70	0.04	12	ab
480 ml	0.64	0.09	12	b
640 ml	0.48	0.08	12	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.107
Mínima diferencia significativa promedio = 0.304

La prueba de Tukey presentada en la Tabla 30, confirmó que el efecto de las dosis de CMA sobre el Índice de Calidad de Dickson (ICD) en *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) generó diferencias significativas entre tratamientos. El valor más alto se obtuvo con 160 ml (0.95), ubicándose en el grupo superior y evidenciando la mejor condición integral de los plantones. Las dosis de 320 ml (0.77) y el testigo (0.70) no mostraron diferencias estadísticas respecto al máximo, situándose en un nivel intermedio de calidad. En cambio, las aplicaciones de 480 ml (0.64) y 640 ml (0.48) conformaron el grupo inferior, reflejando una disminución clara en el índice. En tal sentido, se acepta la hipótesis formulada, por cuanto el CMA mejora significativamente el ICD en plantones de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).

Tabla 31

Análisis de Varianza para el Índice de Calidad de Dickson en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	52	1196.68	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	52	13.17	<0.0001

El análisis de Varianza mostrado en la Tabla 31, reveló un efecto altamente significativo de las dosis de CMA sobre el Índice de Calidad de Dickson en los plantones de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) (F=13.17; p<0.0001). Este hallazgo demuestra que la calidad integral de los individuos varió en función de la cantidad de inoculante aplicada, generando contrastes marcados entre los tratamientos. En consecuencia, la especie respondió de manera diferenciada al CMA, lo que pone en evidencia la necesidad de identificar mediante la comparación de medias el nivel de aplicación que garantice la mayor eficiencia en la producción de plantones de calidad.

Tabla 32

Prueba de Tukey para el Índice de Calidad de Dickson en Bolaina blanca

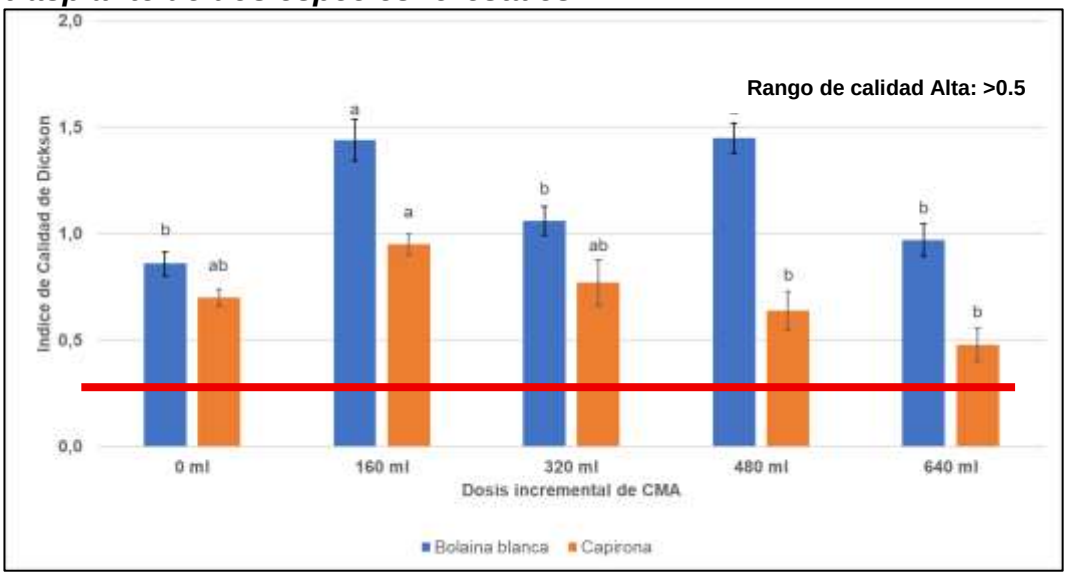
Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
480 ml	1.45	0.07	12	a
160 ml	1.44	0.10	12	a
320 ml	1.06	0.07	12	b
640 ml	0.97	0.08	12	b
0 ml	0.86	0.06	12	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.106
Mínima diferencia significativa promedio = 0.298

En la prueba de comparación de medias presentada en la Tabla 32, se observa que las dosis de 480 ml y 160 ml alcanzaron los valores más altos del Índice de Calidad de Dickson en Bolaina blanca, conformando un mismo grupo estadístico y superando significativamente a los demás tratamientos. Sin embargo, al analizar los resultados con base en los rangos de calidad establecidos, todos los valores obtenidos se ubican por encima de 0.5, lo que corresponde a una clasificación de calidad alta de los plantones. No obstante, se observa que las dosis de 320 ml, 640 ml y el testigo, aunque también se clasifican como de calidad alta, registraron valores relativamente inferiores, lo que indica un efecto menos marcado en comparación con los tratamientos óptimos. En síntesis, la aplicación de 480 ml y 160 ml de CMA representa la mejor alternativa para potenciar la calidad de los plantones, manteniéndose dentro del rango superior de desempeño.

Figura 6

Efecto de un CMA en el Índice de Calidad de Dickson a 120 días de trasplante de dos especies forestales



La Figura 6 muestra el Índice de Calidad de Dickson (ICD) en plantones de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) y *Calycophyllum*

spruceanum (Capirona) a 120 días de trasplante bajo diferentes dosis incrementales de CMA. En Bolaina blanca, los valores más altos se obtuvieron con 160 ml y 480 ml, que conformaron el grupo estadísticamente superior según la prueba de Tukey, superando de manera significativa a las demás dosis, las cuales mostraron valores menores. En Capirona, la mayor respuesta se registró con 160 ml, siendo significativamente superior a las dosis de 480 ml y 640 ml, mientras que 0 ml y 320 ml se situaron en un nivel intermedio sin diferencias claras entre sí. En conjunto, se observa que Bolaina blanca respondió con mayor consistencia a la aplicación de CMA, alcanzando valores más elevados de ICD; en contraste, en Capirona el efecto fue menos pronunciado, aunque destaca que la dosis más baja (160 ml) resultó ser la más eficiente para mejorar la calidad de los plantones.

4.4. CALIDAD FISIOLÓGICA DE PLANTONES DE BOLAINA BLANCA Y CAPIRONA

Los atributos fisiológicos se enfocan en el estado nutricional de las plantas, midiendo la concentración de macronutrientes esenciales en el follaje. Estas variables complementan el análisis morfológico y revelan la eficiencia de absorción bajo el efecto del CMA.

4.4.1. Contenido de Nitrógeno foliar (N%)

Se evaluó el nivel de nitrógeno en el follaje a 120 días del trasplante con el fin de identificar posibles diferencias entre las dosis de CMA aplicadas.

Tabla 33

Análisis de Varianza para contenido de Nitrógeno foliar (N%) en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	12	2643.43	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	12	5.33	0.0106

La Tabla 33 muestra el análisis de varianza realizado para el contenido de nitrógeno foliar en *Calycophyllum spruceanum* (Capirona), evidenciando un efecto significativo de las dosis incrementales de CMA sobre esta variable (F = 5.33; p = 0.0106), lo que indica que la respuesta fisiológica de la especie difiere en función de la dosis de CMA aplicada. En este sentido, se confirma que la incorporación de CMA modifica de manera estadísticamente significativa la concentración de nitrógeno en el follaje. Estos resultados sugieren la necesidad de profundizar el análisis mediante pruebas de comparación múltiple, a fin de identificar con precisión cuáles dosis generan las diferencias más relevantes.

Tabla 34

Prueba de Tukey para el contenido de Nitrógeno foliar (N%) en Capirona

Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
480 ml	2.31	0.03	4	a
320 ml	2.24	0.13	4	a
160 ml	2.19	0.09	4	ab
640 ml	2.03	0.12	4	ab
0 ml	1.78	0.07	4	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.13
Mínima diferencia significativa promedio = 0.414

Luego de realizar la prueba de Tukey para el contenido de nitrógeno foliar en *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) mostrado en la

Tabla 34, se evidenció que las dosis de 480 ml y 320 ml de CMA conforman el grupo con las medias más altas y estadísticamente diferentes respecto al testigo sin aplicación (0 ml), el cual registró el menor valor de nitrógeno foliar. Las dosis intermedias de 160 ml y 640 ml se ubicaron en un grupo intermedio (AB), sin diferencias significativas con las dosis mayores, pero superando en tendencia al tratamiento sin CMA. Estos resultados confirman que la aplicación de CMA incrementa de manera significativa la concentración de nitrógeno foliar, destacándose las dosis de 320 ml y 480 ml como las más efectivas para optimizar la nutrición de Capirona, por lo cual se acepta la hipótesis formulada.

Tabla 35

Análisis de Varianza para contenido de Nitrógeno foliar (%) en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	12	1173.11	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	12	4.54	0.0184

La Tabla 35 presenta el análisis de varianza para evaluar el efecto de las dosis incrementales de CMA y muestra que este factor influyó de manera significativa sobre sobre el contenido de Nitrógeno foliar (F = 4.54; p = 0.0184). Este resultado confirma que la aplicación de CMA genera variaciones estadísticamente relevantes en la respuesta de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca), lo que evidencia su importancia como enmienda para mejorar el desempeño fisiológico o nutricional. En consecuencia, es prioritario complementar el análisis con pruebas post hoc, como la de Tukey, a fin de identificar con precisión qué dosis específicas producen las diferencias más notorias.

Tabla 36

Prueba de Tukey para el contenido de Nitrógeno foliar (%) en Bolaina blanca

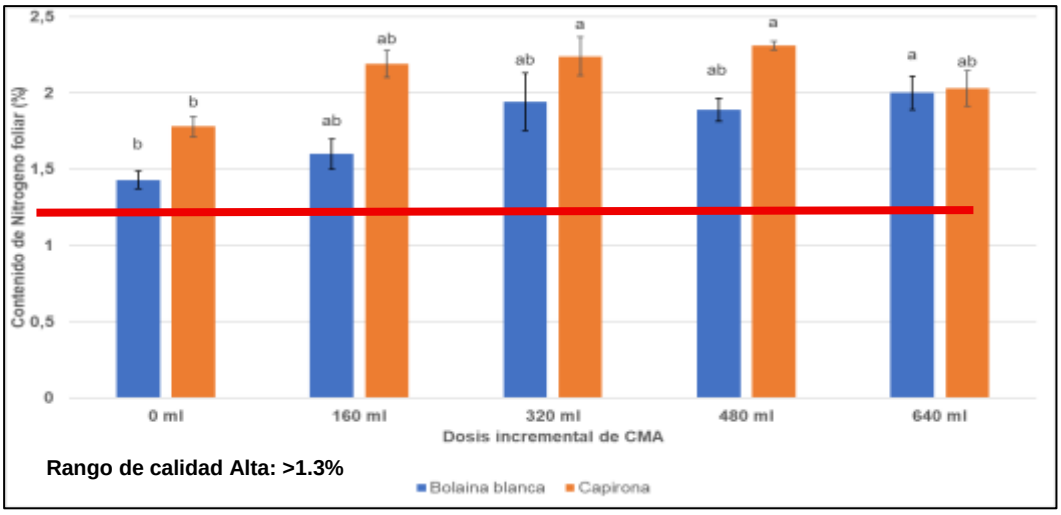
Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
640 ml	2.00	0.11	4	a
320 ml	1.94	0.19	4	ab
480 ml	1.89	0.08	4	ab
160 ml	1.60	0.10	4	ab
0 ml	1.43	0.06	4	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.163
Mínima diferencia significativa promedio = 0.521

En la Tabla 36 se presenta la prueba de Tukey para el contenido de nitrógeno foliar en *Guazuma crinita* (bolaina blanca), se observó que la dosis de 640 ml de CMA alcanzó la media más alta y conformó el grupo estadísticamente superior, diferenciándose significativamente del testigo sin aplicación (0 ml), que registró el menor valor de nitrógeno foliar. Las dosis de 320 ml, 480 ml y 160 ml se posicionaron en un grupo intermedio, sin mostrar diferencias significativas frente a las dosis extremas, aunque con una tendencia a superar al testigo. Estos resultados evidencian que la aplicación de CMA incrementa de manera significativa la concentración de nitrógeno en el follaje de *Bolaina blanca*, destacando la dosis de 640 ml como la más efectiva para optimizar su estado nutricional, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada.

Figura 7

Efecto de un CMA en el Contenido de Nitrógeno foliar (N%) a 120 días de trasplante de dos especies forestales



En la Figura 7 se muestra el contenido de nitrógeno foliar (%) a los 120 días de trasplante en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (Capirona), presentando con claridad el efecto positivo de la aplicación de CMA en ambas especies, con diferencias estadísticas determinadas por la prueba de Tukey. En *Capirona*, se observa un incremento progresivo del nitrógeno foliar a partir del testigo (0 ml), alcanzando sus valores más altos en las dosis de 320 ml y 480 ml, donde se ubica en el grupo estadísticamente superior, en contraste con el testigo que se mantiene en el grupo inferior. Por su parte, *Bolaina blanca* también presenta un aumento en la concentración de nitrógeno con la aplicación de CMA, destacando la dosis de 640 ml como la más efectiva, mientras que el testigo registra el menor valor. Si bien ambas especies responden favorablemente a las dosis de CMA, *Capirona* exhibe un mayor nivel de nitrógeno foliar en todas las dosis comparadas con *Bolaina blanca*, lo que evidencia diferencias interespecíficas en la eficiencia de absorción y asimilación del nutriente. En conjunto, los resultados confirman que la

aplicación de CMA mejora de manera significativa la nutrición nitrogenada de estas especies forestales, con respuestas óptimas en dosis intermedias para *Capirona* y en dosis altas para *Bolaina blanca*.

4.4.2. Contenido de Fósforo foliar (P%)

El contenido foliar de fósforo se midió para determinar la respuesta de las plantas a las dosis crecientes de CMA y verificar la existencia de variación significativa entre tratamientos.

Tabla 37

Análisis de Varianza para contenido de Fósforo foliar (P%) en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	12	444.76	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	12	5.70	0.0083

El análisis de varianza presentado en la Tabla 37, reveló que las dosis incrementales de CMA ejercieron un efecto significativo sobre el contenido de fósforo foliar (P%) en *Calycophyllum spruceanum* (capirona) ($F = 5.70$; $gl = 4; 12$; $p = 0.0083$), lo que evidencia que la especie responde de manera diferencial a los niveles de CMA aplicados. Este resultado, confirma que no todas las dosis generan un mismo nivel de P%, sino que existe una variación estadísticamente consistente en la acumulación de fósforo en función del tratamiento. En consecuencia, se establece que el aporte de CMA constituye un factor determinante en la nutrición fosfórica de capirona, siendo necesario complementar este hallazgo con comparaciones múltiples que permitan identificar las dosis más eficientes y con mayor relevancia biológica.

Tabla 38

Prueba de Tukey para el contenido de Fósforo foliar (P%) en Capirona

Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
160 ml	0.37	0.02	4	a
0 ml	0.32	0.03	4	ab
480 ml	0.28	0.04	4	ab
640 ml	0.28	0.01	4	ab
320 ml	0.23	0.01	4	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.029
Mínima diferencia significativa promedio = 0.093

De acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey mostrada en la Tabla 38, se observaron diferencias significativas en el contenido de fósforo foliar (P%) de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en función de las dosis incrementales de CMA. La dosis de 160 ml registró el mayor valor promedio (0.37%), conformando un grupo estadísticamente superior, mientras que la dosis de 320 ml alcanzó el valor más bajo (0.23%), integrando un grupo distinto y significativamente inferior al tratamiento de 160 ml. Por su parte, las dosis de 0, 480 y 640 ml presentaron valores intermedios (0.32%, 0.28% y 0.28%, respectivamente), agrupándose en una categoría compartida, sin diferencias estadísticas claras respecto a los extremos. Estos resultados indican que la capirona responde de manera diferenciada a la aplicación de CMA, siendo la dosis de 160 ml la más eficiente para la acumulación de fósforo foliar, mientras que incrementos superiores no generan mejoras adicionales e incluso pueden reducir su disponibilidad, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada.

Tabla 39

Análisis de Varianza para contenido de Fósforo foliar (P%) en bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	12	2775.11	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	12	9.48	0.0011

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 39, presenta un efecto altamente significativo de las dosis crecientes de CMA sobre el contenido de fósforo foliar (P%) en *Guazuma crinita* (bolaina blanca) ($F = 9.48$; $gl = 4$; 12; $p = 0.0011$), lo que indica que la disponibilidad de este nutriente en la especie está fuertemente modulada por la cantidad de CMA aplicada. La inclusión de las repeticiones como factor aleatorio permitió aislar la variabilidad experimental, otorgando solidez a la inferencia estadística y confirmando que las diferencias observadas entre tratamientos no responden al azar. En consecuencia, se establece que las dosis de CMA ejercen un papel determinante en la dinámica de absorción de fósforo, por lo que resulta pertinente complementar este resultado con pruebas de comparación múltiple de medias que definan las dosis más eficaces y con mayor importancia desde el punto de vista biológico.

Tabla 40

Prueba de Tukey para el contenido de Fosforo foliar (P%) en Bolaina blanca

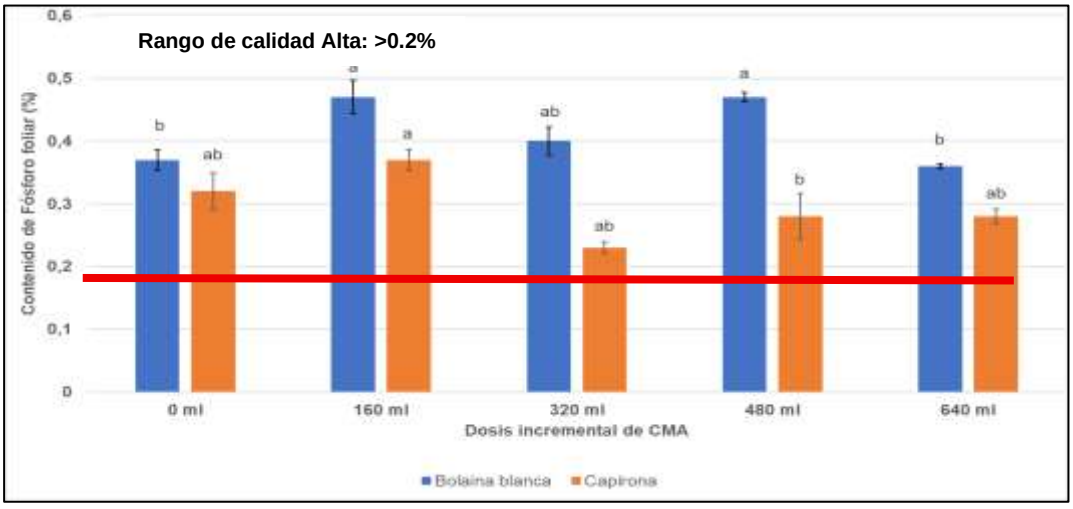
Dosis incremental de CMA	Media	EE	N	Grupo
480 ml	0.47	0.02	4	a
160 ml	0.47	0.02	4	a
320 ml	0.40	0.02	4	ab
0 ml	0.37	0.02	4	b
640 ml	0.36	0.02	4	b

Método de comparación de medias de a pares: Tukey, alfa=0.05
Error estándar promedio de la diferencia de medias=0.025
Mínima diferencia significativa promedio = 0.079

La prueba de Tukey presentada en la Tabla 40, evidenció diferencias marcadas en la acumulación de fósforo foliar en *Guazuma crinita* (bolaina blanca) en función de las dosis de CMA, destacando los tratamientos de 480 ml y 160 ml con los valores más elevados (0.47%), ubicados en el grupo estadísticamente superior. La dosis de 320 ml alcanzó un nivel intermedio (0.40%), compartiendo similitud parcial tanto con el grupo más alto como con el más bajo, mientras que las dosis de 0 y 640 ml registraron los contenidos más reducidos (0.37% y 0.36%, respectivamente), conformando el grupo inferior. Estos resultados confirman que la especie responde favorablemente a niveles intermedios de CMA, particularmente 160 y 480 ml, mientras que la ausencia de aplicación o los incrementos excesivos limitan la eficiencia en la acumulación de fósforo, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada.

Figura 8

Efecto de un CMA en el Contenido de Fósforo foliar (P%) a 120 días de trasplante de dos especies forestales



La Figura 8 ilustra el efecto de las dosis crecientes de CMA sobre el contenido de fósforo foliar (P%) en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (Capirona). En bolaina blanca, se aprecia que

las dosis de 160 y 480 ml promovieron los niveles más altos de fósforo (0.47%), conformando el grupo estadísticamente superior, mientras que las dosis extremas de 0 y 640 ml mostraron valores más bajos (0.37% y 0.36%), con la dosis de 320 ml en una posición intermedia (0.40%). En capirona, la mayor acumulación se registró con 160 ml (0.37%), mientras que la dosis de 320 ml evidenció la menor concentración (0.23%), y las demás dosis (0, 480 y 640 ml) ocuparon un rango intermedio sin diferencias claras entre ellas. Estos resultados confirman que la absorción de fósforo foliar responde de manera diferenciada a la fertilización con CMA en cada especie, resaltando que los niveles moderados de aplicación generan los efectos más favorables, mientras que dosis excesivas o la ausencia de enmienda tienden a limitar la absorción de este nutriente. En consecuencia, se acepta la hipótesis formulada.

4.4.3. Contenido de Potasio foliar (K%)

Se analizó la concentración de potasio en el follaje con el objetivo de establecer si las dosis de CMA generaron efectos diferenciados en esta variable.

Tabla 41

Análisis de Varianza para contenido de Potasio foliar (K%) en Capirona

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	12	1299.74	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	12	1.77	0.2000

El análisis de varianza para el contenido de potasio foliar (K%) en *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) presentado en la Tabla 41, no mostró diferencias significativas entre las dosis incrementales de CMA

evaluadas (F = 1.77; gl = 4; 12; p = 0.2000), lo que indica que la variación observada en esta variable no puede atribuirse de manera confiable a los tratamientos aplicados. Los resultados sugieren que la absorción de potasio en la especie permanece relativamente estable frente a los niveles de enmienda considerados, por lo que no se justifica la realización de comparaciones múltiples. En consecuencia, se concluye que bajo las condiciones de evaluación el CMA no ejerció un efecto determinante sobre la acumulación foliar de potasio en capirona, por cuanto se rechaza la hipótesis formulada.

