



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
Facultad de Agronomía
Dirección Unidad de Investigación
"Fundo Arrabales" Altura Km 299 Panam. Sur
Teléf.:056-257444 Anexo 25
Ica – Perú



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2025

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

Propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclado con bentonita de la especie nativa *Schinus molle* (Molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica.

Presentado por:

ZURITA MAMANI NILTON FLAVIO

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 01% de similitud (Uno por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Según Reglamento para la evaluación de la originalidad de los documentos de investigación, aprobado con Resolución Rectoral N° 1668-R-UNICA-2020 – (18.1 La Universidad considera como original al documento de investigación que presenta un porcentaje de similitud menor o igual al veinte por ciento (20%) con textos de otros autores, según el informe automatizado de originalidad del programa informático adoptado por la Universidad.)

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

- Se analizó la **TESIS** mediante el programa informático iThenticate.
- Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de **40 palabras**, se adjunta pantallazo de la exclusión.

(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas procede para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuarenta (40) palabras y debe adecuarse a las características de la disciplina a la que corresponde el documento evaluado, además debe constar en el informe los criterios de exclusión utilizados).

Ica, 24 de noviembre del 2025.

.....
Dr. FELIX GUILLERMO FUENTES QUIJANDRIA
Director de la Unidad de Investigación
Facultad de Agronomía

.....
CARMINA PAOLA DONAYRE ESPINOZA
Operador del Programa Informático iThenticate

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos
mezclado con bentonita de la especie nativa *Schinus molle* (Molle)
en condiciones de vivero en la zona baja de Ica

Línea de Investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

PRESENTADO POR:

ZURITA MAMANI NILTON FLAVIO

Ica, Perú

2026

DEDICATORIA

A DIOS

Fuente de toda sabiduría, por guiarme en cada paso de este camino académico. En los momentos de incertidumbre me brindó luz, aliento y fortaleza.

A MI MADRE LELIANA

Por su profundo amor y gratitud, su esfuerzo incansable, apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia me motivaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y a no rendirme nunca. Todo lo que soy y he logrado, se lo debo a ella.

A MI PADRE JUAN Y ABUELO VICTOR

Por sus ejemplos, y sabios consejos y constante apoyo.

A MIS HERMANOS

Quienes me acompañaron y brindaron su aliento a lo largo de esta etapa.

Con profunda gratitud, esta dedicatoria es también para todos ustedes.

Nilton Flavio Zurita Mamani

AGRADECIMIENTOS

A Dios por concederme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar este importante proceso de formación profesional.

A mi madre Leliana Mamani Ccama, quien fue mi principal apoyo, por su sacrificio y amor incondicional.

A toda mi familia, que en distintos momentos me brindó su respaldo y aliento.

Al Dr. Jorge Magallanes Magallanes, asesor del presente trabajo de investigación, por su valioso acompañamiento, orientación académica y apoyo constante durante cada una de las etapas del desarrollo de esta investigación.

A la Facultad de Agronomía y a todos los docentes que formaron parte de mi formación profesional, por haber compartido sus conocimientos, experiencias y valores, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo académico y personal.

A mis compañeros y amistades, con quienes compartí aprendizajes, esfuerzos y vivencias inolvidables.

A cada persona que formó parte de este camino, mi más sincero agradecimiento.

Nilton Flavio Zurita Mamani

INDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I : INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Formulación del problema	5
1.4 Delimitación del problema	6
1.5 Justificación e importancia de la investigación	7
1.6 Hipótesis	9
1.7 Variables	9
1.8 Objetivos.	10
II : ESTRATEGIA METODOLOGICA	12
2.1 Ubicación del experimento	12
2.2 Tipo, nivel y diseño de la investigación	13
2.3 Tratamientos en estudio	13
2.4 Población y muestra	14
2.5 Características del campo experimental	14
2.6 Metodología de aplicación de los tratamientos	16
2.7 conducción de la investigación	17
2.8 Técnicas, recolección y procesamiento de los datos	19
2.9 Variables e instrumentos	19
2.10 Técnicas de procesamiento de datos	20
III : RESULTADOS	21
IV : DISCUSIÓN	34
V : CONCLUSIONES	42
VI : RECOMENDACIONES	43
VII : REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
VIII : ANEXOS	50

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tratamientos en estudio	13
Tabla 2. Datos de observaciones meteorológicas de septiembre a diciembre del año 2023	21
Tabla 3. Análisis de varianza del porcentaje de germinación a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	22
Tabla 4. Pruebas de rango múltiple de Duncan del porcentaje de germinación a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	22
Tabla 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	23
Tabla 6. Pruebas de rango múltiple de Duncan del porcentaje de germinación a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	23
Tabla 7. Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	24
Tabla 8. Pruebas de rango múltiple de Duncan del porcentaje de sobrevivencia a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes	24

tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa *Schinus molle* (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica

Tabla 9.	Análisis de varianza de la altura de plántula a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	25
Tabla 10.	Pruebas de rango múltiple de Duncan de la altura de plántula a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	25
Tabla 11.	Análisis de varianza de la altura de plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	26
Tabla 12.	Pruebas de rango múltiple de Duncan de la altura de plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	26
Tabla 13.	Análisis de varianza del diámetro basal de tallo de plántula a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	27
Tabla 14.	Pruebas de rango múltiple del diámetro basal de tallo de plántula a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	27
Tabla 15.	Análisis de varianza del diámetro basal de tallo de plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de	28

	sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	
Tabla 16.	Pruebas de rango múltiple del diámetro basal de tallo de plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	28
Tabla 17.	Análisis de varianza del número de hojas por plántula a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	29
Tabla 18.	Pruebas de rango múltiple del número de hojas por plántula a los 40 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	29
Tabla 19.	Análisis de varianza del número de hojas por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	30
Tabla 20.	Pruebas de rango múltiple del número de hojas por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	30
Tabla 21	Análisis de varianza del número de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	31
Tabla 22	Pruebas de rango múltiple del número de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	31

Tabla 23	Análisis de varianza de la longitud de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	32
Tabla 24	Pruebas de rango múltiple de la longitud de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	32
Tabla 25	Análisis de varianza del diámetro de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	33
Tabla 26	Pruebas de rango múltiple del diámetro de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra en la propagación botánica en diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita de la especie nativa <i>Schinus molle</i> (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica	33

INDICE DE FIGURAS

	Pág.,
Figura 1. Ubicación del campo experimental	12
Figura 2. Croquis experimental	15
Figura 3. Planta madre de molle	
Figura 4. Frutos recolectados de la planta madre de molle	
Figura 5. Selección de la semilla de molle	
Figura 6. Desinfección de la semilla de molle	
Figura 7. Demarcación del área del experimento	
Figura 8. Bolsas de vivero con los sustratos en estudio	
Figura 9. Germinación de la semilla de molle	

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de diferentes mezclas de sustratos orgánicos con bentonita sobre la propagación botánica de la especie nativa *Schinus molle* en condiciones de vivero en la zona baja de Ica. El estudio experimental utilizó un diseño completamente aleatorizado, donde se compararon cinco tratamientos que consistieron en distintas combinaciones de sustratos orgánicos (humus, compost, arena, aserrín) mezclados con un 10 % de bentonita, además de un control con tierra agrícola y bentonita. Se midieron variables relacionadas con la germinación, supervivencia y desarrollo inicial de las plántulas, tales como porcentaje de germinación, altura, diámetro basal, número de hojas y características del sistema radicular, durante un periodo de 90 días. Los resultados mostraron que la adición de bentonita mejoró significativamente la germinación, alcanzando hasta un 49,25 % en comparación con el 38,25 % del control a los 40 días. Asimismo, a los tres meses las mezclas con bentonita lograron hasta un 81,75 % de germinación, superando ampliamente al control. Las plántulas cultivadas en sustratos con bentonita presentaron mayor altura, diámetro basal, número de hojas y desarrollo radicular, lo que se atribuye a la capacidad del mineral para mejorar la retención hídrica, la disponibilidad de nutrientes y la estructura física del sustrato en condiciones áridas. Concluyendo que, la incorporación de bentonita en mezclas de sustratos orgánicos favorece significativamente la propagación y crecimiento inicial de *Schinus molle* en vivero, constituyendo una práctica recomendada para la producción sostenible de plantones en zonas áridas como Ica.

