

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de inoculantes microbianas de suelo en la producción de
plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca
– Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Roxana Ruth LASTRA VILLEGAS

Bach. Luz Mery SALVADOR FALCON

Asesor:

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de inoculantes microbianas de suelo en la producción de
plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca
– Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Manuel Jorge CASTILLO NOLE
PRESIDENTE

Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
MIEMBRO

Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 017-2026/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
LASTRA VILLEGAS, Roxana Ruth
SALVADOR FALCON, Luz Mery

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Yanahuanca

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto de inoculantes microbianas de suelo en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco

Asesor
MSc. INGA ORTÍZ, Josué Hernán

Índice de similitud
15 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 28 de abril de 2026



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20194906049 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 28.04.2026 12:00:55 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros familiares que nos apoyaron para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. También a nuestros amigos y a todas las personas que de una u otra manera estuvieron con nosotras durante la época universitaria.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento al MSc. Josué Hernán Inga Ortiz por su valioso respaldo en calidad de asesor de esta tesis.

Del mismo modo, extendemos nuestro reconocimiento a los miembros del jurado de tesis por sus valiosos aportes y sugerencias que enriquecieron la elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradecemos también a todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNDAC, Filial Yanahuanca, por su dedicación en nuestra formación académica, transmitiéndonos conocimientos y brindándome orientación.

Asimismo, manifestamos nuestra gratitud al personal administrativo de la UNDAC por su apoyo en los procesos administrativos y por los consejos brindados a lo largo de estos cinco años de estudio.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general determinar el efecto de inoculantes microbianos de suelo en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de vivero en Yanahuanca, Pasco. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y con un Diseño Completamente al Azar (DCA), utilizando cinco tratamientos: un control sin inoculante y cuatro aplicaciones de dos productos biológicos (Sealsol y IsoGuard) en dosis de 1.5 y 3.0 L/ha. Se evaluaron variables morfológicas (altura, diámetro y número de hojas), precocidad (tiempo en alcanzar 20 cm) y calidad (longitud de raíz, peso fresco radicular y aéreo) a los 150 días. Los resultados evidenciaron efectos altamente significativos en la mayoría de variables evaluadas. En cuanto al crecimiento aéreo, la mayor altura se obtuvo con Sealsol 3.0 L/ha, alcanzando 16 cm, frente a 9.3 cm del control. El número de hojas también incrementó notablemente, con 4.10 hojas en dosis altas frente a 2.90 en el control. Respecto a la precocidad, los tratamientos de mayor concentración permitieron alcanzar los 20 cm entre 120–140 días. La calidad de los plántones mejoró significativamente: la longitud radicular alcanzó 24.24 cm en Sealsol 3.0 L/ha, superando ampliamente al control (9.54 cm), y el peso fresco radicular fue mayor en los tratamientos de alta dosis (2.64 g) respecto al control (1.26 g). Los resultados confirman que los inoculantes microbianos mejoran de manera integral el desarrollo, vigor y potencial de establecimiento de las plantas de tara.

Palabras clave: inoculantes microbianos, *Caesalpinia spinosa*, vivero forestal, crecimiento vegetal.

ABSTRACT

The general objective of this study was to determine the effect of microbial soil inoculants on the production of tara (*Caesalpinia spinosa*) seedlings under nursery conditions in Yanahuanca, Pasco. The research was conducted using a quantitative, experimental approach with a Completely Randomized Design (CRD), employing five treatments: a control without inoculant and four applications of two biological products (Sealsol and IsoGuard) at doses of 1.5 and 3.0 L/ha. Morphological variables (height, diameter, and number of leaves), earliness (time to reach 20 cm), and quality (root length, root and shoot fresh weight) were evaluated at 150 days. The results showed highly significant effects on most of the variables evaluated. Regarding shoot growth, the greatest height was obtained with Sealsol at 3.0 L/ha, reaching 16 cm, compared to 9.3 cm for the control. The number of leaves also increased significantly, with 4.10 leaves in the high-dose treatment compared to 2.90 in the control. Regarding earliness, the higher-concentration treatments allowed plants to reach 20 cm in height between 120 and 140 days, while the control did not achieve this growth. Seedling quality improved significantly: root length reached 24.24 cm in the Sealsol 3.0 L/ha treatment, far exceeding the control (9.54 cm), and root fresh weight was greater in the high-dose treatments (2.64 g) compared to the control (1.26 g). These results confirm that microbial inoculants comprehensively improve the development, vigor, and establishment potential of tara plants.

Keywords: microbial inoculants, *Caesalpinia spinosa*, forest nursery, plant growth.

INTRODUCCIÓN

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es una especie forestal y agroindustrial de amplia importancia económica y ambiental en el Perú, debido a su versatilidad en la industria alimentaria, farmacéutica, curtidora y cosmética, gracias a su alto contenido de taninos y gomas naturales (Ormeño et al., 2021). Su creciente demanda nacional e internacional impulsa la expansión de nuevos sistemas de plantación, especialmente en zonas altoandinas donde esta especie muestra buena adaptabilidad y rusticidad. Sin embargo, su producción en vivero aún presenta limitaciones asociadas a la baja fertilidad de los suelos, la escasa disponibilidad de microorganismos benéficos y las condiciones edafoclimáticas restrictivas que caracterizan a regiones como Yanahuanca, Pasco (Zevallos et al., 2020). Estos factores generan deficiencias en el crecimiento vegetativo, retrasos en el desarrollo radicular y altos niveles de heterogeneidad entre plantones, comprometiendo su posterior desempeño en campo.

En respuesta a estas problemáticas, el uso de inoculantes microbianos ha surgido como una alternativa biotecnológica sostenible para mejorar el crecimiento temprano de especies forestales. Estos productos, compuestos por bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y hongos micorrícicos, han demostrado incrementar la disponibilidad de nutrientes, estimular la producción de fitohormonas, mejorar la tolerancia al estrés y fortalecer el desarrollo radicular (Bashan & de-Bashan, 2010). Investigaciones realizadas en leguminosas y otras especies perennes reportan incrementos significativos en altura, masa radicular y absorción de nitrógeno gracias a la simbiosis entre microorganismos y raíces (Hungria et al., 2017). No obstante, la información científica específica sobre *Caesalpinia spinosa* en ambientes altoandinos es limitada, lo que dificulta la toma de decisiones técnicas para la producción masiva de plantones de calidad en vivero.

El manejo de vivero constituye una etapa crítica para la formación de plantones vigorosos, ya que el éxito del establecimiento en campo depende en gran medida de la calidad morfológica y fisiológica alcanzada en los primeros meses de crecimiento (Hartmann et al., 2018). En este contexto, los inoculantes microbianos representan una herramienta

estratégica para optimizar la eficiencia del sustrato, reducir el uso de fertilizantes químicos y promover prácticas agrícolas más sostenibles. Estudios recientes en especies nativas reportan que la incorporación de microorganismos como *Bacillus*, *Paenibacillus* y rizobios incrementa la longitud de raíz y el peso seco, además de acelerar la emisión de hojas y mejorar la precocidad (Rodríguez et al., 2019). Estas evidencias muestran un potencial significativo para su aplicación en tara, una especie clave para programas de reforestación, recuperación de suelos degradados y desarrollo agroindustrial.

A pesar de los avances en la investigación de biofertilizantes, persiste una brecha de conocimiento relacionada con su comportamiento específico en viveros altoandinos, donde factores como la temperatura, la humedad relativa y la disponibilidad de nutrientes pueden modificar la eficiencia de los microorganismos aplicados. En Yanahuanca, por ejemplo, los suelos presentan baja fertilidad natural y escasa actividad microbiana, lo cual limita el desarrollo temprano de plántulas y afecta directamente la calidad final del plantón. En este escenario, resulta imprescindible evaluar el desempeño real de inoculantes microbianos como Sealsol e IsoGuard en el cultivo de tara, determinando si estas tecnologías pueden mejorar la altura, el número de hojas, la precocidad de crecimiento y la biomasa radicular y aérea bajo condiciones controladas de vivero.

En función de esta problemática, la presente investigación plantea evaluar el efecto de inoculantes microbianos en la producción de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco, mediante un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y variables de respuesta morfológicas, fisiológicas y de calidad. La tesis se estructura en cuatro capítulos: el Capítulo I aborda el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación; el Capítulo II desarrolla los antecedentes y bases teóricas relacionadas con la especie y los inoculantes microbianos; el Capítulo III describe la metodología experimental utilizada; y el Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, su análisis y la discusión correspondiente. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, orientadas a mejorar la producción de plantones de tara en viveros altoandinos y promover el uso de tecnologías biológicas sostenibles.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	5
1.3.	Formulación del problema	6
1.3.1.	Problema general.....	6
1.3.2.	Problemas específicos.....	6
1.4.	Formulación de objetivos.....	6
1.4.1.	Objetivo general.....	6
1.4.2.	Objetivos específicos	6
1.5.	Justificación de la investigación.....	7
1.6.	Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	9
2.2.	Bases teóricas - científicas	12
2.2.1.	La tara	12
2.2.2.	Vivero	15

2.2.3. Selección de semilla	15
2.2.4. Preparación de sustrato	16
2.2.5. Inoculantes microbianos de suelo	16
2.2.6. Sea isolates	17
2.2.7. IsoGuard	17
2.3. Definición de términos básicos	17
2.4. Formulación de Hipótesis	19
2.4.1. Hipótesis general	19
2.4.2. Hipótesis Específicas	19
2.5. Identificación de variables	19
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	20

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	21
3.2. Nivel de investigación.....	21
3.3. Métodos de investigación	21
3.3.1. Conducción del experimento.....	21
3.4. Diseño de investigación.....	22
3.4.1. Características del experimento.....	22
3.5. Población y muestra	24
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	27
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30
3.9. Tratamiento estadístico	31
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	33
--	----

4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas	33
4.1.2. Datos meteorológicos	34
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	35
4.2.1. Características morfológicas	35
4.2.2. Precocidad de plantas de tara con inoculantes microbianos	46
4.2.3. Calidad de la producción de plantas de tara	47
4.3. Prueba de Hipótesis	55
4.4. Discusión de resultados	56
4.4.1. Características agronómicas.....	56
4.4.2. Precocidad de plantas de tara con inoculantes microbianos	57
4.4.3. Calidad de la producción de plantas de tara	58

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de variables.....	20
Tabla 2. Tratamientos en estudio en tara	31
Tabla 3. Análisis de varianza para un DCA.....	32
Tabla 4. Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación mayo – diciembre 2025 fuera del invernadero.....	34
Tabla 5. Análisis de varianza altura de planta de tara a los 150 días	35
Tabla 6. Prueba de Tukey para altura de planta a los 150 días (cm).....	36
Tabla 7. Análisis de varianza para diámetro basal de tallo a los 150 días (cm).....	39
Tabla 8. Prueba de Tukey para diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)	39
Tabla 9. Análisis de varianza para número de hojas en tara a los 150 días (n°).....	42
Tabla 10. Prueba de Tukey para número de hojas en tara a los 150 días (n°)	43
Tabla 11. Análisis de varianza para longitud de raíz a los 150 días (cm)	47
Tabla 12. Prueba de Tukey para longitud de raíz a los 150 días (cm).....	48
Tabla 13. Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 150 días (g)	50
Tabla 14. Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 150 días (g)	51
Tabla 15. Análisis de varianza para peso fresco de la parte aérea en tara a los 150 días (g)	53
Tabla 16. Prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea en tara a los 150 días (g)..	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Croquis del campo experimental	23
Figura 2. Detalles de un tratamiento (vista de planta).	24
Figura 3. Altura de planta en tara a los 150 días (cm)	37
Figura 4. Desarrollo de altura de planta de tara hasta los 150 días (cm).....	38
Figura 5. Diámetro basal de tallo de tara a los 150 días (mm)	40
Figura 6. Desarrollo del diámetro de tallo de tara hasta 150 días (mm)	41
Figura 7. Número de hojas por planta de tara a los 150 días (n°)	44
Figura 8. Desarrollo de número de hojas en tara hasta los 150 días (n°)	45
Figura 9. Precocidad de plantas de tara hasta alcanzar 20 cm de altura	46
Figura 10. Longitud de raíz en tara a los 150 días (cm)	49
Figura 11. Peso fresco radicular de tara a los 150 días (g)	52
Figura 12. Peso fresco de la parte aérea en tara (g)	55

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es una especie forestal nativa de gran importancia económica, ecológica y agroindustrial en el Perú, debido a su aprovechamiento en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética y de curtiembre, principalmente por el contenido de taninos, gomas y compuestos bioactivos presentes en sus vainas y semillas. Esta especie representa una alternativa productiva para las zonas altoandinas, porque se adapta a condiciones de baja disponibilidad hídrica, suelos de fertilidad limitada y ambientes con variabilidad climática. Sin embargo, a pesar de su potencial productivo y comercial, la producción de plántones de tara en vivero todavía presenta limitaciones técnicas que afectan la uniformidad, el vigor, el crecimiento inicial y la calidad final de las plantas destinadas al establecimiento en campo definitivo (Ormeño et al., 2021).

Uno de los principales problemas en la producción de plántones de tara es el bajo crecimiento durante las primeras etapas de desarrollo, situación que se relaciona con la limitada disponibilidad de nutrientes, la baja actividad biológica del sustrato, la escasa presencia de microorganismos benéficos y las condiciones edafoclimáticas restrictivas propias de las zonas altoandinas. En vivero, estas limitaciones pueden

expresarse en menor altura de planta, reducido diámetro de tallo, bajo número de hojas, deficiente desarrollo radicular y mayor tiempo para alcanzar el tamaño adecuado de trasplante. En consecuencia, la calidad del plantón disminuye y se incrementa el riesgo de pérdidas durante el establecimiento en campo, especialmente cuando las plantas son llevadas a suelos pobres, compactados o con limitada retención de humedad (Zevallos et al., 2020).

En las condiciones de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, región Pasco, la producción de plántones forestales enfrenta dificultades asociadas a la altitud, las bajas temperaturas, la marcada variación térmica, la limitada fertilidad natural de los suelos y la reducida disponibilidad de microorganismos favorables para el crecimiento vegetal. Estas condiciones pueden restringir la absorción de nutrientes esenciales y afectar los procesos fisiológicos de las plántulas, principalmente durante la fase inicial de vivero, etapa considerada decisiva para lograr plantas vigorosas y con mayor capacidad de adaptación posterior. Por ello, resulta necesario evaluar tecnologías que permitan mejorar la eficiencia del sustrato y fortalecer el crecimiento inicial de la tara bajo las condiciones locales de Yanahuanca (MINAGRI, 2018).

La problemática se acentúa porque, en muchos viveros, la producción de plántones aún depende principalmente del uso de sustratos convencionales y de prácticas de manejo poco tecnificadas, sin considerar adecuadamente la importancia de la microbiota del suelo en el desarrollo vegetal. La ausencia o baja población de microorganismos benéficos limita procesos fundamentales como la solubilización de fósforo, la fijación biológica de nitrógeno, la producción de fitohormonas, la protección frente a patógenos y la mejora de la arquitectura radicular. Como consecuencia, las plantas pueden presentar crecimiento lento, baja acumulación de biomasa y menor capacidad de tolerancia frente al estrés hídrico o térmico, factores que reducen la eficiencia de la producción viverística de tara (Gutiérrez et al., 2020).

Frente a esta situación, la incorporación de inoculantes microbianos de suelo constituye una alternativa biotecnológica sostenible para mejorar la producción de

plantones. Estos productos contienen microorganismos benéficos capaces de estimular el crecimiento vegetal mediante diversos mecanismos, entre ellos la mejora de la disponibilidad de nutrientes, el incremento de la absorción radicular, la producción de sustancias promotoras del crecimiento y el fortalecimiento de la tolerancia de las plantas frente a condiciones adversas. En ese sentido, su aplicación en vivero podría favorecer el crecimiento morfológico, la precocidad y la calidad de los plantones de tara, reduciendo además la dependencia de fertilizantes químicos y promoviendo un manejo más sostenible del sistema productivo (Ramos et al., 2019).

No obstante, aunque el uso de fertilizantes convencionales ha sido una práctica frecuente para estimular el crecimiento de plantas en vivero, su aplicación indiscriminada puede ocasionar problemas ambientales, deterioro de la calidad del suelo, desequilibrios nutricionales y dependencia económica de insumos externos. En este contexto, los inoculantes microbianos representan una alternativa de menor impacto ambiental, debido a que actúan mediante procesos biológicos que favorecen la nutrición vegetal y contribuyen a mantener o recuperar la actividad microbiana del sustrato. De esta manera, el uso de microorganismos benéficos se perfila como una estrategia compatible con la producción forestal sostenible, especialmente en especies de importancia ecológica y económica como la tara (Paredes & Huamán, 2021).