Tabla 42

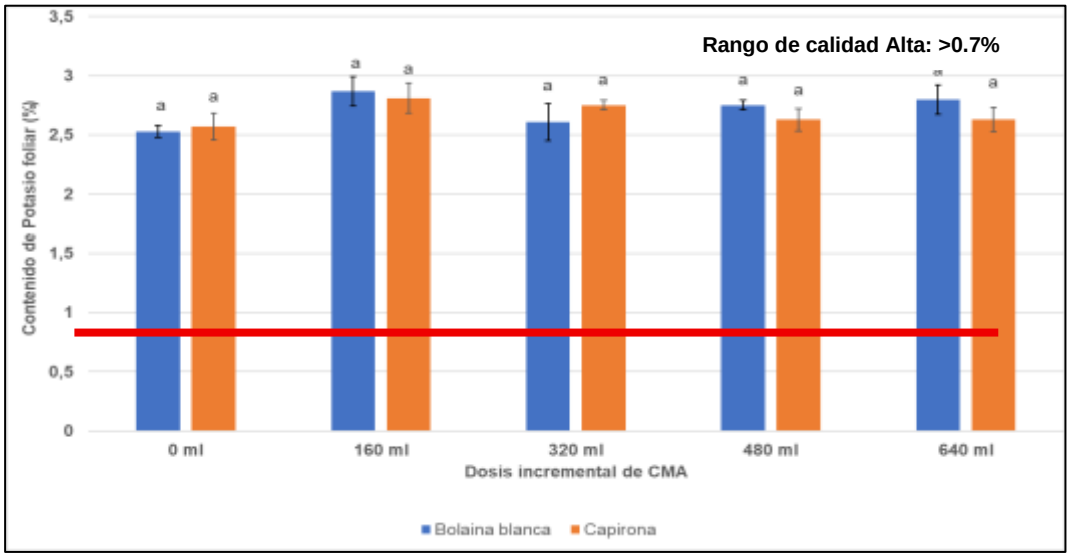
Análisis de Varianza para contenido de Potasio foliar (K%) en Bolaina blanca

Fuente	GLNum	GLDen	F	p-valor
(Intercept)	1	12	3071.73	<0.0001
Dosis incremental de CMA	4	12	1.66	0.2227

Finalmente, en la Tabla 42 se muestra el análisis de varianza para el contenido de potasio foliar (K%) en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca), revelando que las dosis de CMA no produjeron un efecto significativo sobre esta variable (F = 1.66; gl = 4; 12; p = 0.2227), lo que evidencia que las diferencias entre tratamientos no son estadísticamente consistentes. Los resultados reflejan que la acumulación de potasio en el follaje de bolaina blanca se mantiene estable frente a la aplicación incremental de CMA. Por tanto, no es pertinente realizar comparaciones múltiples, estableciéndose que bajo las condiciones evaluadas la enmienda no influye de manera determinante en la concentración foliar de este nutriente, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

Figura 9

Efecto de un CMA en el Contenido de Potasio foliar (K%) a 120 días de trasplante de dos especies forestales



La Figura 9 presenta el efecto de las dosis crecientes de CMA sobre el contenido de potasio foliar (K%) a los 120 días de trasplante en *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (Capirona), donde se observa que en ambas especies los valores se mantuvieron relativamente estables, sin diferencias estadísticas entre tratamientos. En bolaina blanca, los contenidos oscilaron entre 2.53% y 2.87%, mientras que en capirona variaron en un rango similar, de aproximadamente 2.57% a 2.81%, evidenciando que la aplicación de CMA no modificó de manera significativa la concentración de este nutriente en el follaje. Estos resultados confirman lo señalado en el análisis de varianza, en el cual el factor dosis no mostró un efecto determinante sobre la acumulación foliar de potasio en ninguna de las especies evaluadas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis por cuanto el CMA no mejora significativamente el contenido de potasio foliar (K%) en ambas especies.

4.5. DOSIS INCREMENTALES DE CMA

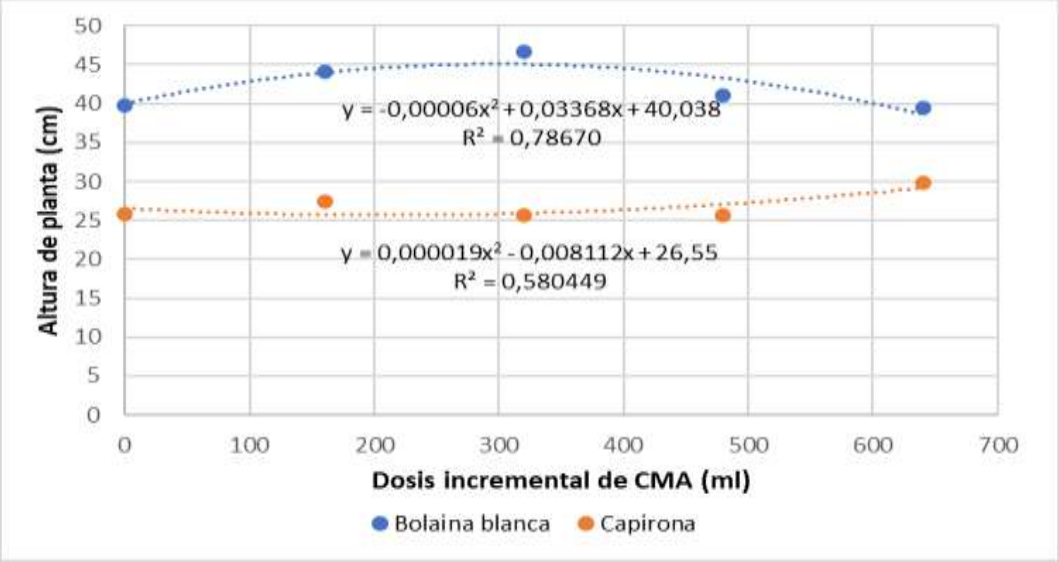
La determinación de la mejor dosis incremental de CMA, se realizó mediante el ajuste de un modelo de regresión cuadrática, técnica estadística que permite describir relaciones no lineales entre una variable independiente (dosis aplicada) y una variable respuesta (atributo morfológico o fisiológico del plantón); y la aplicación de la primera derivada, para calcular la dosis optima de CMA.

4.5.1. Modelo cuadratico para Altura de planta (cm)

En esta oportunidad se analizó la variable altura de planta mediante un modelo cuadrático, con el fin de determinar la tendencia de respuesta frente a las dosis incrementales de CMA.

Figura 10

Modelo cuadrático para altura de planta (cm) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



La Figura 10 presenta la respuesta de la altura de planta bajo un modelo cuadrático en relación con las dosis incrementales de CMA. En

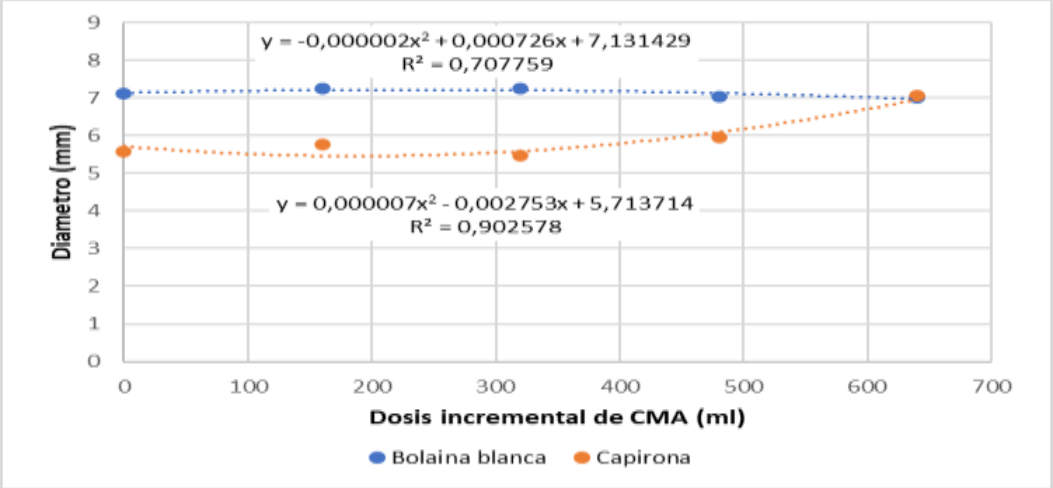
bolaina blanca, el modelo explicó adecuadamente la variabilidad observada (R^2=0.79), mostrando una curva parabólica con tendencia ascendente hasta alcanzar un punto máximo y luego un ligero descenso, lo que indica la existencia de una dosis óptima. A partir de la derivada de la ecuación $y = -0.00006x^2 + 0.03368x + 40.038$, se determinó que la dosis óptima corresponde a 281.7 ml de CMA, en la cual se alcanza una altura estimada de 44.8 cm. En el caso de capirona, aunque el ajuste fue moderado (R^2=0.58), la curva muestra un patrón menos definido y con incrementos más sutiles hacia las dosis altas. Con base en la ecuación $y = 0.000019x^2 - 0.008112x + 26.55$, la primera derivada indicó una dosis óptima de 213.5 ml de CMA, alcanzando una altura estimada de 25.7 cm.

4.5.2. Modelo cuadratico para Diametro (mm)

A continuacion se analió la variable diámetro a cuello de raíz bajo el enfoque de un modelo cuadrático, lo que permitió describir su comportamiento en función de las dosis aplicadas de CMA.

Figura 11

Modelo cuadrático para Diámetro (mm) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



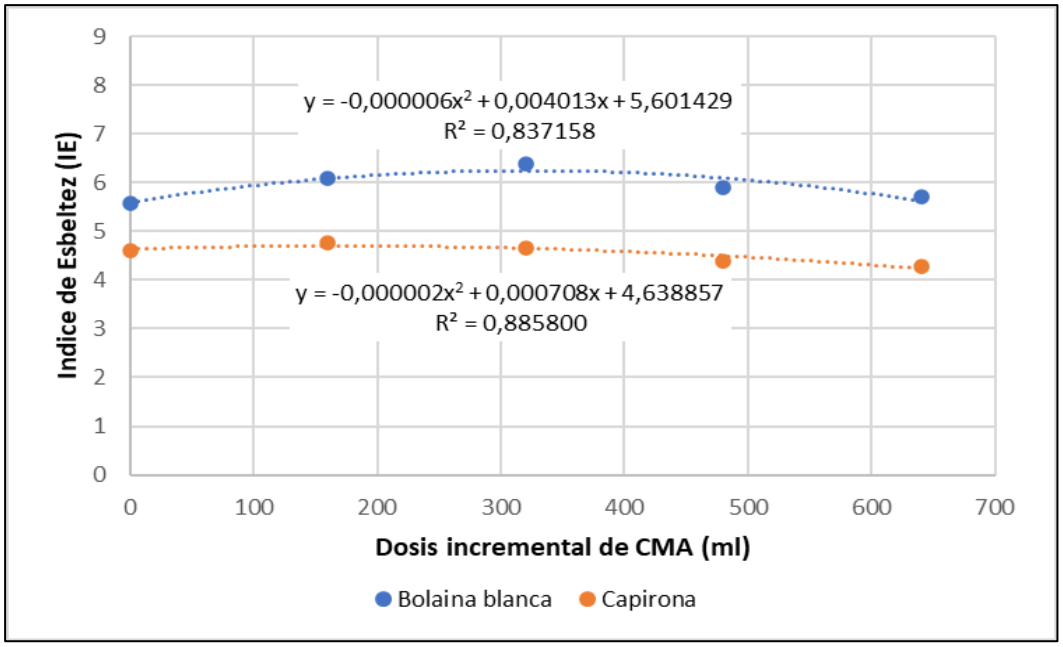
El análisis de regresión cuadrática presentado en la Figura 11, evidenció mostró que en *Guazuma crinita* (bolaina blanca), el modelo y = −0,000002x^2 + 0,000726x + 7,131429 (R^2 = 0,7078) explicó de manera aceptable la variación del diámetro a cuello de raíz en función de las dosis incrementales de CMA, evidenciando un patrón parabólico de concavidad negativa que permitió identificar un punto de máxima respuesta en torno a los 181,5 ml de CMA, donde el diámetro estimado alcanzó un valor cercano a 7,2 mm, lo cual resulta coherente desde el punto de vista biológico al reflejar un comportamiento de optimización. En contraste, para *Calycophyllum spruceanum* (capirona), la ecuación y = 0,000007x^2 − 0,002753x + 5,713714, pese a su alto R^2 (0.9026), no refleja adecuadamente la respuesta real del diámetro frente a las dosis de CMA, sino más bien una tendencia matemática, lo que obliga a ser cautos en su interpretación, reconociendo que no representa adecuadamente el patrón real de respuesta al CMA en esta especie.

4.5.3. Modelo cuadrático para Índice de esbeltez (IE)

En esta sección se presenta el análisis cuadrático del índice de esbeltez, con el objetivo de identificar cómo respondieron los plantones a las diferentes dosis de CMA.

Figura 12

Modelo cuadrático para Índice de Esbeltez (IE) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



En esta oportunidad, la Figura 12 presenta el modelo cuadrático que permitió determinar el comportamiento del Índice de Esbeltez (IE) en función de las dosis crecientes de CMA, evaluando la calidad morfológica de los plantones. Para bolaina blanca, la ecuación $y= -0,000006x^2 + 0,004013x + 5,601429$, con un $R^2=0,837$, definió una dosis óptima cercana a 334 ml de CMA, donde el IE estimado fue de 6,27, valor que se ubica ligeramente por encima del umbral de calidad alta, situando a los plantones en una condición intermedia de calidad. En contraste, para capirona, el modelo $y = -0,000002x^2 + 0,000708x + 4,638857$, con un ajuste confiable ($R^2=0,886$), identificó como dosis óptima los 177 ml de CMA, alcanzando un IE estimado de 4,70, lo cual se traduce en plantones de alta calidad morfológica, dado que este valor se encuentra dentro del rango considerado ideal (<6). En consecuencia, el modelo cuadrático permite evidenciar que mientras en bolaina blanca la respuesta óptima se mantiene

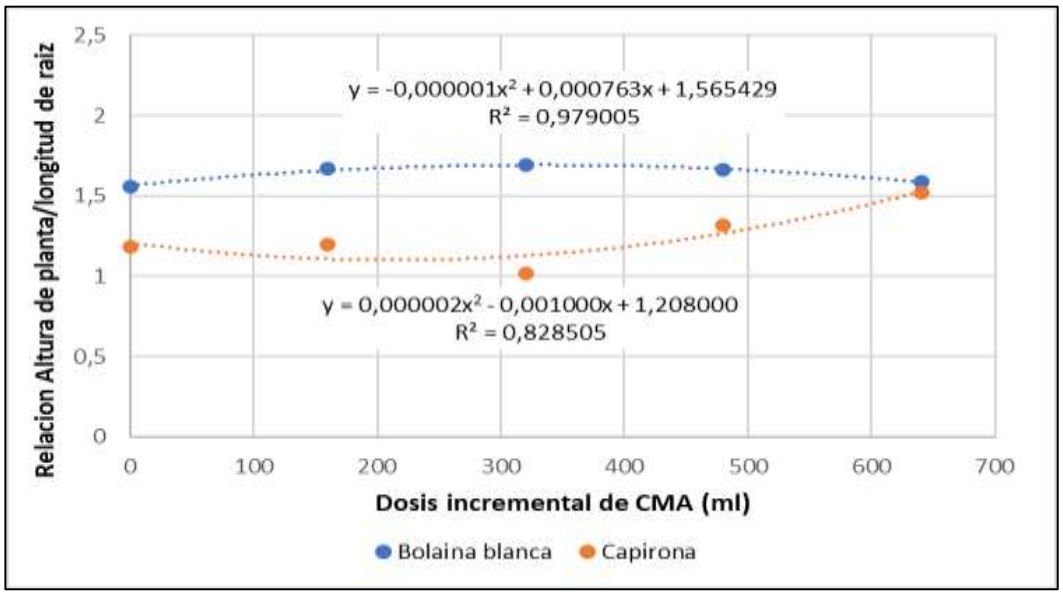
en un nivel intermedio de calidad, en capirona se logra satisfacer plenamente el criterio de robustez requerido para plantones de mejor desempeño en campo.

4.5.4. Modelo cuadrático para la Relacion altura de planta/Longitud de raíz

Aquí se examinó la relación altura/longitud de raíz mediante un modelo cuadrático, evaluando como varia este indicador con las dosis de CMA.

Figura 13

Modelo cuadrático para la Relación altura de planta/Longitud de raíz en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



En la Figura13 se presenta el modelo cuadrático que describe cómo la relación altura de planta/longitud de raíz varía según las dosis incrementales de CMA, reflejando la proporción y balance morfológico de los plantones. Para bolaina blanca, la ecuación $y = -0{,}000001x^2 + 0{,}000763x + 1{,}565429$, con un ajuste confiable (R^2=0,979), identificó una

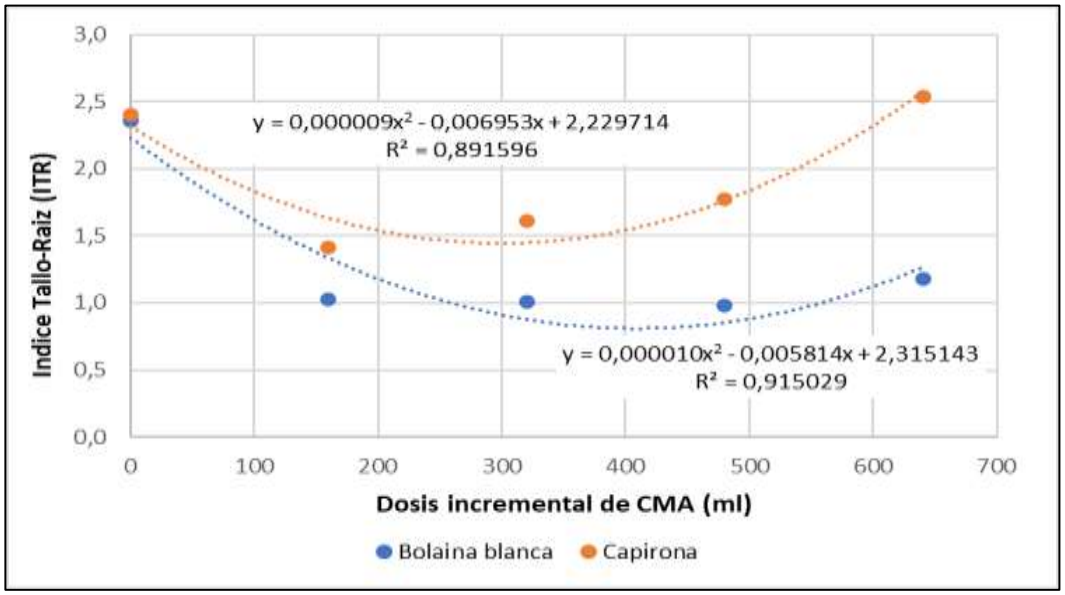
dosis óptima de aproximadamente 382 ml de CMA, donde la relación estimada fue de 1,71, ubicándose claramente dentro del rango de alta calidad (≤ 2). Por su parte, en capirona, el modelo $y = 0{,}000002x^2 - 0{,}001x + 1{,}208$, con un R^2=0,829, determinó como dosis óptima los 250 ml de CMA, alcanzando un valor estimado de 1,08, igualmente dentro de la categoría de alta calidad morfológica. Estos resultados demuestran que, bajo el análisis del modelo cuadrático, ambas especies alcanzan proporciones adecuadas entre altura y raíz a sus respectivas dosis óptimas de CMA, garantizando plantones más equilibrados y con mayor probabilidad de buen desempeño en campo.

4.5.5. Modelo cuadrático para el Indice Tallo-Raíz (ITR)

En este acápite se aplicó el modelo cuadrático al Índice Tallo-Raíz, con el fin de interpretar su comportamiento frente a la aplicación incremental de CMA.

Figura 14

Modelo cuadrático para el Índice Tallo Raíz (ITR) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



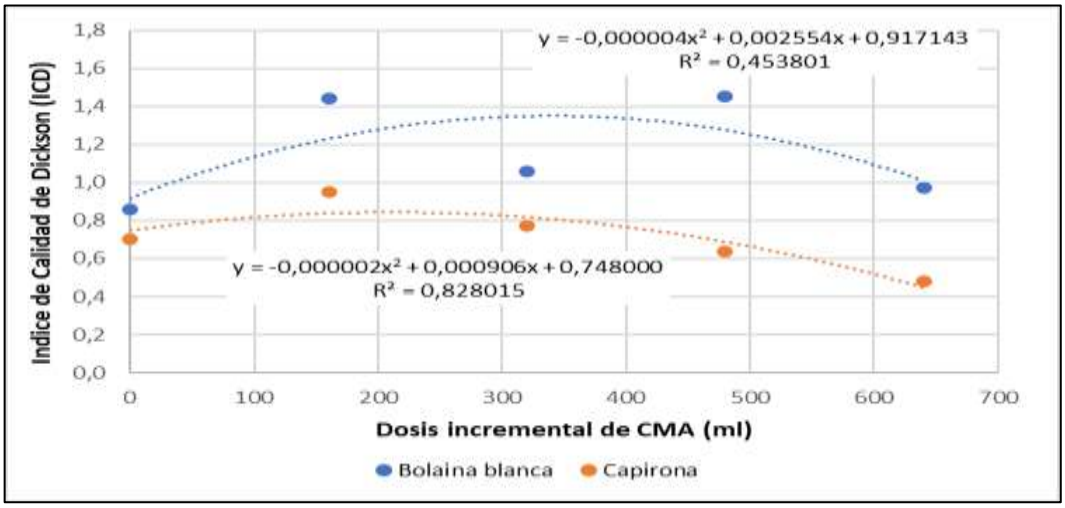
Ahora, en la Figura 14 se analizó el comportamiento del Índice Tallo-Raíz (ITR) bajo el ajuste de un modelo cuadrático, indicador que refleja el balance entre la biomasa aérea y biomasa radicular de los plantones. En el caso de bolaina blanca, el modelo $y = 0{,}000010x^2 - 0{,}005814x + 2{,}315143$, con un ajuste robusto (R^2=0,915), determinó una dosis óptima de aproximadamente 291 ml de CMA, donde el valor estimado de ITR fue de 0,47, clasificando a los plantones en la categoría de alta calidad (< 2). De manera independiente, para capirona, la ecuación $y = 0{,}000009x^2 - 0{,}006953x + 2{,}229714$, con un R^2=0,892, identificó una dosis óptima cercana a los 386 ml de CMA, alcanzando un valor de ITR estimado de 0,89, también dentro del rango de alta calidad. En ambos casos, los modelos cuadráticos evidencian que la aplicación de CMA en niveles intermedios favorece el desarrollo equilibrado entre tallo y raíz, lo que se traduce en plantones más estables y con mayores posibilidades de sobrevivencia en campo.