Palabras clave: Schinus molle, Bentonita, Germinación, Sustratos orgánicos

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different mixtures of organic substrates with bentonite on the botanical propagation of the native species *Schinus molle* under nursery conditions in the lower Ica region. The experimental study used a completely randomized design, comparing five treatments consisting of different combinations of organic substrates (humus, compost, sand, sawdust) mixed with 10% bentonite, as well as controlling agricultural soil and bentonite. Variables related to germination, survival, and initial development of seedlings, such as germination percentage, height, basal diameter, number of leaves, and root system characteristics, were measured over a period of 90 days. The results showed that the addition of bentonite significantly improved germination, reaching up to 49.25% compared to 38.25% for the control at 40 days. Furthermore, after three months the mixtures containing bentonite achieved germination rates of up to 81.75%, significantly outperforming the control. Seedlings grown in substrates containing bentonite showed greater height, basal diameter, leaf number, and root development, which is attributed to the mineral's ability to improve water retention, nutrient availability, and the physical structure of the substrate under arid conditions. In conclusion, the incorporation of bentonite into organic substrate mixtures significantly promotes the propagation and initial growth of *Schinus molle* in the nursery, constituting a recommended practice for sustainable seedling production in arid areas such as Ica.

Keywords: *Schinus molle*, Bentonite, Germination, Organic substrates

I. INTRODUCCIÓN

La degradación ambiental en zonas áridas y semiáridas del Perú se ha intensificado en las últimas décadas como consecuencia de la expansión urbana, el uso inadecuado del suelo y los efectos del cambio climático. Este fenómeno ha provocado la pérdida progresiva de cobertura vegetal, disminución de la biodiversidad y agotamiento de los recursos hídricos, especialmente en regiones como Ica, donde el ecosistema natural se caracteriza por suelos pobres, escasa materia orgánica y precipitaciones inferiores a los 20 mm anuales [1]. Frente a este panorama, la restauración ecológica basada en el uso de especies nativas resistentes a condiciones de estrés hídrico se plantea como una estrategia sostenible para recuperar áreas degradadas y mitigar los impactos del cambio climático.

Entre las especies nativas con potencial para proyectos de restauración en zonas áridas destaca el *Schinus molle*, conocido como molle, una especie arbórea ampliamente distribuida en las regiones andinas y costeras del Perú. Esta especie se caracteriza por su alta tolerancia a la sequía, capacidad de adaptación a suelos pobres, rápido crecimiento en etapas juveniles y múltiples beneficios ecosistémicos y sociales [2], [3]. No obstante, para garantizar un establecimiento exitoso en campo, es fundamental optimizar su fase de propagación en vivero mediante técnicas y sustratos que mejoren la eficiencia del desarrollo morfológico de las plántulas.

La calidad del sustrato es un factor crítico en el desarrollo temprano de las especies forestales. Los sustratos orgánicos, como el compost, el humus o residuos agroindustriales, ofrecen nutrientes esenciales para la planta, pero en zonas áridas pueden presentar baja retención de humedad. Ante esta limitación, se ha propuesto el uso de mejoradores de suelo como la bentonita, una arcilla de origen volcánico que mejora la capacidad de retención de agua, aumenta la disponibilidad de nutrientes y favorece la estructura del sustrato [4], [5]. Estudios previos han evidenciado que la mezcla de sustratos orgánicos con bentonita mejora el desarrollo de plántulas de especies forestales, aumentando su supervivencia y vigor en vivero [6].

La presente investigación se centra en la evaluación de la propagación botánica de *Schinus molle* en condiciones controladas de vivero, utilizando diferentes mezclas de sustratos orgánicos con bentonita. Se busca analizar el efecto de estas combinaciones sobre el crecimiento morfológico de las plántulas (altura, diámetro de tallo, número de hojas, peso seco y longitud radicular), así como establecer cuál de las mezclas proporciona mejores condiciones para su desarrollo. El estudio se desarrollará en la zona baja de Ica, caracterizada por su clima hiperárido, lo cual representa un escenario exigente y representativo para evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados.

Este enfoque experimental permitirá establecer recomendaciones prácticas para viveros forestales ubicados en regiones áridas, contribuyendo no solo al manejo técnico de la especie *Schinus molle*, sino también a la formulación de estrategias locales de reforestación con criterios de sostenibilidad y eficiencia hídrica. Además, los resultados obtenidos podrían servir de base para estudios posteriores que evalúen el comportamiento de otras especies nativas en sustratos mejorados, así como para la integración de tecnologías adaptativas en el manejo de suelos áridos [7].

La importancia científica de este trabajo radica en su contribución al conocimiento sobre la interacción entre materiales mejoradores del sustrato y el crecimiento de especies forestales nativas. A nivel práctico, permitirá generar información valiosa para instituciones públicas, viveros comunales, ONGs y gobiernos locales que impulsen programas de forestación, recuperación de áreas degradadas y adaptación frente al cambio climático.

1.1 Planteamiento del problema

Las regiones áridas y semiáridas del Perú, particularmente el departamento de Ica, enfrentan condiciones ambientales extremadamente limitantes para el desarrollo vegetal debido a factores como la escasa precipitación, altas temperaturas, elevada evaporación y suelos degradados con baja capacidad de retención hídrica y escasa materia orgánica [1]. En este contexto, la pérdida progresiva de cobertura vegetal producto del cambio climático, la expansión agrícola intensiva, la urbanización desordenada y el mal manejo del suelo ha agravado los procesos de desertificación y deterioro ecológico, afectando directamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos locales [7].

Frente a esta situación, la restauración ecológica y la reforestación con especies nativas se presentan como alternativas viables para mitigar los efectos de la degradación ambiental. Una de las especies con mayor potencial para estos fines es el *Schinus molle*, conocido como molle, un árbol perenne nativo del Perú, altamente resistente a la sequía, con capacidad de crecer en suelos pobres, y valorado por sus múltiples usos: ornamental, medicinal, agroforestal y como barrera contra el viento y la erosión [8], [9]. No obstante, a pesar de su rusticidad, la propagación de *Schinus molle* en condiciones controladas de vivero presenta dificultades técnicas, especialmente relacionadas con la calidad del sustrato utilizado para su desarrollo inicial.