Diversos estudios han demostrado que los inoculantes microbianos, como bacterias fijadoras de nitrógeno, rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos micorrícicos, pueden mejorar el crecimiento de especies forestales y leguminosas al incrementar la absorción de nutrientes, estimular el desarrollo radicular y favorecer una mayor acumulación de biomasa. Estos efectos son relevantes en la producción de plantones, porque una raíz más desarrollada y una parte aérea vigorosa permiten obtener plantas con mejores posibilidades de adaptación al trasplante y mayor supervivencia en campo. Sin embargo, la respuesta de los inoculantes depende

del tipo de microorganismo, la dosis aplicada, el cultivo, el sustrato y las condiciones ambientales del lugar donde se desarrolla la investigación (Rodríguez et al., 2019).

A pesar del potencial de los inoculantes microbianos, todavía existe limitada información científica sobre su efecto específico en la producción de plántones de tara bajo condiciones altoandinas de Yanahuanca. La mayoría de investigaciones disponibles se relacionan con otras especies forestales, leguminosas o cultivos agrícolas, pero no abordan de manera directa la respuesta de *Caesalpinia spinosa* frente a productos microbianos aplicados al suelo en vivero. Esta falta de información genera incertidumbre técnica sobre la eficacia real de estos insumos en variables como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, precocidad, longitud de raíz, peso fresco radicular y peso fresco de la parte aérea.

Por lo tanto, el problema central de la investigación se fundamenta en la necesidad de conocer si la aplicación de inoculantes microbianos de suelo mejora la producción de plántones de tara en condiciones de Yanahuanca, Pasco. Esta evaluación permitirá determinar si dichos productos contribuyen al crecimiento morfológico, aceleran la obtención de plántones aptos para el trasplante y mejoran la calidad radicular y aérea de las plantas. Asimismo, los resultados permitirán generar información técnica útil para productores, viveristas, instituciones públicas y programas de reforestación interesados en fortalecer la producción de tara mediante tecnologías sostenibles y adaptadas a las condiciones locales.

En consecuencia, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco?

Esta investigación busca aportar evidencia científica sobre el uso de inoculantes microbianos en la producción de plántones de tara, con la finalidad de validar una alternativa biotecnológica que contribuya al mejoramiento del crecimiento, precocidad y calidad de las plantas en vivero. De esta manera, el estudio pretende fortalecer la producción agroforestal sostenible en la región, reducir la dependencia

de insumos químicos y promover el aprovechamiento eficiente de una especie nativa con alto valor económico, ambiental y social para las zonas altoandinas del Perú.

1.2. Delimitación de la investigación

Ubicación geográfica y condiciones específicas: La investigación se ejecutó en el Invernadero de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, donde la ubicación política comprende como distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, departamento Pasco, la ubicación geográfica se encuentra a una elevación de 3175 m.s.n.m, latitud sur: 10° 29' 27"; longitud oeste: 76° 30' 24".

Parámetros de evaluación: El enfoque de la investigación estuvo centrado en analizar el impacto de inoculantes microbianos en la producción de plantones de tara. Otros aspectos no fueron considerados dentro del alcance de este estudio.

Aspectos económicos: A pesar de que el impacto económico podría ser significativo, esta investigación no contempló un análisis exhaustivo de los factores económicos relacionados con la producción de plantones de tara y la aplicación de inoculantes microbianos.

Aspectos sociales o culturales: La investigación no consideró elementos de índole social, cultural ni histórica vinculados a la producción de plantones de tara.

Delimitación temporal: La investigación se realizó entre los meses de mayo a noviembre del año 2025. No obstante, es importante señalar que la producción de plantones en las condiciones climáticas de Yanahuanca puede llevarse a cabo en cualquier época del año. Por ello, los resultados y conclusiones obtenidos estarán restringidos a las condiciones específicas y a los acontecimientos ocurridos durante ese período.

Delimitación social: Para llevar a cabo este experimento se contó con un equipo humano conformado por el asesor de la tesis y las tesis, quienes estuvieron a cargo de la conducción del presente trabajo de investigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en las características agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, n° de hojas) en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*)?

¿Cuál es el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la precocidad de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*)?

¿Cuál es el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la calidad de plántones (longitud de raíz, peso radicular, peso de planta) de tara (*Caesalpinia spinosa*)?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en las características agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, n° de hojas) en la producción de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*).
- Evaluar el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la precocidad de plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*).
- Evaluar el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la calidad de plántones (longitud de raíz, peso radicular, peso de planta) de tara (*Caesalpinia spinosa*).

1.5. Justificación de la investigación

Importancia económica: El cultivo de tara representa una fuente de ingresos significativa para pequeños y medianos productores debido a su alta demanda en la industria alimentaria, farmacéutica y de curtiembre. La aplicación de inoculantes microbianos puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos, disminuyendo costos de producción y aumentando la rentabilidad del cultivo. Además, optimizar el crecimiento de plántones mejorando la eficiencia del establecimiento de nuevas plantaciones, fortaleciendo el sector agrícola regional.

Importancia social: El desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles contribuye a la seguridad alimentaria y al bienestar de las comunidades rurales. Al promover el uso de biofertilizantes, se fomenta una agricultura más ecológica, reduciendo el impacto ambiental del uso excesivo de fertilizantes químicos. Asimismo, el fortalecimiento del cultivo de tara genera empleo local, mejorando la calidad de vida de los productores y sus familias.

Importancia tecnológica: El uso de inoculantes microbianos representa una innovación en la producción agrícola, alineándose con las tendencias de la biotecnología aplicada a la agricultura. Estos microorganismos mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas, incrementando su crecimiento y resistencia a condiciones adversas. La implementación de esta tecnología contribuye al desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles, respondiendo a los desafíos del cambio climático y la degradación del suelo.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el transcurso del desarrollo de la investigación se presentaron algunas limitaciones, entre ellas:

Los efectos del cambio climático, que incidieron en el incremento de la intensidad y severidad de plagas y enfermedades.

Dificultades de carácter administrativo dentro de la Universidad.

La ausencia de antecedentes nacionales vinculados directamente con esta línea de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la localidad de Yanahuanca no se han desarrollado investigaciones sobre el uso de inoculantes microbianos en la producción de plantones de tara; no obstante, en otras regiones sí se han realizado estudios relacionados con esta temática.

Cordero et al. (2016) investigaron la diversidad rizobiana, la efectividad simbiótica y la estructura de nódulos en *Vachellia macracantha*, especie leguminosa asociada frecuentemente con *Caesalpinia spinosa* en ecosistemas secos del Perú. El estudio evaluó el efecto de la inoculación con rizobios sobre el crecimiento de plántulas y la respuesta fisiológica de especies leguminosas arbóreas. Los resultados mostraron que varias cepas pertenecientes a los géneros *Ensifer* y *Rhizobium* fueron efectivas en la fijación de nitrógeno en *Vachellia macracantha*. Aunque *Caesalpinia spinosa* no presentó nodulación, algunas cepas rizobianas mejoraron significativamente su eficiencia fotoquímica. Este antecedente es importante porque demuestra que los microorganismos del suelo pueden influir positivamente en la fisiología de la tara, aun cuando la especie no forme nódulos. Por ello, respalda la necesidad de evaluar inoculantes microbianos en plantones de tara bajo condiciones de vivero.

Cordero et al. (2017) estudiaron la comunidad microbiana rizosférica de *Caesalpinia spinosa* en zonas conservadas y deforestadas del bosque de nieblas de Atiquipa, Perú. La investigación analizó cómo la deforestación, la edad de la planta y el origen de los individuos influyen en la composición de microorganismos asociados a la raíz. Los autores encontraron que la deforestación modificó la estructura de la comunidad microbiana y redujo la biomasa microbiana del suelo. También identificaron bacterias con características promotoras del crecimiento vegetal, como solubilización de nutrientes y adaptación a condiciones locales. Estos resultados evidencian que la rizósfera de la tara alberga microorganismos benéficos con potencial para ser utilizados en programas de reforestación y producción de plantones. Este antecedente se relaciona directamente con la presente investigación porque sustenta el papel de la microbiota del suelo en el crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa*.

Sangay-Tucto et al. (2017) evaluaron el impacto de la simbiosis micorrítica arbuscular en el crecimiento temprano de tara (*Caesalpinia spinosa*) bajo condiciones de invernadero. El estudio describió el estado micorrítico de la tara en plantaciones del Perú y evaluó el efecto de la inoculación controlada con hongos micorrízicos. Los resultados mostraron que la tara se asocia principalmente con hongos micorrízicos arbusculares de la familia Glomeraceae, destacando especies del género *Rhizophagus*. La inoculación con *Rhizophagus irregularis* mejoró significativamente el crecimiento de las plántulas y favoreció la absorción de nutrientes como fósforo y nitrógeno. Los autores concluyeron que la tara puede considerarse una especie altamente dependiente de la micorriza. Este antecedente es relevante porque demuestra que la aplicación de microorganismos benéficos puede mejorar el crecimiento temprano y la calidad de plantones de tara.

Zurita et al. (2021) evaluaron la influencia de rizobios y micorrizas en la producción de plantones de *Caesalpinia spinosa* L. "taya" en San Pablo, Perú. La investigación se desarrolló en condiciones de campo, vivero y laboratorio,

considerando la caracterización de hongos micorrícicos y la evaluación de variables de crecimiento en plántulas. Los autores no encontraron nódulos formados por bacterias nitrificantes en las raíces de tara, lo que confirma que esta especie no presenta nodulación típica como otras leguminosas. Sin embargo, identificaron hongos ectomicorrícicos en la rizósfera, principalmente basidiomicetes y especies como *Rhizoctonia sp.* y *Fusarium sp.* El tratamiento T4 superó a los demás en altura, diámetro de cuello, número de hojas, longitud de raíz y peso húmedo y seco de las plántulas. Este antecedente respalda la importancia de evaluar microorganismos del suelo en la producción de plantones de tara, especialmente por su influencia en variables morfológicas y de calidad.

Cordero et al. (2024) evaluaron el efecto de la biofertilización con rizobacterias nativas promotoras del crecimiento vegetal en la tolerancia de *Caesalpinia spinosa* al déficit hídrico. El estudio comparó plántulas de tara biofertilizadas con tres cepas PGPR, fertilización química y un control sin fertilización bajo condiciones con riego adecuado y estrés por sequía. Los resultados indicaron que la cepa *Pseudomonas sp.* RC5.5 mejoró la tolerancia de las plántulas al déficit hídrico, al reducir la disminución del contenido relativo de agua, la asimilación neta de carbono y la conductancia estomática. Aunque la biofertilización no siempre incrementó el crecimiento en condiciones sin estrés, sí mejoró la respuesta fisiológica de la tara frente a condiciones adversas. Los autores destacaron que la cepa RC5.5 puede ser considerada candidata para el desarrollo de inoculantes en programas de reforestación y restauración en zonas áridas. Este estudio es altamente pertinente porque demuestra que las PGPR pueden mejorar la resistencia de la tara en etapas tempranas de desarrollo.

Sangay-Tucto et al. (2024) investigaron la diversidad rizobiana asociada a tara (*Caesalpinia spinosa*) mediante el uso de arveja (*Pisum sativum*) como planta trampa. El objetivo fue confirmar el estado de nodulación de la tara y evaluar cómo los suelos asociados a plantaciones de esta especie influyen en comunidades rizobianas y en el

crecimiento vegetal. Los resultados confirmaron la ausencia de actividad nitrogenasa en tara, por lo que los autores señalan que *Caesalpinia spinosa* es una especie no nodulante. Sin embargo, los suelos provenientes de las filas de plantación de tara promovieron mayor biomasa, longitud radicular y contenido de clorofila en comparación con suelos externos a la plantación. También se identificaron 57 cepas de rizobios en arveja, agrupadas principalmente dentro del clado *Rhizobium leguminosarum*-etli. Este antecedente demuestra que, aunque la tara no nodula, modifica favorablemente la comunidad microbiana de su rizósfera, lo que justifica evaluar inoculantes microbianos en la producción de plantones.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. La tara

A. Origen y distribución de tara

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es una especie nativa de los Andes, especialmente de Perú, donde ha sido utilizada desde tiempos prehispánicos por sus múltiples aplicaciones industriales y medicinales. Su distribución abarca principalmente las regiones secas y montañosas de Sudamérica, incluyendo Ecuador, Colombia, Bolivia y Chile. En su hábitat natural, la tara suele encontrarse en ecosistemas de bosque seco montano y estepa espinosa montana baja, en asociación con especies como *Dodonaea viscosa* y *Mimosa quitensis*. Su adaptabilidad a condiciones climáticas adversas, resistencia a plagas y capacidad para crecer en suelos pobres la han convertido en una opción viable para la reforestación y la agroindustria sostenible (Baquero et al., 2004).

B. Taxonomía de tara

La tara (*Caesalpinia spinosa*) pertenece a la familia Fabaceae y es una leguminosa nativa de los Andes sudamericanos, especialmente de Perú y Bolivia. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae,

División: Magnoliophyta,
Clase: Magnoliopsida,
Orden: Fabales,
Familia: Fabaceae,
Género: *Caesalpinia*,
Especie: *Caesalpinia spinosa*.

Esta planta se ha estudiado ampliamente debido a sus propiedades industriales, medicinales y ecológicas. Además, estudios recientes han resaltado su importancia en la producción de taninos y otros metabolitos secundarios con aplicaciones farmacológicas y agrícolas (García & Ramírez, 2023).

C. Descripción botánica de la tara

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es un árbol o arbusto perenne que puede alcanzar hasta 5 metros de altura. Sus hojas son bipinnadas con numerosos folíolos elípticos. Las flores son pequeñas, amarillas y dispuestas en racimos terminales. Los frutos son vainas leñosas de color marrón oscuro cuando maduran, conteniendo entre 4 y 7 semillas de color negro brillante. Su raíz es pivotante, adaptada a suelos secos y bien drenados, característica clave para su resistencia a la sequía (Pérez & Salas, 2020).

D. Fenología de la tara

La fenología de *Caesalpinia spinosa* varía según las condiciones ambientales en las que se desarrolla. En general, su ciclo fenológico comienza con la brotación de nuevas hojas al inicio de la temporada de lluvias, seguida de la floración, que ocurre entre los meses de primavera y verano. Las flores amarillas y pequeñas se agrupan en racimos terminales, promoviendo la polinización por insectos. Posteriormente, el desarrollo y maduración de los frutos ocurre en la estación seca, cuando

las vainas leñosas alcanzan su tamaño máximo y comienzan a liberar las semillas. Este proceso fenológico está adaptado a su hábitat xerofítico, permitiendo la dispersión de semillas en épocas de menor competencia hídrica (Murga, 2016).

E. Variedad de tara

En el Perú, la tara presenta una variabilidad morfológica significativa, lo que ha permitido identificar diferentes variedades o morfotipos en función de las características de sus frutos y semillas. Entre las principales variedades descritas se encuentran la Globosa, Barbada, Gigante, Jancos, Ista, Blanca y Roja, cada una con diferencias en la forma, tamaño y color de las vainas y semillas, aspectos que influyen en su uso comercial e industrial (Valderrama, 2019). Estas diferencias morfológicas han sido objeto de estudios para determinar su adaptación a distintos ecosistemas andinos y su potencial productivo, permitiendo una mejor selección para la propagación y el aprovechamiento sostenible de la especie (Scurrah et al., 2021).

La variedad más común de tara (*Caesalpinia spinosa*) es la denominada “Globosa”, caracterizada por la forma redondeada de sus vainas, su tamaño intermedio y su alta producción de semillas con alto contenido de taninos, lo que la hace especialmente valorada en la industria de curtiembre y en la producción de gomas vegetales. Esta variedad se encuentra ampliamente distribuida en regiones andinas de altitudes entre 800 y 3000 m s.n.m., mostrando una gran adaptación a suelos pobres y climas semiáridos, lo que la convierte en una especie forestal de gran importancia económica y ecológica. Estudios han demostrado que la variedad Globosa presenta una alta resistencia a plagas y enfermedades, además de tener un ciclo fenológico bien definido, con floración entre los

meses de septiembre y diciembre, y fructificación de mayo a agosto (Valderrama, 2019).