4.5.6. Modelo cuadrático para Índice de Calidad de Dickson

Finalmente, dentro de los atributos morfológicos, se analizó el índice de calidad de Dickson mediante un modelo cuadrático, buscando establecer la dosis más favorable de CMA para la calidad global del plantón.

Figura 15

Modelo cuadrático para el Índice de Calidad de Dickson en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



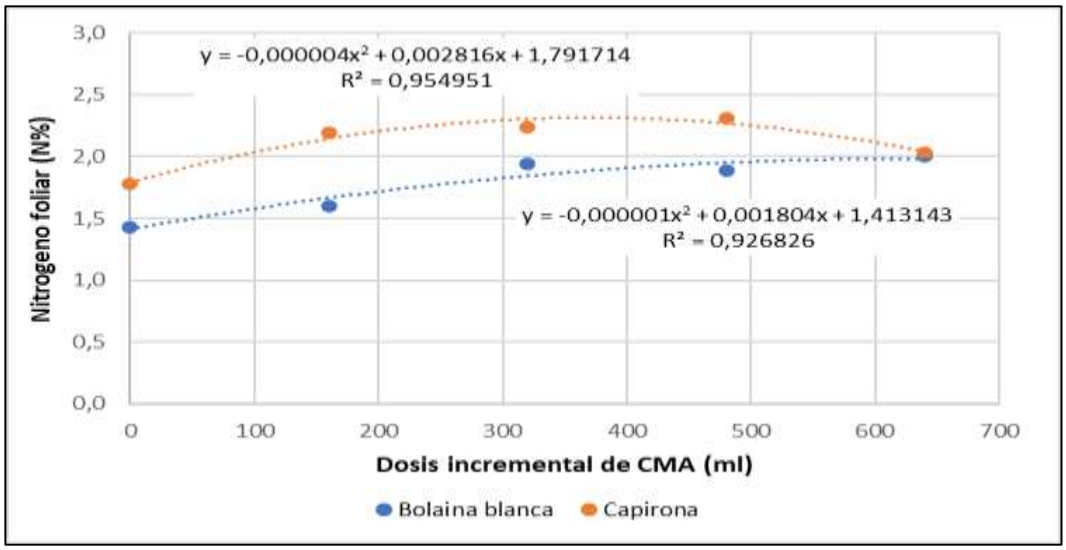
A continuación, se presenta la Figura 15, donde se analiza el comportamiento del Índice de Calidad de Dickson (ICD) bajo un modelo cuadrático, indicador integral que combina variables morfológicas y fisiológicas del plantón, y que aumenta proporcionalmente con la calidad. Para bolaina blanca, el modelo ajustado fue $y = -0{,}000004x^2 + 0{,}002554x + 0{,}917143$, aunque presentó un ajuste limitado (R^2=0,454), lo que indica que la variabilidad explicada por la dosis de CMA no fue consistente. Aun así, el modelo predice un valor máximo cercano a 1,29 en la dosis óptima de 319 ml, reflejando alta calidad en los plantones. Por otro lado, para capirona, la ecuación $y = -0{,}000002x^2 + 0{,}000906x + 0{,}748000$, mostró un ajuste más confiable (R^2=0,828), identificando un valor estimado de 0,90 en la dosis óptima de 227 ml, igualmente clasificado como de alta calidad. Estos resultados evidencian que, aunque la respuesta de bolaina blanca fue más variable, ambas especies logran índices Dickson favorables con dosis intermedias de CMA, confirmando que la enmienda contribuye a la producción de plantones vigorosos y bien balanceados.

4.5.7. Modelo cuadrático para Contenido foliar de Nitrógeno (N%)

En esta oportunidad se evaluó el contenido foliar de nitrógeno bajo un modelo cuadrático, con el fin de determinar la dosis de CMA que maximizó la disponibilidad de este nutriente esencial.

Figura 16

Modelo cuadrático para el Contenido foliar de Nitrógeno (N%) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



En la Figura 16 corresponde analizar la respuesta del contenido foliar de Nitrógeno (N%), indicador clave de la nutrición y vigor de los plantones, bajo un modelo cuadrático en función de las dosis de CMA. Para bolaina blanca, la ecuación ajustada fue $y = -0{,}000001x^2 + 0{,}001804x + 1{,}413143$, con un coeficiente de determinación alto (R^2=0,927), lo que refleja un ajuste sólido del modelo. El análisis derivado señala una dosis óptima cercana a 634 ml, con un valor estimado de 1.99% de N, evidenciando una tendencia creciente sostenida dentro del rango evaluado, lo que resalta la eficiencia del CMA en mejorar la disponibilidad de este nutriente. En el caso de capirona, el modelo $y = -0{,}000004x^2 + 0{,}002816x + 1{,}791714$, alcanzó un

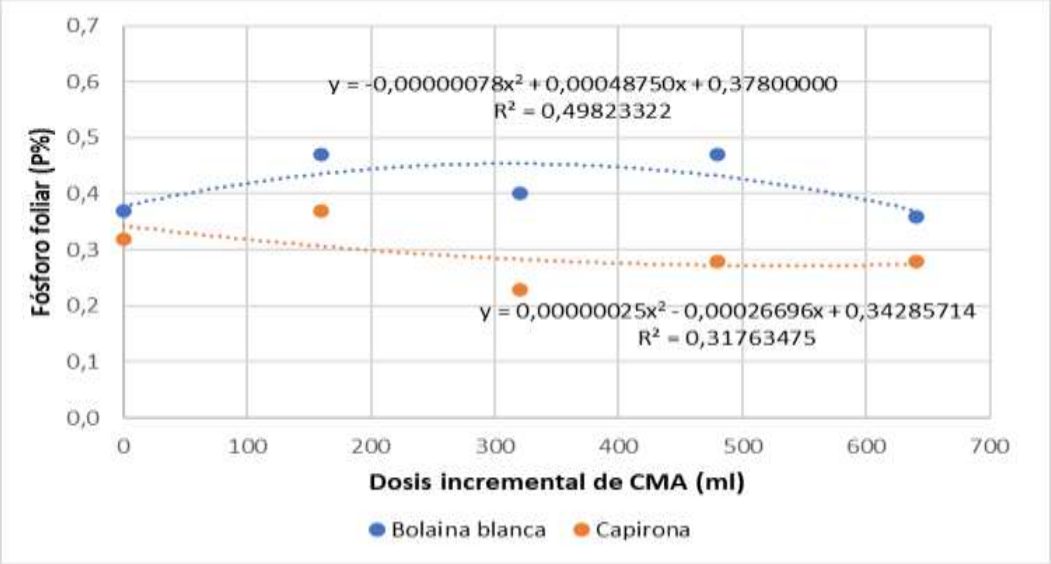
ajuste aún mayor (R^2=0,955), con una dosis óptima de 371 ml, donde el contenido foliar se estimó en 2,31% de N, representando también un nivel nutricional alto. Estos resultados sugieren que, aunque la respuesta de bolaina blanca se mantiene más prolongada y requiere dosis mayores para expresar su potencial, capirona alcanza valores máximos de N con dosis intermedias de CMA.

4.5.8. Modelo cuadrático para Contenido foliar de Fósforo (P%)

Se analizó la respuesta del contenido foliar de fósforo mediante un modelo cuadrático, lo que permitió describir su variación en relación con las dosis crecientes de CMA.

Figura 17

Modelo cuadrático para el Contenido foliar de Fosforo (P%) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



En la Figura 17 se analizó la respuesta del contenido foliar de fósforo (P%), parámetro que refleja la capacidad de absorción y asimilación de este macronutriente esencial, mediante un modelo cuadrático en función de las

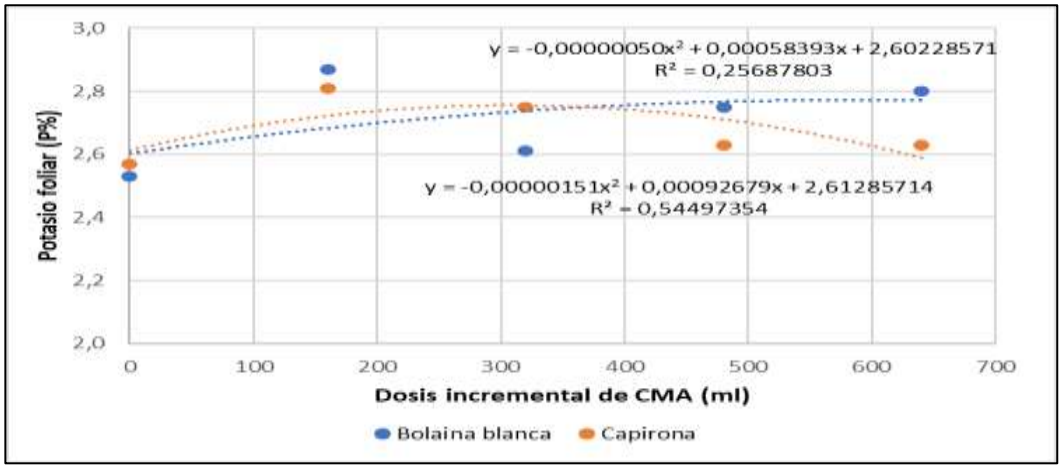
dosis incrementales de CMA. Para bolaina blanca, la ecuación ajustada fue y = −0,00000078x^2 + 0,00048750x + 0,378, alcanzando un nivel de ajuste ligeramente mejor (R^2 = 0,498), lo que sugiere una tendencia incipiente del modelo a capturar la respuesta fisiológica. En este caso, la dosis óptima se estimó en 312 ml, con un contenido foliar máximo aproximado de 0,45 % de P., aunque este resultado debe interpretarse con cautela dada la escasa robustez estadística. En contraste, en capirona la ecuación ajustada fue y = 0,00000025x^2 − 0,00026696x + 0,34285714, con un coeficiente de determinación bajo (R^2 = 0,318), lo que evidencia un ajuste débil y poca capacidad explicativa del modelo. Aun así, el análisis derivado proyecta un punto óptimo en torno a 534 ml de CMA, con un valor estimado cercano a 0,27% de P.

4.5.9. Modelo cuadrático para Contenido foliar de Potasio (K%)

Se analizó el contenido foliar de potasio a través de un modelo cuadrático, con el propósito de identificar su comportamiento en función de las dosis aplicadas de CMA.

Figura 18

Modelo cuadrático para el Contenido foliar de Potasio (K%) en función de dosis incrementales de CMA en dos especies forestales



La Figura 18 muestra que la dinámica del contenido foliar de potasio responde a un comportamiento cuadrático en ambas especies evaluadas. En bolaina blanca, la ecuación ajustada fue $y = -0{,}00000050x^2 + 0{,}00058393x + 2{,}60228571$, con un coeficiente de determinación bajo ($R^2=0{,}257$), estimándose una dosis óptima de 584 ml de CMA, en la que el contenido foliar de K alcanzó aproximadamente 2,77%. En el caso de capirona, la ecuación ajustada fue $y = -0{,}00000151x^2 + 0{,}00092679x + 2{,}61285714$, con un ajuste moderado ($R^2=0{,}545$), identificándose una dosis óptima de 307 ml, con un contenido estimado de 2,76% de K. En conjunto, estos resultados sugieren que ambas especies alcanzan niveles máximos de fósforo foliar en dosis intermedias de CMA, aunque el modelo presenta menor confiabilidad en bolaina blanca.

CAPÍTULO V

DISCUSÓN DE RESULTADOS

5.1. EFECTO DEL CMA EN LA CALIDAD DE PLANTONES

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que la aplicación del consorcio microbiano autóctono (CMA) ejerce un efecto diferenciado y dosis-dependiente sobre la calidad morfológica y fisiológica de los plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero. La caracterización del CMA mostró un biol con alta concentración de bacterias ácido lácticas, pH ácido, conductividad eléctrica elevada y una relación C/N equilibrada, condiciones que favorecen la actividad microbiana (Macias et al., 2020; Rodríguez et al., 2017), la disponibilidad de nutrientes (Filannino et al., 2018) y la mejora de la rizosfera (Jaffar et al., 2023), contribuyendo indirectamente al desempeño de los plantones. En *Guazuma crinita*, la respuesta fue más consistente, destacándose incrementos significativos en altura, índices de esbeltez, tallo-raíz e índice de calidad de Dickson, especialmente con dosis intermedias de CMA, lo que confirma la existencia de un umbral óptimo de inoculación que maximiza el balance morfológico y la calidad integral de la planta. En contraste, *Calycophyllum spruceanum* presentó una respuesta más heterogénea, con mejoras claras en el diámetro basal, el índice tallo-raíz y el índice de calidad de Dickson, pero con menor sensibilidad en altura e índice de esbeltez, evidenciando estrategias de asignación de biomasa distintas entre especies (Santoyo et al., 2021). Los ajustes cuadráticos de la respuesta a la dosis de CMA indicaron la existencia de un óptimo

intermedio: tanto la ausencia como las dosis máximas tendieron a reducir los valores de los índices de calidad, lo que sugiere fenómenos de saturación fisiológica y/o desajustes morfofuncionales a dosis extremas (Wang et al., 2022). En términos fisiológicos, el incremento en la absorción de N y P, particularmente a dosis bajas e intermedias, respalda el rol del CMA como facilitador del crecimiento y la calidad, confirmando que su efectividad depende de la interacción especie–dosis–condición de vivero (Xu et al., 2025).

5.2. CARACTERIZACIÓN DEL CMA

En relación a la presencia de altas concentraciones de Bacterias Acido Lácticas (BAL) en el CMA (biol) indica un proceso de fermentación robusto que no solo ayuda a la descomposición de la materia orgánica (Ibrahim & Raman, 2021; Justé et al., 2014; Liang et al., 2016; Liu et al., 2019; Macias et al., 2020; Rodríguez et al., 2017; Yang et al., 2024; Yu et al., 2020), sino que también mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Filannino et al., 2018; Shu et al., 2023; Yu et al., 2020). Las BAL desempeñan un papel crucial en la promoción del crecimiento de las plantas (Jaffar et al., 2023; Raman et al., 2022), la mejora de la salud del suelo y la provisión de una alternativa sostenible a los fertilizantes y pesticidas químicos (Higa y Kinjo, 2004; Jaffar et al., 2023; Raman et al., 2022; Yaghoubi et al., 2024).

El pH ácido de 3,63 es ventajoso para la conservación del biol y el control de patógenos (Patra et al., 2021; Soothar et al., 2021), mientras que la CE alta de 7,71 dS/m indica una presencia significativa de sales que

puede afectar la disponibilidad de nutrientes en aplicaciones silviculturales (Al-Enazy et al., 2018; Soothar et al., 2021). El monitoreo y la gestión de estos parámetros son esenciales para optimizar tanto la conservación como las características morfológicas y fisiológicas de los plantones (Al-Enazy et al., 2018; Masud et al., 2020).

La combinación de un 2,54 % de materia orgánica y una relación C/N de 11,29:1 en los bioles crea un entorno propicio para mejorar la fertilidad de la rizosfera y la retención de humedad (Ai et al., 2012; Liu et al., 2020; Wang et al., 2024). Esta configuración promueve el crecimiento de las plantas al estimular los microorganismos beneficiosos, mejorar el ciclo de nutrientes y mantener la salud del suelo (Yang et al., 2023; Yu et al., 2018) Estos factores contribuyen colectivamente a un entorno de crecimiento sólido y sostenible para las plántulas (Chen et al., 2021; Gu et al., 2023).

5.3. CALIDAD MORFOLÓGICA DE PLANTONES DE BOLINA BLANCA Y CAPIRONA

5.3.1. De la especie *Guazuma crinita (Bolaina blanca)*

Los resultados obtenidos mediante los modelos lineales mixtos (MLM), complementados con los análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de comparación múltiple de Tukey, demostraron que *Guazuma crinita* respondió de manera consistente a la aplicación del CMA en diversas de las variables morfológicas y fisiológicas evaluadas. Asimismo, los modelos cuadráticos ajustados permitieron identificar tendencias de respuesta no lineales, confirmando que las dosis intermedias de CMA promovieron los mejores valores en indicadores de calidad de planta. Estos

hallazgos son relevantes, pues permiten sostener que la bolaina es una especie altamente sensible a la bioinoculación en vivero, con claras implicancias para la silvicultura sostenible y la reforestación en la Amazonía.

En cuanto a la altura de planta, el ANOVA y la prueba de Tukey mostraron diferencias significativas, destacando la dosis de 320 ml como la de mayor respuesta. El modelo cuadrático reforzó este resultado, al evidenciar una tendencia parabólica con un punto de máximo en las dosis intermedias. Este comportamiento coincide con lo reportado por Cabrera et al. (2023), quienes observaron que la aplicación de dosis moderadas de biofertilizantes generaba los mejores crecimientos en *Swietenia macrophylla*, mientras que dosis extremas producían respuestas más débiles. En este sentido, la bolaina presenta un patrón de respuesta en forma de curva campana, en la cual la altura se maximiza en condiciones intermedias de inoculación, reflejando la existencia de un umbral óptimo de colonización microbiana que estimula el crecimiento aéreo.

El diámetro a cuello de raíz no presentó diferencias significativas entre tratamientos según el ANOVA, y el modelo cuadrático mostró una curva prácticamente plana, confirmando la ausencia de un efecto real de las dosis de CMA sobre esta variable. Este hallazgo concuerda con lo señalado por Espinosa et al., (2023), quienes indicaron que en algunas especies forestales la respuesta diametral no se ve modificada por la inoculación microbiana, ya que el engrosamiento basal depende más de la arquitectura genética de la especie y de factores de lignificación que de la acción de CMA en etapas tempranas (Striganavičiūtė et al., 2025; Wong et al., 2024).

El Índice de Esbeltez presentó diferencias significativas con ANOVA y Tukey, destacando la dosis de 320 ml como la más favorable. El modelo cuadrático reafirmó la misma tendencia, mostrando que las dosis intermedias elevaban el IE hasta un punto medio de calidad, mientras que las dosis extremas lo reducían a valores clasificados como de menor robustez estructural. Este resultado coincide con Falcón et al. (2021), quienes evidenciaron que la micorrización puede modificar la relación altura/diámetro, mejorando la resistencia mecánica de las plántulas. En el caso de la bolaina, los modelos confirmaron que las dosis intermedias generan plantas equilibradas, ni demasiado esbeltas ni excesivamente robustas, condición óptima para su posterior trasplante (Dos Santos et al., 2021; J. Li et al., 2022).

En la relación altura/longitud de raíz, el ANOVA indicó ausencia de diferencias significativas, lo cual fue corroborado por el modelo cuadrático, que mostró una curva horizontal sin variaciones notorias. Esto sugiere que la bolaina mantiene un balance aéreo-radical estable independientemente de la dosis aplicada, reflejando una notable capacidad de autorregulación morfológica. Raghu et al., (2020) destacaron que especies con relaciones altura/raíz estables presentan mayores probabilidades de supervivencia en campo, ya que mantienen un equilibrio funcional en la absorción de agua y nutrientes. La bolaina, bajo estas condiciones, exhibe un comportamiento altamente favorable para su establecimiento en plantaciones (Sheridan y Davis, 2021; Tanaka et al., 2023).

El Índice Tallo-Raíz mostró resultados altamente significativos. El ANOVA y la prueba de Tukey señalaron que todas las dosis con CMA mejoraban la relación frente al testigo, con valores cercanos al equilibrio

óptimo (<2). El modelo cuadrático confirmó esta tendencia, indicando un descenso progresivo desde el control (2.36) hacia las dosis intermedias (mínimos entre 320–480 ml). Este patrón refuerza lo observado por Cargua et al., (2022), quienes reportaron que bioinoculantes combinados con biochar estabilizaban el balance biomásico en café. En bolaina, el modelo parabólico refleja que la calidad radicular se potencia con la inoculación, siendo las dosis medias las que conducen a una mayor robustez integral (Chen et al., 2024; Li et al., 2022).

Respecto al índice de calidad de Dickson (ICD), los análisis mostraron que las dosis de 160 y 480 ml alcanzaron los valores más altos, mientras que el cuadrático predijo un máximo en dosis intermedias, confirmando la existencia de un punto óptimo de aplicación. Estos resultados son consistentes con Moreto et al. (2023), quienes encontraron que la micorrización y fertilización combinadas maximizaban el ICD en *Pinus radiata*. En bolaina, tanto el análisis estadístico como el modelo de ajuste confirman que las dosis intermedias incrementan de manera integrada la calidad morfológica de los plantones.

5.3.2. De la especie *Calycophyllum spruceanum* (Capirona)

La capirona mostró una respuesta más heterogénea a la aplicación de CMA, en comparación con la bolaina. El uso de modelos lineales mixtos, apoyados en el ANOVA y la prueba de Tukey, permitió identificar diferencias significativas en varias variables, mientras que los modelos cuadráticos ofrecieron un panorama más completo al revelar la existencia de puntos de respuesta óptimos o tendencias de saturación.

En relación a la altura de planta, el ANOVA no detectó diferencias significativas, lo que sugiere una baja sensibilidad de la capirona a la inoculación en esta variable. El modelo cuadrático mostró una ligera curvatura sin alcanzar significancia, lo que confirma que, en esta especie, el crecimiento en altura no se ve estimulado en los primeros meses de vivero. Este hallazgo concuerda con lo señalado por Castillo Bautista et al. (2024), quienes advirtieron que la inoculación microbiana no siempre genera efectos inmediatos en el crecimiento aéreo, pudiendo manifestarse en etapas más avanzadas.

Por el contrario, el diámetro a cuello de raíz sí presentó diferencias significativas. El ANOVA y la prueba de Tukey identificaron a la dosis de 640 ml como la más efectiva, y el modelo cuadrático trazó una curva ascendente hacia las dosis altas, reforzando esta interpretación. Esto evidencia que la capirona prioriza el engrosamiento basal frente a la altura, un rasgo favorable para la estabilidad mecánica y la supervivencia. Espinosa et al., (2023) destacaron que en algunos casos la micorrización promueve el desarrollo radial y basal, incrementando la resistencia de las plántulas en campo. La coincidencia entre ambos métodos refuerza la recomendación de utilizar dosis altas de CMA para potenciar esta variable.

En el índice de esbeltez, tanto el ANOVA como el modelo cuadrático señalaron ausencia de diferencias significativas, manteniéndose valores estables en todos los tratamientos. Esto indica que la inoculación no alteró la relación altura/diámetro, garantizando la calidad estructural de las plántulas. Falcón et al. (2021) subrayaron que esta estabilidad en el IE es esencial para reducir el riesgo de vuelco y quiebre, lo que sitúa a la capirona como una especie con buena capacidad de ajuste frente a la inoculación.