Los sustratos orgánicos utilizados comúnmente en viveros —como compost, estiércol curado o restos vegetales— aportan nutrientes y mejoran la estructura física del medio de cultivo, pero en zonas áridas como Ica, resultan insuficientes para garantizar una adecuada retención de humedad durante las etapas críticas de germinación y establecimiento de plántulas [10]. Ante esta limitación, se ha planteado el uso de enmiendas minerales como la bentonita, una arcilla de origen volcánico rica en montmorillonita, reconocida por su elevada capacidad de intercambio catiónico y su potencial para mejorar la retención de agua y nutrientes en suelos y sustratos [11], [12]. Investigaciones preliminares han demostrado que la adición de bentonita a sustratos orgánicos

puede mejorar significativamente el desarrollo morfológico de plántulas, incrementando su biomasa y tasa de sobrevivencia [13], [14].

Sin embargo, a pesar del potencial de esta técnica, existe una brecha de conocimiento científico en relación con su aplicación en especies forestales nativas del Perú, específicamente en el caso del *Schinus molle*. No se cuenta con estudios experimentales sistematizados que evalúen el efecto de diferentes proporciones de bentonita en combinación con sustratos orgánicos sobre el desarrollo inicial de esta especie bajo condiciones de vivero en zonas áridas. Esta carencia de información técnica limita la capacidad de los viveros forestales para adoptar prácticas de propagación eficientes y adaptadas al contexto climático y edafológico de regiones como la zona baja de Ica.

En consecuencia, surge la necesidad de investigar y comparar experimentalmente diversas mezclas de sustratos orgánicos enriquecidos con bentonita, con el fin de determinar su impacto en el crecimiento morfológico de las plántulas de *Schinus molle*. Este análisis permitirá identificar combinaciones que optimicen parámetros clave como altura, número de hojas, desarrollo radicular, peso seco y tasa de sobrevivencia, contribuyendo así a mejorar la eficiencia de la producción en viveros y a fortalecer las acciones de reforestación con enfoque ecológico.

1.2 Antecedentes de la investigación

1.2.1 Antecedentes internacionales

El molle es una especie muy importante en la reforestación de zonas especialmente relegadas, se adapta muy bien a suelos salinos y el ganado no se alimenta de ella, [15] y se ha determinado que es la única especie que se crece en pedregales porque tiene la capacidad y habilidad de formar suelo. En la agricultura se usa como cortinas rompevientos y en algunos casos para detener la erosión del suelo, [16] en 1990.

A la especie *Schinus molle* L. se les conoce en América como: pimienta, pimienta boliviana, molle, molli, aguaribay, cuyas, kullakz, anacahuita o pirul, [17]. El nombre de molle es un vocablo quechua (molli) que se refiere a color rojo por sus frutos que se parecen al “mullu” que es un tipo de molusco de aguas caliente, el cual era muy sagrado para la comunidad de los incas.

La distribución del molle comprende una amplia zona, se distribuye desde América central, pasa por Colombia, Ecuador, Perú y en la zona andina de Bolivia hasta los 3500 m de altitud, hasta Chile, Argentina, Paraguay y Uruguay, [18]. Es un árbol que tiene como su centro de origen en Perú, informan también que se habría introducido a Chile desde Perú durante la época incaica, creciendo de forma natural en la provincia de Tarapacá y desde allí se extendió llegando a Santiago, [19].

Según [20] en el año 1993. describen que la inflorescencia es paniculada y axilares, aunque pueden dar la apariencia de terminales de 8 a 15 cm de largo, con vellosidades pequeñas, las brácteas tienen forma deltoides, los pedicelos miden 2 mm de largo con escasas vellosidades.

De acuerdo con [21], Determinan que las flores tienen color blanco amarillento verdoso, hermafroditas de tamaño pequeño y que se agrupan en racimos compuestos llamados “panículas”. Los frutos y semillas [21]. tienen la forma de drupa de color rosado que mide entre 4 a 6 cm de diámetro y carnosos, globoso y con una semilla en su interior. El fruto es de sabor picante, [20] y enuncian que son de color negro, con rugosidades, redondeadas de 3 a 5 mm de diámetro. [22] manifiestan que solo tienen una sola semilla y que tienen un fuerte olor a resina al estrujarlo con las manos.

A nivel internacional, diversas investigaciones han evaluado el uso de mejoradores de sustrato en la propagación de especies vegetales adaptadas a climas áridos y semiáridos. En un estudio realizado en Egipto [23], analizaron el efecto de diferentes tipos de arcillas, incluida la bentonita, sobre el crecimiento de especies ornamentales bajo condiciones de estrés hídrico. Los resultados mostraron una mejora significativa en la retención de humedad del sustrato y en el desarrollo de las raíces.

En México [24] estudiaron la incorporación de bentonita en sustratos hortícolas y concluyeron que su uso contribuye a una mayor eficiencia hídrica y a un crecimiento más vigoroso de plántulas de *Prosopis laevigata*, una especie nativa del desierto. Asimismo, en India [25] comprobaron que la mezcla de bentonita con compost aumentó la tasa de germinación y la biomasa aérea en plántulas de especies forestales locales, especialmente en suelos degradados.

Estos estudios demuestran que la bentonita es un material viable para mejorar el comportamiento fisiológico y morfológico de especies vegetales en viveros, especialmente en ambientes donde la disponibilidad de agua es limitada.

1.2.2. Antecedentes nacionales (Perú)

Cuya y Lombardi [26] en el año de 1991. Obtuvieron un promedio de 70 a 80 % de germinación usando el método de siembra directa en terreno definitivo utilizando 4 a 5 semillas por golpe, y recomienda eliminar las semillas vanas.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Oficina del Medio Ambiente, [27] en 1997, determina que el número de semillas de molle por kilo es de 25 000 a 65 000 y su viabilidad permanece buena por un periodo de un año bajo condiciones del medio ambiente. Sugieren antes de realizar la siembra desarrollar un proceso de pregerminación remojando las semillas en un envase conteniendo agua fría por espacio de 48 horas, luego pueden sembrarse en bolsas de polietileno y recomiendan sustratos de tierra negra más tierra agrícola más arena en una proporción de 2:3:1 o caso contrario en turba más tierra negra más tierra agrícola en una relación de 1:1:1

El molle es un árbol de regular tamaño puede llegar a medir entre tres a cinco m y entre 20 a 30 cm de diámetro, es muy coposo, presenta un follaje siempre verde y su copa tiene la forma de globo desde el primer al segundo tercio, [22].

Según lo informado por [28], dice que la propagación del molle se lleva a cabo de dos formas: reproducción de tipo asexual que se puede realizar mediante el uso de brotes o retoños (tocón), por injerto, en rizoma y por estacas o esquejes. La segunda forma es la reproducción de tipo sexual donde las especies vegetales se reproducen en su mayoría usando semillas para garantizar su dispersión en un terreno o vivero, [29].

En el contexto nacional, los estudios sobre la aplicación de bentonita en la propagación de especies forestales son aún escasos, aunque han comenzado a surgir con mayor frecuencia en la última década. Y según [30] en la región de Arequipa, evaluaron el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus globulus* en sustratos con diferentes enmiendas minerales, incluyendo la bentonita, y evidenciaron mejoras en la retención de humedad y un incremento en el desarrollo radicular.

Por otro lado, [31] llevaron a cabo una investigación en la región de San Martín sobre el uso de sustratos alternativos para especies forestales nativas, concluyendo que el uso de bentonita mezclada con compost produjo plántulas más vigorosas y resistentes al trasplante.