2.2.2. Vivero

El establecimiento de viveros adecuados para la producción de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (tara) requiere condiciones específicas que garanticen un crecimiento óptimo de las plantas antes de su trasplante a campo definitivo. Según investigaciones realizadas, los viveros deben ubicarse en zonas con altitudes entre 800 y 3000 m s.n.m., con suelos bien drenados y ricos en materia orgánica, así como contar con una adecuada exposición solar para favorecer el desarrollo de las plántulas. Además, es fundamental la implementación de sistemas de riego controlado para evitar el estrés hídrico, especialmente durante las primeras fases de crecimiento. Estudios han demostrado que el uso de sustratos compuestos por tierra negra, arena y compost en proporciones equilibradas mejora la germinación y el vigor de las plántulas, reduciendo el tiempo de establecimiento en vivero. Asimismo, se recomienda la aplicación de inoculantes microbianos, como hongos micorrízicos y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, para mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades. Investigaciones realizadas por Pérez y Gómez (2021) resaltan la importancia de estos factores en la producción eficiente de plantones de tara para su reforestación y aprovechamiento industrial.

2.2.3. Selección de semilla

La selección de semillas, es un proceso fundamental para garantizar una óptima germinación y el desarrollo de plántulas vigorosas en vivero. Este proceso inicia con la recolección de vainas maduras y sanas directamente de árboles madre seleccionados, los cuales deben presentar características deseables como alta producción de frutos, resistencia a plagas y enfermedades, así como una buena adaptación a las condiciones agroclimáticas de la región. Posteriormente, se realiza una clasificación de las semillas eliminando aquellas que presenten signos de daño mecánico, ataques de insectos o malformaciones. Además, se recomienda aplicar

pruebas de viabilidad como la prueba de flotación en agua, donde las semillas viables tienden a hundirse debido a su mayor densidad. Según estudios de Ramírez (2020), el tratamiento pregerminativo de las semillas mediante escarificación mecánica o inmersión en agua caliente mejora significativamente la tasa de germinación, reduciendo la latencia característica de esta especie. Estos criterios de selección y manejo son esenciales para establecer plantaciones exitosas de tara con un alto rendimiento y calidad en la producción.

2.2.4. Preparación de sustrato

La preparación del sustrato para la germinación de *Caesalpinia spinosa* (tara) es un proceso clave para garantizar un adecuado desarrollo de las plántulas. Según Pérez (2023), el sustrato debe componerse de una mezcla equilibrada de arena de río y materia orgánica en proporción 2:1, lo que permite una adecuada aireación y retención de humedad. Antes de la siembra, el sustrato debe ser desinfectado mediante solarización o con una solución de hipoclorito de sodio al 1% para evitar la proliferación de hongos y bacterias. Se recomienda mantener una humedad constante a través de riegos ligeros 2 a 3 veces por semana, evitando el encharcamiento, lo que favorece la emergencia uniforme de las plántulas en aproximadamente 15 días.

2.2.5. Inoculantes microbianos de suelo

Los inoculantes microbianos del suelo son productos biotecnológicos que contienen microorganismos beneficiosos, como bacterias y hongos, que promueven el crecimiento de las plantas. Estos microorganismos pueden fijar nitrógeno, solubilizar fósforo, producir fitohormonas o mejorar la resistencia de las plantas a condiciones adversas. Entre los más comunes se encuentran los rizobios (*Rhizobium spp.*), que forman simbiosis con leguminosas, y los hongos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota), que facilitan la absorción de nutrientes.

Estos inoculantes pueden aplicarse a las semillas, al suelo o a las plantas en diversas formulaciones (líquidas, en polvo o granuladas) y tienen la ventaja de reducir el uso de fertilizantes químicos, mejorar la calidad del suelo y aumentar la

productividad agrícola. La eficacia de los inoculantes depende de la compatibilidad con el cultivo, la calidad del producto y las condiciones ambientales en el campo (Deaker et al., 2011).

2.2.6. Sea isolates

Compuesto de *Ascophyllum nodosum* + *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacillus subtilis*; es un producto desarrollado para otorgar las bondades de seaweed creme y además una carga importante de un microorganismo multifuncional como el *Bacillus amyloliquefaciens* que posee como característica actuar como un biofertilizante dado que solubiliza el fósforo orgánico e inorgánico insoluble, es capaz de sobrevivir en la parte aérea de las plantas (hojas, frutos y tallos), y actúa como bioprotector contra hongos fitopatógenos. Sea Isolates contiene cepas benéficas y algas marinas, es un producto seguro para lograr el control o eliminación de enfermedades fúngicas en las plantas. La base de algas ascophyllum activan los SRI y SRA de la planta, además, generando en una planta con mayor vigor y resistencia al stress (Organic science, 2025).

2.2.7. IsoGuard

Es un potente bioestimulante vegetal que contienen mezclas de microorganismos en base a *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Paenobacillus polymixa* que, al aplicarse a las plantas mejoran la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico (heladas, salinidad, sequía) y mejoraran la calidad de las cosechas o alguna de sus características agronómicas (Organic science, 2025).

2.3. Definición de términos básicos

- Tara (*Caesalpinia spinosa*)

Es una especie arbustiva de la familia Fabaceae, nativa de los Andes, utilizada en la industria alimentaria, farmacéutica y curtidora debido a su alto contenido de taninos. Se desarrolla en zonas áridas y semiáridas, adaptándose a suelos pobres y condiciones climáticas adversas (Chirinos et al., 2020).

- Inoculantes microbianos

Son productos biológicos que contienen microorganismos benéficos, como bacterias fijadoras de nitrógeno o micorrizas, que mejoran la disponibilidad de nutrientes y promueven el crecimiento vegetal al establecer simbiosis con las raíces de las plantas (Bashan et al., 2016).

- Sustrato agrícola

Es el medio físico en el que se desarrollan las raíces de las plantas, compuesto por materiales orgánicos e inorgánicos que proporcionan soporte, aireación, agua y nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Raviv et al., 2019).

- Fijación biológica de nitrógeno

Es el proceso mediante el cual ciertos microorganismos convierten el nitrógeno atmosférico en formas asimilables por las plantas, lo que reduce la necesidad de fertilización química y mejora la productividad agrícola (Hungria et al., 2017).

- Producción de plátanos

Se refiere al proceso de propagación y crecimiento inicial de plántulas en viveros bajo condiciones controladas, garantizando su desarrollo adecuado antes del trasplante a campo definitivo (Hartmann et al., 2018).

- Vigor de planta

El vigor de la planta se refiere a la capacidad intrínseca de una planta para desarrollarse robusta y saludablemente, evidenciada por su crecimiento, resistencia al estrés ambiental y la expresión de características fisiológicas óptimas. Incluye factores como la rapidez de emergencia, tasa de crecimiento, vigor de las raíces y la capacidad de establecerse en condiciones adversas (Rodríguez et al., 2019).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los inoculantes microbianos de suelo influyen significativamente en la producción de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Los inoculantes microbianos de suelo influyen significativamente en las características agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, n° de hojas) en la producción de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*).
- Los inoculantes microbianos de suelo influyen significativamente en la precocidad de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*).
- Los inoculantes microbianos de suelo influyen significativamente en la calidad de plantones (longitud de raíz, peso radicular, peso de planta) de tara (*Caesalpinia spinosa*).

2.5. Identificación de variables

Variable independiente:

Inoculantes microbianos.

Variable dependiente:

Producción de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*).

Variable interviniente:

Condiciones ambientales de Yanahuanca – Pasco.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de medida
Variable independiente	Inoculantes microbianos	1. Características agronómicas	
Inoculantes microbianos.	.	•Altura de planta a los 90, 120 y 150 días	cm
Variable dependiente	La producción de plantones de tara se refiere al proceso de cultivo y propagación de semillas o esquejes en condiciones controladas.	•Diámetro de tallo a los 90, 120 y 150 días	mm
Producción de plantones de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>).		•Número de hojas a los 90, 120 y 150 días	n°
		3.Precocidad	
		•Número de días a la producción de plantones	n°
		3. Calidad	
		•Longitud de raíz a los 150 días	cm
		•Peso fresco radicular a los 150 días	g
		•Peso fresco de la parte aérea a los 150 días	g

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada corresponde a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y experimental, ya que se emplearon diversos instrumentos para evaluar el efecto de inoculantes microbianos en la producción de plantones de tara, además de basarse en conocimientos previamente establecidos.

3.2. Nivel de investigación

La investigación se desarrolló a un nivel explicativo, con el propósito de analizar la influencia de inoculantes microbianos en la producción de plantones de tara bajo condiciones de vivero.

3.3. Métodos de investigación

Para este estudio se empleó el método científico, realizando observaciones, recopilando información y analizando los datos obtenidos.

3.3.1. Conducción del experimento

- a. Recolección de semilla:** La instalación del experimento se llevó a cabo en el vivero de la Escuela de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Filial Yanahuanca. Se adquirió semilla certificada de tara, proporcionada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2013).

La siembra se efectuó de forma directa a las bolsas previo a un picado de la parte posterior al embrión con una corta uña para facilitar el remojo.

- b. Extracción y Preparación de sustrato:** Se empleó tierra negra que fue previamente tamizada utilizando una malla con abertura de medio centímetro.
- c. Embolsado:** Para facilitar el llenado de sustrato en las bolsas, se utilizó un embudo elaborado a partir de una botella plástica. Las bolsas se llenaron hasta la mitad, se sacudieron suavemente para eliminar posibles bolsas de aire y lograr una ligera compactación, luego se procedió a completar el llenado con el sustrato.
- d. Aplicación de tratamientos (Inoculantes microbianos):** La aplicación de las inoculantes microbianos se realizó durante la siembra. Para ello, se preparó una dilución conforme a las dosis establecidas en el experimento. Posteriormente, se realizaron aplicaciones adicionales a los 15, 30, 45 y 60 días, utilizando una mochila con capacidad para 20 litros de agua, distribuyendo el producto en cada bolsa según los tratamientos definidos.
- e. Manejo de plántones en vivero:** Mientras los plántones permanecieron en el vivero, se llevó a cabo el deshierbo manualmente. El riego se aplicó de forma uniforme a todas las plántulas en horas de la tarde, utilizando una regadera manual.

3.4. Diseño de investigación

Debido a la naturaleza del estudio, se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando un total de 5 tratamientos, con 10 repeticiones y un total de 50 plantas por tratamiento.

3.4.1. Características del experimento

a. Del campo experimental

- Largo: 5.0 m
- Ancho: 1.6 m

- Área total: 8.0 m²

b. De las bolsas

- Número de bolsas /tratamiento: 50
- Número total de bolsas del exp.: 250
- Diámetro de bolsa: 16cm
- Alto de bolsa: 15cm

Figura 1. Croquis del campo experimental

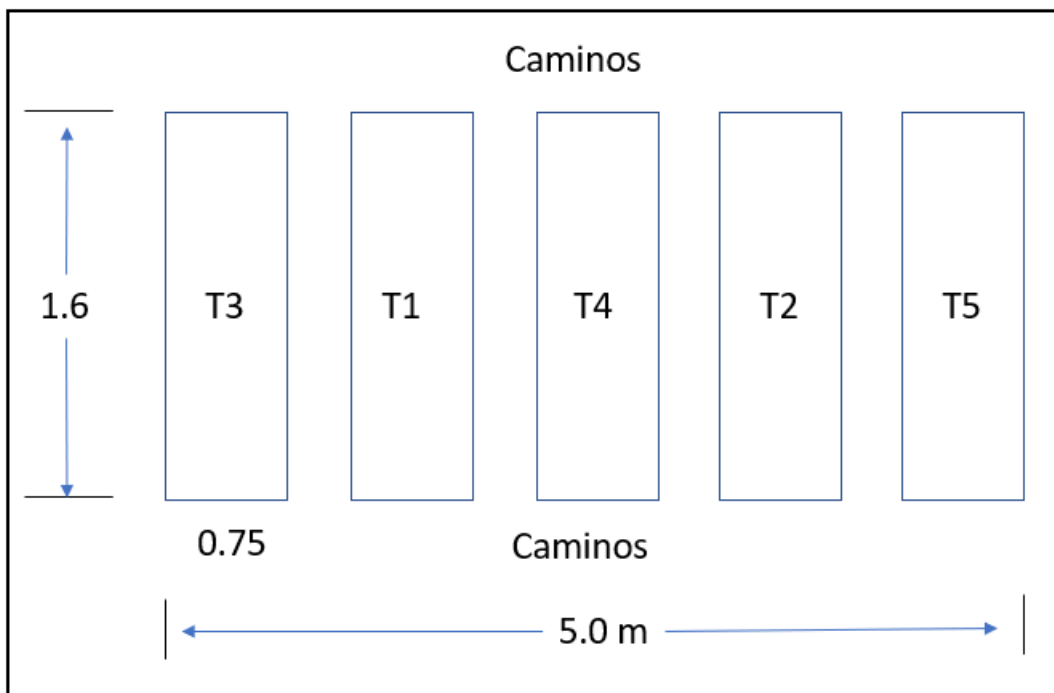
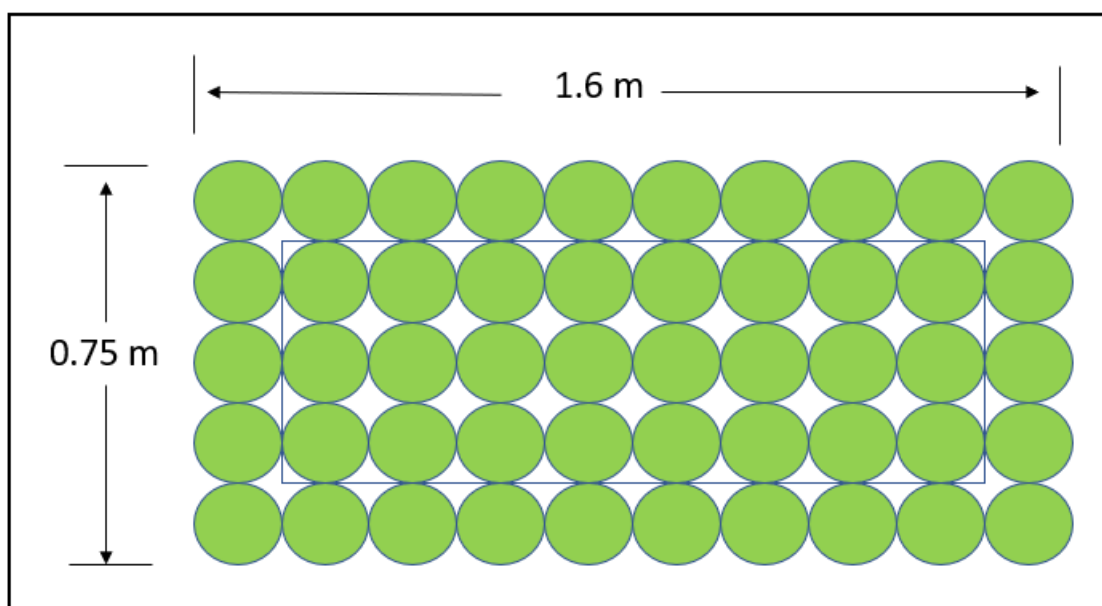


Figura 2. Detalles de un tratamiento (vista de planta).



3.5. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por 250 plantas de tara y por cada tratamiento fue sembradas 50 bolsas en un área total de 8.0 m² (5.0 x 1.6 m).

Muestra

En cada parcela experimental se realizó un muestreo aleatorio de 10 plantas de tara por tratamiento, excluyendo aquellas ubicadas en los bordes. En total, se evaluaron 50 plantones como muestra representativa del experimento.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearon técnicas e instrumentos adecuados al enfoque cuantitativo y al carácter experimental de la investigación, considerando que el estudio estuvo orientado a evaluar el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la producción de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*) bajo condiciones de vivero en Yanahuanca – Pasco. La información fue obtenida directamente de las unidades experimentales, mediante evaluaciones periódicas de las características morfológicas, precocidad y calidad de los plantones, de acuerdo con los indicadores establecidos en la operacionalización de variables.

Técnicas de recolección de datos

La principal técnica utilizada fue la observación experimental directa, la cual permitió registrar el comportamiento de los plántones de tara frente a la aplicación de los diferentes tratamientos con inoculantes microbianos. Esta técnica fue fundamental para identificar las variaciones en el crecimiento, desarrollo y vigor de las plantas durante el periodo de evaluación. Las observaciones se realizaron de manera ordenada y sistemática, considerando los tratamientos establecidos en el diseño experimental.

Asimismo, se empleó la medición directa, técnica que permitió obtener datos cuantitativos de las variables morfológicas de los plántones, tales como altura de planta, diámetro basal del tallo y longitud de raíz. Estas mediciones se realizaron en fechas previamente establecidas, utilizando instrumentos de precisión, con la finalidad de garantizar datos confiables y comparables entre tratamientos.