En la relación altura/longitud de raíz, el ANOVA y la prueba de Tukey identificaron diferencias significativas, destacando que la dosis de 640 ml alcanzó el valor más alto, mientras que la de 320 ml registró el más bajo. El modelo cuadrático representó claramente esta relación parabólica, confirmando que la capirona responde de manera diferencial según la dosis aplicada. Raghu et al., (2020) reportaron que los consorcios microbianos modifican sustancialmente la asignación de biomasa aérea y radical, lo que concuerda con la sensibilidad de esta especie. Sin embargo, el exceso de CMA podría promover un desbalance hacia la parte aérea, lo que constituye una advertencia para el manejo en vivero.

El índice Tallo-Raíz mostró una respuesta particularmente interesante. El ANOVA y la prueba de Tukey señalaron que la dosis de 160 ml alcanzó el mejor valor (<2), mientras que tanto el control como la dosis más alta superaron el umbral de calidad. El modelo cuadrático confirmó esta tendencia, con un mínimo en las dosis bajas-intermedias y un incremento en los extremos. Chen et al. (2024); Courty et al., (2015;) y Yao et al., (2019), mencionan que este patrón refleja la existencia de una ventana óptima de inoculación, en la que la simbiosis microbiana fortalece el balance biomásico, mientras que su ausencia o exceso comprometen la calidad de la planta. Kumar y Sandhya (2022) ya habían advertido que la eficacia de los biofertilizantes depende fuertemente de la dosis, siendo menos efectiva en condiciones extremas.

En el índice de calidad de Dickson, los resultados fueron consistentes: el ANOVA y la prueba de Tukey identificaron a la dosis de 160 ml como la mejor, mientras que el modelo cuadrático predijo un máximo en las dosis bajas-intermedias, reafirmando que la calidad integral de la

capirona se optimiza en este rango. Moreto et al. (2023) señalaron que las dosis moderadas de inoculación maximizan el ICD en *Pinus radiata*, lo que coincide con lo observado en esta especie amazónica. La disminución del ICD a dosis altas indica una posible saturación fisiológica, donde el exceso de colonización micorrícica limita la eficiencia metabólica (Chialva et al., 2023; Goddard et al., 2021; Kaur y Suseela, 2020).

5.4. CALIDAD FISIOLÓGICA DE PLANTONES DE BOLINA BLANCA Y CAPIRONA

5.4.1. De la especie *Guazuma crinita (Bolaina blanca)*

En términos fisiológicos, los contenidos foliares de nitrógeno (N%), fósforo (P%) y potasio (K%) mostraron respuestas positivas a la inoculación. Los modelos cuadráticos evidenciaron incrementos hasta dosis intermedias, seguidos de estabilización, lo que reafirma lo observado en los análisis de medias. Legesse et al., (2024) reportaron resultados similares en *Cassia fistula*, donde la inoculación con hongos micorrícicos arbusculares mejoró la absorción de nutrientes esenciales bajo condiciones limitantes. En bolaina, la mayor disponibilidad de N y P contribuyó directamente a los incrementos en altura e ICD, confirmando la relevancia fisiológica del CMA como bioinoculante (Mesquita et al., 2024).

5.4.2. De la especie *Calycophyllum spruceanum (Capirona)*

En el plano fisiológico, los contenidos de N y P se incrementaron con dosis intermedias de CMA, lo cual fue reafirmado por los modelos cuadráticos que mostraron curvas ascendentes con estabilización en

niveles medios. En cambio, el contenido de K presentó un comportamiento más errático, sin una tendencia clara, lo que sugiere mecanismos de regulación diferencial en esta especie (Moradzadeh et al., 2021). Además, Legesse et al., (2024) señalaron que la absorción de nutrientes es altamente dependiente de la interacción especie-micorriza, lo que explica por qué la capirona muestra respuestas menos predecibles en algunos macronutrientes.

5.5. DOSIS INCREMENTALES DEL CMA

5.5.1. De la especie *Guazuma crinita (Bolaina blanca)*

En conjunto, la integración de los ANOVA, las pruebas de Tukey y los modelos cuadráticos permite concluir que *Guazuma crinita* responde de manera óptima a dosis intermedias de CMA (160–480 ml), alcanzando los mejores valores en crecimiento, balance morfológico y calidad nutricional. La consistencia entre los métodos de análisis refuerza la hipótesis de que la aplicación del CMA constituye una estrategia efectiva y sostenible para la producción de plantones de *Guazuma crinita* en vivero.

5.5.2. De la especie *Calycophyllum spruceanum (Capirona)*

En síntesis, *Calycophyllum spruceanum* exhibe un comportamiento más complejo que la bolaina, con claras respuestas positivas en diámetro basal, índice tallo-raíz e índice de Dickson, pero con mayor sensibilidad a la variación de dosis. Los modelos cuadráticos confirmaron la existencia de ventanas óptimas de aplicación en dosis bajas a intermedias (160–320 ml), mientras que las dosis altas y la ausencia de inoculación se asociaron con

condiciones de menor calidad. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Nachu et al., (2021), quienes destacaron que la efectividad de los consorcios microbianos depende no solo de la especie, sino también del nivel de aplicación.

CONCLUSIONES

En función de los objetivos planteados en la investigación y considerando los resultados obtenidos durante la evaluación en condiciones de vivero, se formulan las siguientes conclusiones, las cuales sintetizan los principales hallazgos respecto al efecto de las dosis incrementales del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en la calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum.*

- La aplicación de dosis incrementales del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) produjo un efecto positivo y estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en la calidad de plantones de *Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero, evidenciándose incrementos en variables de crecimiento y en el Índice de Calidad de Dickson, lo que confirma el efecto favorable del CMA en el desarrollo integral de los plantones forestales.

- La caracterización del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) evidenció condiciones físico-químicas y microbiológicas adecuadas para su uso como bioinoculante, destacando un pH ácido, adecuada conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, relación C/N equilibrada y alta concentración de bacterias ácido-lácticas, lo que demuestra su estabilidad y potencial funcional para mejorar el crecimiento de plantones forestales en vivero.

- El CMA influyó significativamente en la calidad morfológica de los plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum, reflejándose en mejoras del diámetro basal, altura, relación tallo-raíz e Índice de Calidad de Dickson,

lo que indica un desarrollo estructural más equilibrado y adecuado para su establecimiento posterior en campo.

- El CMA mejoró la calidad fisiológica de los plantones al favorecer principalmente la concentración foliar de nitrógeno y fósforo en ambas especies, evidenciando una mayor eficiencia en la absorción y aprovechamiento de nutrientes, lo que contribuye al fortalecimiento nutricional y al vigor fisiológico de los plantones producidos en vivero.

- La dosis incremental de 160 ml de CMA por plantón acumulados (dilución al 25%) se determinó como la más eficiente para mejorar la calidad de plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum, debido a que permitió alcanzar altos valores de calidad morfológica y fisiológica sin requerir mayores cantidades del bioinoculante, optimizando así el uso de recursos en la producción de plantones forestales.

SUGERENCIAS

A partir de los resultados obtenidos en la investigación y considerando el potencial del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) como alternativa biotecnológica para mejorar la producción de plantones forestales en vivero, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a optimizar su aplicación práctica y promover futuras investigaciones que amplíen el conocimiento sobre su funcionalidad y desempeño en diferentes condiciones de producción.

- Para la producción de plantones de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (capirona) bajo condiciones de vivero, se recomienda aplicar el Consorcio Microbiano Autóctono (CMA) en una dosis de 160 ml por plantón (25% de dilución en agua), identificada como la más eficiente para mejorar el balance tallo–raíz y el Índice de Calidad de Dickson. Esta dosis favorece un desarrollo morfológico equilibrado y una mayor calidad estructural de los plantones, lo que incrementa la probabilidad de supervivencia y establecimiento exitoso en campo.

- Se recomienda realizar ensayos de validación en condiciones de campo utilizando la dosis óptima determinada en vivero (160 ml de CMA por plantón acumulados, equivalente a una dilución del 25% en solución acuosa), con el propósito de evaluar su efecto sobre la supervivencia, crecimiento inicial y desempeño fisiológico de los plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* durante la fase de establecimiento en plantaciones forestales.

- Se sugiere desarrollar estudios orientados a la identificación taxonómica de los microorganismos presentes en el Consorcio Microbiano Autóctono (CMA), al menos a nivel de género, mediante técnicas microbiológicas y moleculares, como aislamiento selectivo y secuenciación de regiones 16S rRNA para bacterias y marcadores ITS para hongos, con el fin de caracterizar funcionalmente el consorcio, fortalecer su sustento científico y ampliar su potencial de aplicación en sistemas de producción forestal sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto-Rodriguez, C., García-Soria, D., Guerra-Árevalo, W., Murga-Orrillo, H., Saldaña-Ríos, G., Vázquez-Reátegui, D., & Tadashi-Sakazaki, R. (2016). Sustratos orgánicos en la producción de plantas de Calycophyllum spruceanum (Benth.). *Scientia Agropecuaria*, *7*(3), 341-347.

Abanto, C., García, D., Guerra, W., Murga, H., Saldaña, G., Vázquez, D., & Tadashi, R. (2016). Sustratos orgánicos en la producción de plantas de Calycophyllum spruceanum (Benth.). *Scientia Agropecuaria*, *7*(3), 341–347.

Abreu, G. M., de Paiva, H. N., Kasuya, M. C. M., De Paula, S. D., Guirardi, B. D., & Araújo, G. de M. (2022). Soil of the parent plant and AMF mix improve Cerrado's seedlings growth in forest nurseries. *IForest*, *15*, 197–205.

Acuña, R., Cárdenas, H., Gutierrez, G., & Humanyauri, S. (2019). Transformación y comercialización de madera sostenible proveniente de plantaciones forestales de cooperativas agrarias en la Región San Martín : plan de negocios para la empresa social Amazonía Justa S.A.C. *Tesis Presentada Para Obtener El Grado de Maestro En Administración de Agronegocios. Escuela de Administracion de Negocios. Universidad ESAN. Lima-Perú.*, 1–168.

Aguilar, A., Valdés, G., & Nuti, M. (2020). Ecosystem functions of microbial consortia in sustainable agriculture. *Agronomy*, *10*(12), 1–19.

Ahanger, M. A., Qi, M., Huang, Z., Xu, X., Begum, N., Qin, C., Zhang, C., Ahmad, N., Mustafa, N. S., Ashraf, M., & Zhang, L. (2021). Improving growth and photosynthetic performance of drought stressed tomato by application of nano-organic fertilizer involves up-regulation of nitrogen, antioxidant and

osmolyte metabolism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *216*, 112195.

Ai, C., Liang, G., Sun, J., Wang, X., & Zhou, W. (2012). Responses of extracellular enzyme activities and microbial community in both the rhizosphere and bulk soil to long-term fertilization practices in a fluvo-aquic soil. *Geoderma*, *173–174*, 330–338.

Al-Enazy, A. A., Al-Barakah, F., Al-Oud, S., & Usman, A. (2018). Effect of phosphogypsum application and bacteria co-inoculation on biochemical properties and nutrient availability to maize plants in a saline soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *64*(10), 1394–1406.

Alvarez, A., Gutiérrez, J., Meza, A., & Murga, C. (2022). Efecto de abonos foliares líquidos orgánicos en la calidad de plantones de cedro colorado (*Cedrela odorata* l.), en fase de vivero. *Revista de Investigacion Cientifica y Tecnologica Llamkasun*, *3*(2), 50–65.

Aquino, R., Castañeda, E., Rodriguez, G., Santiago, G., & Lozano, S. (2023). Morphological quality of natural post-fire regeneration of Pinus douglasiana Martínez from Southern Oaxaca. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *10*(3), 1–16.

Avila, M., Montesdeoca, F., Orellana, M., Pacheco, K., Alvarado, S., Becerra, N., Marín, C., Borie, F., Aguilera, P., & Cornejo, P. (2020). Soil Biological Properties and Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities of Representative Crops Established in the Andean Region from Ecuadorian Highlands. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*(4), 2156–2163.

Bader, A., Salerno, G., Covacevich, F., & Consolo, F. (2020). Bioformulación de Trichoderma harzianum en sustrato sólido y efectos de su aplicación sobre plantas de pimiento. *Revista de La Facultad de Agronomía*, *119*(1), 037.

Bashan, Y., & De-Bashan, L. E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium azospirillum promotes plant growth-a critical assessment. In *Advances in Agronomy* (1st ed., Vol. 108, Issue C). Elsevier Inc.

Beltran, M., & Bernal, A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, *12*(1), 18.

Brancalion, P., Broadbent, E., De-Miguel, S., Cardil, A., Rosa, M., Almeida, C., Almeida, D., Chakravarty, S., Zhou, M., Gamarra, J., Liang, J., Crouzeilles, R., Hérault, B., Aragão, L., Silva, C., & Almeyda, A. (2020). Emerging threats linking tropical deforestation and the COVID-19 pandemic. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *18*(4), 243–246.

Cabrera, C., Cedeño, S., Castro, S., Jimenez, A., & Cali, V. (2023). Evaluación del crecimiento inicial de las especies Swietenia macrophylla King y Triplaris cumingiana Fisch. & C.A. Mey. con la aplicación de tres dosis de biofertilizantes. *Revista Agrosilvicultura y Medioambiente*, *1*(2), 50–61.

Callisaya, Y., & Fernández, C. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (Cucumis sativus l.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, *3*(3), 652–666.

Camacho, J. A., Carlos, D., Pineda, R., Díaz, F. Y., Maruja, S., Llacza, M., Aurora, M., & Molina, B. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología , biomasa y producción de tomate (Lycopersicum esculentum Mill). *Scientia Agropecuaria*, *11*(1), 67–73.

Cao, K., Zhi, R., & Zhang, G. (2020). Photosynthetic bacteria wastewater treatment with the production of value-added products: A review. *Bioresource Technology*, *299*(October), 122648.

Cargua, J., Luna, A., González, H., Cedeño, G., & Cedeño, A. (2022).

Crecimiento y calidad de plantas de café arabica con la aplicacion de biochar y biofertilizantes en vivero. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, *38*(1), 3–14.

Castillo Bautista, M. P., Rugeles Silva, P. A., & Armbrecht, I. (2024). *La inoculación con microorganismos rizosféricos en la restauración de bosques secos tropicales aumentó la diversidad microbiana, pero no tuvo efecto en el crecimiento de las plántulas*. *Restoration Ecology*, *32*(4), 1–12.

Castro, S., Aldrete, A., López, J., & Ordáz, V. (2018). Efecto del envase, sustrato y fertilizacion en el crecimiento de Pinus greggi var. australis, en vivero. *Agrociencia*, *52*(1), 115–127.

Chávez, I., Zelaya, L., Cruz, C., Rojas, E., Ruíz, S., & De los Santos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(6), 1423–1436.

Chen, P., Mo, C., He, C., Cui, H., Lin, J., & Yang, J. (2021). Shift of microbial turnover time and metabolic efficiency strongly regulates rhizosphere priming effect under nitrogen fertilization in paddy soil. *Science of the Total Environment*, *800*, 149590.

Chen, X., Jia, Z., Zhai, L., Zhang, B., Grüters, U., Ma, S., Qian, J., Liu, X., Zhang, J., & Müller, C. (2024). Effects of microbial inoculants on the biomass and diversity of soil microbial communities : a meta- analysis. *Nature Ecology & Evolution*, *1*(1), 1–34.

Chialva, M., Patono, D. L., De Souza, L. P., Novero, M., Vercellino, S., Maghrebi, M., Morgante, M., Lovisolo, C., Vigani, G., Fernie, A., Fiorilli, V., Lanfranco, L., & Bonfante, P. (2023). The mycorrhizal root-shoot axis elicits Coffea arabica growth under low phosphate conditions. *New Phytologist*, *239*(1),

271–285.

CONAFOR. (2021). Metodología para la evaluación de calidad y levantamiento del inventario de planta en los viveros forestales. Sistema Tradicional de producción de planta (en bolsa de polietileno). *Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, *1*(1), 1–26.

Cordeiro, M. A., Moriuchi, K. S., Fotinos, T. D., Miller, K. E., Nuzhdin, S. V., Von Wettberg, E. J., & Cook, D. R. (2014). Population differentiation for germination and early seedling root growth traits under saline conditions in the annual legume Medicago Truncatula (Fabaceae). *American Journal of Botany*, *101*(3), 488–498.

Cornelius, J. P., Pinedo-Ramírez, R., Montes, C. S., Ugarte-guerra, L. J., & Weber, J. C. (2018). Efficiency of early selection in Calycophyllum spruceanum and Guazuma crinita, two fast-growing timber species of the Peruvian Amazon. *Canadian Journal of Forest Research*, *48*(March), 517–523.

Courty, P. E., Smith, P., Koegel, S., Redecker, D., & Wipf, D. (2015). Inorganic Nitrogen Uptake and Transport in Beneficial Plant Root-Microbe Interactions. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *34*(November 2014), 4–16.

Creswell, J. (2007). *Qualitative inquiry research design. Choosing Among Five Approaches* (SAGE Publications (ed.); Second Ed.).

Cruz, C., Zelaya, L., Sandoval, G., Santos, S., Rojas, E., Chávez, I., & Ruíz, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *12*(5), 899–913.

Del Aguila, K. M., Vallejos-Torres, G., Arévalo, L. A., & Becerra, A. G. (2018). *noculación de Consorcios Micorrícicos Arbusculares en Coffea arabica,*

Variedad Caturra en la Región San Martín. Informacion Tecnologica, *29*(1), 137–146.

Díaz, A., Salcedo, L., Félix, C., Parra, F., Santoyo, G., Puente, M., Bhattacharya, D., Mukherjee, J., & de los Santos, S. (2021). The Current and Future Role of Microbial Culture Collections in Food Security Worldwide. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*(January), 1–14.

Diaz, P., & Valdes, O. (2020). Crecimiento de plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King) en respuesta a extractos vegetales. *Agrociencia*, *54*(5), 673–681.

Dickson, A., Leaf, A., & Hosner, J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, *36*(1), 10–13.

Dos Santos, M. J., Dias-Filho, M. B., & Cajueiro, E. S. (2021). Successful Plant Growth-Promoting Microbes: Inoculation Methods and Abiotic Factors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*(February), 1–13.

Dourojeanni, M. (2022). ¿Es posible detener la deforestación en la Amazonía peruana? In *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú: en el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana*.

Dourojeanni, M., Malleux, J., Sabogal, C., Lombardi, I., Tarazona, R., Rincón, C., Scheuch, H., & Barriga, C. (2021). Fundamentos de una nueva política forestal para el Perú. *Revista Forestal Del Perú*, *36*(2), 118–179.

Duryea, M. L. (1985). Evaluating Seedling Quality: Importance to Reforestation. *Proceedings of a Workshop: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Workshop Held October 16–18, 1984*, *1*(2), 1–4.

Ebrahimi, M., Saberi, R., & Tarkka, M. (2022). Actinobacteria as Effective

Biocontrol Agents against Plant Pathogens, an Overview on Their Role in Eliciting Plant Defense. *Microorganisms*, *10*(9 (1739)), 1–15.

Egoavil, G., Pereira, M., Klitzke, R., & Gonzales, H. (2020). Caracterización anatómica y variabilidad de los componentes de la madera de Calycophyllum spruceanum (Benth). Hook. *Revista Ciência Da Madeira - RCM*, *11*(2), 93–106.

Escobar, H. (2019). Amazon fires clearly linked to deforestation, scientists say. *Science*, *365*(6456), 853.

Espinosa, E., Chávez, B., Vargas, A., Tadeo, A., Bautista, J., Cetina, V., Uicab, L., & Santillán, A. (2023). El efecto de los consorcios micorrícicos y el tipo de fertilización en la calidad de plántulas en un vivero del árbol Ramón (Brosimum alicastrum Swartz) en Campeche, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *24*(3), 18.

Falcón, E., Cobas, M., Bonilla, M., Rodríguez, O., Romero; C., & Rodríguez, E. (2021). Calidad de plántulas de Swietenia mahagoni L. Jacq. producida en sustratos inoculados con hongo micorrízico arbuscular. *Revista de Ciencias Ambientales*, *55*(2), 311–325.

FAO. (2022). El estado de los bosques del mundo 2022, Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles. In *El estado de los bosques del mundo 2022*.

FAO. (2023). Bioinsumos: Trazando el futuro de la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe. *Organicación de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, *1*(1), 3.

FAO & UNEP. (2020). The state of The World's Forests 2020. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); United Nations Environmental Programme (UNEP)* (Vol. 14, Issue 1).

Filannino, P., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2018). Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth. *Current Opinion in Biotechnology*, *49*, 64–72.

Flores, A., Lovera, L., Rodriguez, H., & Castro, J. (2023). Obtención de consorcios microbianos biodegradadores de naftaleno a partir de aguas residuales de la ciudad de Iquitos. *Revista ECIPerú*, *20*(1), 45–49.

Flores, Y. (2018). Árboles nativos de la Región Ucayali. *1era Edicion. Estación Experimental Agraria Pucallpa. Instituto Nacional de Innovacion Agraria. Ministerio de Agricultura y Riego. Pucallpa, Perú.*

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, *30*(1), 441–473.

Foucault, M. (2002). *The Archaeology of Knowledge*. Routledge publishing.

Gadamer, H. (2004). *Truth and Method* (Second Ed.). Continuum Publishing Group.

Ghosh, A., Acharya, R., Shaw, S., & Gangopadhyay, D. (2024). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Potential Alternative Tool for Sustainable Agriculture. In Intech Open (Ed.), *Updates on Rhizobacteria* (p. 17).

Glick, B. R. (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Scientifica*, *2012*(963401), 1–15.

Goddard, M. L., Belval, L., Martin, I. R., Roth, L., Laloue, H., Degléne-Benbrahim, L., Valat, L., Bertsch, C., & Chong, J. (2021). Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Triggers Major Changes in Primary Metabolism Together With Modification of Defense Responses and Signaling in Both Roots and Leaves of Vitis vinifera. *Frontiers in Plant Science*, *12*(August).

González, A., Ojeda, M., Hernández, M., Córdova, Y., Díaz, L., López, J., & Álvarez, J. (2019). *Efecto de la aplicación de biofertilizantes en el crecimiento de plantones de Eucalyptus grandis en condiciones de invernadero*. *Journal of Plant Nutrition*, *42*(19), 2560–2576.

Goycochea, G., Elera, D. G., Baselly, J. R., Pereira, L., & Garcia, H. (2022). Configuration of the Deep Neural Network Hyperparameters for the Hypsometric Modeling of the Guazuma crinita Mart. in the Peruvian Amazon. *Forests*, *13*(5).

Grossnickle, S., & MacDonald, J. (2018). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, *49*(1).