En cuanto al *Schinus molle*, [32] realizaron una caracterización ecológica de la especie en el sur del Perú, pero no abordaron específicamente su propagación en vivero. Esta falta de estudios directos representa una oportunidad para profundizar en técnicas de propagación adecuadas para esta especie nativa.

1.2.3. Antecedentes locales o regionales (zona de Ica)

A nivel local, los estudios sobre propagación vegetal en zonas áridas como la parte baja de Ica son muy limitados. Sin embargo, [33] evaluaron el uso de bentonita en cultivos hortícolas en la provincia de Pisco, observando una notable mejora en la retención de humedad del sustrato y una respuesta positiva en el crecimiento de las plantas.

Asimismo, un informe técnico del [34] señaló que la implementación de viveros forestales en esta zona enfrenta desafíos por la baja calidad de los suelos y la escasez de agua, lo cual requiere la adopción de técnicas innovadoras que optimicen el uso de recursos y mejoren la eficiencia del desarrollo vegetal.

Pese a estos aportes, no se han identificado investigaciones locales que integren el uso de bentonita en sustratos orgánicos específicamente orientados a la propagación de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero, lo que refuerza la relevancia de esta investigación como contribución pionera en el contexto regional.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general.

¿Cuál de los sustratos orgánicos mezclado con bentonita ofrece la mejor germinación y desarrollo de la especie nativa molle en condiciones de vivero en la zona baja de Ica?

1.3.2 Problema específico.

¿Cuál de los sustratos orgánicos mezclado con bentonita producirá la mejor germinación de la especie nativa “molle” en condiciones de vivero en la zona baja de Ica?

¿Cuál de los sustratos orgánicos mezclados con bentonita ofrece un mejor desarrollo de la especie nativa “molle” en condiciones de vivero en la zona baja de Ica?

1.4 Delimitación del problema

Esta investigación se enmarca en el ámbito de la propagación botánica de especies forestales nativas en condiciones de vivero, específicamente bajo contextos de aridez extrema como los que caracterizan a la zona baja del departamento de Ica, Perú. El estudio se delimita tanto espacialmente, temporalmente como en su contenido técnico, de la siguiente manera:

- Delimitación espacial: La investigación se llevará a cabo en un vivero forestal ubicado en la zona baja del distrito de Ica, región Ica (Perú), área geográfica caracterizada por condiciones climáticas muy áridas, suelos con baja fertilidad y escasa disponibilidad hídrica, lo cual representa un entorno desafiante para el establecimiento vegetal.
- Delimitación temporal: El estudio se desarrolló durante el periodo comprendido entre septiembre y diciembre del año 2023. Esta etapa fue seleccionada por coincidir con la temporada más adecuada para la propagación en viveros en la región de Ica, caracterizada por condiciones climáticas favorables, tales como una menor oscilación térmica diaria y una mayor estabilidad ambiental. Estas condiciones contribuyen al óptimo desarrollo de las plántulas durante las fases de germinación y crecimiento inicial, favoreciendo así el éxito del experimento.
- Delimitación temática: El enfoque de la investigación se centra exclusivamente en la propagación de *Schinus molle* a través del uso de mezclas de sustratos orgánicos (como compost o humus) combinadas con bentonita, evaluando su influencia sobre variables morfológicas de crecimiento en etapa de vivero: altura de plántula, número de hojas, desarrollo radicular, biomasa aérea y tasa de sobrevivencia. No se abordará la fase de plantación en campo ni la propagación a través de métodos vegetativos (como esquejes o estacas).
- Delimitación metodológica: El estudio tendrá un diseño experimental completamente aleatorizado, con diferentes tratamientos consistentes en proporciones variadas de sustrato orgánico y bentonita, bajo condiciones controladas de riego, temperatura y exposición solar. El análisis se enfocará en comparar estadísticamente los efectos de los tratamientos sobre el desarrollo de las plántulas.

Esta delimitación permite concentrar los esfuerzos del estudio en un problema específico, medible y abordable, sin dispersar la atención en variables externas o en fases posteriores del manejo forestal. De este modo, se garantiza que los resultados obtenidos sean confiables, replicables y útiles para futuras aplicaciones en viveros forestales ubicados en ecosistemas áridos similares.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

1.5.1 Justificación

La creciente degradación de los ecosistemas áridos en el sur del Perú, particularmente en la región de Ica, exige el desarrollo de estrategias de restauración ecológica que incorporen especies vegetales nativas adaptadas a condiciones climáticas extremas. En este contexto, la especie *Schinus molle* (conocida comúnmente como molle) representa una opción forestal estratégica por su rusticidad, adaptabilidad a suelos pobres y capacidad de establecerse en ambientes con escasa disponibilidad hídrica. No obstante, el éxito de los proyectos de revegetación y reforestación con esta especie depende en gran medida de su adecuada propagación en vivero, especialmente durante las etapas iniciales de desarrollo, donde las condiciones del sustrato y el manejo hídrico son determinantes.

La presente investigación se justifica, en primer lugar, por la necesidad de mejorar la eficiencia y calidad de la producción de plántulas de molle en vivero, empleando técnicas accesibles y adaptadas a las condiciones áridas. La utilización de mezclas de sustratos orgánicos combinados con bentonita constituye una propuesta innovadora que busca optimizar las propiedades físicas y químicas del medio de cultivo. La bentonita, por su alta capacidad de retención de agua y nutrientes, tiene el potencial de mejorar la estructura del sustrato, reducir la frecuencia de riego y favorecer el desarrollo radicular, factores críticos para especies cultivadas en climas secos.

En segundo lugar, la investigación responde a una problemática técnica concreta enfrentada por los viveros forestales en zonas áridas: la limitada disponibilidad de sustratos que retengan humedad de manera eficiente sin comprometer la aireación ni la estabilidad estructural del medio de cultivo. En este sentido, evaluar combinaciones de materiales orgánicos (como compost o humus) con porcentajes variables de bentonita permitirá generar recomendaciones técnicas basadas en evidencia para el desarrollo vigoroso de *Schinus molle*, reduciendo pérdidas por estrés hídrico o deficiencias nutricionales.

Desde una perspectiva ambiental y ecológica, el estudio cobra relevancia al promover el uso de una especie forestal nativa como parte de soluciones basadas en la naturaleza. El establecimiento exitoso del molle puede contribuir significativamente a la restauración de suelos erosionados, la captura de carbono, la mejora del microclima local y la recuperación de la biodiversidad asociada a los ecosistemas áridos. Además, se alinea con los objetivos nacionales e internacionales en torno a la mitigación del cambio climático y la conservación de especies endémicas.

En cuanto al impacto socioeconómico, la investigación puede beneficiar directamente a viveristas, agricultores y comunidades rurales interesadas en la producción de especies resistentes con bajo requerimiento hídrico, brindando alternativas de bajo costo y alto rendimiento para el manejo del recurso suelo y agua. Asimismo, los resultados pueden ser aprovechados por municipalidades, gobiernos regionales y entidades encargadas de ejecutar programas de

forestación urbana y rural, al contar con información técnica para tomar decisiones sobre sustratos y especies adecuadas para zonas con estrés hídrico.

Finalmente, este estudio genera un aporte científico y académico al llenar un vacío en la literatura técnica local respecto a la influencia de la bentonita en la propagación de especies nativas bajo condiciones de vivero en ambientes áridos. A través de un enfoque experimental riguroso y controlado, se busca ofrecer datos cuantitativos sobre el desarrollo morfológico de *Schinus molle* en distintos tipos de sustratos, estableciendo una base para futuras investigaciones en agroforestería, fisiología vegetal y manejo sostenible del suelo.