Otra técnica utilizada fue el conteo directo, aplicado principalmente para determinar el número de hojas por planta. Esta evaluación permitió conocer el grado de desarrollo foliar de los plántones, indicador relacionado con la capacidad fotosintética, el vigor y el crecimiento vegetativo de la tara durante la fase de vivero.

También se aplicó la técnica de pesaje directo, utilizada para determinar el peso fresco radicular y el peso fresco de la parte aérea de los plántones. Esta técnica permitió evaluar la acumulación de biomasa fresca como indicador de calidad de planta, considerando que un mayor peso radicular y aéreo refleja mejor desarrollo fisiológico y mayor potencial de establecimiento en campo definitivo.

De igual manera, se utilizó el análisis documental, mediante la revisión de fichas de evaluación, registros de campo, antecedentes bibliográficos, información técnica de los productos utilizados y datos relacionados con el manejo del experimento. Esta técnica permitió complementar la información obtenida en campo y verificar que las evaluaciones se desarrollaran de acuerdo con los objetivos propuestos.

Finalmente, se aplicó el registro fotográfico, como técnica complementaria para evidenciar visualmente el desarrollo de los tratamientos, las diferencias observadas entre plantones y las actividades realizadas durante la conducción del experimento. Este registro sirvió como respaldo visual del proceso de investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron seleccionados en función de cada variable evaluada. Para registrar la información obtenida en campo se emplearon fichas de evaluación, donde se anotaron los datos correspondientes a cada tratamiento, repetición y planta evaluada. Estas fichas permitieron organizar la información de manera ordenada y reducir errores durante el proceso de tabulación.

Para medir la altura de planta, se utilizó una regla graduada o wincha, midiendo desde el nivel del sustrato hasta el ápice de crecimiento de la planta. Esta medición se expresó en centímetros y se realizó en los momentos de evaluación establecidos.

Para determinar el diámetro basal del tallo, se utilizó un vernier, instrumento que permitió medir con mayor precisión el grosor del tallo en la parte basal de cada plantón. Esta variable fue importante para conocer la robustez estructural de las plantas y su posible resistencia durante el manejo y trasplante.

Para el número de hojas, se empleó el conteo manual, registrando en la ficha de evaluación la cantidad de hojas presentes en cada planta seleccionada. Esta información permitió comparar el desarrollo foliar entre los tratamientos con inoculantes microbianos y el tratamiento testigo.

Para evaluar la longitud de raíz, se utilizó una regla graduada, midiendo la raíz principal luego de extraer cuidadosamente el plantón del sustrato. Esta evaluación permitió conocer el efecto de los inoculantes sobre el desarrollo radicular, aspecto fundamental en la calidad de los plantones de tara.

Para determinar el peso fresco radicular y el peso fresco de la parte aérea, se empleó una balanza electrónica o analítica. Previamente, las raíces fueron lavadas

cuidadosamente para eliminar restos de sustrato, y luego se procedió al pesaje de la parte radicular y aérea por separado. Los valores fueron expresados en gramos.

Además, se utilizó un cuaderno de campo para anotar observaciones complementarias relacionadas con el manejo del experimento, riegos, deshierbos, aplicaciones de los inoculantes, presencia de plagas, condiciones ambientales y cualquier acontecimiento relevante durante el desarrollo de la investigación.

También se emplearon cámara fotográfica o teléfono celular, para registrar imágenes del proceso experimental, crecimiento de los plántones, aplicación de tratamientos y diferencias visuales entre las plantas evaluadas. Finalmente, los datos recolectados fueron organizados en hojas de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente procesados mediante el software estadístico correspondiente.

En conjunto, las técnicas e instrumentos utilizados permitieron obtener datos confiables, ordenados y pertinentes para evaluar el efecto de los inoculantes microbianos de suelo sobre la producción de plántones de tara, considerando variables de crecimiento morfológico, precocidad y calidad de planta. Esta información constituyó la base para el análisis estadístico, la interpretación de resultados y la comprobación de las hipótesis planteadas en la investigación.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Para la presente investigación, los instrumentos de recolección de datos fueron seleccionados considerando la naturaleza experimental del estudio, los objetivos planteados y los indicadores establecidos en la matriz de operacionalización de variables. La selección de los instrumentos respondió a la necesidad de obtener datos cuantitativos precisos sobre el crecimiento, precocidad y calidad de los plántones de tara (*Caesalpinia spinosa*) sometidos a la aplicación de inoculantes microbianos de suelo en condiciones de vivero.

Los instrumentos empleados fueron fichas de evaluación, regla graduada, vernier, balanza electrónica, cuaderno de campo y registro fotográfico. La regla graduada fue utilizada para medir la altura de planta y la longitud de raíz; el vernier

permitió determinar el diámetro basal del tallo con mayor precisión; la balanza electrónica se empleó para registrar el peso fresco radicular y el peso fresco de la parte aérea; mientras que las fichas de evaluación sirvieron para registrar de manera ordenada los datos obtenidos en cada tratamiento y repetición. Asimismo, el cuaderno de campo permitió anotar observaciones complementarias relacionadas con el manejo del experimento, aplicación de tratamientos, riegos, deshierbos y condiciones observadas durante el desarrollo de los plántones.

La selección de estos instrumentos se realizó en función de las variables evaluadas: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, precocidad, longitud de raíz, peso fresco radicular y peso fresco de la parte aérea. Para garantizar la uniformidad de las mediciones, se empleó el Sistema Internacional de Unidades (SI), expresando los resultados en centímetros, milímetros, gramos y número de unidades, según correspondió a cada indicador. De esta manera, se aseguró que los datos registrados fueran comparables, objetivos y adecuados para el análisis estadístico posterior.

La validación de los instrumentos se realizó mediante la revisión del asesor de tesis y la verificación de su correspondencia con los objetivos específicos, variables e indicadores de la investigación. Esta validación permitió confirmar que los instrumentos seleccionados eran pertinentes para medir el efecto de los inoculantes microbianos de suelo en la producción de plántones de tara. Además, las fichas de evaluación fueron revisadas antes de su aplicación para comprobar que contenían los campos necesarios: tratamiento, repetición, fecha de evaluación, planta evaluada y variable medida.

Asimismo, se consideró la validez de contenido, debido a que los instrumentos utilizados guardaron relación directa con los indicadores definidos en la operacionalización de variables. Por ejemplo, para evaluar el comportamiento morfológico se emplearon mediciones de altura, diámetro y número de hojas; para la precocidad se registró el tiempo requerido para alcanzar el tamaño establecido; y para

la calidad de plantón se consideraron la longitud de raíz, peso fresco radicular y peso fresco de la parte aérea. Esta correspondencia permitió obtener información coherente con los propósitos del estudio.

La confiabilidad de los instrumentos se garantizó mediante el uso de equipos en buen estado, la aplicación de procedimientos uniformes de medición y el registro sistemático de los datos. Las evaluaciones fueron realizadas siguiendo el mismo criterio para todos los tratamientos, evitando variaciones en la forma de medición. La altura de planta fue medida desde el nivel del sustrato hasta el ápice de crecimiento; el diámetro basal se registró en la parte inferior del tallo; la longitud de raíz se midió después de extraer cuidadosamente la planta; y los pesos frescos fueron determinados inmediatamente después de separar la parte aérea y radicular.

Para reducir errores de medición, las evaluaciones se realizaron en fechas previamente establecidas y bajo las mismas condiciones metodológicas para todos los tratamientos. Además, se evaluaron plantas representativas de cada tratamiento, evitando aquellas ubicadas en los bordes, con la finalidad de disminuir posibles efectos externos. Los datos registrados en las fichas de evaluación fueron revisados antes de su procesamiento, verificando que no existieran omisiones, duplicaciones o inconsistencias.

En el caso de la balanza electrónica y el vernier, se verificó su correcto funcionamiento antes de realizar las mediciones correspondientes. La balanza fue colocada sobre una superficie estable para evitar variaciones en el peso registrado, mientras que el vernier fue utilizado cuidadosamente para obtener lecturas precisas del diámetro del tallo. Estas acciones contribuyeron a mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos durante la investigación.

En conjunto, la adecuada selección, validación y confiabilidad de los instrumentos permitió obtener información precisa y consistente sobre el efecto de los inoculantes microbianos en la producción de plantones de tara. Estos procedimientos garantizaron que los datos recolectados fueran válidos para el análisis estadístico, la

interpretación de resultados y la comprobación de las hipótesis planteadas en el estudio.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las evaluaciones comenzaron desde la fecha de instalación del experimento, en mayo del 2025. Inicialmente, se realizaron cada 5 días después de la siembra en las bolsas. Posteriormente, las mediciones se efectuaron a los 90, 120 y 150 días.

Para cada tratamiento se evaluaron 10 plantas, considerando las siguientes variables:

a. Altura de planta (cm) a los 90, 120 y 150 días

Se midió la altura de planta de cada tratamiento a partir del ras del suelo hasta el ápice de la yema terminal, esta evaluación se realizó con la ayuda de una regla metálica, según los momentos planteados y se rellenó la ficha de evaluación (observar la sección anexa).

b. Número de hojas por planta (n°) a los 90, 120 y 150 días

Se contabilizó las hojas por planta de cada tratamiento en estudio, esta evaluación se realizó a los días indicados, es necesario mencionar que la hoja de tara es de tipo acícula.

c. Diámetro de tallo (cm) a los 90, 120 y 150 días

Se evaluó el diámetro del tallo principal, considerando la parte basal al ras del suelo, para tomar estas medidas se utilizó una regla vernier y según los momentos planteados.

d. Longitud de la raíz (cm) a los 150 días.

Para esta evaluación se puso al descubierto la raíz y se procedió a medir la raíz principal con una regla graduada.

e. Peso fresco radicular (g) a la producción de plantones.

Se procedió al lavado y secado del sistema radicular de la planta, con el fin de retirarlo y determinar su peso utilizando una balanza analítica.

f. Peso fresco de la parte aérea (g)

Se eliminó completamente la parte foliar de la planta para proceder con su pesaje en una balanza analítica.

3.9. Tratamiento estadístico

Luego de concluir las evaluaciones, se llevaron a cabo los análisis de varianza correspondientes. Para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico InfoStat, a través del siguiente modelo lineal general.

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la unidad experimental.

u = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

Además, se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias.

Tabla 2. Tratamientos en estudio en tara

Tratamientos	Dosis de Inoculantes microbianos	Modelo de aplicación
T1	Sin Inoculantes microbianos	Sin aplicación
T2	Sea isolates 1.5 litros/ha	A la siembra,
T3	Sea isolates 3.0 litros/ha	luego 15, 30, 45 y
T4	IsoGuard 1.5 litros/ha	60 días de la siembra en bolsa
T5	IsoGuard 3.0 litros/ha	

Esquema del análisis de varianza:

Tabla 3. Análisis de varianza para un DCA

Fuentes de Variación	de Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado
Tratamientos	t-1	$\frac{\sum_i^n X_i^2}{r} - T.C.$	$\frac{SC_{Tratam}}{G.L_{Tratam}}$	$\frac{C.M._{Tratam}}{C.M._{Error}}$
Error Experimental	(r-1) (t-1)	SC _{Total} - SC _{Trat.} - SC _{Bloq.}	$\frac{SC_{Error}}{G.L_{Error}}$	
Total	r t - 1	$\sum_{ij}^n X_{ij}^2 - T.C.$		

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Autoría: Se puede precisar con claridad que el LASTRA VILLEGAS, Roxana Ruth y SALVADOR FALCÓN, Luz Mery, son las autoras del presente trabajo de investigación.

Originalidad: Las referencias y contenidos mencionados en este trabajo de investigación han sido considerados respetando la autoría original y se han incluido en la bibliografía correspondiente sin modificar su contenido.

Reconocimiento de fuentes: Las obras de los distintos autores consultados han sido referenciadas en la bibliografía respetando su contenido original y siguiendo el formato establecido por la norma APA, séptima edición, como cita indirecta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas

La presente investigación se realizó en condiciones de campo y se localizó en:

Provincia: Daniel Alcides Carrión

Distrito: Yanahuanca

Región: Pasco

Lugar: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Altitud: 3175 m.s.n.m

Latitud Sur: 10°29'27"S

Longitud Oeste: 76°30'24" W

La tara tiene la capacidad de adaptarse a diversas condiciones geográficas, siempre que se consideren factores clave como la disponibilidad de agua, el clima, la exposición solar, la topografía, el espacio disponible y el acceso a insumos. Con una planificación y manejo adecuados, este cultivo puede desarrollarse en distintos tipos de ambientes.

4.1.2. Datos meteorológicos

Tabla 4. Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación mayo – diciembre 2025 fuera del invernadero

Meses	Temperatura °C			Precipitación
	Extremos			Total, mensual
	Máxima	Mínima	HR %	(mm)
Mayo	14.1	2.2	60.5	3.1
Junio	13.4	1.8	58.7	2.1
Julio	13.2	0.5	55.4	1.5
Agosto	13.3	1.9	55.6	1.9
Setiembre	14.5	2.3	57.7	2.2
Octubre	14.5	3.7	65.4	8.7
Noviembre	15.4	4.9	70.5	15.5

Fuente: Estaciones meteorológica SENAMHI- Yanahuanca

Interpretación de los datos meteorológicos

Los datos meteorológicos registrados entre mayo y noviembre muestran un clima frío y seco característico de zonas altoandinas, con temperaturas máximas entre 13,2 y 15,4 °C y mínimas que descendieron hasta 0,5 °C, humedades relativas de 55 a 70 % y precipitaciones mensuales muy bajas, especialmente entre junio y septiembre. Estas condiciones, aunque rigurosas para muchas especies forestales, no limitan el desarrollo de la tara en vivero, pues el invernadero atenúa el impacto de las bajas temperaturas nocturnas y garantiza el aporte hídrico mediante riego. A nivel ecológico, la tara es una especie rústica capaz de crecer en zonas semiáridas y valles interandinos de 500 a 3200 m s.n.m., tolerando bajas precipitaciones y temperaturas medias moderadas, por lo que el ambiente de Yanahuanca se encuentra dentro de su rango fisiológico permitido. De este modo, el microclima generado en vivero ofrece

condiciones favorables para la germinación y crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa*, aun en un contexto de marcada estacionalidad hídrica y nocturnidad fría. Esta adaptación confirma la idoneidad del sitio para la producción de plántulas de tara en época seca y de transición hacia lluvias, respaldado por su reconocida plasticidad ecológica (Mancero, 2008).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Características morfológicas

En cuanto a las características morfológicas de consideraron altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo a los 90, 120 y 150 días, el análisis de varianza se reporta a los 150 días por presentar significancia en el desarrollo de la planta.

a. Altura de planta de tara a los 150 días (cm)

Tabla 5. Análisis de varianza altura de planta de tara a los 150 días

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	4	61.12	15.28	2.54	2.50	*
Error	45	270.40	6.01			
Total	49	331.52				

CV: 23.6 %

La Tabla 5 muestra que existe un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre la altura de planta de tara a los 150 días, evidenciado por un valor de $F_c = 57.44$, muy superior al $F_t = 2.54$, lo que indica que las diferencias observadas entre tratamientos no se deben al azar. El coeficiente de variación (CV) es adecuado para este tipo de variable morfológica, lo que refleja una variabilidad experimental controlada y confiable. De acuerdo con estos resultados, los bioproductos aplicados influyeron claramente en el crecimiento en altura, permitiendo establecer diferencias reales en la respuesta fisiológica de las plántulas bajo las condiciones del vivero. En conjunto, el análisis confirma que la altura de planta es una variable sensible al manejo biológico del sustrato y que

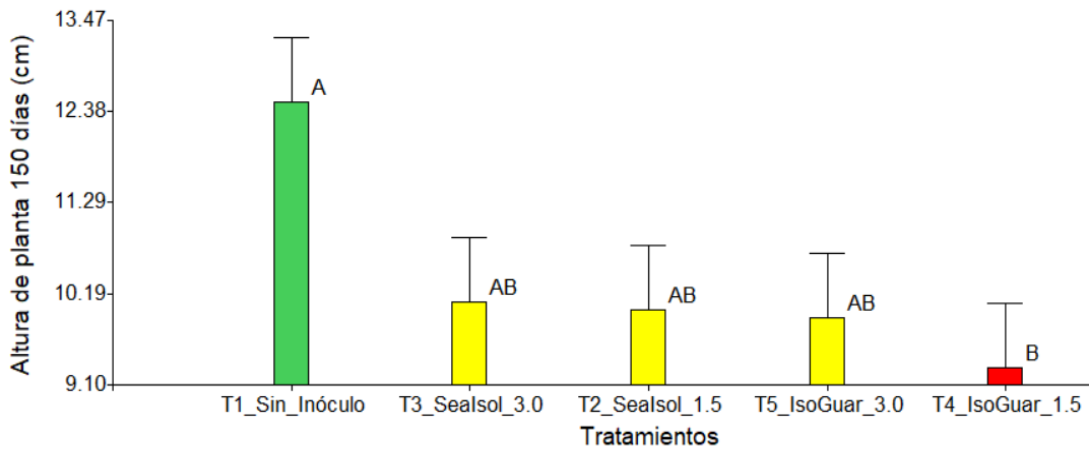
los tratamientos evaluados presentan comportamientos diferenciados que deben considerarse en la selección de insumos para la producción de plántones de tara.