Gu, Y., Chen, X., Shen, Y., Chen, X., He, G., He, X., Wang, G., He, H., & Lv, Z. (2023). The response of nutrient cycle, microbial community abundance and metabolic function to nitrogen fertilizer in rhizosphere soil of Phellodendron chinense Schneid seedlings. *Frontiers in Microbiology*, *14*(December).

Guariguata, M., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. In *Documento Ocasional 169. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR)*.

Guimarães, Z., Da Silva, D., & Ferreira, M. (2024). Seedling quality and short-term field performance of three Amazonian forest species as affected by site conditions. *IForest - Biogeosciences and Forestry*, *17*(2), 80–89.

Haraway, D. (2016). *Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene*. Duke University Press.

Hernandez, L., Guerra, V., Santiago, G., & Cuatlal, P. (2011). Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *2*(7), 87–96.

Higa, T., & Kinjo, S. (2004). Effect of Lactic Acid Fermentation Bacteria on Plant Growth and Soil Humus Formation. *International Conference on Kyusei Nature Farming*, *1*, 1–6.

Huang, J., Zhao, Z., Bai, T., Xiong, J., Li, Y., Wei, P., & Fu, Y. (2023). Mediating Effect of Bio-Organic Fertilizer on the Physiological Characteristics of “Qi-Nan” Agarwood from Aquilaria sinensis (Lour). *Forests*, *14*(4).

Ibrahim, M., & Raman, K. (2021). Two-species community design of lactic acid bacteria for optimal production of lactate. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, *19*, 6039–6049.

Jacobs, D. F., Rose, R., Haase, D. L., & Morgan, P. D. (2003). Influence of nursery soil amendments on water relations, root architectural development, and field performance of Douglas-fir transplants. *New Forests*, *26*(3), 263–277.

Jaffar, N. S., Jawan, R., & Chong, K. P. (2023). The potential of lactic acid bacteria in mediating the control of plant diseases and plant growth stimulation in crop production - A mini review. *Frontiers in Plant Science*, *13*(January), 1–13.

Javier Astete, R., Jimenez Davalos, J., & Zolla, G. (2021). Determination of hemicellulose, cellulose, holocellulose and lignin content using FTIR in Calycophyllum spruceanum (Benth.) K. Schum. And Guazuma crinita Lam. *PLoS ONE*, *16*(10 October), 1–12.

Jayakody, N., Madhushan, A., Pelawatta, A., & Yapa, N. (2023). *Efecto de biofertilizantes y enmiendas orgánicas en la germinación y crecimiento de plántulas de especies forestales comunes en la Zona Seca de Sri Lanka: Prácticas sostenibles de reforestación en Sri Lanka*. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *11*(2), 287–291.

Justé, A., Malfliet, S., Waud, M., Crauwels, S., De Cooman, L., Aerts, G., Marsh, T. L., Ruyters, S., Willems, K., Busschaert, P., & Lievens, B. (2014). Bacterial community dynamics during industrial malting, with an emphasis on lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, *39*, 39–46.

Kalema, J., & Chacon, M. (2010). Organic Fertilizers and Bio-Ferments. *Progreso Program of The Netherlands, Agro Eco Louis Bolk Institute (AELBI) Eastern Africa Uganda Branch with Support from AgroAmbiente Soluciones S.A. Uganda. 30*

Kaur, S., & Suseela, V. (2020). Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome. *Metabolites*, *10*(8), 1–30.

Koziol, L., McKenna, T. P., & Bever, J. D. (2023). *Los microorganismos nativos amplifican el establecimiento y la diversidad de plántulas nativas mientras inhiben el crecimiento de un pasto no nativo. 12*(1184), 1–13.

Kumar, A., & Sandhya, G. (2022). *Potencial sinérgico de microorganismos (biofertilizante) en el rendimiento de crecimiento de Neem*. *Ecology, Environment and Conservation*, *28*(August Suppl.), S352–S359.

La Barreda, S. (2021). Deforestación en la Región Amazónica del Perú: Situación y Perspectivas. *Revista Electrónica de Medioambiente*, *21*, 20–39.

Landis, T. D. (1989). Nutrientes Minerales y Fertilización. *Manual de Viveros Para La Producción de Especies Forestales En Contenedor. Vol 4. Fertilización y Riego. 4*, 1–67.

Legesse, Y., Jida, M., Puente, M. L., Covacevich, F., & Belay, Z. (2024). *Hongos micorrícicos nativos de Etiopía mejoran el crecimiento de árboles y la supervivencia de plántulas, contribuyendo al Programa Legado Verde*.

Li, J., Wang, J., Liu, H., Macdonald, C. A., & Singh, B. K. (2022). Application of

microbial inoculants significantly enhances crop productivity: A meta-analysis of studies from 2010 to 2020. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, *1*(3), 216–225.

Li, R., Pang, Z., Zhou, Y., Fallah, N., Hu, C., Lin, W., & Yuan, Z. (2020). Metagenomic analysis exploring taxonomic and functional diversity of soil microbial communities in sugarcane fields applied with organic fertilizer. *BioMed Research International*, *2020*.

Li, S., Fan, W., Xu, G., Cao, Y., Zhao, X., Hao, S., Deng, B., Ren, S., & Hu, S. (2023). Bio-organic fertilizers improve Dendrocalamus farinosus growth by remolding the soil microbiome and metabolome. *Frontiers in Microbiology*, *14*(February), 1–16.

Liang, S., Gliniewicz, K., Gerritsen, A. T., & McDonald, A. G. (2016). Analysis of microbial community variation during the mixed culture fermentation of agricultural peel wastes to produce lactic acid. *Bioresource Technology*, *208*, 7–12.

Limon Corona, M. L., Flores Olivas, A., Hernández Castillo, F. D., Gonzalez Merino, A. M., Gonzalez Morales, S., Virgen Calleros, G., Cerda García, P. A., & Hernández Martínez, R. (2022). Efecto de consorcios microbianos en el patosistema Solanum lycopersicum - Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *9*(3), 1–9.

Liu, B., Huan, H., Gu, H., Xu, N., Shen, Q., & Ding, C. (2019). Dynamics of a microbial community during ensiling and upon aerobic exposure in lactic acid bacteria inoculation-treated and untreated barley silages. *Bioresource Technology*, *273*, 212–219.

Liu, C., Gong, X., Dang, K., Li, J., Yang, P., Gao, X., Deng, X., & Feng, B. (2020). Linkages between nutrient ratio and the microbial community in rhizosphere

soil following fertilizer management. *Environmental Research*, *184*(February), 109261.

Liu, X., Mei, S., & Salles, J. F. (2023). Inoculated microbial consortia perform better than single strains in living soil: A meta-analysis. *Applied Soil Ecology*, *190*(June).

López, J., Giacomotti, J., & Lombardi, I. (2023). Crecimiento de plántulas de Pinus tecunumanii usando fertilizantes foliares y sustratos en un vivero de Oxapampa, Perú. *Revista Forestal Del Perú*, *38*(2), 209–227.

Loyola Arcayo, O. S. (2019). Efecto de cuatro tipos de sustrato en la producción de plantones de capirona (Calycophyllum spruceanum) en el Vivero Forestal de Cervecería San Juan S.A, Ucayali - Perú.

Lu, Q., Bunn, R., Whitney, E., Feng, Y., DeVetter, L. W., & Tao, H. (2023). Arbuscular mycorrhizae influence raspberry growth and soil fertility under conventional and organic fertilization. *Frontiers in Microbiology*, *14*(May), 1–11.

Lugtenberg, B., & Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, *63*, 541–556.

Luna, M., & Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, *4*(2), 31–40.

Ma, Q., Wu, L., Wang, J., Ma, J., Zheng, N., Hill, P. W., Chadwick, D. R., & Jones, D. L. (2018). Fertilizer regime changes the competitive uptake of organic nitrogen by wheat and soil microorganisms: An in-situ uptake test using 13C, 15N labelling, and 13C-PLFA analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, *125*(March), 319–327.

Macias Benitez, S., Garcia Martinez, A. M., Caballero Jimenez, P., Gonzalez, J. M., Tejada Moral, M., & Parrado Rubio, J. (2020). Rhizospheric Organic

Acids as Biostimulants: Monitoring Feedbacks on Soil Microorganisms and Biochemical Properties. *Frontiers in Plant Science*, *11*(May), 1–16.

Magsayo, B. M. T., Aggangan, N. S., Bacosa, H. P., Gilbero, D. M., Guihawan, J. Q., & Amparado, R. F. (2023). Growth Response of Narra (Pterocarpus Indicus Willd.) Seedlings To Microbial Biofertilizer Applications in Mined-Out Soils of Placer and Claver, Surigao Del Norte, Philippines. *Applied Ecology and Environmental Research*, *21*(3), 2277–2310.

Maharana, R., Dobriyal, M., Behera, L., & Sukhadiya, M. (2018). *Mejora del vigor de las plántulas mediante la aplicación de biofertilizantes en Gmelina arborea Roxb*. *International Journal of Chemical Studies*, *6*(5), 54–60.

Marín, B. (2018). Evaluación de la caidad de plantones forestales producidos bajo un vivero temporal en el distrito de Santa Rosa de alto Yanajanca, provincia de Marañón, Huánuco-Perú. *Universidad Agraria de La Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables.*

Marín, C. V., Herrera, R. J., Carranza, M. S., & Morante, J. (2023). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en Ochroma pyramidale (balsa) en fase de vivero. *Green World Journal*, *6*(2), 84–84.

Marois, J., Lerch, T., Dunant, U., Farnet Da Silva, A., & Christen, P. (2023). *Caracterización química y microbiana de hojarascas forestales fermentadas utilizadas como biofertilizantes.*

Martínez, A., & Rios, F. (2006). Los Conceptos de Conocimiento , Epistemología y Paradigma , como Base Diferencial en la Orientación Metodológica del Trabajo de Grado. *Cinta Moebio*, *25*, 111–121.

Martini, F., Xia, S. W., Zou, C., & Goodale, U. M. (2020). Seedling growth and survival responses to multiple soil properties in subtropical forests of south China. *Forest Ecology and Management*, *474*(April), 118382.

Maruyama, E., Ishii, K., Kinoshita, I., Ohba, K., & Saito, A. (1996). Micropropagation of Bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.), a fast-growing tree in the Amazon Region. *Journal of Forest Research*, *1*(4), 211–217.

Masud, M. M., Baquy, M. A. Al, Akhter, S., Sen, R., Barman, A., & Khatun, M. R. (2020). Liming effects of poultry litter derived biochar on soil acidity amelioration and maize growth. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *202*(February), 110865.

Mendiburu, C., & Cosavalente, I. (2022). Sector forestal: potencialidades, desafíos e incentivos para su desarrollo. *Revista Moneda. Banco Central de Reserva del Perú*, *190*, 41–45.

Mendoza, J. (2023). Efecto del biol y compost en la producción de plantones de Nectandra sp (moena negra) en Tingo María. *Tesis Para Optar El Titulo de Ingeniero En Recursos Naturales Renovables. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de La Selva. Tingo Maria, Perú*, 1–105.

Mesquita Da Cunha, I. de C., Reina Da Silva, A. V., Marcandalli Boleta, E. H., Pellegrinetti, T. A., Guandalin Zagatto, L. F., Silva Zagatto, S. Dos S., Gonçalves de Chaves, M., Mendes, R., Maistro Patreze, C., Tsai, S. M., & Mendes, L. W. (2024). The interplay between the inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria and the rhizosphere microbiome and their impact on plant phenotype. *Microbiological Research*, *283*(March), 1–14.

Mexal, J., & Landis, T. (1990). Target Seedling Concepts : Height and Diameter. *In: Rose, R.; Campbell, S.J.; Landis, T. D., Eds. Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. General Technical Report RM-200. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest An*, 13–17.

Mhatre, P., Karthik, C., Kadirvelu, K., Divya, K., Venkatasalam, E., Srinivasan, S., Ramkumar, G., Saranya, C., & Shanmuganathan, R. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A potential alternative tool for nematodes bio-control. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *17*(2019), 119–128. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.11.009

MINAM. (2024). Perdida de Bosque Amazónico - Perú. *GEOBOSQUES*.

Miranda, J. E., Marin, A., Gonzales, M., & Sanchez, D. (2017). *Evaluación física, química y microbiológica del ensilaje de yuca con caupí y cultivo microbiano (Physical , chemical and microbiological evaluation of cassava silage with cowpea and microbial culture)*. 67–75.

Mironov, V., Vanteeva, A., & Merkel, A. (2021). Microbiological activity during co-composting of food and agricultural waste for soil amendment. *Agronomy*, *11*(928), 1–29.

Montoya, A., Parra, F., & De los Santos, S. (2022). Beneficial Microorganisms in Sustainable Agriculture: Harnessing Microbes' Potential to Help Feed theWorld. *Plants*, *11*(3), 11–13.

Moradzadeh, S., Siavash Moghaddam, S., Rahimi, A., Pourakbar, L., El Enshasy, H. A., & Sayyed, R. Z. (2021). Bio-chemical fertilizer improves the oil yield, fatty acid compositions, and macro-nutrient contents in nigella sativa l. *Horticulturae*, *7*(10), 1–15.

Moreira, G. G., Hakamada, R., Silva, R. M., Da, Lemos, C. C. Z. de, Florentino, A. L., & Gonçalves, J. L. de M. (2023). Seedling Morphological Characteristics on Survival, Uniformity, and Growth during a Full Short Rotation in Eucalyptus grandis x E. urophylla Plantation. *Forests*, *14*(9).

Moreno, A., García, V., Reyes, J., Vásquez, J., & Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para

la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *20*(1), 68–83.

Moreto, A. S., Samaniego, O. L., Cordova, L. M., Campos, J., Chavez, A., & Campos, S. N. (2023). Fertilización e inoculacion de micorrizas en plantulas de pinus radiata D. Don. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, *43*(2), 66–78.

Msimbira, L. A., Naamala, J., Antar, M., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2022). Effect of Microbial Cell-Free Supernatants Extracted From a Range of pH Levels on Corn (Zea mays L.) and Tomato (Solanum lycopersicum L.) Seed Germination and Seedling Growth. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*(February), 1–10.

Muñoz, H., Sáenz, J., Coria; V, García, J., Hernández, J., & Manzanilla, G. (2015). Calidad de planta en el vivero foestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *6*(27), 72–89.

Nachu, N. S., Revanna, A., Manchegowda, H. K., & Bagyaraj, J. D. (2021). *Desarrollo de consorcios microbianos para la mejora del crecimiento del neem*. *Forestist*, *71*(1), 18–24.

Orozco, G., Muñoz, J., Villaseñor, F., Rueda, A., & Prieto, J. (2010). Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Folleto Técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México. 47 P.*

Parra, R. (2010). Bacterias acido lacticas: papel funcional en los alimentos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, *8*(1), 93–105.

Patra, A., Sharma, V. K., Nath, D. J., Ghosh, A., Purakayastha, T. J., Barman, M., Kumar, S., Chobhe, K. A., Anil, A. S., & Rekwar, R. K. (2021). Impact of

Soil Acidity Influenced by Long-term Integrated Use of Enriched Compost, Biofertilizers, and Fertilizer on Soil Microbial Activity and Biomass in Rice Under Acidic Soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*(1), 756–767.

Pérez, W., Arévalo, Y., Palomino, L., Quintanilla, J., Ortiz, L., & Duarte, S. (2022). Manual de producción de enmiendas orgánicas para restablecer la fertilidad del suelo.

Prieto, J., Gracía, J., Bojórquez, M., Alarcón, H., & Aguilar, J. (2009). Producción de Planta del Género Pinus en Vivero en Clima Templado Frío. In *Publicación Especial Núm. 28* (Publicación). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro de Investigación Regional Norte Centro.

Puerta, R., & Iannacone, J. (2023). Análisis de la cobertura boscosa del Parque Nacional Tingo María (Perú) utilizando el algoritmo random forest. *Scientia Agropecuaria*, *14*(3), 291–300.

Puglielli, G., Laanisto, L., Poorter, H., & Niinemets, Ü. (2021). Global patterns of biomass allocation in woody species with different tolerances of shade and drought: evidence for multiple strategies. *New Phytologist*, *229*(1), 308–322.

Raghu, H. B., Ashwin, R., Ravi, J. E., & Bagyaraj, D. J. (2020). *Mejorando la calidad de planta y el crecimiento en campo de Acacia auriculiformis en plantaciones de terrenos áridos mediante la inoculación de un consorcio microbiano seleccionado en vivero*. *Canadian Journal of Forest Research*, *50*(8), 736–741. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0335

Raman, J., Kim, J., Choi, K., Eun, H., Yang, D., Ko, Y., & Kim, S. (2022). Application of Lactic Acid Bacteria (LAB) in Sustainable Agriculture:

Advantages and Limitations. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(14).

Ramirez, M., Peñaranda, A., Perez, U., & Serralde, D. (2018). Biofertilización con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en especies forestales en vivero. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *16*(2), 11.

Ramos, A., & Lombardi, I. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con “Eucalipto urograndis.” *Revista Forestal Del Perú*, *35*(2), 132–145.

Richards, A. E., & Schmidt, S. (2010). Complementary resource use by tree species in a rain forest tree plantation. *Ecological Applications*, *20*(5), 1237–1254.

Rodríguez Carrillo, M., & Santillana, N. (2021). Calidad morfológica y biológica de Pinus radiata d. don, micorrizado con Scleroderma verrucosum (vaill) pers. y Rhizopogon luteolus Fr. & Nordh. en condiciones de vivero. *Ecologia Aplicada*, *20*(2), 189–195.

Rodríguez Morgado, B., Caballero Jiménez, P., Tejada Moral, M., & Parrado Rubio, J. (2017). Effect of l-lactic acid from whey wastes on enzyme activities and bacterial diversity of soil. *Biology and Fertility of Soils*, *53*(4), 389–396.

Rojas, N., Barboza, E., Maicelo, J., Oliva, S., & Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletin de La Asociación de Geografos Españoles*, *81*, 1–34.

Rosabal Ayan, L., Macías Coutiño, P., Maza González, M., López Vázquez, R., & Guevara Hernández, F. (2021). Microorganismos del suelo y sus usos

potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia UCEVA*, *1*(1), 104–119.

Rueda Sánchez, A., Benavides Solorio, J. de D., Prieto-Ruiz, J. Á., Sáenz Reyez, J. T., Orozco-Gutiérrez, G., & Molina Castañeda, A. (2018). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *3*(14), 071–082.

Runco, P. (2018). Biofertilización con microorganismos eficientes y mezcla de fósforo, boro, cobre y zinc en plantones de shaina (Colubrina glandulosa Perkins). *Universidad Nacional Agraria de La Selva. Tingo Maria, Huánuco.*, *1*(1), 96.

Sáenz, J., Muñoz, H., Pérez, C., Rueda, A., & Hernández, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *5*(26), 98–111.

Sáenz, J., Villaseñor, F., Muñoz, H., Rueda, A., & Prieto, J. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. *Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 P.*, 48.

Sáenz Ramírez, L. (2015). Influencia de cuatro tipos de sustratos en el crecimiento y calidad de plantones de Schizolobium amazonicum (pashaco) en tubetes, Pucallpa - Ucayali. *Universidad Nacional Intercultural de La Amazonia. Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Escuela de Ingeniería Agroforestal Acuícola.*

Saha, S., Paul, D., Poudel, T., Basunia, N., Hasan, T., Hasan, M., Li, B., Reza, R., Haque, A., Hanif, M. A., Sarker, M., Roberts, N., Khoso, M., Wu, H., & Shen, H. (2023). Biofertilizer science and practice for agriculture and forestry: A review. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, *11*(6), 31–

44.

Salifu, A.-R., Amedor, E. N., & Afetsu, J. Y. (2020). Effects of Biochar and Compost on Cocoa(Theob roma Cacao) Seedlings Growth. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, *6*(8), 6–12.

Sánchez, J. (2018). Valoración financiera de dos sistemas de producción de planta forestal en vivero con fines de restauración.

Santoyo, G., Guzmán Guzmán, P., Parra Cota, F. I., De los Santos Villalobos, S., Orozco Mosqueda, M. D. C., & Glick, B. R. (2021). Plant growth stimulation by microbial consortia. *Agronomy*, *11*(2), 1–24.

SENAMHI. (2025). *Meteorological Data*. National Meteorology and Hydrology Service. Pucallpa Station. Conventional Meteorological Type. Code 108021.

SERFOR. (2019). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2018. *Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Dirección Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre - DGIOFFS.*, 10–11.

SERFOR. (2023). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2022. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 345.

Shabbir, R., Ali, H., Nawaz, F., Hussain, S., Areeb, A., Sarwar, N., & Ahmad, S. (2019). Use of Biofertilizers for Sustainable Crop Production. In M. Hasanuzzaman (Ed.), *Agronomic Crops: Volume 2: Management Practices* (Vol. 2, pp. 149–162). Springer Singapore.

Sheridan, R. A., & Davis, A. S. (2021). Characterizing the utility of the root-to-shoot ratio in douglas-fir seedling production. *Forests*, *12*(12).

Shibata, R., Kurokawa, H., Shibata, M., Tanaka, H., Iida, S., Masaki, T., & Nakashizuka, T. (2016). Relationships between resprouting ability, species traits and resource allocation patterns in woody species in a temperate

forest. *Functional Ecology*, *30*(7), 1205–1215.

Shu, X., Liu, W., Huang, H., Ye, Q., Zhu, S., Peng, Z., Li, Y., Deng, L., Yang, Z., Chen, H., Liu, D., & Shi, J. (2023). Meta-Analysis of Organic Fertilization Effects on Soil Bacterial Diversity and Community Composition in Agroecosystems. *Plants*, *12*(22).

Simiele, M., De Zio, E., Montagnoli, A., Terzaghi, M., Chiatante, D., Scippa, G. S., & Trupiano, D. (2022). Biochar and/or Compost to Enhance Nursery-Produced Seedling Performance: A Potential Tool for Forest Restoration Programs. *Forests*, *13*(4), 1–22.

Smith Martin, C. M., Gei, M. G., Bergstrom, E., Becklund, K. K., Becknell, J. M., Waring, B. G., Werden, L. K., & Powers, J. S. (2017). Effects of soil type and light on height growth, biomass partitioning, and nitrogen dynamics on 22 species of tropical dry forest tree seedlings: Comparisons between legumes and nonlegumes. *American Journal of Botany*, *104*(3), 399–410.

Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhizas. In *Mycorrhizal Symbiosis* (Third Edit, pp. 42–90). Academic Press.