En resumen, la justificación de esta investigación radica en su contribución al conocimiento técnico, su aplicabilidad práctica, su relevancia ecológica y su alineamiento con políticas de restauración ambiental sostenible en zonas áridas del Perú.

1.5.2 Importancia de la investigación

La presente investigación reviste gran importancia tanto desde el punto de vista ecológico como técnico y socioambiental, debido a que aborda una problemática crítica relacionada con la recuperación de especies nativas y la mejora de las técnicas de propagación vegetal en condiciones de aridez extrema, como las que presenta la zona baja de Ica, Perú.

En primer lugar, la especie *Schinus molle*, conocida comúnmente como molle, es una planta nativa de los Andes sudamericanos, ampliamente valorada por su resistencia a la sequía, su capacidad de adaptación a suelos pobres y su rol ecológico como formadora de cobertura vegetal en ecosistemas áridos y semiáridos. Su presencia contribuye al control de la erosión, la conservación del suelo y la mejora del microclima local. Sin embargo, a pesar de su importancia ecológica, en muchas regiones del Perú su propagación natural ha disminuido debido a la expansión urbana, el sobrepastoreo y la degradación de su hábitat.

Desde una perspectiva técnica, la propagación de especies forestales en viveros constituye una etapa fundamental para asegurar el éxito de programas de reforestación, revegetación y restauración ecológica. Sin embargo, en zonas áridas como la región de Ica, los viveros enfrentan múltiples limitaciones, entre ellas, la baja calidad de los sustratos disponibles, la escasa retención de humedad y la falta de materiales que aseguren un desarrollo radicular eficiente. Frente a ello, surge la necesidad de identificar e implementar nuevas alternativas de sustrato que permitan mejorar las condiciones de crecimiento de las plántulas en vivero.

La mezcla de sustratos orgánicos con bentonita representa una alternativa tecnológica innovadora y de bajo costo para mejorar la estructura del suelo, incrementar su capacidad de retención de agua y nutrientes, y promover el desarrollo vigoroso de las plántulas en sus primeras etapas. La bentonita, al ser un mineral arcilloso con alta capacidad de intercambio catiónico y absorción de agua, tiene el potencial de actuar como acondicionador del sustrato, especialmente en contextos donde el recurso hídrico es limitado. Integrar esta enmienda mineral con materiales orgánicos

como compost o humus de lombriz puede generar sustratos más equilibrados y sostenibles, con beneficios tanto para la producción en vivero como para la posterior adaptación de las plantas al campo.

Adicionalmente, este estudio cobra relevancia desde una dimensión socioambiental, ya que la restauración de especies nativas como el molle puede integrarse a proyectos de arborización urbana, paisajismo, recuperación de áreas degradadas y generación de espacios verdes resilientes al cambio climático. En un contexto regional donde el estrés hídrico es cada vez más severo, fomentar el uso de especies resistentes y técnicas de propagación más eficientes resulta clave para garantizar la sostenibilidad ambiental y la seguridad ecológica de las zonas áridas.

Finalmente, al enfocarse en la evaluación experimental de distintos tipos de sustratos, esta investigación aportará evidencia empírica útil para viveristas, técnicos forestales, autoridades ambientales y formuladores de políticas públicas interesadas en promover una silvicultura urbana y rural basada en el uso racional de recursos y en el aprovechamiento de especies nativas adaptadas al entorno.

Por todo lo anterior, la presente investigación no solo contribuye al conocimiento técnico sobre la propagación de *Schinus molle*, sino que también tiene un impacto potencial en la gestión sostenible del paisaje, la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático en zonas áridas del Perú y otras regiones similares.

1.6 Hipótesis y variables

1.6.1 Hipótesis general

La mezcla de sustratos orgánicos con diferentes proporciones de bentonita influye significativamente en la propagación botánica y el desarrollo inicial de plántulas de *Schinus molle* (molle) bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica.

1.6.2 Hipótesis específicas:

- La adición de bentonita a sustratos orgánicos mejora la retención de humedad del sustrato, favoreciendo la tasa de germinación de *Schinus molle*.
- Las combinaciones de sustratos orgánicos con bentonita incrementan el crecimiento en altura y diámetro del tallo de las plántulas de *Schinus molle* en comparación con sustratos sin bentonita.
- Existen diferencias significativas en el desarrollo morfológico de las plántulas de *Schinus molle* según el tipo de sustrato orgánico (compost, humus, estiércol) utilizado en combinación con bentonita.

1.7 Variables de la investigación.

a) Variable Independiente (X1): Tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita

Corresponde al factor experimental manipulado, consistente en cinco tipos de mezclas de sustratos con bentonita, además del tratamiento control.

Indicador técnico:

Dosificación constante de **1 kg de mezcla de sustrato + bentonita por bolsa de vivero**, utilizada para la siembra de semillas de *Schinus molle*.

b) Variable Dependiente (Y1): Germinación y desarrollo morfológico de *Schinus molle*

Esta variable corresponde al efecto observado como resultado de las diferentes combinaciones de sustrato.

Indicadores de evaluación:

- Porcentaje de germinación botánica a los 40 y 90 días (%)
- Porcentaje de sobrevivencia de plántulas (%) a los 90 días después de la siembra
- Altura de planta (cm) a los 40 y 90 días después de la siembra
- Diámetro basal del tallo (mm) a los 40 y 90 días después de la siembra
- Número de hojas por planta (unidades) a los 40 y 90 días después de la siembra
- Número de raíces a los 90 días después de la siembra
- Longitud de raíces a los 90 días después de la siembra
- Diámetro de raíces a los 90 días después de la siembra

Estas mediciones permitirán determinar el tratamiento más eficiente para promover el crecimiento inicial de la especie en condiciones de vivero.

c) Variables Intervinientes (Z1): Factores ambientales y fisicoquímicos

Se consideran como variables intervinientes aquellos factores no controlados directamente pero que podrían influir en los resultados del experimento. Entre ellos se identifican:

- **Condiciones climáticas:** temperatura ambiental, humedad relativa y radiación solar durante el periodo experimental.
- **pH del sustrato:** nivel de acidez o alcalinidad que puede alterar la disponibilidad de nutrientes y afectar tanto la germinación como el desarrollo de las plántulas.

1.8 Objetivos de la investigación.

1.8.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos mezclados con bentonita sobre la propagación botánica de la especie nativa *Schinus molle* (molle) en condiciones de vivero en la zona baja de Ica.

1.8.2 Objetivos específicos.

1. Analizar la capacidad de germinación de semillas de *Schinus molle* utilizando distintas mezclas de sustratos orgánicos con bentonita bajo condiciones controladas de vivero.

2. Determinar cuál de las mezclas de sustrato orgánico con bentonita favorece en mayor medida la germinación y el desarrollo morfológico inicial de *Schinus molle*.
3. Comparar el comportamiento en términos de crecimiento (altura, diámetro basal y número de hojas) de las plántulas de *Schinus molle* en función del tipo de sustrato utilizado.

II: ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Ubicación del campo experimental

El experimento se realizó en un vivero artesanal de la señora Rosa Salazar ubicado en la Asociación de vivienda “Las Lomas de Ocucaje”, perteneciente al distrito de Ocucaje (zona baja), provincia y departamento de Ica, caracterizada por un clima árido, con temperaturas promedio entre 25 °C y 32 °C, escasa precipitación y alta radiación solar. Las condiciones de riego fueron controladas por sistema de riego manual con frecuencia regular (según necesidad hídrica observada en las plántulas).