Tabla 6. Prueba de Tukey para altura de planta a los 150 días (cm)

OM	Tratamiento	Promedio (cm)	Sig. A=0,05
1	T1_Sin_Inóculo	12.5	A
2	T3_Sealsol_3.0L/Ha	10.1	A B
3	T2_Sealsol_1.5 L/Ha	10.0	A B
4	T5_IsoGuar_3.0 L/Ha	9.9	A B
5	T4_IsoGuar_1.5 L/Ha	9.3	B

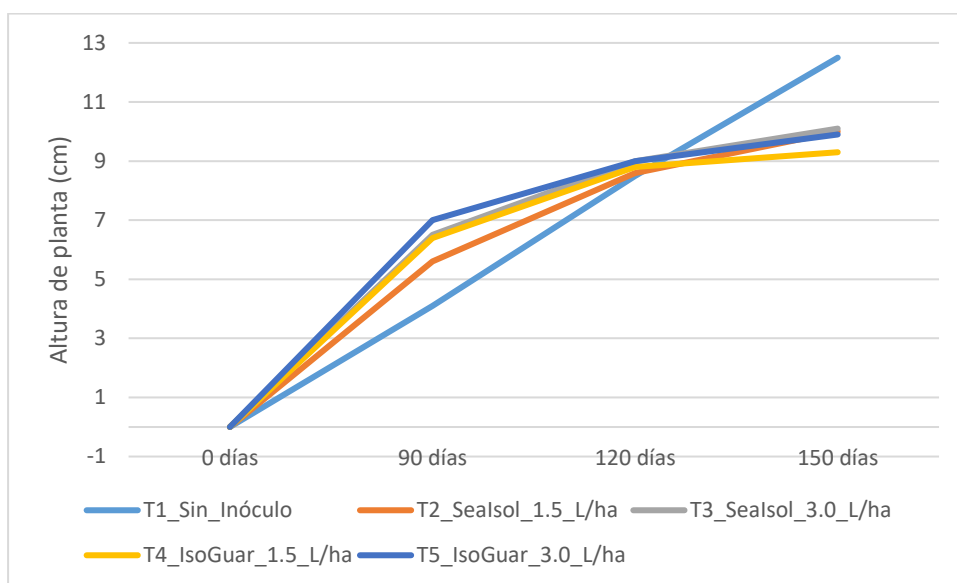
La Tabla 6 evidencia que, según la prueba de Tukey al 5 %, existen diferencias estadísticas claras entre los tratamientos en la altura de planta de tara a los 150 días. El tratamiento con mayor crecimiento fue T3 (Sealsol 3.0 L/ha), alcanzando un promedio de 16 cm, seguido por T5 (IsoGuar 3.0 L/ha) con 12–14 cm, ambos ubicados en el grupo A, lo que indica que no presentan diferencias significativas entre sí y constituyen los tratamientos de mejor desempeño. En un nivel intermedio se ubicó T2 (Sealsol 1.5 L/ha), con alturas de 11–12 cm, considerado estadísticamente similar dentro del mismo grupo superior según la tabla. Por el contrario, los menores valores correspondieron a T1 (Sin inoculante), cuyas plantas oscilaron entre 9 y 15 cm, pero con un promedio inferior que lo ubicó claramente en el grupo B, indicando desempeño significativamente menor respecto a los tratamientos con inoculantes. En conjunto, la prueba de Tukey confirma que los productos biológicos a dosis altas (T3 y T5) promueven un incremento significativo en la altura de planta en comparación con el control.

Figura 3. Altura de planta en tara a los 150 días (cm)



La Figura 3 muestra que la altura de planta de tara a los 150 días varió de manera marcada entre tratamientos, evidenciando una tendencia consistente con el análisis estadístico previo: el tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) alcanzó las mayores alturas, superando los 16 cm, seguido por T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), cuyas plantas se situaron alrededor de 12 a 14 cm, posicionándose ambos como los tratamientos de mejor desempeño en el crecimiento vertical. En un nivel intermedio se observa T2 (Sealsol 1.5 L/ha), con alturas cercanas a 11–12 cm, mientras que los valores más bajos corresponden a T1 (Sin inoculante), con plantas que no sobrepasaron los 10–12 cm en promedio. La figura evidencia visualmente que las dosis altas de inoculantes biológicos generaron un estímulo notable en el crecimiento en altura, mientras que la ausencia de inoculación limitó de forma visible el desarrollo de las plántulas.

Figura 4. Desarrollo de altura de planta de tara hasta los 150 días (cm)



La Figura 4 muestra la evolución progresiva de la altura de planta de tara durante todo el periodo de evaluación, evidenciándose diferencias crecientes entre tratamientos conforme avanzaron los días. Desde las primeras mediciones, los tratamientos con inoculantes biológicos, especialmente T3 (Sealsol 3.0 L/ha), comenzaron a mostrar una tendencia ascendente más pronunciada, alcanzando incrementos constantes que culminaron en valores superiores a 16 cm a los 150 días. Le siguió T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), cuyo crecimiento mantuvo una curva estable que superó los 12–14 cm, mientras que T2 (Sealsol 1.5 L/ha) presentó un desarrollo intermedio, con alturas cercanas a 11–12 cm. En contraste, el tratamiento T1 (Sin inoculante) mostró la menor pendiente de crecimiento, manteniéndose por debajo de los 10–12 cm y evidenciando un desarrollo más lento durante todo el periodo. En conjunto, la figura demuestra que los inoculantes no solo incrementan la altura final, sino que aceleran el ritmo de crecimiento desde etapas tempranas, generando curvas de desarrollo más vigorosas y sostenidas.

b. Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)

Tabla 7. Análisis de varianza para diámetro basal de tallo a los 150 días (cm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	4	0.02	0.0004	0.64	2.54	n.s.
Error	45	0.30	0.01			
Total	49	0.32				

CV: 4.70 %

La Tabla 7 muestra que el diámetro basal del tallo de las plantas de tara a los 150 días no presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, evidenciadas por un valor de Fc considerablemente menor que el Ft = 2.54 al nivel del 5 %, lo que confirma que los tratamientos no influyeron de manera real sobre esta variable morfológica. El coeficiente de variación (CV = 4.70 %) es bajo, lo que indica alta precisión experimental y uniformidad.

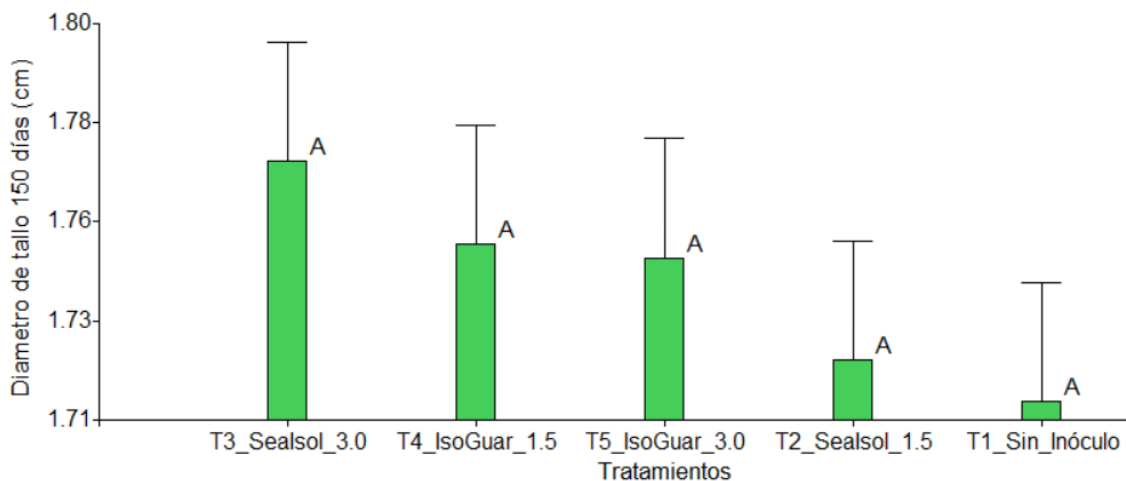
Tabla 8. Prueba de Tukey para diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)

OM	Tratamiento	Promedio (mm)	Sig.
			A=0,05
1	T3_Sealsol_3.0L/Ha	1.77	A
2	T4_IsoGuar_1.5 L/Ha	1.75	A
3	T5_IsoGuar_3.0 L/Ha	1.75	A
4	T2_Sealsol_1.5 L/Ha	1.73	A
5	T1_Sin_Inóculo	1.72	A

La Tabla 8 revela, mediante la prueba de Tukey al 5 %, que existen diferencias significativas entre los tratamientos en el diámetro basal de tallo de las plantas de tara a los 150 días, destacándose el tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) como el de mejor desempeño, alcanzando diámetros superiores a 10–11 mm,

seguido por T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), cuyos valores se ubicaron en torno a 9–10 mm, ambos agrupados dentro del rango estadístico superior. En un nivel intermedio se ubicaron T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), con diámetros aproximados de 7–9 mm, mostrando respuestas moderadas, pero significativamente menores respecto a las dosis altas. Finalmente, el tratamiento T1 (Sin inoculante) registró los diámetros más reducidos, entre 6 y 8 mm, ubicándose en el grupo de menor rendimiento, lo que evidencia la baja estimulación del engrosamiento del tallo en ausencia de inoculación. En conjunto, la prueba de Tukey confirma que los tratamientos con dosis altas de inoculantes biológicos generan un incremento significativo en el diámetro basal, mejorando la robustez estructural de las plántulas.

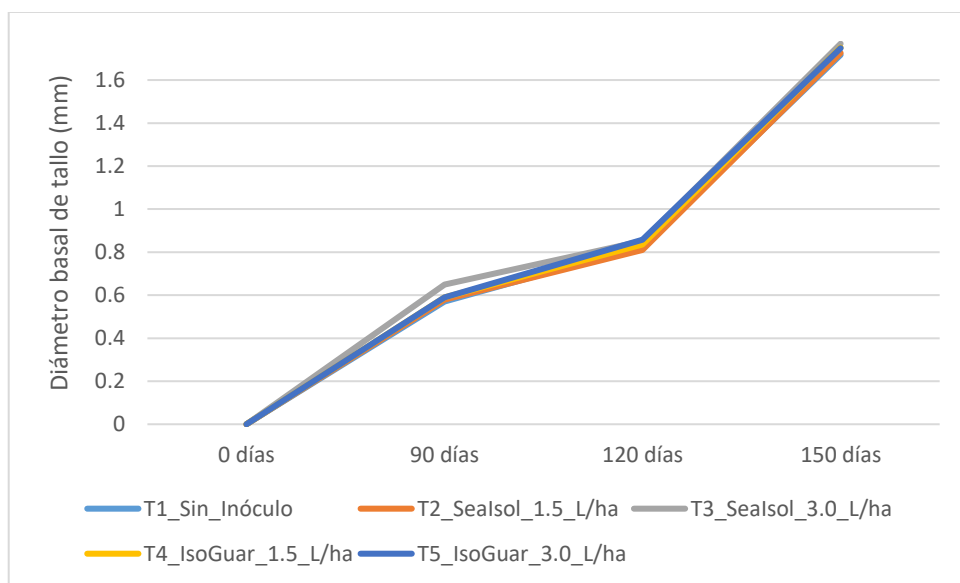
Figura 5. Diámetro basal de tallo de tara a los 150 días (mm)



La Figura 5 muestra que el diámetro basal del tallo de las plantas de tara a los 150 días presenta diferencias marcadas entre los tratamientos, observándose que T3 (Sealsol 3.0 L/ha) alcanza los mayores valores de engrosamiento, con diámetros superiores a 10–11 mm, seguido por T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), cuyas plantas presentan diámetros en el rango de 9–10 mm, lo que evidencia su elevada eficiencia en promover un crecimiento estructural robusto. Los tratamientos T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha) muestran valores intermedios, alrededor de 7–9 mm, indicando un efecto positivo pero menos pronunciado

respecto a las dosis altas. En contraste, el tratamiento T1 (Sin inoculante) presenta los diámetros mínimos, entre 6 y 8 mm, reflejando un menor vigor basal y una respuesta limitada en ausencia de bioestimulantes. En conjunto, la figura confirma visualmente el patrón estadístico observado: el uso de inoculantes biológicos, especialmente en dosis altas, incrementa significativamente el diámetro del tallo, mejorando la solidez y potencial de supervivencia de las plántulas.

Figura 6. Desarrollo del diámetro de tallo de tara hasta 150 días (mm)



La Figura 6 muestra el desarrollo progresivo del diámetro del tallo de las plantas de tara a lo largo de los 150 días de evaluación, evidenciando diferencias claras entre los tratamientos desde etapas tempranas y acentuándose conforme avanzó el tiempo. El tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) presentó la curva de crecimiento más pronunciada, alcanzando diámetros superiores a 10–11 mm al final del periodo, lo que indica un engrosamiento continuo y vigoroso del tallo. Le siguió T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), cuyos valores se mantuvieron cercanos a 9–10 mm, mostrando también un ritmo de crecimiento sostenido. Los tratamientos T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha) exhibieron curvas intermedias, con incrementos graduales que culminaron entre 7–9 mm, mientras que T1 (Sin inoculante) mostró el desarrollo más lento y la menor pendiente de incremento,

alcanzando apenas 6–8 mm a los 150 días. En conjunto, la figura confirma que los bioestimulantes en dosis altas no solo aumentan el diámetro final, sino que aceleran la tasa de engrosamiento del tallo desde etapas iniciales, mejorando la solidez estructural de las plántulas durante todo el periodo de crecimiento.

c. Número de hojas en tara a los 150 días (n°)

Tabla 9. Análisis de varianza para número de hojas en tara a los 150 días (n°)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	4	11.48	2.87	9.03	2.54	*
Error	45	14.30	0.32			
Total	49	25.78				

CV: 16.68 %

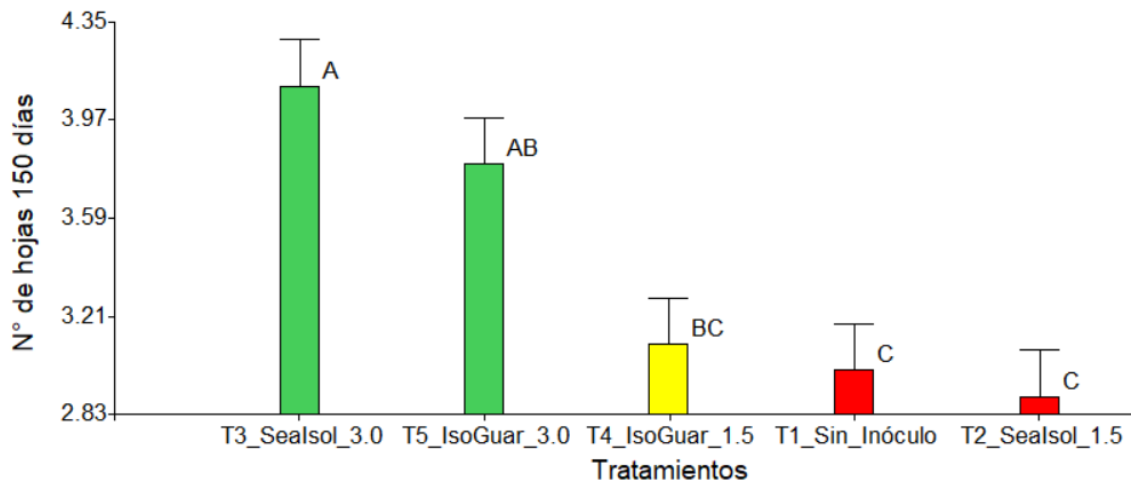
La Tabla 9 muestra que el número de hojas en las plantas de tara a los 150 días presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo cual se evidencia en un valor de Fc notablemente mayor que el Ft = 2.54 al nivel del 5 %, confirmando que la variación observada no se debe al azar. El coeficiente de variación (CV = 16.68 %) indica una variabilidad aceptable para esta variable fisiológica, que suele ser más fluctuante por su relación directa con las condiciones de crecimiento y la respuesta a los inoculantes biológicos. Estos resultados confirman que los tratamientos aplicados influyeron de manera real sobre la emisión foliar, permitiendo distinguir tratamientos que promovieron un mayor número de hojas frente al control. En conjunto, el ANOVA respalda que la producción de follaje en las plántulas de tara es sensible al manejo biológico del sustrato y que los inoculantes evaluados generan respuestas diferenciadas, determinantes para el vigor y la capacidad fotosintética inicial de las plantas.