Soothar, M. K., Hamani, A. K. M., Sootahar, M. K., Sun, J., Yang, G., Bhatti, S. M., & Traore, A. (2021). Assessment of acidic biochar on the growth, physiology and nutrients uptake of maize (Zea mays l.) seedlings under salinity stress. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(6).

Sotomayor, A., Mejía, P., Morocho, D., Gaona, P., Viteri, P., Medina, L., & Viera, W. (2022). *Consorcios microbianos aplicados en un sistema de producción de plántulas de aguacate cultivar “criollo". Manglar*, *19*(1), 15–23.

South, D. B., Nadel, R. L., Enebak, S. A., & Bickerstaff, G. (2018). The Nutrition of Loblolly Pine Seedlings Exhibits Both Positive (Soil) and Negative

(Foliage) Correlations with Seedling Mass. *Tree Planters' Notes*, *61*(2), 5–17.

Stafford, D. B., Tariq, M., Wright, D. J., Rossiter, J. T., Kazana, E., Leather, S. R., Ali, M., & Staley, J. T. (2012). Opposing effects of organic and conventional fertilizers on the performance of a generalist and a specialist aphid species. *Agricultural and Forest Entomology*, *14*(3), 270–275.

Striganavičiūtė, G., Vaitiekūnaitė, D., Šilanskienė, M., & Sirgedaitė-Šėžienė, V. (2025). Microbial Allies or Adversaries? The Genotype-Dependent Impact of Inoculation on Silver Birch. *Plants*, *14*(4).

Sun, L., Bai, C., Xu, H., Na, N., Jiang, Y., Yin, G., Liu, S., & Xue, Y. (2021). Succession of Bacterial Community During the Initial Aerobic, Intense Fermentation, and Stable Phases of Whole-Plant Corn Silages Treated With Lactic Acid Bacteria Suspensions Prepared From Other Silages. *Frontiers in Microbiology*, *12*(March), 1–15.

Sun, L., Xue, Y., Xiao, Y., Te, R., Wu, X., Na, N., Wu, N., Qili, M., Zhao, Y., & Cai, Y. (2023). Community Synergy of Lactic Acid Bacteria and Cleaner Fermentation of Oat Silage Prepared with a Multispecies Microbial Inoculant. *Microbiology Spectrum*, *11*(3).

Tanaka, S., Ito, S., Hirata, R., Yamagishi, K., Mizokuchi, T., Yamagawa, H., & Nomiya, H. (2023). Initial Growth of Large, Outplanted, Container-Grown Rooted Cuttings of Sugi (Cryptomeria japonica) with Leaf Removal Treatment for Alleviating Transplant Shock and Stem Incline. *Forests*, *14*(7).

Thamires, T., Tolentino, A., Oliveira, B., & Moreira, T. (2021). Bactérias ácido lácticas suas características e importância: revisão. *Research, Society and Development*, *10*(11), 19 p.

Thompson, B. E. (1985). Seedling morphological evaluation: what you can tell by

looking. In *Evaluating seedling quality : principles, procedures, and predictive abilities of major tests : proceedings of the workshop held October 16-18, 1984, Duryea, M.L. (ed.).- Corvallis (USA): Forest Research Laboratory. Oregon State University, 1985.* (pp. 59–71).

Torres Pérez, J. C., Aguilar Jiménez, C. E., Vázquez Solís, H., Solís López, M., Gómez Padilla, E., & Aguilar Jiménez, J. R. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, *9*(1), 12

Ugarte, J., & Roman, F. (2020). Tasas de crecimiento de cuatro especies nativas en plantaciones forestales comerciales en cuatro regiones de la Amazonía peruana. *Revista Forestal Del Perú*, *35*(3), 44.

Urgiles, N., Loján, P., Ávila, M., Benavidez, C., Hurtado, L., Livisaca, F., Guaya, P., Villamagua, M., Poma, L., & Quichimbo, L. (2023). Microorganismos benéficos con potencial agrícola: Una alternativa sostenible para la producción de café y calidad del suelo. *Cedamaz*, *13*(1), 103–113.

Vargas, R. (2018). Aplicación de Microorganismos Eficientes EM en la producción de plantones de Theobroma cacao L. “cacao” en condiciones de vivero. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología.*

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. In *Plant and Soil* (Vol. 255, Issue 2, pp. 571–586).

Villasmil, R., Nava, J., Portillo, E., & Díaz, E. (2022). Efecto del Manejo Agroecológico sobre el Crecimiento de Plántulas de Theobroma cacao L. en fase de Vivero. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, *45*(1), 16–25.

Wang, J., Qin, H., Zhang, L., Tang, Y., Long, J., Xu, H., & Zhu, B. (2024).

Synergistic effects of rhizosphere effect and combined organic and chemical fertilizers application on soil bacterial diversity and community structure in oilseed rape cultivation. *Frontiers in Microbiology*, *15*(March), 1–11.

Wang, Y., Liu, H., Shen, Z., Miao, Y., Wang, J., Jiang, X., Shen, Q., & Li, R. (2022). Richness and antagonistic effects co-affect plant growth promotion by synthetic microbial consortia. *Applied Soil Ecology*, *170*(104300), 1–5.

Widawati, S., & Suliasih. (2021). Bacterial support as a biostimulant agent (BPNIII, Azzofor) for marginal soil fertility and stimulating seedlings growth in nursery. *Journal of Physics: Conference Series*, *1751*(012058), 1–7.

Wong, W. S., Ruscalleda-Alvarez, J., Yong, J. W. H., Stevens, J. C., Valliere, J. M., & Veneklaas, E. J. (2024). Limited efficacy of a commercial microbial inoculant for improving growth and physiological performance of native plant species. *Conservation Physiology*, *12*(1), 1–19.

Xu, J., Li, X., Chen, S., Chen, L., Tang, J., Chen, P., Cai, N., & Xu, Y. (2025). Integrative analyses of morpho-physiological, biochemical, and transcriptomic reveal the seedling growth response of Pinus yunnanensis to nitrogen and phosphorus fertilization. *Frontiers in Plant Science*, *15*(1405638), 1–17.

Yaghoubi Khanghahi, M., Strafella, S., Filannino, P., Minervini, F., & Crecchio, C. (2024). Importance of Lactic Acid Bacteria as an Emerging Group of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Sustainable Agroecosystems. *Applied Sciences (Switzerland)*, *14*(5).

Yan, Y., Li, X., Guan, H., Huang, L., Ma, X., Peng, Y., Li, Z., Nie, G., Zhou, J., Yang, W., Cai, Y., & Zhang, X. (2019). Microbial community and fermentation characteristic of Italian ryegrass silage prepared with corn

stover and lactic acid bacteria. *Bioresource Technology*, *279*(December 2018), 166–173.

Yang, X., Hong, J., Wang, L., Cai, C., Mo, H., Wang, J., Fang, X., & Liao, Z. (2024). Effect of Lactic Acid Bacteria Fermentation on Plant-Based Products. *Fermentation*, *10*(1).

Yang, Y., Ye, C., Zhang, W., Zhu, X., Li, H., Yang, D., Ahmed, W., & Zhao, Z. (2023). Elucidating the impact of biochar with different carbon/nitrogen ratios on soil biochemical properties and rhizosphere bacterial communities of flue-cured tobacco plants. *Frontiers in Plant Science*, *14*(September), 1–15.

Yao, S., Lyu, S., An, Y., Lu, J., Gjermansen, C., & Schramm, A. (2019). Microalgae–bacteria symbiosis in microalgal growth and biofuel production: a review. *Journal of Applied Microbiology*, *126*(2), 359–368.

Yu, A. O., Leveau, J. H. J., & Marco, M. L. (2020). Abundance, diversity and plant-specific adaptations of plant-associated lactic acid bacteria. *Environmental Microbiology Reports*, *12*(1), 16–29.

Yu, L., Yu, M., Lu, X., Tang, C., Liu, X., Brookes, P. C., & Xu, J. (2018). Combined application of biochar and nitrogen fertilizer benefits nitrogen retention in the rhizosphere of soybean by increasing microbial biomass but not altering microbial community structure. *Science of the Total Environment*, *640–641*, 1221–1230.

Yuvaraj, M., & Ramasamy, M. (2020). Role of Fungi in Agriculture. *IntechOpen*, 1–13.

Zhu, S., Song, J., Li, R., & Ye, Q. (2013). Plant hydraulics and photosynthesis of 34 woody species from different successional stages of subtropical forests. *Plant, Cell and Environment*, *36*(4), 879–891.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "EFECTO DE UN CONSORCIO MICROBIANO AUTÓCTONO EN LA CALIDAD DE PLANTONES DE DOS ESPECIES FORESTALES BAJO CONDICIONES DE VIVERO, 2025"

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Subdimensión	Indicador
¿Cuál es el efecto de un consorcio microbiano autóctono (CMA) en la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero?	Determinar el efecto de un consorcio microbiano autóctono (CMA) en la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero	El consorcio microbiano autóctono (CMA) mejora significativamente la calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero	**Variable independiente:** Efecto de un consorcio microbiano autóctono (CMA).	Dosis incrementales del CMA	Volumen de dosis incrementales de CMA	Tratamiento con mejor calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*
				Caracterización del CMA	Física	Ph: adimensional; CE: dS/m ó mS/cm
					Química	Contenido de MO en CMA: (%) Contenido en CMA: N(%), P (%), K (%)
					Microbiológica	Unidades formadoras de colonias (UFC)
			Variable dependiente: Calidad de plantones de dos especies forestales bajo condiciones de vivero.	Efecto del CMA en la calidad morfológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*	Atributos morfológicos de plantones	Altura de planta en centímetros; Diámetro a cuello de raíz en mm; Índice de esbeltez es adimensional; Relación altura/longitud de raíz es adimensional; Índice Tallo-Raíz es adimensional; Índice de Calidad de Dickson es adimensional.
				Efecto del CMA en la calidad fisiológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*	Atributos fisiológicos de plantones	Contenido foliar de Nitrógeno (%); Contenido foliar de Fósforo (%); Contenido foliar de Potasio (%).
¿Qué características físicas, químicas y microbiológicas tiene el consorcio microbiano autóctono (CMA)?	Realizar la caracterización del consorcio microbiano autóctono utilizado en la inoculación de plantones forestales en condiciones de vivero	El CMA presenta características físicas, químicas y microbiológicas favorables para su inoculación en plantones forestales en condiciones de vivero	Caracterización del CMA	Física	pH; Conductividad eléctrica (CE)	Ph: adimensional; CE: dS/m ó mS/cm
				Química	Materia orgánica. N, P, K en solución	Contenido de MO en CMA: (%) Contenido en CMA: N(%), P (%), K (%)
				Microbiológica	Recuento bacteriano	Unidades formadoras de colonias (UFC)
¿Cuál es el efecto del CMA en la calidad morfológica de plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum bajo condiciones de vivero?	Determinar el efecto del CMA en la calidad morfológica de plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum bajo condiciones de vivero.	El CMA mejora significativamente la calidad morfológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*.	Efecto del CMA en la calidad fisiológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*	Atributos morfológicos de plantones	➢ Altura (cm). ➢ Diámetro (mm). ➢ Índice de esbeltez. ➢ RA/LR. ➢ RBSA/BSR o ITR ➢ ICD	➢ Altura de planta en centímetros: ➢ Diámetro a cuello de raíz en mm ➢ Índice de esbeltez es adimensional ➢ Relación altura/longitud de raíz es adimensional. ➢ Índice Tallo-Raíz es adimensional ➢ Índice de Calidad de Dickson es adimensional.
¿Cuál es el efecto del CMA en la calidad fisiológica en plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum bajo condiciones de vivero?	Determinar el efecto del CMA en la calidad fisiológica de plantones de Guazuma crinita y Calycophyllum spruceanum bajo condiciones de vivero.	El CMA mejora significativamente la calidad fisiológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*.	Efecto del CMA en la calidad fisiológica de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*	Atributos fisiológicos de plantones	➢ Nitrógeno ➢ Fósforo ➢ Potasio	➢ Contenido foliar de Nitrógeno (%) ➢ Contenido foliar de Fósforo (%) ➢ Contenido foliar de Potasio (%)
¿Cuál es la dosis incremental del consorcio microbiano autóctono (CMA) que mejora significativamente la calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero?	Determinar la dosis incremental del consorcio microbiano autóctono (CMA) que mejora significativamente la calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* bajo condiciones de vivero.	Al menos una dosis incremental del consorcio microbiano autóctono (CMA) mejora significativamente la calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* en condiciones de vivero.	Dosis incrementales del CMA	Volumen de dosis incrementales de CMA	➢ C1 = 0 ml de CMA ➢ C2 = 160 ml de CMA ➢ C3 = 320 ml de CMA ➢ C4 = 480 ml de CMA ➢ C5 = 640 ml de CMA	➢ Tratamiento con mejor calidad de plantones de *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*

TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN, MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Tipo de Investigación: Experimental, Explicativa y Longitudinal **Nivel de Investigación** Explicativo.	La presente investigación contó con una población y muestra finita, trabajando con 1000 plantones en total, divididos equitativamente entre las especies *Bolaina Blanca* (Guazuma crinita) y Capirona (*Calycophyllum spruceanum*), con 500 plantones para cada una. Al llevarse a cabo en un vivero bajo condiciones controladas, se optó por un enfoque censal, evaluando toda la población disponible sin recurrir a un muestreo.	***Diseño Experimental*** La presente investigación fue desarrollada mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), implementado de manera independiente para cada una de las dos especies estudiadas. Para cada especie, se evaluaron 5 concentraciones o dosis incrementales de consorcios microbianos (0 ml; 160 ml; 320 ml; 480 ml y 640 ml) y 04 repeticiones, haciendo un total de 20 Unidades experimentales por cada especie. Cada Unidad Experimental estuvo compuesta de 25 plantones, según se muestra en la Tabla 3*.* ***Técnicas estadísticas*** El análisis estadístico de las variables de evaluación se realizó con el software NAVURE versión 3.1.0. mediante modelos lineales mixtos (MLM), considerando como efecto fijo las cinco dosis incrementales de CMA y como efecto aleatorio las cuatro repeticiones del ensayo, con un periodo de observación de cuatro meses. Este enfoque permite estimar de manera precisa el efecto de las dosis sobre cada variable respuesta evaluada, a la vez que controla la variabilidad generada por las repeticiones, garantizando que las diferencias observadas se atribuyan principalmente a los tratamientos y no al diseño experimental. Se estimaron los parámetros mediante REML (Restricted Maximum Likelihood) para obtener estimaciones no sesgadas de las componentes de varianza. Al encontrarse diferencias significativas para el factor “dosis incrementales de CMA”, se desarrolló la prueba de Tukey (α=0.05) para evaluar el mejor tratamiento. Para determinar la mejor dosis incremental de CMA en cada variable respuesta, se ajustaron modelos de regresión cuadrática utilizando las dosis de 0, 160, 320, 480 y 640 ml como variable independiente. La bondad de ajuste se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R2), aceptando como válidos aquellos modelos con valores iguales o superiores a 0,50. Posteriormente, se calculó la primera derivada de cada ecuación con el fin de estimar la dosis óptima de aplicación, definida como el punto de máximo crecimiento o calidad del plantón.	**Elaboración del CMA**. La recolección de datos durante la elaboración del CMA fue directa y documental. Se registraron los pesos de los insumos (cubierta forestal, polvillo de arroz) con balanza, y los volúmenes (melaza, agua) con recipientes graduados, en bitácoras de proceso que anotaron proporciones, tiempos de fermentación (30 días anaeróbico, 8 días aeróbico) y condiciones ambientales. **Caracterización del CMA.** La recolección de los datos de caracterización se realizó a través de los Informes de Ensayo oficiales emitidos por los laboratorios del INIA Pucallpa (parámetros físico-químicos) y la UNALM (parámetros microbiológicos). **Calidad morfológica de plantones**. La recolección de datos morfológicos se efectuó mediante mediciones directas con instrumentos calibrados: regla milimetrada (altura, longitud de raíz), vernier digital (diámetro) y balanza analítica (biomasa seca). Los datos se registraron en fichas de campo diseñadas y validadas para este fin (Formato 2, para evaluación destructiva). **Calidad fisiológica de plantones.** La recolección de los datos fisiológicos (contenido de N, P, K foliar) se realizó a partir de los certificados de análisis del laboratorio del INIA Pucallpa. **Dosis Incrementales de CMA**. La recolección de datos para esta variable independiente (dosis) se controló mediante el uso de un dosificador milimetrado calibrado y una bitácora de aplicaciones, que registró la entrega exacta del volumen programado a cada unidad experimental en cada una de las 8 fechas.	**Elaboración del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA).** El proceso de elaboración del Consorcio Microbiano Autóctono se realizó en base a una adaptación del Manual de Fertilizantes Orgánicos y Bio-fermentos de Kalema & Chacon (2010). **Características físico-químico del CMA**: El ensayo para los parámetros físicos y químicos del CMA se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali del INIA y se mencionan en la Tabla 4. **Características microbiológicas del CMA**. Luego del proceso de activación del CMA se realizó un análisis microbiológico para evaluar los microorganismos presentes en una muestra líquida del CMA al 100% de concentración. La metodología de ensayo aplicada se menciona en la Tabla 5. **Determinación de atributos morfológicos de plantones.** Se realizó la evaluación de los atributos morfológicos como altura y diámetro, durante 120 días, “antes” de la aplicación del Consorcio Microbiano Autóctono (CMA). También Índice de esbeltez (IE) o relación altura/diámetro basal, Relación altura/longitud de raíz (RA/LR), Índice de Tallo-Raíz (ITR), Índice de calidad de Dickson (ICD). **Determinación de atributos fisiológicos de plantones**. Se realizó los análisis de contenido foliar (N%, P%, K%) en el Laboratorio Aguas y Suelos de la Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali (INIA), según la Tabla 6. **Dosis incrementales de CMA**. Para comprender mejor las aplicaciones de dosis incrementales se presenta la Tabla 7.

ANEXO 2

FORMATO DE EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS – ENSAYO NO DESTRUCTIVO

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA

ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA PUCALLPA -UCAYALI

INVESTIGACION: EFECTO DE UN CONSORCIO MICROBIANO AUTOCTONO EN LA CALIDAD DE PLANTONES DE DOS ESPECIES FORESTALES BAJO CONDICIONES DE VIVERO, 2025

Fecha :

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repetición	h_120	d_120	IE_120 días

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repetición	h_120	d_120	IE_120 días

ANEXO 3

FORMATO DE EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS – ENSAYO DESTRUCTIVO A 120 DÍAS DDT

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA

ESTACIÓN EXPERIEMENTAL AGRARIA PUCALLPA

INVESTIGACIÓN: EFECTO DE UN CONSORCIO MICROBIANO AUTOCTONO EN LA CALIDAD DE PLANTONES DE DOS ESPECIES FORESTALES BAJO CONDICIONES DE VIVERO, 2025

FECHA:

N°	Especie	Dosis incremental de CMA	Repetición	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Índice de Esbeltez	Largo de raíz (cm)	Biomasa seca aérea (g)	Biomasa seca radicular (g)	Peso Seco Total (g)	Relación Altura / Longitud de raíz	Índice Tallo-Raíz	Índice de Calidad de Dickson

ANEXO 4

A. REGISTRO DE DATOS DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS – ENSAYO NO DESTRUCTIVO

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	0 ml	1	25,00	5,62	4,45
Capirona	0 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	1	25,00	5,94	4,21
Capirona	0 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	1	M120	M120	M120
Capirona	0 ml	1	M120	M120	M120
Capirona	0 ml	1	34,80	5,49	6,34
Capirona	0 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	1	14,00	3,55	3,94
Capirona	0 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	0 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	0 ml	1	18,00	5,76	3,13
Capirona	0 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	0 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	1	22,60	5,33	4,24
Capirona	0 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	1	19,00	5,23	3,63
Capirona	0 ml	1	19,40	5,88	3,30
Capirona	0 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	2	24,00	5,89	4,07
Capirona	0 ml	2	27,20	6,02	4,52
Capirona	0 ml	2	20,00	4,81	4,16
Capirona	0 ml	2	C120	C120	C120

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	0 ml	2	32,50	6,03	5,39
Capirona	0 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	2	23,40	6,27	3,73
Capirona	0 ml	2	25,40	4,70	5,40
Capirona	0 ml	2	27,50	7,00	3,93
Capirona	0 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	2	20,00	5,46	3,66
Capirona	0 ml	2	28,00	5,96	4,70
Capirona	0 ml	2	26,10	5,37	4,86
Capirona	0 ml	2	11,80	3,75	3,15
Capirona	0 ml	2	28,50	7,26	3,93
Capirona	0 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	2	29,10	6,70	4,34
Capirona	0 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	3	24,00	7,01	3,42
Capirona	0 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	3	10,00	3,64	2,75
Capirona	0 ml	3	27,00	6,07	4,45
Capirona	0 ml	3	32,00	5,90	5,42
Capirona	0 ml	3	24,50	5,53	4,43
Capirona	0 ml	3	24,00	5,59	4,29
Capirona	0 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	3	C90	C90	C90

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	0 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	3	27,00	5,97	4,52
Capirona	0 ml	3	25,60	5,95	4,30
Capirona	0 ml	3	29,70	4,78	6,21
Capirona	0 ml	3	29,50	5,93	4,97
Capirona	0 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	3	36,00	5,16	6,98
Capirona	0 ml	3	21,00	5,10	4,12
Capirona	0 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	0 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	4	12,60	2,92	4,32
Capirona	0 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	4	24,40	5,76	4,24
Capirona	0 ml	4	27,80	4,79	5,80
Capirona	0 ml	4	41,00	6,95	5,90
Capirona	0 ml	4	37,70	6,56	5,75
Capirona	0 ml	4	35,90	6,31	5,69
Capirona	0 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	0 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	4	38,20	6,15	6,21
Capirona	0 ml	4	26,00	5,00	5,20
Capirona	0 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	4	25,00	4,87	5,13
Capirona	0 ml	4	18,50	4,83	3,83

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	0 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	0 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	0 ml	4	16,50	5,63	2,93
Capirona	0 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	0 ml	4	43,00	6,40	6,72
Capirona	0 ml	4	26,30	5,47	4,81
Capirona	0 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	1	29,40	6,18	4,76
Capirona	160 ml	1	22,70	5,03	4,51
Capirona	160 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	1	34,50	6,38	5,41
Capirona	160 ml	1	30,00	5,37	5,59
Capirona	160 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	1	28,00	5,77	4,85
Capirona	160 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	1	30,50	6,10	5,00
Capirona	160 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	1	27,90	5,57	5,01
Capirona	160 ml	1	34,00	6,89	4,93
Capirona	160 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	1	29,60	6,16	4,81
Capirona	160 ml	1	34,40	6,86	5,01
Capirona	160 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	160 ml	1	29,50	7,37	4,00
Capirona	160 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	1	24,30	6,80	3,57
Capirona	160 ml	1	C120	C120	C120