Figura: ubicación del campo experimental
Fuente: Municipalidad provincial de Ica

Latitud: -14.3467

Longitud: -75.6722

Latitud: 14° 20' 48" Sur

Longitud: 75° 40' 20" Oeste

Altitud: 332 msnm

2.2 Tipo, nivel y diseño de la investigación

2.2.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicado, ya que busca generar conocimientos útiles y directamente aprovechables para optimizar la producción de plantones de la especie nativa *Schinus molle* mediante el uso de diferentes sustratos orgánicos mezclados con bentonita, contribuyendo así a prácticas sostenibles de reforestación en zonas áridas como Ica.

2.2.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es experimental, porque se manipulan deliberadamente las condiciones del sustrato (variable independiente) para observar su efecto sobre la germinación y desarrollo morfológico inicial de *Schinus molle* (variable dependiente) en un entorno controlado (vivero).

2.2.3 Diseño de investigación

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), apropiado para estudios en condiciones de vivero donde los tratamientos pueden asignarse de manera aleatoria a unidades experimentales homogéneas.

Cada tratamiento (tipo de sustrato) fue evaluado en múltiples repeticiones para garantizar la validez estadística de los resultados y permitir la comparación entre los efectos de las diferentes mezclas.

2.3 Tratamientos en estudio

En el presente estudio se evaluó el efecto de cuatro tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita sobre la propagación botánica de la especie nativa *Schinus molle* en condiciones de vivero, incluyendo un tratamiento control. Cada tratamiento consistió en la mezcla de un sustrato específico con bentonita en una proporción estándar (10 % de bentonita respecto al peso total del sustrato seco), con el objetivo de determinar cuál combinación favorece en mayor medida la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas.

A continuación, se detallan los tratamientos evaluados:

TABLA 1.
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.

CLAVE LITERAL	TIPO DE SUSTRATO	PROCEDENCIA	DOSIS
T1	Humus + Bentonita	Lombriz	1 kg/bolsa
T2	Compost + Bentonita	Desechos	1 kg/bolsa
T3	Arena + Bentonita	Rio	1 kg/bolsa
T4	Aserrín de madera + Bentonita	Maderera	1 kg/bolsa
T5	Control o testigo	Tierra agrícola	1 kg/bolsa

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población de la investigación:

La población del presente estudio está constituida por todas las unidades experimentales destinadas a la propagación botánica de la especie nativa *Schinus molle* (molle) bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica (100 bolsas), utilizando combinaciones de sustratos orgánicos con bentonita. Esta población está conformada por bolsas de vivero preparadas con distintas mezclas de sustrato, en las cuales se sembraron semillas previamente tratadas de la especie en estudio.

2.4.2 Muestra de la investigación:

La muestra fue determinada mediante un enfoque no probabilístico, de tipo intencional, ya que se seleccionaron unidades experimentales bajo criterios técnicos y de control del entorno, propios de un diseño experimental en vivero.

La muestra total estuvo conformada por 40 plántulas obtenidas de todas las unidades experimentales, distribuidas de la siguiente manera:

- 5 tratamientos (incluyendo el control)
- 4 repeticiones por tratamiento

Cada unidad experimental estuvo representada por cinco bolsas de vivero con 1 kg del sustrato correspondiente, en la cual se sembró tres semillas de *Schinus molle*. Las 100 bolsas fueron colocadas de manera aleatoria dentro del vivero, asegurando condiciones ambientales similares para todas las unidades durante el desarrollo del experimento.

2.5 Características del Campo experimento.

PARCELA O UNIDAD EXPERIMENTAL

Numero de parcelas	= 5
Largo de parcela	= 1.00 m
Ancho de parcela	= 0.50 m
Área de parcela	= 0.50 m ²

SURCOS

Numero de hilera por parcela	= 1.0
Largo de hilera	= 1.00 m
Distanciamiento entre hilera	= 0.20 m
Numero de bolsas por hilera	= 5.0

BLOQUES

Número de bloques	= 4
Largo de bloque	= 1.00 m
Ancho de bloque	= 2.50 m
Área de cada bloque	= 2.5 m ²

CALLES

Numero de calles	= 5
Largo de calles	= 2.5 m
Ancho de calles	= 1.0 m
Área total de cada calle	= 2.5 m ²

DIMENSION DEL TERRENO EXPERIMENTAL

Largo	= 6.50 m
Ancho	= 2.50 m
Área total	= 16.25 m ²
Área neta	= 10.0 m ²

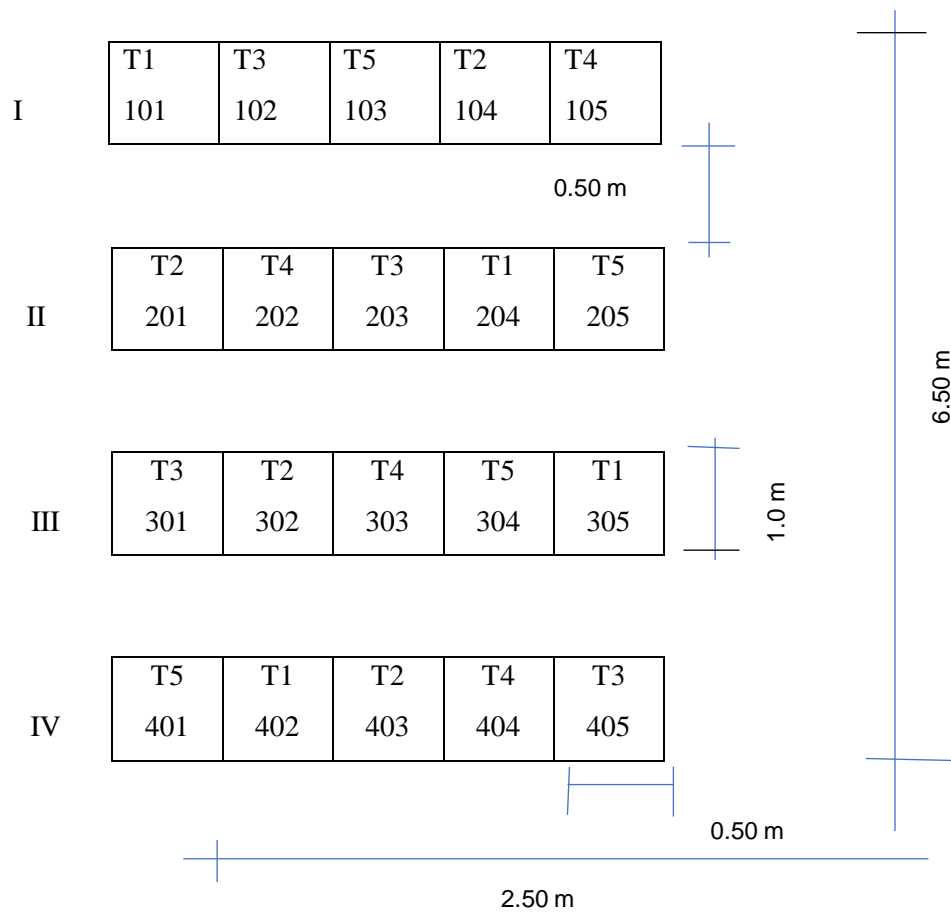


Figura 2: Croquis experimental

1 – 5 = número de tratamientos

101 – 405 = número de parcela según el bloque

I - IV = número de bloque

2.6 Metodología de aplicación de los tratamientos

El experimento se desarrolló en condiciones dentro de un invernadero artesanal ubicado en el distrito de Ocucaje, región Ica. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tratamientos conformados por diferentes combinaciones de sustratos orgánicos mezclados con bentonita, bajo un manejo homogéneo en riego, temperatura y exposición lumínica.