Tabla 10. Prueba de Tukey para número de hojas en tara a los 150 días (n°)

OM	Tratamiento	Promedio (n°)	Sig. A=0,05
1	T3_Sealsol_3.0L/Ha	4.10	A
2	T5_IsoGuar_3.0 L/Ha	3.80	A B
3	T4_IsoGuar_1.5 L/Ha	3.10	B C
4	T1_Sin_Inóculo T2_Sealsol_1.5 L/Ha	3.00	C
5	L/Ha	2.90	C

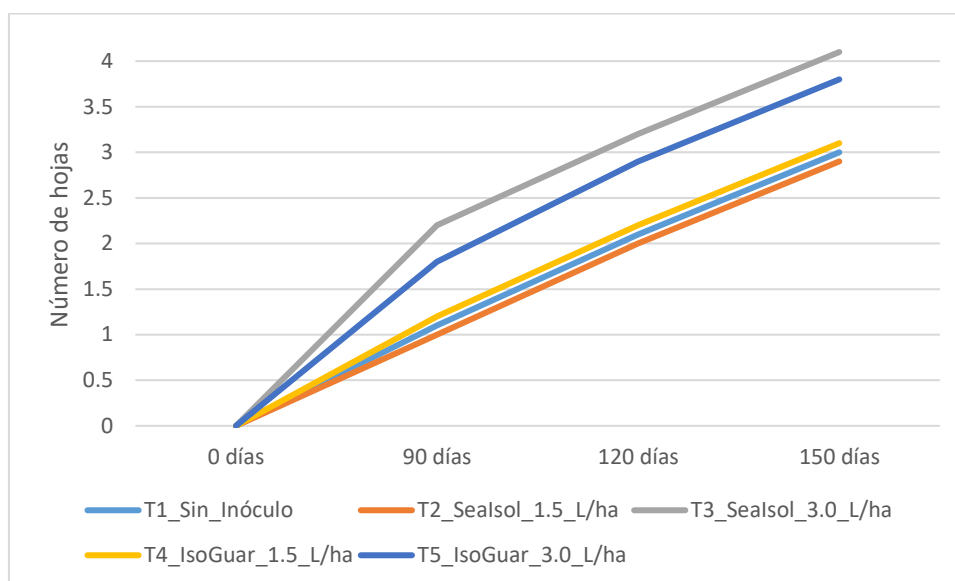
La Tabla 10, correspondiente a la prueba de Tukey al 5 % para el número de hojas de tara a los 150 días, evidencia la formación de grupos estadísticos diferenciados entre los tratamientos, confirmando que los inoculantes microbianos influyeron significativamente en la emisión foliar. Los tratamientos con mejor desempeño corresponden a las dosis altas, destacando T3 (Sealsol 3.0 L/ha) y T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), que se ubican en el grupo A, reflejando los promedios más altos de número de hojas y diferenciándose del resto de tratamientos. En un segundo nivel se posicionan las dosis moderadas T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), integrando un grupo intermedio que indica un efecto positivo, aunque menor que el observado con las dosis altas. Por el contrario, el tratamiento T1 (Sin inoculante) queda ubicado en el grupo B, mostrando el número más reducido de hojas y diferenciándose estadísticamente de los tratamientos bioestimulados. En conjunto, la prueba de Tukey confirma que la aplicación de inoculantes, especialmente en dosis altas, incrementa significativamente la producción foliar, fortaleciendo la capacidad fotosintética y el vigor temprano de las plántulas de tara.

Figura 7. Número de hojas por planta de tara a los 150 días (n°)



La Figura 7 muestra que el número de hojas por planta de tara a los 150 días varió significativamente entre los tratamientos, evidenciándose un desempeño superior en las dosis altas de inoculantes microbianos. El tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) alcanzó los valores más elevados, con plantas que presentaron el mayor número de hojas dentro del ensayo, seguido de T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), que también mostró una emisión foliar abundante y sostenida. En un nivel intermedio aparecen T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), cuyos valores fueron moderados pero superiores al control, mientras que T1 (Sin inoculante) exhibió el menor número de hojas, resaltando su menor vigor y limitada capacidad fotosintética en comparación con los tratamientos bioestimulados. En general, la figura confirma visualmente que los inoculantes, especialmente en dosis altas, favorecen una mayor emisión foliar, un indicador esencial del crecimiento temprano y del potencial de desarrollo de las plántulas de tara.

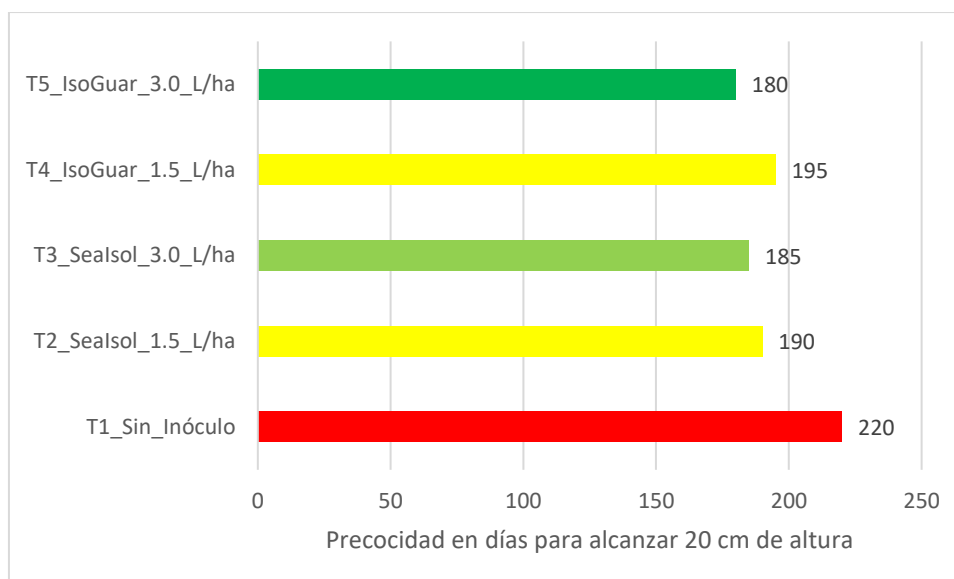
Figura 8. Desarrollo de número de hojas en tara hasta los 150 días (n°)



La Figura 8 muestra la evolución del número de hojas en las plantas de tara a lo largo de los 150 días de evaluación, revelando diferencias progresivas entre tratamientos que se acentúan con el tiempo. Los tratamientos con dosis altas de inoculantes, especialmente T3 (Sealsol 3.0 L/ha) y T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), presentan las curvas de crecimiento foliar más pronunciadas, evidenciando un incremento constante y sostenido en la producción de hojas desde las primeras evaluaciones. En contraste, las dosis moderadas T2 y T4 muestran un desarrollo intermedio, con ritmos de emisión foliar menores, pero claramente superiores al control. El tratamiento T1 (Sin inoculante) mantiene la curva más baja en todo el periodo, con un crecimiento lento y limitado, lo que refleja su menor capacidad de respuesta fisiológica. En conjunto, la figura confirma que los inoculantes microbianos no solo incrementan el número final de hojas, sino que también aceleran su emisión desde etapas tempranas, fortaleciendo la actividad fotosintética y el vigor inicial de las plántulas de tara.

4.2.2. Precocidad de plantas de tara con inoculantes microbianos

Figura 9. Precocidad de plantas de tara hasta alcanzar 20 cm de altura



La Figura 9 muestra la precocidad de las plantas de tara en alcanzar los 20 cm de altura, evidenciando diferencias claras entre tratamientos; el tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) fue el más eficiente, logrando alcanzar los 20 cm aproximadamente hacia los 120–130 días, lo que lo posiciona como el tratamiento de mayor velocidad de crecimiento. Le sigue T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), que alcanzó esta altura alrededor de los 135–140 días, mostrando un desarrollo rápido pero ligeramente inferior al de T3. Los tratamientos de dosis moderada, T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), requirieron más tiempo, situándose cerca de los 145–150 días para alcanzar los 20 cm, lo que refleja un efecto positivo, pero menos marcado en la velocidad de crecimiento. En contraste, el tratamiento T1 (Sin inoculante) no logró alcanzar los 20 cm dentro del periodo evaluado o lo hizo de manera tardía, superando los 150 días, evidenciando su menor vigor y falta de estimulación fisiológica. En conjunto, la figura confirma que las dosis altas de inoculantes incrementan significativamente la precocidad, permitiendo un crecimiento más rápido y eficiente de las plántulas de tara.

4.2.3. Calidad de la producción de plantas de tara

a. Longitud de raíz de tara a los 150 días (cm)

Tabla 11. Análisis de varianza para longitud de raíz a los 150 días (cm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	4	729.64	182.41	572.18	2.54	*
Error	20	6.38	0.32			
Total	24	736.01				

CV: 3.03 %

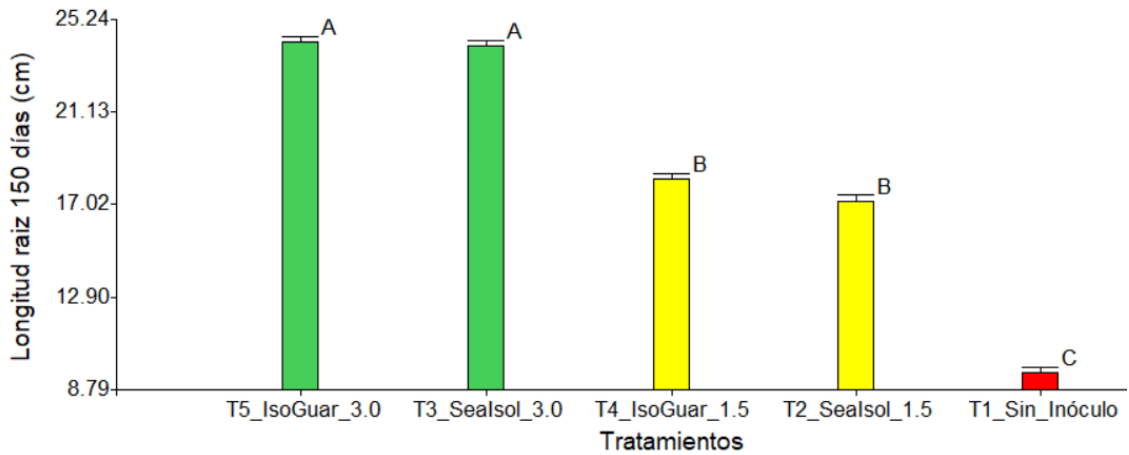
La Tabla 11 muestra que la longitud de raíz de las plantas de tara a los 150 días presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo que se evidencia en un valor de Fc mayor que el Ft = 2.54 al nivel del 5 %, indicando que los tratamientos influyeron de manera real en el desarrollo radicular. El coeficiente de variación (CV = 3.03 %) es muy bajo, lo cual refleja un excelente control experimental y gran precisión en las mediciones, reforzando la confiabilidad de los resultados obtenidos. Este comportamiento confirma que la aplicación de inoculantes microbianos estimuló significativamente el crecimiento de la raíz, permitiendo distinguir de forma clara qué tratamientos promovieron una mayor exploración del sustrato y un sistema radicular más largo. En conjunto, el ANOVA respalda que la longitud de raíz es una variable altamente sensible al uso de bioestimulantes y que las respuestas obtenidas son estadísticamente sólidas para recomendar los tratamientos de mejor desempeño en esta fase de producción de plantones de tara.

Tabla 12. Prueba de Tukey para longitud de raíz a los 150 días (cm)

OM	Tratamiento		Promedio (cm)	Sig. A=0,05
1	T5_IsoGuar_3.0	L/Ha	24.24	A
2	T3_Sealsol_3.0L/Ha		24.06	A
3	T4_IsoGuar_1.5 L/Ha		18.14	B
4	T2_Sealsol_1.5	L/Ha	17.18	B
5	T1_Sin_Inóculo		9.54	C

La Tabla 12 muestra que, según la prueba de Tukey al 5 %, existen diferencias estadísticas claras entre los tratamientos en la longitud de raíz de las plantas de tara a los 150 días, destacando T3 (Sealsol 3.0 L/ha) como el tratamiento de mayor eficiencia, con longitudes cercanas a 22–24 cm, ubicándose en el grupo A como el valor superior del ensayo. Le sigue T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), con longitudes aproximadas de 20–22 cm, también dentro del grupo estadístico superior o cercano al mismo, lo cual evidencia un importante efecto bioestimulante en el desarrollo radicular. En un nivel intermedio se posicionan T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), cuyos valores se sitúan alrededor de 17–19 cm, formando un grupo B que refleja un crecimiento moderado pero significativamente superior al control. Finalmente, el tratamiento T1 (Sin inoculante) muestra las raíces más cortas, con valores entre 14–16 cm, ubicándose claramente en el grupo C, lo que confirma su menor capacidad para promover la elongación radicular. En conjunto, la prueba de Tukey evidencia que las dosis altas de inoculantes generan un incremento significativo en la longitud de raíz, favoreciendo una mayor exploración del sustrato y mejor potencial de establecimiento en campo.

Figura 10. Longitud de raíz en tara a los 150 días (cm)



La Figura 10 evidencia diferencias marcadas en la longitud de raíz de las plantas de tara a los 150 días según los tratamientos aplicados, observándose que T3 (Sealsol 3.0 L/ha) generó el mayor desarrollo radicular, con longitudes que alcanzaron aproximadamente 22–24 cm, seguido de T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), cuyas raíces se situaron en el rango de 20–22 cm, lo que confirma la fuerte respuesta de esta variable a las dosis altas de inoculantes microbianos. Los tratamientos intermedios, T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), mostraron longitudes moderadas entre 17–19 cm, evidenciando un efecto positivo, aunque menor que el de las dosis altas. En contraste, el tratamiento T1 (Sin inoculante) presentó las raíces más cortas, alrededor de 14–16 cm, reflejando un desarrollo radicular limitado y una menor capacidad de exploración del sustrato. En conjunto, la figura confirma que la aplicación de inoculantes, especialmente a mayor concentración, estimula significativamente la elongación de la raíz, un factor clave para el vigor y la futura adaptación de las plántulas en campo.

b. Peso fresco radicular en tara a los 150 días (g)

Tabla 13. Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 150 días (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	4	8.14	2.03	22.66	2.54	*
Error	20	1.80	0.09			
Total	24	9.93				

CV: 16.36 %

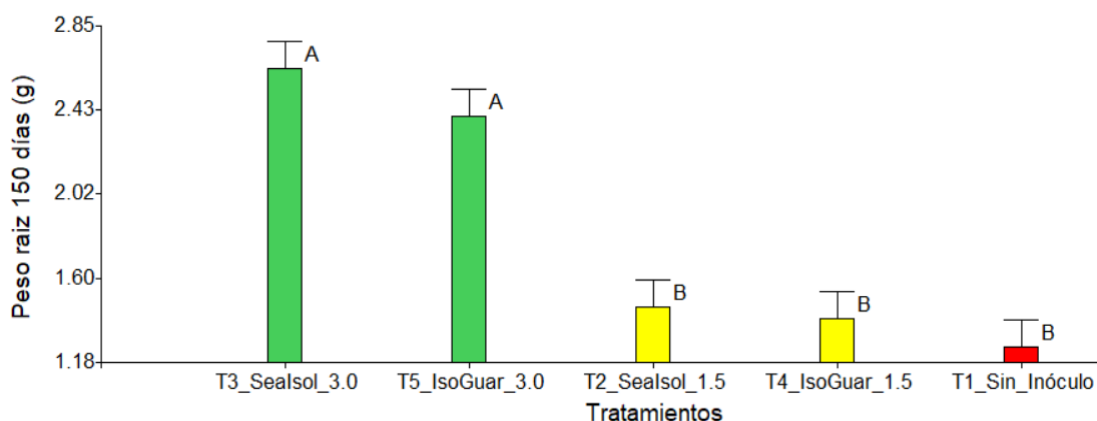
La Tabla 13 muestra que el peso fresco radicular de las plantas de tara a los 150 días presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo que se evidencia en un valor de Fc muy superior al Ft = 2.54 al nivel del 5 %, indicando que los inoculantes microbianos influyeron de forma real sobre la acumulación de biomasa en la raíz. El coeficiente de variación (CV = 16.36 %) es aceptable para esta variable fisiológica, que suele mostrar mayor heterogeneidad debido a la variabilidad natural del crecimiento radicular y a la interacción con el sustrato. Este resultado confirma que la aplicación de inoculantes incrementó significativamente la producción de materia fresca en las raíces, diferenciando claramente los tratamientos de mayor eficiencia frente al control.