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	160 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	2	27,00	5,85	4,62
Capirona	160 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	2	27,70	5,87	4,72
Capirona	160 ml	2	26,60	4,96	5,36
Capirona	160 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	2	27,50	5,39	5,10
Capirona	160 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	2	30,00	5,89	5,09
Capirona	160 ml	2	31,00	6,28	4,94
Capirona	160 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	2	29,50	6,43	4,59
Capirona	160 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	2	27,80	5,27	5,28
Capirona	160 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	2	23,50	4,91	4,79
Capirona	160 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	2	33,00	5,38	6,13
Capirona	160 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	2	22,00	5,88	3,74
Capirona	160 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	2	23,00	4,43	5,19
Capirona	160 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	2	23,50	6,31	3,72
Capirona	160 ml	3	21,20	5,41	3,92
Capirona	160 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	3	16,10	4,21	3,82
Capirona	160 ml	3	21,30	4,38	4,86
Capirona	160 ml	3	C30	C30	C30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	160 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	3	27,00	5,84	4,62
Capirona	160 ml	3	24,00	5,60	4,29
Capirona	160 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	3	34,00	5,68	5,99
Capirona	160 ml	3	27,30	5,10	5,35
Capirona	160 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	3	32,40	6,16	5,26
Capirona	160 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	3	29,50	6,56	4,50
Capirona	160 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	3	34,30	5,12	6,70
Capirona	160 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	3	31,00	6,93	4,47
Capirona	160 ml	3	20,90	4,96	4,21
Capirona	160 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	3	31,50	6,15	5,12
Capirona	160 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	4	29,30	4,48	6,54
Capirona	160 ml	4	25,00	5,63	4,44
Capirona	160 ml	4	23,00	5,12	4,49
Capirona	160 ml	4	19,80	5,16	3,84
Capirona	160 ml	4	25,10	5,44	4,61
Capirona	160 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	4	26,00	6,75	3,85
Capirona	160 ml	4	C120	C120	C120

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	160 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	4	21,50	4,86	4,42
Capirona	160 ml	4	21,00	5,19	4,05
Capirona	160 ml	4	35,30	6,86	5,15
Capirona	160 ml	4	26,50	6,98	3,80
Capirona	160 ml	4	31,00	5,71	5,43
Capirona	160 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	160 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	160 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	160 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	160 ml	4	28,60	5,75	4,97
Capirona	160 ml	4	26,70	6,96	3,84
Capirona	320 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	1	26,00	5,81	4,48
Capirona	320 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	1	31,40	5,76	5,45
Capirona	320 ml	1	23,80	5,04	4,72
Capirona	320 ml	1	36,00	6,83	5,27
Capirona	320 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	1	32,00	4,48	7,14
Capirona	320 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	1	31,20	6,53	4,78
Capirona	320 ml	1	27,90	5,81	4,80
Capirona	320 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	1	M120	M120	M120
Capirona	320 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	1	29,70	5,12	5,80
Capirona	320 ml	1	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	320 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	1	29,20	6,43	4,54
Capirona	320 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	320 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	1	23,30	5,88	3,96
Capirona	320 ml	2	47,60	7,38	6,45
Capirona	320 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	320 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	2	21,40	6,17	3,47
Capirona	320 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	2	18,60	5,45	3,41
Capirona	320 ml	2	28,50	5,75	4,96
Capirona	320 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	2	22,50	5,46	4,12
Capirona	320 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	2	19,70	4,54	4,34
Capirona	320 ml	2	24,80	5,49	4,52
Capirona	320 ml	2	25,50	5,17	4,93
Capirona	320 ml	2	26,50	6,34	4,18
Capirona	320 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	2	23,80	5,78	4,12
Capirona	320 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	320 ml	2	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	320 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	3	M120	M120	M120
Capirona	320 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	3	24,00	5,42	4,43
Capirona	320 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	320 ml	3	23,00	3,55	6,48
Capirona	320 ml	3	15,00	3,40	4,41
Capirona	320 ml	3	31,50	5,85	5,38
Capirona	320 ml	3	8,00	2,99	2,68
Capirona	320 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	3	21,30	4,67	4,56
Capirona	320 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	3	28,00	5,08	5,51
Capirona	320 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	3	22,00	4,84	4,55
Capirona	320 ml	3	23,00	4,91	4,68
Capirona	320 ml	3	28,00	5,88	4,76
Capirona	320 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	3	17,50	4,32	4,05
Capirona	320 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	4	21,50	6,98	3,08
Capirona	320 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	320 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	4	C60	C60	C60

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	320 ml	4	18,00	5,22	3,45
Capirona	320 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	320 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	4	30,50	5,84	5,22
Capirona	320 ml	4	9,00	2,73	3,30
Capirona	320 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	4	13,60	3,33	4,08
Capirona	320 ml	4	24,50	4,88	5,02
Capirona	320 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	4	45,10	6,73	6,70
Capirona	320 ml	4	27,20	5,59	4,87
Capirona	320 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	320 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	320 ml	4	33,70	6,41	5,26
Capirona	320 ml	4	41,80	7,75	5,39
Capirona	320 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	320 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	320 ml	4	23,00	7,63	3,01
Capirona	480 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	480 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	480 ml	1	25,70	5,51	4,66
Capirona	480 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	480 ml	1	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	480 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	1	29,10	5,33	5,46
Capirona	480 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	1	12,00	4,86	2,47
Capirona	480 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	1	29,00	6,84	4,24
Capirona	480 ml	1	31,00	7,59	4,08
Capirona	480 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	2	24,00	5,53	4,34
Capirona	480 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	2	26,00	5,34	4,87
Capirona	480 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	2	30,10	5,66	5,32
Capirona	480 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	2	20,50	5,85	3,50
Capirona	480 ml	2	26,50	6,23	4,25
Capirona	480 ml	2	27,30	4,83	5,65
Capirona	480 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	2	28,00	4,99	5,61
Capirona	480 ml	2	C60	C60	C60

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	480 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	2	28,00	5,43	5,16
Capirona	480 ml	2	23,50	6,06	3,88
Capirona	480 ml	2	28,00	6,33	4,42
Capirona	480 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	3	29,70	5,35	5,55
Capirona	480 ml	3	25,10	7,77	3,23
Capirona	480 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	3	17,80	4,15	4,29
Capirona	480 ml	3	14,00	4,30	3,26
Capirona	480 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	3	23,20	5,44	4,26
Capirona	480 ml	3	22,50	4,61	4,88
Capirona	480 ml	3	M90	M90	M90
Capirona	480 ml	3	32,00	6,29	5,09
Capirona	480 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	3	20,00	5,87	3,41
Capirona	480 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	3	17,00	3,27	5,20
Capirona	480 ml	3	C120	C120	C120

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	480 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	4	26,90	6,20	4,34
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	31,00	7,80	3,97
Capirona	480 ml	4	30,00	7,41	4,05
Capirona	480 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	480 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	4	34,00	6,47	5,26
Capirona	480 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	480 ml	4	27,00	7,12	3,79
Capirona	480 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	480 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	480 ml	4	31,00	8,52	3,64
Capirona	480 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	480 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	640 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	640 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	640 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	1	M90	M90	M90
Capirona	640 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	1	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	1	30,40	7,71	3,94
Capirona	640 ml	1	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	1	M60	M60	M60
Capirona	640 ml	1	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	1	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	1	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	2	22,00	6,04	3,64
Capirona	640 ml	2	32,00	7,20	4,44
Capirona	640 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	2	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	640 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	2	M120	M120	M120
Capirona	640 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	2	24,50	5,95	4,12
Capirona	640 ml	2	M120	M120	M120
Capirona	640 ml	2	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	2	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	2	M120	M120	M120
Capirona	640 ml	2	M90	M90	M90
Capirona	640 ml	2	M90	M90	M90
Capirona	640 ml	2	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	2	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	2	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	3	32,00	6,25	5,12
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	3	33,20	8,02	4,14
Capirona	640 ml	3	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	38,10	7,84	4,86
Capirona	640 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	3	C30	C30	C30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	640 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	3	M60	M60	M60
Capirona	640 ml	3	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	3	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	3	24,70	6,27	3,94
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	M90	M90	M90
Capirona	640 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30
Capirona	640 ml	4	C120	C120	C120
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Capirona	640 ml	4	C60	C60	C60
Capirona	640 ml	4	C90	C90	C90
Capirona	640 ml	4	C30	C30	C30
Capirona	640 ml	4	M30	M30	M30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias

Donde:

C30: Colectado a los 30 dias
C60: Colectado a los 60 dias
C90: Colectado a los 90 dias
C120: Colectado a los 120 dias
M30: Muerto a los 30 dias
M60: Muerto a los 60 dias
M90: Muerto a los 90 dias
M120: Muerto a los 120 dias

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	0 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	1	34,70	6,59	5,27
Bolaina blanca	0 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	1	22,60	5,58	4,05
Bolaina blanca	0 ml	1	20,50	5,35	3,83
Bolaina blanca	0 ml	1	32,00	6,34	5,05
Bolaina blanca	0 ml	1	54,40	8,99	6,05
Bolaina blanca	0 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	1	26,20	5,69	4,60
Bolaina blanca	0 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	1	50,10	7,97	6,29
Bolaina blanca	0 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	1	49,70	7,27	6,84
Bolaina blanca	0 ml	1	49,80	7,09	7,02
Bolaina blanca	0 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	1	48,20	9,55	5,05
Bolaina blanca	0 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	2	42,50	7,41	5,74
Bolaina blanca	0 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	2	C60	C60	C60

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	0 ml	2	22,50	5,21	4,32
Bolaina blanca	0 ml	2	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	2	53,80	8,29	6,49
Bolaina blanca	0 ml	2	22,80	4,55	5,01
Bolaina blanca	0 ml	2	22,70	3,88	5,85
Bolaina blanca	0 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	2	34,70	6,05	5,74
Bolaina blanca	0 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	2	50,00	7,31	6,84
Bolaina blanca	0 ml	2	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	2	45,40	7,32	6,20
Bolaina blanca	0 ml	2	29,70	4,28	6,94
Bolaina blanca	0 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	2	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	2	32,00	5,89	5,43
Bolaina blanca	0 ml	3	36,00	7,21	4,99
Bolaina blanca	0 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	3	39,00	7,97	4,89
Bolaina blanca	0 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	3	C30	C30	C30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	0 ml	3	48,30	7,33	6,59
Bolaina blanca	0 ml	3	44,00	7,84	5,61
Bolaina blanca	0 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	3	52,30	8,79	5,95
Bolaina blanca	0 ml	3	43,50	8,69	5,01
Bolaina blanca	0 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	3	28,20	6,95	4,06
Bolaina blanca	0 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	4	48,40	8,04	6,02
Bolaina blanca	0 ml	4	45,00	8,44	5,33
Bolaina blanca	0 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	4	47,30	8,18	5,78
Bolaina blanca	0 ml	4	39,80	7,55	5,27
Bolaina blanca	0 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	4	C90	C90	C90

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	0 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	4	42,00	7,34	5,72
Bolaina blanca	0 ml	4	43,50	7,25	6,00
Bolaina blanca	0 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	0 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	4	45,00	8,07	5,58
Bolaina blanca	0 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	0 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	0 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	0 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	0 ml	4	34,20	6,88	4,97
Bolaina blanca	160 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	1	30,70	6,42	4,78
Bolaina blanca	160 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	1	36,00	6,81	5,29
Bolaina blanca	160 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	1	32,60	5,68	5,74
Bolaina blanca	160 ml	1	19,20	3,74	5,13
Bolaina blanca	160 ml	1	43,70	6,54	6,68
Bolaina blanca	160 ml	1	41,60	6,29	6,61
Bolaina blanca	160 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	1	36,00	6,26	5,75
Bolaina blanca	160 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	1	36,30	6,52	5,57
Bolaina blanca	160 ml	1	36,50	7,36	4,96

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	160 ml	1	37,00	5,61	6,60
Bolaina blanca	160 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	1	31,00	4,97	6,24
Bolaina blanca	160 ml	1	43,10	7,01	6,15
Bolaina blanca	160 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	1	32,20	7,17	4,49
Bolaina blanca	160 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	2	48,50	8,03	6,04
Bolaina blanca	160 ml	2	48,50	7,79	6,23
Bolaina blanca	160 ml	2	47,50	9,06	5,24
Bolaina blanca	160 ml	2	59,40	7,50	7,92
Bolaina blanca	160 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	2	50,70	6,89	7,36
Bolaina blanca	160 ml	2	52,00	7,85	6,62
Bolaina blanca	160 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	2	50,10	6,98	7,18
Bolaina blanca	160 ml	2	59,00	7,77	7,59
Bolaina blanca	160 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	2	44,30	6,40	6,92
Bolaina blanca	160 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	2	48,30	7,46	6,47
Bolaina blanca	160 ml	2	C90	C90	C90

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	160 ml	2	27,50	9,76	2,82
Bolaina blanca	160 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	2	52,00	6,71	7,75
Bolaina blanca	160 ml	2	51,00	7,44	6,85
Bolaina blanca	160 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	3	36,50	6,85	5,33
Bolaina blanca	160 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	3	35,50	7,66	4,63
Bolaina blanca	160 ml	3	43,10	7,82	5,51
Bolaina blanca	160 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	3	43,00	7,16	6,01
Bolaina blanca	160 ml	3	M120	M120	M120
Bolaina blanca	160 ml	3	45,00	6,43	7,00
Bolaina blanca	160 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	3	44,80	7,22	6,20
Bolaina blanca	160 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	3	38,00	7,02	5,41
Bolaina blanca	160 ml	3	44,00	8,37	5,26
Bolaina blanca	160 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	3	43,00	7,84	5,48
Bolaina blanca	160 ml	3	32,00	5,84	5,48
Bolaina blanca	160 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	3	39,00	6,91	5,64
Bolaina blanca	160 ml	3	47,70	8,13	5,87
Bolaina blanca	160 ml	3	C120	C120	C120

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	160 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	4	50,00	6,88	7,27
Bolaina blanca	160 ml	4	61,70	9,62	6,41
Bolaina blanca	160 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	4	41,00	7,75	5,29
Bolaina blanca	160 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	4	51,60	6,57	7,85
Bolaina blanca	160 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	4	56,10	9,10	6,16
Bolaina blanca	160 ml	4	63,00	8,09	7,79
Bolaina blanca	160 ml	4	58,60	7,80	7,51
Bolaina blanca	160 ml	4	56,60	8,91	6,35
Bolaina blanca	160 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	160 ml	4	47,80	8,33	5,74
Bolaina blanca	160 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	160 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	160 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	160 ml	4	44,30	7,35	6,03
Bolaina blanca	160 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	160 ml	4	44,70	8,71	5,13
Bolaina blanca	160 ml	4	38,30	6,01	6,37
Bolaina blanca	320 ml	1	20,20	5,57	3,63
Bolaina blanca	320 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	1	35,70	5,77	6,19

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	320 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	1	28,50	7,12	4,00
Bolaina blanca	320 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	1	38,30	6,13	6,25
Bolaina blanca	320 ml	1	40,20	7,42	5,42
Bolaina blanca	320 ml	1	25,00	5,24	4,77
Bolaina blanca	320 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	1	36,30	6,23	5,83
Bolaina blanca	320 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	320 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	1	40,80	6,52	6,26
Bolaina blanca	320 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	1	29,70	5,57	5,33
Bolaina blanca	320 ml	1	38,80	7,43	5,22
Bolaina blanca	320 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	1	42,90	7,30	5,88
Bolaina blanca	320 ml	1	43,80	7,33	5,98
Bolaina blanca	320 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	2	56,00	7,91	7,08
Bolaina blanca	320 ml	2	59,80	8,01	7,47
Bolaina blanca	320 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	2	M30	M30	M30
Bolaina blanca	320 ml	2	C90	C90	C90

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	320 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	2	25,50	5,25	4,86
Bolaina blanca	320 ml	2	77,00	9,92	7,76
Bolaina blanca	320 ml	2	50,00	6,70	7,46
Bolaina blanca	320 ml	2	70,00	9,37	7,47
Bolaina blanca	320 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	2	66,70	10,43	6,40
Bolaina blanca	320 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	2	22,30	4,53	4,92
Bolaina blanca	320 ml	2	65,60	9,11	7,20
Bolaina blanca	320 ml	2	33,00	5,85	5,64
Bolaina blanca	320 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	2	22,50	4,70	4,79
Bolaina blanca	320 ml	2	71,50	10,22	7,00
Bolaina blanca	320 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	3	51,30	8,21	6,25
Bolaina blanca	320 ml	3	41,00	8,18	5,01
Bolaina blanca	320 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	3	49,00	7,56	6,48
Bolaina blanca	320 ml	3	49,00	6,23	7,87
Bolaina blanca	320 ml	3	53,00	8,72	6,08
Bolaina blanca	320 ml	3	47,00	7,84	5,99
Bolaina blanca	320 ml	3	C60	C60	C60

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	320 ml	3	59,70	7,72	7,73
Bolaina blanca	320 ml	3	52,30	8,26	6,33
Bolaina blanca	320 ml	3	48,00	7,72	6,22
Bolaina blanca	320 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	3	59,00	8,64	6,83
Bolaina blanca	320 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	3	50,70	6,23	8,14
Bolaina blanca	320 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	3	51,80	7,54	6,87
Bolaina blanca	320 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	3	56,50	5,76	9,81
Bolaina blanca	320 ml	4	39,50	5,70	6,93
Bolaina blanca	320 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	4	48,20	6,34	7,60
Bolaina blanca	320 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	320 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	4	37,20	6,99	5,32
Bolaina blanca	320 ml	4	47,50	6,68	7,11
Bolaina blanca	320 ml	4	56,50	8,91	6,34
Bolaina blanca	320 ml	4	55,90	8,05	6,94
Bolaina blanca	320 ml	4	45,70	7,44	6,14
Bolaina blanca	320 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	320 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	320 ml	4	C30	C30	C30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	320 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	320 ml	4	49,50	8,72	5,68
Bolaina blanca	480 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	1	39,50	7,81	5,06
Bolaina blanca	480 ml	1	18,50	4,96	3,73
Bolaina blanca	480 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	480 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	480 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	480 ml	1	41,80	7,24	5,77
Bolaina blanca	480 ml	1	25,40	6,80	3,74
Bolaina blanca	480 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	480 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	1	38,50	7,20	5,35
Bolaina blanca	480 ml	1	37,90	7,42	5,11
Bolaina blanca	480 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	1	44,50	8,14	5,47
Bolaina blanca	480 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	1	42,30	6,41	6,60
Bolaina blanca	480 ml	1	44,00	6,76	6,51
Bolaina blanca	480 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	2	40,00	6,68	5,99
Bolaina blanca	480 ml	2	C120	C120	C120

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	480 ml	2	37,20	5,90	6,31
Bolaina blanca	480 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	2	49,00	7,61	6,44
Bolaina blanca	480 ml	2	M60	M60	M60
Bolaina blanca	480 ml	2	39,10	7,29	5,36
Bolaina blanca	480 ml	2	27,00	6,08	4,44
Bolaina blanca	480 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	2	36,50	6,67	5,47
Bolaina blanca	480 ml	2	45,00	7,03	6,40
Bolaina blanca	480 ml	2	51,40	8,41	6,11
Bolaina blanca	480 ml	2	39,00	6,46	6,04
Bolaina blanca	480 ml	2	M120	M120	M120
Bolaina blanca	480 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	2	30,40	5,75	5,29
Bolaina blanca	480 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	2	28,00	5,87	4,77
Bolaina blanca	480 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	3	46,00	6,52	7,06
Bolaina blanca	480 ml	3	39,50	7,87	5,02
Bolaina blanca	480 ml	3	29,70	4,28	6,94

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	480 ml	3	33,30	5,93	5,62
Bolaina blanca	480 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	3	51,50	6,95	7,41
Bolaina blanca	480 ml	3	51,50	5,89	8,74
Bolaina blanca	480 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	3	52,80	8,00	6,60
Bolaina blanca	480 ml	3	51,00	6,82	7,48
Bolaina blanca	480 ml	3	46,30	8,51	5,44
Bolaina blanca	480 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	3	31,00	9,81	3,16
Bolaina blanca	480 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	3	53,00	9,35	5,67
Bolaina blanca	480 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	3	50,50	8,01	6,30
Bolaina blanca	480 ml	3	53,60	6,74	7,95
Bolaina blanca	480 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	4	38,00	6,92	5,49
Bolaina blanca	480 ml	4	M60	M60	M60
Bolaina blanca	480 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	4	35,00	7,16	4,89
Bolaina blanca	480 ml	4	42,00	7,74	5,43
Bolaina blanca	480 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	4	49,00	5,59	8,77
Bolaina blanca	480 ml	4	49,50	8,00	6,19

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	480 ml	4	44,00	7,31	6,02
Bolaina blanca	480 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	4	50,80	7,22	7,04
Bolaina blanca	480 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	480 ml	4	45,50	7,40	6,15
Bolaina blanca	480 ml	4	44,50	7,52	5,92
Bolaina blanca	480 ml	4	47,90	7,84	6,11
Bolaina blanca	480 ml	4	37,50	6,44	5,82
Bolaina blanca	480 ml	4	37,50	7,50	5,00
Bolaina blanca	480 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	480 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	480 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	480 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	1	40,40	7,46	5,42
Bolaina blanca	640 ml	1	22,00	4,47	4,92
Bolaina blanca	640 ml	1	36,00	6,50	5,54
Bolaina blanca	640 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	1	46,30	7,98	5,80
Bolaina blanca	640 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	1	36,50	7,09	5,15
Bolaina blanca	640 ml	1	33,70	5,13	6,57
Bolaina blanca	640 ml	1	39,30	5,67	6,93
Bolaina blanca	640 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	1	42,00	7,48	5,61

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	640 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	1	36,00	7,15	5,03
Bolaina blanca	640 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	1	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	1	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	1	39,30	7,44	5,28
Bolaina blanca	640 ml	1	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	1	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	1	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	2	41,00	6,41	6,40
Bolaina blanca	640 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	2	49,10	7,78	6,31
Bolaina blanca	640 ml	2	29,50	6,58	4,48
Bolaina blanca	640 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	2	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	2	50,90	6,83	7,45
Bolaina blanca	640 ml	2	37,50	7,09	5,29
Bolaina blanca	640 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	2	46,00	5,80	7,93
Bolaina blanca	640 ml	2	46,00	5,88	7,82
Bolaina blanca	640 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	2	47,70	8,23	5,80
Bolaina blanca	640 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	2	45,00	8,05	5,59