Las semillas de *Schinus molle* (molle) fueron recolectadas de árboles adultos sanos presentes en áreas naturales de la región Ica. Las infrutescencias se seleccionaron en estado de madurez fisiológica, y las semillas fueron extraídas manualmente, descartando aquellas que presentaban daños o deformaciones. Posteriormente, se aplicó un tratamiento pregerminativo mediante escarificación e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, con el fin de mejorar la absorción de agua y acelerar la germinación.

La siembra se realizó en bolsas de polietileno tipo almácigo (9' x 14' x 2), empleando mezclas homogéneas de bentonita con cinco tipos de sustratos orgánicos: tierra agrícola (control), arena de río, compost, humus de lombriz y aserrín. Cada mezcla fue preparada en proporciones 3:1 (sustrato: bentonita),

Las bolsas fueron distribuidas aleatoriamente sobre camas en el vivero, bajo un esquema de 5 tratamientos, con 4 repeticiones por tratamiento y 5 unidades experimentales por repetición, totalizando 100 plántulas.

Se establecieron dos momentos clave para la evaluación:

- A los 40 días después de la siembra (dds): se registró el porcentaje de germinación, la altura de las plántulas (cm) y el número de hojas.
- A los 90 días después de la siembra (dds): se evaluaron indicadores de desarrollo, como la altura total (cm), diámetro basal del tallo (mm), número de hojas y la biomasa aérea y radicular.

Los datos obtenidos fueron registrados en fichas técnicas de campo y luego procesados mediante análisis estadístico, con el propósito de determinar el efecto significativo de los tratamientos en la propagación de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero.

2.6.1 Metodología de Aplicación de los Factores Constantes

Para garantizar la validez interna del experimento y minimizar la variabilidad atribuida a factores externos, se estableció el control riguroso de una serie de factores constantes durante todo el proceso de propagación de semillas de *Schinus molle* en vivero construido artesanalmente utilizando materia prima de la zona. Estos factores fueron cuidadosamente estandarizados y aplicados uniformemente a todas las unidades experimentales, independientemente del tratamiento asignado, con el fin de asegurar condiciones homogéneas y reproducibles. A continuación, se detallan los principales factores controlados:

a) Condiciones de riego

Se aplicó riego manual uniforme utilizando agua sin cloro, proveniente de pozo. La frecuencia fue de tres veces por semana durante las dos primeras semanas para mantener la humedad del sustrato, y luego se redujo a una vez por semana según el monitoreo de humedad. El volumen de agua fue estandarizado a 200 ml por bolsa de polietileno.

b) Iluminación

Las plántulas fueron expuestas a luz solar natural filtrada, utilizando mallas de sombreo con un 50 % de reducción lumínica, instalada de forma permanente en el invernadero. Esta condición se mantuvo constante durante todo el ensayo.

c) Temperatura y humedad ambiental

El invernadero permitió mantener una temperatura media entre 22 °C y 30 °C, y una humedad relativa aproximadamente del 50 % al 70 %, en el vivero.

d) Cantidad de sustrato y proporción de mezcla

Cada unidad experimental recibió exactamente 1 kg de mezcla sustrato-bentonita, en una proporción fija de 3:1 (peso seco). Las mezclas fueron previamente homogenizadas para asegurar uniformidad entre las repeticiones.

e) Número de semillas por bolsa

Se sembraron 3 semillas por bolsa en todos los tratamientos, a una profundidad de 1 cm, siguiendo un patrón centralizado, y luego se ralearon a 1 plántula por bolsa tras la emergencia, seleccionando la de mejor vigor.

f) Condiciones fitosanitarias

Se aplicó monitoreo permanente para prevenir plagas o enfermedades. En caso de presencia de hongos o insectos, no encontrando daños de plagas o enfermedades en las unidades experimentales.

g) Tipo y tamaño de bolsa

Se utilizaron bolsas negras de polietileno de 17×20 cm, con perforaciones para drenaje, manteniendo el mismo tipo, tamaño y número por tratamiento.

2.7 CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue conducida en tres etapas principales: fase preparatoria, fase experimental y fase de análisis, cada una planificada cuidadosamente para garantizar la rigurosidad metodológica y la validez de los resultados obtenidos.

1. Fase preparatoria

Durante esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- Selección y adecuación del área de estudio: El experimento se llevó a cabo en un vivero fabricado artesanalmente, ubicado en el distrito de Ocucaje, “Asociación de vivienda Las Lomas de Ocucaje” en zona baja de Ica, donde se construyeron camas de cultivo, donde se realizó un sistema de riego manual.

- **Recolección y preparación del material vegetal:** Se recolectaron frutos maduros de *Schinus molle* (molle) provenientes de una planta madre sana de la zona, los cuales fueron seleccionados cuidadosamente para posteriormente ser sometidos a escarificación manual para extraer las semillas.
- **Tratamiento pregerminativo:** Las semillas fueron sometidas a un procedimiento de escarificación manual y posterior remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, a fin de acelerar la germinación, esta labor se realizó el 03 de septiembre del año 2023.
- **Preparación de los sustratos:** Se formularon las mezclas de sustratos orgánicos con bentonita en proporción 3:1 (peso/peso). Los sustratos utilizados fueron: tierra agrícola (testigo), arena de río, compost, humus de lombriz y aserrín, se realizó el 04 septiembre del 2023.

2. Fase experimental

Esta fase comprendió la siembra y el seguimiento del desarrollo de las plántulas bajo condiciones controladas:

- **Diseño experimental:** Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 5 tratamientos, 4 repeticiones por tratamiento y 5 unidades experimentales por repetición, totalizando 100 bolsas.
- **Siembra:** En cada bolsa se sembraron 3 semillas a una profundidad de 1 cm. Luego del proceso de germinación, se realizó el aclareo para dejar una plántula por unidad experimental, esta labor se realizó el 04 de septiembre del año 2023.
- **Aplicación uniforme de condiciones de cultivo:** Se mantuvieron constantes los factores de riego, iluminación, volumen de sustrato, temperatura y cuidados fitosanitarios en todas las unidades experimentales.
- **Registro de datos:** Se realizaron dos evaluaciones:
 - A los 40 días después de la siembra (13 octubre 2023): porcentaje de germinación, número de hojas, altura de plántula. Esta labor se realizo a los 40 días porque ya la mayoría de las semillas sembradas están germinadas
 - A los 90 días (02 diciembre 2023): altura total, número de hojas, diámetro basal, biomasa aérea y radicular. Esta labor se realizó a los 90 días porque las plántulas ya tenían una altura y raíces adecuadas para ser trasplantadas a campo definitivo.

3. Fase de análisis

Finalmente, los datos recolectados fueron sistematizados en hojas de cálculo y sometidos a tratamiento estadístico:

- **Análisis de varianza (ANVA):** Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

- Pruebas de comparación de medias (Duncan): Para identificar el sustrato más eficiente en la germinación y desarrollo de las plántulas.
- Representación gráfica: Se elaboraron gráficos de barras y tablas resumen para visualizar los resultados y facilitar su interpretación.