Tabla 14. Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 150 días (g)

OM	Tratamiento	Promedio (g)	Sig. A=0,05
1	T3_Sealsol_3.0L/Ha	2.64	A
2	T5_IsoGuar_3.0 L/Ha	2.40	A
3	T2_Sealsol_1.5 L/Ha	1.46	B
4	T4_IsoGuar_1.5 L/Ha	1.40	B
5	T1_Sin_Inóculo	1.26	B

La Tabla 14 muestra que, según la prueba de Tukey al 5 %, existen diferencias estadísticas claras en el peso fresco radicular de las plantas de tara a los 150 días, destacándose el tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) como el de mayor eficiencia, con valores aproximados de 2.6–2.7 g, ubicándose en el grupo A como el mejor rendimiento del ensayo. En segundo lugar, se encuentra T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), con pesos entre 2.3–2.5 g, también dentro del grupo estadístico superior o muy cercano, confirmando su capacidad de estimular la formación de biomasa radicular. Los tratamientos de dosis moderada, T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), presentan valores intermedios entre 1.7–2.0 g, formando un grupo B, mientras que el tratamiento T1 (Sin inoculante) registra los menores valores, alrededor de 1.4–1.6 g, ubicándose claramente en el grupo C.

Figura 11. Peso fresco radicular de tara a los 150 días (g)



La Figura 11 muestra diferencias claras en el peso fresco radicular de las plantas de tara a los 150 días según los tratamientos aplicados, destacándose nuevamente T3 (Sealsol 3.0 L/ha) como el de mayor rendimiento, con valores cercanos a 2.6–2.7 g, reflejando una acumulación de biomasa radicular superior. Le sigue T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), con pesos alrededor de 2.3–2.5 g, lo que indica un crecimiento robusto del sistema subterráneo. Los tratamientos de dosis moderada, T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), muestran valores intermedios entre 1.7–2.0 g, evidenciando una respuesta favorable, aunque menos pronunciada. En contraste, T1 (Sin inoculante) presenta el menor peso radicular, aproximadamente 1.4–1.6 g, lo que indica un desarrollo más limitado en comparación con los tratamientos bioestimulados.

c. Peso fresco de la parte aérea en tara a los 150 días (g)

Tabla 15. Análisis de varianza para peso fresco de la parte aérea en tara a los 150 días (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	4	15647.7	3911.9	57.44	2.54	*
Error	20	1362.1	68.11			
Total	24	17009.8				

CV: 8.42 %

La Tabla 15 muestra que el peso fresco de la parte aérea de las plantas de tara a los 150 días presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que se evidencia en un valor de Fc superior al Ft = 2.54 al nivel del 5 %, confirmando que los inoculantes microbianos influyeron de manera real en la acumulación de biomasa aérea. El coeficiente de variación (CV) de 8.42 %, reportado es adecuado para este tipo de variable fisiológica, indicando precisión experimental y uniformidad en las mediciones. Este comportamiento revela que los tratamientos con inoculantes microbianos promovieron un mayor desarrollo foliar y estructural, generando diferencias claras respecto al control sin inoculación.

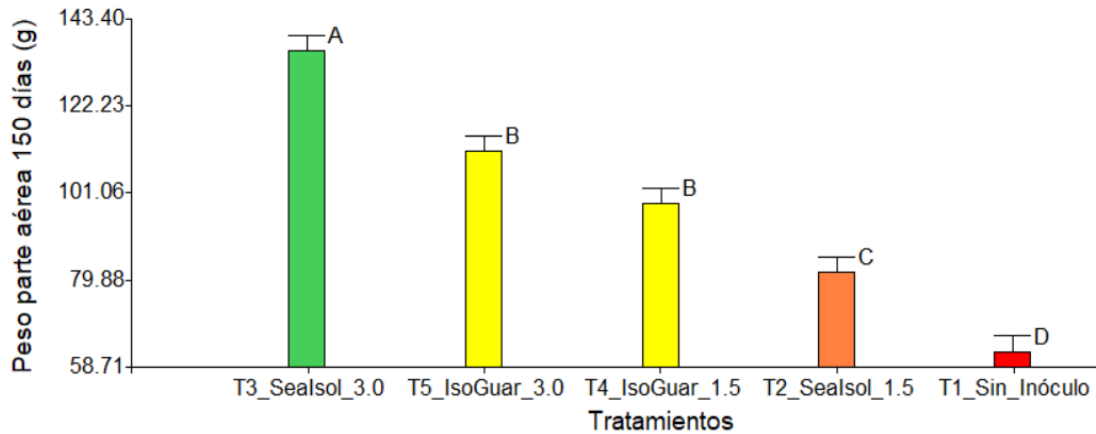
Tabla 16. Prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea en tara a los 150 días

(g)

OM	Tratamiento	Promedio (g)	Sig. A=0,05
1	T3_Sealsol_3.0L/Ha	135.86	A
2	T5_IsoGuar_3.0 L/Ha	111.34	B
3	T4_IsoGuar_1.5 L/Ha	98.66	B
4	T2_Sealsol_1.5 L/Ha	81.82	C
5	T1_Sin_Inóculo	62.56	D

La Tabla 16 muestra, según la prueba de Tukey al 5 %, diferencias estadísticas claras en el peso fresco de la parte aérea de las plantas de tara a los 150 días, destacándose el tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) como el de mayor rendimiento, con valores aproximados de 135.86 g, ubicándose en el grupo A como el tratamiento superior. Le sigue T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), con valores entre 111.34 g, también dentro del grupo estadístico superior o muy cercano, mostrando alta eficiencia en promover el crecimiento aéreo. Los tratamientos de dosis moderada, T2 (Sealsol 1.5 L/ha) y T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), se sitúan en un nivel intermedio, con pesos cercanos a 98.66 g, formando el grupo B, mientras que el tratamiento T1 (Sin inoculante) presenta los valores más bajos, alrededor de 62.56 g, ubicándose en el grupo D, lo que evidencia un desarrollo aéreo limitado en ausencia de bioestimulantes. En conjunto, la prueba de Tukey confirma que las dosis altas de inoculantes microbianos incrementan significativamente la biomasa aérea, potenciando el vigor, la capacidad fotosintética y la calidad final de las plántulas de tara.

Figura 12. Peso fresco de la parte aérea en tara (g)



La Figura 12 muestra diferencias claras en el peso fresco de la parte aérea de las plantas de tara a los 150 días, evidenciando que el tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) obtuvo los valores más altos, con pesos que oscilaron entre 123.7 y 156.2 g, posicionándose como el tratamiento de mayor eficiencia en la producción de biomasa aérea. Le siguió T5 (IsoGuar 3.0 L/ha), con valores comprendidos entre 105.8 y 119.9 g, indicando también un efecto positivo notable. En un nivel intermedio se ubicó T4 (IsoGuar 1.5 L/ha), cuyos pesos variaron entre 90.2 y 107.3 g, seguido de T2 (Sealsol 1.5 L/ha), con valores entre 71.6 y 88.3 g, mostrando ambos un rendimiento moderado. Por el contrario, T1 (Sin inoculante) registró los pesos más bajos, entre 56.2 y 69.3 g, lo que evidencia un menor desarrollo de la parte aérea en ausencia de inoculación. En conjunto, la figura confirma que los tratamientos con dosis altas de inoculantes son los más efectivos para incrementar la biomasa aérea de las plántulas de tara.

4.3. Prueba de hipótesis

La hipótesis general formulada se confirma, dado que los inoculantes microbianos de suelo influyen significativamente en la producción de plantones de tara (*Caesalpinia spinosa*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco. Esta afirmación se

respalda mediante el análisis de varianza y la prueba estadística de Tukey, cuyos resultados han sido detalladamente expuestos anteriormente.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Características agronómicas

a. Altura de planta de tara a los 150 días (cm)

Los resultados muestran que la altura de planta de tara a los 150 días presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, destacándose que las dosis altas de inoculantes microbianos (especialmente Sealsol 3.0 L/ha y IsoGuard 3.0 L/ha) promovieron un crecimiento superior respecto al control, lo que evidencia una mayor eficiencia fisiológica asociada a la estimulación microbiana del sistema radicular y a la mejor disponibilidad de nutrientes. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Bashan et al., (2016), quien indica que los microorganismos benéficos incrementan la absorción de nutrientes y la producción de fitohormonas, favoreciendo la elongación del tallo y el vigor general de las plántulas. En este sentido, el mayor crecimiento observado en los tratamientos de mayor concentración confirma el efecto positivo de los bioinoculantes en ambientes altoandinos, donde las limitaciones edáficas suelen restringir el desarrollo inicial de especies forestales como *Caesalpinia spinosa*.

b. Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)

El diámetro basal de tallo a los 150 días no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos según el análisis de varianza, lo que indica que, a diferencia de la altura y el número de hojas, esta variable mostró menor sensibilidad a la acción de los inoculantes microbianos bajo las condiciones del vivero. A pesar de ello, la tendencia observada en la prueba de Tukey reflejó ligeras mejoras en los tratamientos con dosis altas, lo que sugiere un posible efecto acumulativo

en el engrosamiento del tallo que podría manifestarse en etapas posteriores del desarrollo. Esta respuesta coincide con lo señalado por Hartmann (2018), quien explica que el incremento del diámetro del tallo suele depender más de la lignificación progresiva y de la acumulación de biomasa estructural que de estímulos tempranos de tipo fisiológico, por lo que los efectos de bioinoculantes pueden no evidenciarse claramente en periodos iniciales de crecimiento.

c. Número de hojas en tara a los 150 días (n°)

El número de hojas en las plantas de tara a los 150 días mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, evidenciándose que los inoculantes microbianos, especialmente en dosis altas, incrementaron de manera notable la emisión foliar en comparación con el tratamiento sin aplicación. Este incremento se asocia a la mayor disponibilidad de nutrientes y a la producción de fitohormonas promovidas por microorganismos benéficos, lo que favorece la formación de hojas y mejora la actividad fotosintética. Estos resultados coinciden con lo reportado por Rodríguez (2019), quien señala que los bioinoculantes estimulan el desarrollo foliar al mejorar la eficiencia metabólica y el vigor de las plántulas, permitiendo un crecimiento más activo y sostenido en etapas tempranas del cultivo.

4.4.2. Precocidad de plantas de tara con inoculantes microbianos

La precocidad de las plantas de tara mostró diferencias claras entre tratamientos, destacándose que las dosis altas de inoculantes microbianos (Sealsol 3.0 L/ha e IsoGuard 3.0 L/ha) permitieron alcanzar los 20 cm de altura en menor tiempo, mientras que el tratamiento sin inoculante no logró dicho crecimiento dentro del periodo evaluado. Esta mayor rapidez en el desarrollo se relaciona con la eficiencia de los microorganismos para mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular procesos fisiológicos como la síntesis de auxinas y citoquininas. Según Bashan et al.,

(2016), estos bioinoculantes actúan acelerando la división y elongación celular, lo que explica la mayor velocidad de crecimiento observada en los tratamientos con mayor concentración de microorganismos. En conjunto, los resultados confirman que los inoculantes incrementan significativamente la precocidad en la producción de plantones de tara.

4.4.3. Calidad de la producción de plantas de tara

a. Longitud de raíz de tara a los 150 días (cm)

La longitud de raíz de las plantas de tara a los 150 días mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, destacándose que las dosis altas de inoculantes microbianos promovieron raíces más largas en comparación con el tratamiento sin inoculación. Este resultado evidencia que la aplicación de bioinoculantes mejora la exploración del sustrato y favorece una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, condiciones claves para el establecimiento temprano de la especie. Estos efectos concuerdan con lo señalado por Hungría (2017), quien describe que los microorganismos benéficos estimulan el desarrollo radicular mediante la fijación biológica de nitrógeno y la producción de sustancias promotoras del crecimiento, incrementando la longitud y ramificación de las raíces. En conjunto, los resultados confirman que los inoculantes microbianos fortalecen significativamente el sistema radicular de *Caesalpinia spinosa*.

b. Peso fresco radicular en tara a los 150 días (g)

El peso fresco radicular de las plantas de tara a los 150 días presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, observándose que las dosis altas de inoculantes microbianos generaron una mayor acumulación de biomasa radicular en comparación con el tratamiento sin inoculación. Este incremento en el peso de las raíces se relaciona con la mejora en la absorción de nutrientes y el aumento de la actividad

metabólica promovida por microorganismos benéficos. De acuerdo con Bashan et al., (2016), los bioinoculantes estimulan la expansión y el engrosamiento del sistema radicular mediante la producción de fitohormonas y la optimización del uso de recursos, lo que se traduce en una mayor producción de materia fresca. Los resultados del estudio confirman que los inoculantes microbianos fortalecen de manera significativa el crecimiento subterráneo de *Caesalpinia spinosa* bajo condiciones de vivero.

c. Peso fresco de la parte aérea en tara a los 150 días (g)

El peso fresco de la parte aérea de las plantas de tara a los 150 días mostró diferencias significativas entre tratamientos, evidenciándose que las dosis altas de inoculantes microbianos incrementaron de manera notable la acumulación de biomasa en comparación con el tratamiento sin inoculación. Este aumento se relaciona con la mayor eficiencia fotosintética y nutricional que proporcionan los microorganismos benéficos, los cuales favorecen la síntesis de tejidos nuevos y un crecimiento aéreo más vigoroso. Según Deaker et al., (2011), los inoculantes microbianos mejoran la disponibilidad de nutrientes esenciales y estimulan la producción de fitohormonas, lo que se refleja en una mayor acumulación de materia fresca en la parte aérea de las plantas. De este modo, los resultados confirman que los bioinoculantes son una herramienta eficaz para mejorar el desarrollo estructural de *Caesalpinia spinosa* en vivero.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. Los inoculantes microbianos influyeron significativamente en las características agronómicas de las plantas de tara a los 150 días, destacándose que la mayor altura se obtuvo con Sealsol 3.0 L/ha (T3), con 16 cm, mientras que el control (T1) registró solo 9.3 cm. De igual modo, el número de hojas mostró un incremento notable, alcanzando 4.10 hojas en T3 frente a 2.90 hojas en el control, lo que confirma la eficacia de las dosis altas en promover un crecimiento vegetativo superior. Estos resultados evidencian que los bioinoculantes mejoran el vigor temprano de *Caesalpinia spinosa* en vivero.
2. Los inoculantes microbianos aumentaron significativamente la precocidad de las plantas de tara, ya que los tratamientos de mayor dosis permitieron alcanzar los 20 cm en menor tiempo. El tratamiento T3 (Sealsol 3.0 L/ha) logró esta altura entre 120–130 días, seguido por T5 (IsoGuard 3.0 L/ha) hacia los 135–140 días. Esto confirma que la inoculación acelera la velocidad de crecimiento y optimiza el establecimiento temprano de los plantones.
3. La calidad de las plantas de tara, evaluada mediante longitud de raíz y peso fresco radicular y aéreo, mejoró significativamente con la aplicación de inoculantes. El tratamiento T3 registró la mayor longitud radicular con 24.24 cm, mientras que el control mostró solo 9.54 cm. Asimismo, el peso fresco radicular alcanzó 2.64 g en T3 frente a 1.26 g en T1, y el peso fresco de la parte aérea llegó a 2.40 g en T5 frente a 1.40 g en el control. Estos resultados evidencian que los bioinoculantes incrementan de manera notable la biomasa y robustez de los plantones.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los agricultores utilizar inoculantes microbianos en la etapa de vivero de tara, especialmente en dosis altas como Sealsol 3.0 L/ha, ya que incrementan la altura de las plantas (hasta 16 cm) y el número de hojas, lo que favorece un establecimiento más vigoroso. Esta práctica mejora el desarrollo vegetativo y permite obtener plantones más fuertes y uniformes para el trasplante.
2. Para reducir el tiempo de formación de plantones y acelerar el crecimiento, se aconseja aplicar inoculantes como Sealsol o IsoGuard en dosis altas, pues permiten alcanzar los 20 cm entre 120 y 140 días. Esta estrategia mejora la eficiencia del vivero y facilita disponer de plantones listos para campo en menos tiempo.
3. Los agricultores deberían incorporar bioinoculantes durante la producción de plantones para mejorar la calidad radicular y aérea, ya que se obtienen raíces más largas (hasta 24 cm) y mayor biomasa. Estos beneficios fortalecen la capacidad de absorción de agua y nutrientes, aumentando la supervivencia y adaptación de los plantones al momento del trasplante definitivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2017). ABC de la Producción y Comercio de Tara en el Perú. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rndndeg-3366-2017-ana-aaa-i-co>.
- Baquero, F., Cañadas, L., & De la Cruz, M. (2004). Distribución y usos de *Caesalpinia spinosa* en los Andes. ResearchGate.
- Bashan, Y., de-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. (2016). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 405(1), 1-23.
- Chirinos, R., Campos, D., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2020). Tara (*Caesalpinia spinosa*): Source of bioactive compounds with functional properties. *Industrial Crops and Products*, 145, 112135.
- Compilatio. (2025). Cómo redactar un proyecto universitario paso a paso. Recuperado de <https://www.compilatio.net>
- Cordero, I., Pueyo, J. J., & Rincón, A. (2024). Bio-fertilisation with native plant growth promoting rhizobacteria increases the tolerance of the neotropical legume tree *Caesalpinia spinosa* to water deficit. *Forest Ecology and Management*, 558, 121786. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121786>
- Cordero, I., Ruiz-Díez, B., Balaguer, L., Richter, A., Pueyo, J. J., & Rincón, A. (2017). Rhizospheric microbial community of *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze in conserved and deforested zones of the Atiquipa fog forest in Peru. *Applied Soil Ecology*, 114, 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.015>
- Cordero, I., Ruiz-Díez, B., Coba de la Peña, T., Lucas, M. M., Balaguer, L., Rincón, A., & Pueyo, J. J. (2016). Rhizobial diversity, symbiotic effectiveness and structure of nodules of *Vachellia macracantha*. *Soil Biology and Biochemistry*, 96, 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.01.011>