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	640 ml	2	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	2	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	2	33,30	6,40	5,20
Bolaina blanca	640 ml	2	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	2	38,50	6,33	6,08
Bolaina blanca	640 ml	2	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	2	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	3	43,60	6,51	6,70
Bolaina blanca	640 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	3	35,50	7,63	4,65
Bolaina blanca	640 ml	3	42,60	7,51	5,67
Bolaina blanca	640 ml	3	47,00	5,90	7,97
Bolaina blanca	640 ml	3	39,00	7,63	5,11
Bolaina blanca	640 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	3	39,00	5,45	7,16
Bolaina blanca	640 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	3	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	3	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	3	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	3	37,50	6,52	5,75
Bolaina blanca	640 ml	3	M60	M60	M60
Bolaina blanca	640 ml	3	41,00	7,58	5,41
Bolaina blanca	640 ml	3	49,50	7,64	6,48
Bolaina blanca	640 ml	3	C30	C30	C30

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias
Bolaina blanca	640 ml	3	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	3	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	3	31,00	7,62	4,07
Bolaina blanca	640 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	4	37,30	8,38	4,45
Bolaina blanca	640 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	4	35,20	7,18	4,90
Bolaina blanca	640 ml	4	C120	C120	C120
Bolaina blanca	640 ml	4	C60	C60	C60
Bolaina blanca	640 ml	4	M60	M60	M60
Bolaina blanca	640 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	4	36,40	8,76	4,16
Bolaina blanca	640 ml	4	24,00	6,64	3,61
Bolaina blanca	640 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	4	M30	M30	M30
Bolaina blanca	640 ml	4	C30	C30	C30
Bolaina blanca	640 ml	4	44,00	8,29	5,31
Bolaina blanca	640 ml	4	33,40	6,50	5,14
Bolaina blanca	640 ml	4	42,00	7,94	5,29
Bolaina blanca	640 ml	4	C90	C90	C90
Bolaina blanca	640 ml	4	C60	C60	C60

Especie	Dosis incrementales de CMA	Repeticion	h_120	d_120	IE_120 dias

Donde:

C30:	Colectado a los 30 dias
C60:	Colectado a los 60 dias
C90:	Colectado a los 90 dias
C120:	Colectado a los 120 dias
M30:	Muerto a los 30 dias
M60:	Muerto a los 60 dias
M120:	Muerto a los 120 dias

ANEXO 5

A. REGISTRO DE DATOS DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS – ENSAYO DESTRUCTIVO A 120 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

N°	Especie	Dosis incremental de CMA	Repeticion	H	D	IE	RL	ADB	RDB	Peso Seco Total	R H/LR	ITR	ICD
1	Capirona	0 ml	1	21,5	4,37	4,92	17,5	4,35	1,86	6,21	1,23	2,34	0,86
2	Capirona	0 ml	2	29,0	4,75	6,11	23,6	3,11	1,52	4,63	1,23	2,05	0,57
3	Capirona	0 ml	3	28,0	4,94	5,67	21,5	4,56	1,95	6,51	1,30	2,34	0,81
4	Capirona	0 ml	4	18,5	5,00	3,70	20,5	3,96	1,76	5,72	0,90	2,25	0,96
5	Capirona	0 ml	1	30,5	5,14	5,93	28,0	3,27	1,14	4,41	1,09	2,87	0,50
6	Capirona	0 ml	2	32,0	5,30	6,04	25,0	3,33	1,51	4,84	1,28	2,21	0,59
7	Capirona	0 ml	3	26,2	5,34	4,91	20,0	3,16	1,47	4,63	1,31	2,15	0,66
8	Capirona	0 ml	4	25,3	5,38	4,70	32,0	3,47	1,64	5,11	0,79	2,11	0,75
9	Capirona	0 ml	1	32,4	5,63	5,75	28,0	3,44	1,61	5,05	1,16	2,13	0,64
10	Capirona	0 ml	2	25,0	5,67	4,41	22,1	3,91	1,47	5,38	1,13	2,66	0,76
11	Capirona	0 ml	3	35,0	6,78	5,16	22,1	3,45	1,17	4,62	1,58	2,95	0,57
12	Capirona	0 ml	4	34,0	7,42	4,58	30,5	3,86	1,42	5,28	1,11	2,72	0,72
13	Capirona	160 ml	1	18,0	4,22	4,27	19,1	3,62	2,12	5,74	0,94	1,71	0,96
14	Capirona	160 ml	2	28,5	4,85	5,88	26,0	3,65	2,82	6,47	1,10	1,29	0,90
15	Capirona	160 ml	3	36,5	5,28	6,91	21,1	3,82	3,27	7,09	1,73	1,17	0,88
16	Capirona	160 ml	4	38,0	5,36	7,09	24,3	3,60	2,36	5,96	1,56	1,53	0,69
17	Capirona	160 ml	1	33,2	5,56	5,97	20,0	3,41	2,34	5,75	1,66	1,46	0,77
18	Capirona	160 ml	2	28,5	5,61	5,08	27,5	2,52	2,29	4,81	1,04	1,10	0,78
19	Capirona	160 ml	3	35,0	5,77	6,07	30,5	4,22	3,42	7,64	1,15	1,23	1,05
20	Capirona	160 ml	4	34,5	5,91	5,84	25,6	3,68	2,80	6,48	1,35	1,31	0,91
21	Capirona	160 ml	1	25,0	6,40	3,91	32,0	3,41	2,39	5,80	0,78	1,43	1,09
22	Capirona	160 ml	2	30,0	6,67	4,50	28,4	3,50	2,20	5,70	1,06	1,59	0,94
23	Capirona	160 ml	3	28,0	6,93	4,04	27,4	4,16	2,72	6,88	1,02	1,53	1,24
24	Capirona	160 ml	4	24,7	7,35	3,36	25,4	3,78	2,33	6,11	0,97	1,62	1,23
25	Capirona	320 ml	1	17,5	3,27	5,35	25,0	0,63	0,51	1,14	0,70	1,24	0,17
26	Capirona	320 ml	2	17,0	3,86	4,40	27,8	2,17	1,27	3,44	0,61	1,71	0,56
27	Capirona	320 ml	3	18,5	3,98	4,65	35,2	2,55	1,36	3,91	0,53	1,88	0,60
28	Capirona	320 ml	4	27,9	4,49	6,21	24,5	0,91	0,59	1,50	1,14	1,52	0,19
29	Capirona	320 ml	1	17,0	4,70	3,62	20,5	2,30	1,86	4,16	0,83	1,24	0,86
30	Capirona	320 ml	2	25,1	5,08	4,94	24,6	2,30	1,43	3,73	1,02	1,61	0,57

N°	Especie	Dosis incremental de CMA	Repeticion	H	D	IE	RL	ADB	RDB	Peso Seco Total	R H/LR	ITR	ICD
31	Capirona	320 ml	3	38,5	5,28	7,29	26,0	4,45	2,02	6,47	1,48	2,20	0,68
32	Capirona	320 ml	4	37,0	6,13	6,04	24,1	3,89	2,52	6,41	1,54	1,54	0,85
33	Capirona	320 ml	1	25,0	5,02	4,98	22,7	3,99	3,52	7,51	1,10	1,13	1,23
34	Capirona	320 ml	2	23,6	6,19	3,81	24,8	4,11	2,52	6,63	0,95	1,63	1,22
35	Capirona	320 ml	3	32,0	6,75	4,74	25,0	4,52	2,58	7,10	1,28	1,75	1,09
36	Capirona	320 ml	4	32,8	7,60	4,32	30,5	4,90	2,68	7,58	1,08	1,83	1,23
37	Capirona	480 ml	1	12,0	2,58	4,65	16,5	0,31	0,15	0,46	0,73	2,05	0,07
38	Capirona	480 ml	2	22,3	3,40	6,56	35,5	0,79	0,38	1,17	0,63	2,08	0,14
39	Capirona	480 ml	3	20,5	4,10	5,00	24,0	2,60	1,56	4,16	0,85	1,67	0,62
40	Capirona	480 ml	4	29,3	4,66	6,29	17,5	2,51	1,64	4,15	1,67	1,53	0,53
41	Capirona	480 ml	1	29,0	5,51	5,26	24,0	1,46	0,82	2,28	1,21	1,77	0,32
42	Capirona	480 ml	2	33,5	5,62	5,96	24,1	3,46	2,17	5,63	1,39	1,59	0,75
43	Capirona	480 ml	3	38,0	5,78	6,57	24,0	4,40	2,84	7,24	1,58	1,55	0,89
44	Capirona	480 ml	4	28,0	5,84	4,79	29,0	4,01	2,16	6,17	0,97	1,86	0,93
45	Capirona	480 ml	1	40,0	5,85	6,84	25,0	4,44	2,47	6,91	1,60	1,80	0,80
46	Capirona	480 ml	2	34,0	6,02	5,65	25,5	4,07	2,05	6,12	1,33	1,99	0,80
47	Capirona	480 ml	3	45,0	7,35	6,12	27,0	4,06	2,25	6,31	1,67	1,80	0,80
48	Capirona	480 ml	4	58,1	8,10	7,17	26,0	5,29	3,42	8,71	2,23	1,55	1,00
49	Capirona	640 ml	1	31,1	3,47	8,96	16,0	0,33	0,12	0,45	1,94	2,73	0,04
50	Capirona	640 ml	2	14,2	4,12	3,45	19,6	0,44	0,16	0,60	0,72	2,83	0,10
51	Capirona	640 ml	3	19,0	4,70	4,04	18,3	0,54	0,18	0,71	1,04	3,07	0,10
52	Capirona	640 ml	4	23,6	5,25	4,50	18,3	3,27	1,59	4,86	1,29	2,05	0,74
53	Capirona	640 ml	1	36,5	5,85	6,24	23,5	3,73	1,55	5,28	1,55	2,41	0,61
54	Capirona	640 ml	2	44,5	5,27	8,44	24,5	3,40	1,45	4,85	1,82	2,34	0,45
55	Capirona	640 ml	3	36,4	5,90	6,17	21,5	3,63	1,55	5,18	1,69	2,34	0,61
56	Capirona	640 ml	4	31,5	6,32	4,98	33,3	2,70	0,96	3,67	0,95	2,80	0,47
57	Capirona	640 ml	1	43,5	7,14	6,09	24,0	2,56	1,20	3,76	1,81	2,13	0,46
58	Capirona	640 ml	2	46,0	7,25	6,34	23,5	4,07	1,59	5,66	1,96	2,56	0,64
59	Capirona	640 ml	3	52,8	8,21	6,43	27,7	4,33	1,60	5,93	1,91	2,71	0,65
60	Capirona	640 ml	4	44,0	8,92	4,93	28,0	4,57	1,80	6,37	1,57	2,53	0,85

N°	Especie	Dosis incremental de CMA	Repeticion	H	D	IE	RL	ADB	RDB	Peso Seco Total	r H/LR	ITR	ICD
1	Bolaina blanca	0 ml	1	33,2	4,14	8,02	29,6	3,59	1,42	5,01	1,12	2,53	0,47
2	Bolaina blanca	0 ml	2	32,0	5,37	5,96	26,4	4,63	1,98	6,61	1,21	2,34	0,80
3	Bolaina blanca	0 ml	3	36,0	5,80	6,21	25,4	2,75	1,20	3,95	1,42	2,29	0,46
4	Bolaina blanca	0 ml	4	31,5	6,31	4,99	23,0	4,20	2,04	6,24	1,37	2,06	0,88
5	Bolaina blanca	0 ml	1	30,0	6,10	4,92	27,3	5,29	2,17	7,46	1,10	2,44	1,01
6	Bolaina blanca	0 ml	2	45,5	7,01	6,49	26,0	5,92	2,44	8,36	1,75	2,43	0,94
7	Bolaina blanca	0 ml	3	51,0	7,36	6,93	25,8	5,74	2,46	8,20	1,98	2,33	0,89
8	Bolaina blanca	0 ml	4	37,0	7,37	5,02	25,6	5,04	2,01	7,05	1,45	2,51	0,94
9	Bolaina blanca	0 ml	1	49,0	8,07	6,07	24,5	6,29	2,65	8,94	2,00	2,37	1,06
10	Bolaina blanca	0 ml	2	44,0	6,12	7,19	24,5	6,13	2,79	8,92	1,80	2,20	0,95
11	Bolaina blanca	0 ml	3	41,0	6,44	6,37	25,6	6,17	2,60	8,77	1,60	2,37	1,00
12	Bolaina blanca	0 ml	4	52,5	7,49	7,01	27,5	5,97	2,46	8,43	1,91	2,43	0,89
13	Bolaina blanca	160 ml	1	32,0	4,68	6,84	24,0	4,95	4,38	9,33	1,33	1,13	1,17
14	Bolaina blanca	160 ml	2	37,0	6,78	5,46	27,5	3,56	3,55	7,11	1,35	1,00	1,10
15	Bolaina blanca	160 ml	3	31,2	5,73	5,45	27,5	3,26	3,61	6,87	1,13	0,90	1,08
16	Bolaina blanca	160 ml	4	41,5	9,89	4,20	28,0	3,23	2,98	6,21	1,48	1,08	1,18
17	Bolaina blanca	160 ml	1	46,3	5,82	7,96	33,0	5,19	4,87	10,06	1,40	1,07	1,12
18	Bolaina blanca	160 ml	2	41,0	6,32	6,49	26,1	5,50	5,32	10,82	1,57	1,03	1,44
19	Bolaina blanca	160 ml	3	43,5	7,31	5,95	27,2	4,70	4,40	9,10	1,60	1,07	1,30
20	Bolaina blanca	160 ml	4	52,0	7,38	7,05	29,6	6,77	6,39	13,16	1,76	1,06	1,62
21	Bolaina blanca	160 ml	1	47,0	7,60	6,18	26,3	6,46	6,42	12,88	1,79	1,01	1,79
22	Bolaina blanca	160 ml	2	52,0	5,98	8,70	24,8	9,87	9,38	19,25	2,10	1,05	1,97
23	Bolaina blanca	160 ml	3	56,0	8,72	6,42	27,7	5,57	5,76	11,33	2,02	0,97	1,53
24	Bolaina blanca	160 ml	4	57,0	8,93	6,38	23,0	7,09	7,16	14,25	2,48	0,99	1,93
25	Bolaina blanca	320 ml	1	34,3	5,54	6,19	21,1	2,30	3,13	5,43	1,63	0,74	0,78
26	Bolaina blanca	320 ml	2	40,5	5,69	7,12	22,4	3,83	3,52	7,35	1,81	1,09	0,90
27	Bolaina blanca	320 ml	3	49,5	5,81	8,52	29,0	3,46	4,22	7,68	1,71	0,82	0,82
28	Bolaina blanca	320 ml	4	47,0	5,88	7,99	28,5	3,35	4,23	7,58	1,65	0,79	0,86
29	Bolaina blanca	320 ml	1	44,5	6,32	7,04	35,0	4,59	3,03	7,62	1,27	1,51	0,89
30	Bolaina blanca	320 ml	2	36,8	6,40	5,75	32,2	3,26	3,32	6,58	1,14	0,98	0,98

N°	Especie	Dosis incremental de CMA	Repeticion	H	D	IE	RL	ADB	RDB	Peso Seco Total	r H/LR	ITR	ICD
31	Bolaina blanca	320 ml	3	42,0	6,66	6,31	27,2	4,11	5,04	9,15	1,54	0,82	1,28
32	Bolaina blanca	320 ml	4	47,0	7,12	6,60	27,5	5,67	4,84	10,51	1,71	1,17	1,35
33	Bolaina blanca	320 ml	1	54,0	7,31	7,39	38,0	4,65	4,06	8,71	1,42	1,15	1,02
34	Bolaina blanca	320 ml	2	44,6	7,45	5,99	33,2	4,30	5,17	9,47	1,34	0,83	1,39
35	Bolaina blanca	320 ml	3	59,5	8,00	7,44	28,0	5,21	4,09	9,30	2,13	1,27	1,07
36	Bolaina blanca	320 ml	4	78,5	9,44	8,32	26,5	6,22	6,81	13,03	2,96	0,91	1,41
37	Bolaina blanca	480 ml	1	49,5	8,96	5,52	20,3	3,51	3,11	6,62	2,44	1,13	1,00
38	Bolaina blanca	480 ml	2	44,4	6,24	7,12	23,5	5,77	5,03	10,80	1,89	1,15	1,31
39	Bolaina blanca	480 ml	3	40,0	6,57	6,09	21,5	4,60	5,25	9,85	1,86	0,88	1,41
40	Bolaina blanca	480 ml	4	40,5	7,63	5,31	26,8	4,18	3,08	7,26	1,51	1,36	1,09
41	Bolaina blanca	480 ml	1	43,0	6,68	6,44	25,0	4,90	5,44	10,34	1,72	0,90	1,41
42	Bolaina blanca	480 ml	2	41,5	6,68	6,21	29,5	4,25	5,48	9,73	1,41	0,78	1,39
43	Bolaina blanca	480 ml	3	46,2	7,04	6,56	29,5	4,92	6,77	11,69	1,57	0,73	1,60
44	Bolaina blanca	480 ml	4	41,0	7,25	5,66	25,1	4,65	5,06	9,71	1,63	0,92	1,48
45	Bolaina blanca	480 ml	1	40,5	5,81	6,97	27,0	7,18	7,08	14,26	1,50	1,01	1,79
46	Bolaina blanca	480 ml	2	36,0	7,85	4,59	29,5	4,92	4,59	9,51	1,22	1,07	1,68
47	Bolaina blanca	480 ml	3	44,0	8,24	5,34	29,8	5,43	5,69	11,12	1,48	0,95	1,77
48	Bolaina blanca	480 ml	4	52,0	8,60	6,05	30,5	4,73	5,20	9,93	1,70	0,91	1,43
49	Bolaina blanca	640 ml	1	40,0	6,39	6,26	27,2	1,81	1,09	2,90	1,47	1,66	0,37
50	Bolaina blanca	640 ml	2	36,0	5,25	6,86	30,0	3,51	3,04	6,55	1,20	1,16	0,82
51	Bolaina blanca	640 ml	3	36,4	5,52	6,59	23,5	2,48	3,85	6,33	1,55	0,64	0,87
52	Bolaina blanca	640 ml	4	45,0	5,95	7,56	20,5	4,03	2,52	6,55	2,20	1,60	0,71
53	Bolaina blanca	640 ml	1	46,0	6,36	7,23	21,1	4,79	3,25	8,04	2,18	1,48	0,92
54	Bolaina blanca	640 ml	2	43,0	6,42	6,70	37,5	4,25	3,11	7,36	1,15	1,37	0,91
55	Bolaina blanca	640 ml	3	28,0	5,68	4,93	24,6	2,78	3,08	5,86	1,14	0,90	1,00
56	Bolaina blanca	640 ml	4	45,0	6,75	6,67	26,4	4,56	3,96	8,52	1,70	1,15	1,09
57	Bolaina blanca	640 ml	1	45,0	4,68	9,62	30,1	7,16	7,24	14,40	1,50	0,99	1,36
58	Bolaina blanca	640 ml	2	41,3	4,39	9,41	23,5	6,28	6,33	12,61	1,76	0,99	1,21
59	Bolaina blanca	640 ml	3	44,0	4,92	8,94	27,0	6,70	5,96	12,66	1,63	1,12	1,26
60	Bolaina blanca	640 ml	4	55,0	5,01	10,98	33,5	7,02	6,59	13,61	1,64	1,07	1,13

ANEXO 6

B. REGISTRO DE DATOS DE ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS – ENSAYO DESTRUCTIVO A 120 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

N°	Especies	Dosis	Repeticion	N	P	K
1	bolaina blanca	0	1	1,54	0,41	2,51
2	bolaina blanca	0	2	1,34	0,34	2,40
3	bolaina blanca	0	3	1,32	0,36	2,56
4	bolaina blanca	0	4	1,51	0,35	2,64
5	bolaina blanca	160	1	1,76	0,51	3,00
6	bolaina blanca	160	2	1,34	0,43	2,64
7	bolaina blanca	160	3	1,74	0,51	3,16
8	bolaina blanca	160	4	1,54	0,41	2,69
9	bolaina blanca	320	1	1,65	0,34	2,16
10	bolaina blanca	320	2	1,76	0,45	2,90
11	bolaina blanca	320	3	2,49	0,41	2,70
12	bolaina blanca	320	4	1,85	0,39	2,67
13	bolaina blanca	480	1	2,04	0,49	2,84
14	bolaina blanca	480	2	1,82	0,48	2,66
15	bolaina blanca	480	3	1,99	0,46	2,78
16	bolaina blanca	480	4	1,71	0,46	2,7
17	bolaina blanca	640	1	1,79	0,56	3,16
18	bolaina blanca	640	2	2,30	0,37	2,66
19	bolaina blanca	640	3	1,88	0,35	2,62
20	Bolaina blanca	640	4	2,02	0,36	2,76
21	Capirona	0	1	1,85	0,34	2,31
22	Capirona	0	2	1,65	0,63	2,86
23	Capirona	0	3	1,68	0,43	2,49
24	Capirona	0	4	1,93	0,56	2,60
25	Capirona	160	1	2,44	0,32	2,91
26	Capirona	160	2	2,04	0,38	3,01
27	Capirona	160	3	2,16	0,37	2,90
28	Capirona	160	4	2,11	0,40	2,44
29	Capirona	320	1	2,18	0,25	2,68
30	Capirona	320	2	2,60	0,23	2,83
31	Capirona	320	3	2,02	0,21	2,81
32	Capirona	320	4	2,16	0,25	2,68
33	Capirona	320	1	2,32	0,32	2,52
34	Capirona	480	2	2,30	0,24	2,64
35	Capirona	480	3	2,38	0,20	2,89
36	Capirona	480	4	2,24	0,36	2,46
37	Capirona	640	1	2,02	0,26	2,44
38	Capirona	640	2	1,71	0,31	2,91
39	Capirona	640	3	2,21	0,28	2,66
40	Capirona	640	4	2,19	0,26	2,50

ANEXO 7
PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 1A

Captura de Microorganismos Benéficos Nativos en Centro Experimental Alexander Von Humboldt



Figura 2A

Preparación de componentes de Biol



Figura 3A

Mezcla de componentes del biol



Figura 4A

Activación del biol en condiciones anaeróbicas



Figura 5A

Selección y evaluación preliminar de plantones a evaluar



Figura 6A

Ensayo destructivo – Preparación de plántulas, seccionado y rotulado



Figura 7A

Evaluación de atributos morfológicos de plántulas en laboratorio



Figura 8A

Secado de muestras para obtención de biomasa aérea y radicular