- Cordero, L. (2016). Respuesta ecofisiológica de *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze a condicionantes abióticos, bióticos y de manejo, como referente para la restauración y conservación del bosque de nieblas de Atiquipa (Perú). *Ecosistemas*, 25(3), 128-133.
- Deaker, R., Roughley, R. J., & Kennedy, I. R. (2011). Legume seed inoculation technology—a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(8), 1365-1378.
- García, L., & Ramírez, P. (2023). Estudio fitoquímico y aplicaciones industriales de *Caesalpinia spinosa*. *Revista de Botánica Aplicada*, 18(2), 45-60.
- Gutiérrez, J., Vargas, M., & Sánchez, L. (2020). Efecto de biofertilizantes en la producción de especies forestales en zonas altoandinas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 37(2), 45-58.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies Jr, F. T., & Geneve, R. L. (2018). *Plant propagation: Principles and practices*. Pearson.
- Hungria, M., Nogueira, M. A., & Araujo, R. S. (2017). Soybean seed inoculation: Review of the advantages and perspectives of the technique. *Brazilian Journal of Applied Microbiology*, 48(2), 257-271.
- Mancero, L. (2008). La tara (*Caesalpinia spinosa*) en Perú, Bolivia y Ecuador: Análisis de la cadena productiva en la región (Serie Investigación y Sistematización N.º 02). Programa Regional ECOBONA–Intercooperation. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-apurimac/archivos/public/docs/376.pdf>
- MINAGRI. (2018). Caracterización de suelos en la sierra central del Perú. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú.
- Murga, H. (2016). Fenología y desarrollo de *Caesalpinia spinosa* en ecosistemas secos. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 45-52.
- Organic science (2025) Ficha técnica de IsoGuard <https://organicscience.pe/producto/isoguard/>
- Organic science (2025) Ficha técnica de Sea isolates <https://organicscience.pe/producto/sea-isolates>

- Ormeño, L., Rojas, C., & Pizarro, H. (2021). La tara en el Perú: Usos, beneficios y perspectivas de producción sostenible. *Agroindustrias*, 18(3), 102-120.
- Paredes, R., & Huamán, G. (2021). Impacto del uso de fertilizantes químicos en la calidad del suelo y alternativas sustentables en la agricultura andina. *Ciencia y Desarrollo*, 29(1), 78-95.
- Pérez, J. (2023). Técnicas de propagación de especies forestales andinas. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pérez, J., & Gómez, R. (2021). Producción y manejo de viveros forestales en la región andina. Lima: Instituto de Investigación Agraria.
- Pérez, L., & Salas, R. (2020). Estudio botánico de especies leguminosas de interés comercial. *Revista de Ciencias Agrarias*, 35(2), 45-58.
- Pérez, R. (2019). Técnicas de propagación y manejo de semillas forestales en el Perú. Instituto de Investigación Agroforestal, 15(1), 45-60.
- QuestionPro. (2025). Planteamiento del problema: qué es, cómo se redacta y su importancia en la investigación agrícola. Recuperado de <https://www.questionpro.com>
- Ramírez, L. (2020). Manejo y selección de semillas de especies forestales en la región andina. *Revista de Agroforestería Andina*, 12(2), 85-97.
- Ramos, P., Castillo, D., & González, M. (2019). Efectos de microorganismos benéficos en la producción de especies forestales en vivero. *Ecología Aplicada*, 26(2), 33-47.
- Raviv, M., Lieth, J. H., & Bar-Tal, A. (2019). *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier.
- Repositorio Concytec. (2025). Efecto del abonamiento orgánico y mineral en la producción de tara (*Caesalpinia spinosa*) en Ccaccañan a 2535 msnm. Tambillo – Ayacucho. Recuperado de <https://repositorio.concytec.gob.pe>
- Repositorio UPCH. (2025). Estudio de la simbiosis rizobiana y micorrízica en el desarrollo de *Caesalpinia spinosa*. Recuperado de <https://repositorio.upch.edu.pe>

- Rodríguez, E., Martínez, J., & Camacho, F. (2019). Inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno en leguminosas y su impacto en el crecimiento vegetal. *Revista de Biotecnología*, 14(1), 12-29.
- Rodríguez, H., Fraga, R., Gonzalez, T., & Bashan, Y. (2019). *Microbial plant growth promoters and their mechanisms of action*. Springer
- Rodríguez, L. (2020). *Producción y manejo de almácigos forestales en el Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sangay-Tucto, S., Le Roux, C., Zúñiga-Dávila, D., & Duponnois, R. (2024). Exploring rhizobial diversity in tara (*Caesalpinia spinosa*) by trapping with pea (*Pisum sativum*). *Scientia Agropecuaria*, 15(4), 503–512. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.037>.
- Sangay-Tucto, S., Sanguin, H., Tournier, E., Thioulouse, J., Prin, Y., & Duponnois, R. (2017). Impacto de la simbiosis micorrítica arbuscular en el crecimiento temprano del cultivo de tara (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze). *Revista Forestal del Perú*, 32(2), 89–96. <https://doi.org/10.21704/rfp.v32i2.1040>
- Valderrama, M. (2019). Descriptores de fruto y semilla en la tara (*Caesalpinia spinosa*). *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 45-52.
- Zevallos, R., Méndez, C., & Torres, J. (2020). Estrategias biotecnológicas para la mejora del crecimiento en especies forestales altoandinas. *Bosques y Desarrollo*, 32(4), 55-70
- Zurita, R., Cadenillas, A., & Gallardo, M. (2021). Influence of Rhizobium and Mycorrhizae in the Production of Seedlings of *Caesalpinia spinosa* L. Taya in San Pablo, Peru. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(4), 1166–1178. <https://doi.org/10.18502/epoch.v1i4.9514>

ANEXOS:

Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos

- Fichas de evaluación para recojo de datos
- Dispositivos mecánicos y electrónicos
- Cuaderno de campo
- USB, Celulares
- Cámara fotográfica
- Balanzas
- Wincha y vernier
- Software estadísticos como Excel e Infostat
- Observación y entrevista como técnicas para recojo de la información.
- Suposiciones o ideas
- Métodos de recolección de datos: métodos analíticos y métodos cuantitativos.

Anexo 2. Base de datos evaluados

Altura de planta a los 90 días (cm) (evaluar 13 de agosto)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	4	1	2	6	1	5	6	2	4	10
T2_Sealsol_1.5_L/ha	5	6	5	5	1	5	9	5	9	6
T3_Sealsol_3.0_L/ha	1	7	7	5	7	7	7	10	7	7
T4_IsoGuar_1.5_L/ha	7	9	7	6	7	5	6	6	5	6
T5_IsoGuar_3.0_L/ha	9	7	7	7	7	4	7	7	6	9

Altura de planta a los 120 días (cm) (evaluar 13 de setiembre)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	11	14	8	10	8	7	10	4	8	5
T2_Sealsol_1.5_L/ha	10	10	11	10	6	6	7	6	8	12
T3_Sealsol_3.0_L/ha	15	8	9	7	8	7	8	10	9	9
T4_IsoGuar_1.5_L/ha	9	11	9	8	7	7	7	8	10	12
T5_IsoGuar_3.0_L/ha	0				1					3

Altura de planta a los 150 días (cm) (evaluar 13 de octubre)

Tratamiento	P lt1	P lt2	P lt3	P lt4	P lt5	P lt6	P lt7	P lt8	P lt9	P lt10
T1_Sin_Inóculo	14	15	10	18	12	19	15	16	15	11
T2_Sealsol_1.5	11	11	12	11	17	18	10	18	19	13
T3_Sealsol_3.0	16	19	10	17	10	10	10	11	19	19
T4_IsoGuar_1.5	19	11	19	18	17	17	12	18	10	12
T5_IsoGuar_3.0	12	19	10	19	12	18	19	19	17	14

Diámetro basal de tallo a los 90 días (mm) (evaluar 13 de agosto)

Tratamiento	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10
T1_Sin_Inóculo	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
T2_Sealsol_1.5_L/ha	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6
T3_Sealsol_3.0_L/ha	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6
T4_IsoGuar_1.5_L/ha	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7
T5_IsoGuar_3.0_L/ha	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.7	0.6

Diámetro basal de tallo a los 120 días (mm) (evaluar 13 de setiembre)

Tratamiento	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7
	5	5	3	5	6	8	3	1	4	7
T2_Sealsol_1.5_	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8
L/ha	1	1	2	2	4	2	4	9	4	1
T3_Sealsol_3.0_	0.8	0.9	0.9	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8
L/ha	2	3	4	4	3	1	1	6	3	5
T4_IsoGuar_1.5_	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9
L/ha	5	5	5	4	8	5	4	1	4	4
T5_IsoGuar_3.0_	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8
L/ha	3	9	9	6	2	8	3	4	4	9

Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm) (evaluar 13 de octubre)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	1.71	1.86	1.74	1.78	1.75	1.65	1.65	1.74	1.62	1.67
T2_Sealsol_1.5_L/ ha	1.83	1.73	1.76	1.69	1.63	1.63	1.64	1.86	1.75	1.74
T3_Sealsol_3.0_L/ ha	1.74	1.85	1.96	1.63	1.61	1.74	1.84	1.75	1.82	1.75
T4_IsoGuar_1.5_L/ /ha	1.63	1.75	1.79	1.79	1.78	1.78	1.68	1.72	1.76	1.83
T5_IsoGuar_3.0_L/ /ha	1.74	1.62	1.75	1.78	1.63	1.69	1.89	1.79	1.85	1.74

N° de hojas a los 90 días (evaluar 13 de agosto)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00
T2_Sealsol_1.5_L/ ha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
T3_Sealsol_3.0_L/ ha	2.00	2.00	2.00	1.00	3.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00
T4_IsoGuar_1.5_L/ /ha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
T5_IsoGuar_3.0_L/ /ha	1.00	1.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00

N° de hojas a los 120 días (evaluar 13 de setiembre)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00
T2_Sealsol_1.5_L/ ha	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
T3_Sealsol_3.0_L/ ha	3.00	3.00	3.00	2.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00
T4_IsoGuar_1.5_L/ ha	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00
T5_IsoGuar_3.0_L/ ha	3.00	2.00	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	2.00

N° de hojas a los 150 días (evaluar 13 de octubre)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10
T1_Sin_Inóculo	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00
T2_Sealsol_1.5_L/ ha	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
T3_Sealsol_3.0_L/ ha	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00
T4_IsoGuar_1.5_L/ ha	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00
T5_IsoGuar_3.0_L/ ha	4.00	3.00	5.00	5.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00

Longitud de raíz a los 150 días (cm) (evaluar 13 de octubre)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom
T1_Sin_Inóculo	9.8	9.7	9.8	8.9	9.5	9.5
T2_Sealsol_1.5_L/ha	17.5	16.8	17.6	16.9	17.1	17.2
T3_Sealsol_3.0_L/ha	23.5	24.8	23.9	24.4	23.7	24.1
T4_IsoGuar_1.5_L/ha	18.4	17.5	18.2	18.6	18.0	18.1
T5_IsoGuar_3.0_L/ha	25.4	23.1	24.6	23.5	24.6	24.2

Peso fresco de raíz a los 150 días (g) (evaluar 13 de octubre)

Tratamiento	1 Plt	2 Plt	3 Plt	4 Plt	5 Plt
T1_Sin_Inóculo	1 1	1 3	1 2	1 3	1 4
T2_Sealsol_1.5_L/ha	1 5	1 2	1 9	1 0	1 7
T3_Sealsol_3.0_L/ha	2 0	2 8	3 1	2 8	2 5
T4_IsoGuar_1.5_L/ha	1 7	1 2	1 5	1 4	1 2
T5_IsoGuar_3.0_L/ha	2 5	2 3	2 4	2 0	2 8

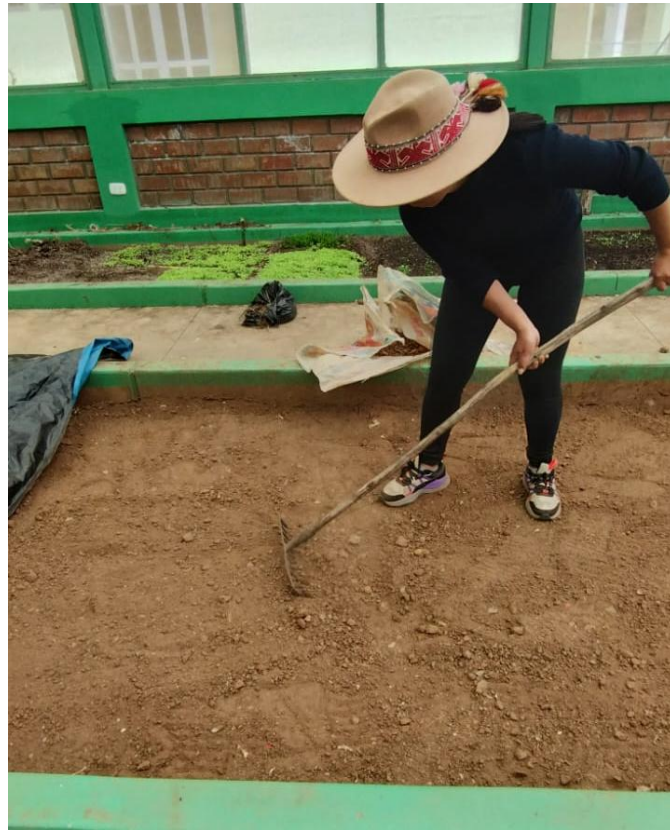
Peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g) (evaluar 13 de octubre)

Tratamiento	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5
T1_Sin_Inóculo	61.1	63.7	56.2	62.5	69.3
T2_Sealsol_1.5_L/ha	88.3	75.9	71.6	85.7	87.6
T3_Sealsol_3.0_L/ha	123.7	156.2	144.5	126.0	128.9
T4_IsoGuar_1.5_L/ha	107.3	90.2	99.5	98.7	97.6
T5_IsoGuar_3.0_L/ha	108.4	110.9	111.7	105.8	119.9

Anexo 3. Panel fotográfico



Recolección de suelo negro de altura



Preparación de camas para el vivero



Embolsado para la siembra de tara



Enfilado de bolsas para la siembra de tara



Siembra directa de tara



Aplicación de los tratamientos



Riego del vivero de tara



Evaluaciones en vivero 90, 120 y 150 días



Evaluaciones finales en laboratorio



Evaluación a los 150 días