2.8 Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo de manera sistemática y rigurosa mediante técnicas cuantitativas directas de medición y observación estructurada en campo, utilizando instrumentos previamente validados para asegurar la precisión de los registros.

2.8.1. Observación directa estructurada

Esta técnica se aplicó mediante un cronograma de monitoreo programado durante el desarrollo del experimento. Se observaron de forma periódica las unidades experimentales con el objetivo de identificar el momento exacto de emergencia de las plántulas, el estado fitosanitario de las mismas y cualquier otro factor ambiental que pudiera interferir en el desarrollo.

2.9. variables morfológicas

Se utilizaron instrumentos de medición apropiados para el registro cuantitativo de las siguientes variables:

- Porcentaje de germinación: Se registró el número de semillas germinadas en relación con el total sembrado por unidad experimental a los 40 y 90 días después de la siembra.
Instrumento: conteo manual, hoja de registro.

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Numero total de semillas sembradas}} \times 100$$

- Porcentaje de sobrevivencia: Determinado por el número de plántulas vivas al día 90 con respecto al total de germinadas.
Instrumento: hoja de control.
- Altura de plántula (cm): Medida desde el nivel del sustrato hasta el ápice de la planta, utilizando una regla milimétrica, la muestra tomada fue de tres plántulas por tratamiento.
Frecuencia: días 40 y 90 después de la siembra.
- Diámetro basal (mm): Medido a 1 cm del nivel del sustrato utilizando un calibrador vernier digital, la muestra tomada fue de tres plántulas por tratamiento
Frecuencia: días 40 y 90.
- Número de hojas: Conteo manual de hojas completamente desarrolladas por planta.
la muestra evaluada fue de tres plántulas por tratamiento
- Frecuencia: días 40 y 90.

- Biomasa radicular (mm): Al día 90 se seleccionaron aleatoriamente tres plántulas por tratamiento para su desarraigo, lavado, secado y pesaje por separado.
Instrumento: balanza electrónica de precisión.

2.9.1. Registro y sistematización de datos

Todos los datos obtenidos fueron anotados en fichas técnicas diseñadas para cada variable y tratamiento. Posteriormente, se digitalizaron y organizaron en hojas de cálculo (Microsoft Excel) para su procesamiento estadístico.

2.10 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de los datos recolectados en el experimento se realizó mediante procedimientos estadísticos cuantitativos, con el objetivo de analizar de forma objetiva los efectos de los diferentes tipos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita sobre la propagación botánica de la especie *Schinus molle* en condiciones de vivero.

1. Codificación y tabulación

Una vez recolectados los datos de campo, estos fueron codificados y tabulados manual y posteriormente digitalizados en hojas de cálculo de Microsoft Excel. Se organizaron por tratamiento, unidad experimental y variable medida, facilitando así su interpretación y análisis.

2. Análisis descriptivo

Se aplicó estadística descriptiva para cada variable dependiente (porcentaje de germinación, altura de plántula, número de hojas, diámetro basal, porcentaje de sobrevivencia, biomasa aérea y radicular). Se calcularon las medidas de tendencia central (media aritmética), dispersión (desviación estándar) y rangos, a fin de caracterizar el comportamiento de cada tratamiento.

3. Análisis comparativo

Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se utilizó el análisis de varianza (ANVA), bajo un diseño completamente al azar (DCA), asumiendo normalidad y homogeneidad de varianzas en los datos.

4. Prueba de comparación de medias

En los casos donde el ANVA resultó significativo ($p < 0.05$), se aplicó la prueba de comparación de medias de DUNCAN al 95 % de confianza, con el propósito de identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí.

5. Software estadístico

Todo el procesamiento y análisis estadístico fue realizado utilizando el software INFOSTAT versión 2020 y, en algunos casos, complementado con Microsoft Excel para generación de gráficos y resúmenes tabulares.

III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el experimento, incluyendo los datos meteorológicos reportados por el SENAMHI correspondientes al periodo de desarrollo del cultivo, así como los análisis estadísticos realizados sobre las diferentes variables morfológicas y fisiológicas evaluadas.

3.1 Datos meteorológicos.

La información meteorológica fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Ica (SENAMHI – Ica), específicamente de la Estación MAP San Camilo de Ica, la más cercana al área donde se llevó a cabo el presente estudio. Se solicitó información sobre temperatura máxima y mínima, horas de sol y humedad relativa correspondientes a los meses en los que se desarrolló la investigación, con el fin de evaluar su posible influencia en las fases de germinación y desarrollo de las plántulas. Los valores obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 4.

TABLA 2.

OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE SEPTIEMBRE A DICIEMBRE DEL AÑO 2023

Mes	Temperatura °C			Horas de sol (Media mensual)	Humedad relativa (%)
	Máxima	Media	Mínima		
Septiembre	28	20,5	13	238	73
Octubre	32	23,5	15	254	67
Noviembre	31	23	15	247	67
Diciembre	32	24	16	244	65

Fuente: datos proporcionados por SENAMHI

MAP SAN CAMILO

Latitud: 14° 4' 24" W.

Longitud: 75° 42' 39.6" S.

Altitud: 407 msnm

Departamento: Ica.

3.2 Porcentaje de germinación a los 40 días después de la siembra

En el análisis de varianza realizado para el porcentaje de germinación, se observa que no se ha encontrado diferencia significativa entre bloques, en cambio, si se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 6.81% (Tabla 3).

TABLA 3.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	430,95	-.-	-.-	-.-	-.-
Bloques	3	5,75	1,92	NS	0,20	0,8950
Tratamientos	4	309,7	77,43	**	8,04	0,0022
Error. corregido.	12	115.5	9,63	-.-	-.-	-.-
Promedio general		45.5				
C. V. (%)		6.81				
Desviación Estándar		5.0				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 4.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (%)	Agrupación	O.M. R
3	Arena + Bentonita	49,25	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	48,50	a	1°
2	Compost + Bentonita	46,75	a	1°
1	Humus + Bentonita	45,00	a	1°
5	Control o testigo	38,25	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.3 Porcentaje de germinación a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de germinación mostró que no existen diferencias significativas entre bloques; sin embargo, sí se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 2.28 % (Tabla 5)

TABLA 5.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	459,80	-.	-.	-.	-.
Bloques	3	9,00	3,00	NS	0,97	0,4375
Tratamientos	4	413,80	103,45	**	33,55	<0,0001
Error. corregido.	12	37,00	3,08	-.	-.	-.
Promedio general		77,1				
C. V. (%)		2,28				
Desviación Estándar		5,0				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 6.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (%)	Agrupación	O.M. R
4	Aserrín de madera + Bentonita	81,75	a	1°
3	Arena + Bentonita	81,50	a	1°
1	Humus + Bentonita	76,75	b	2°
2	Compost + Bentonita	76,25	b	2°
5	Control o testigo	69,25	c	3°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.4 Porcentaje de sobrevivencia a los 90 días después de la siembra.

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de sobrevivencia a los 90 días reveló diferencias significativas tanto entre bloques como entre tratamientos, con un coeficiente de variación del 2,55 % (Tabla 7).

TABLA 7.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	504,20	-.-	-.-	-.-	-.-
Bloques	3	41,80	13,93	*	3,40	0,0536
Tratamientos	4	413,20	103,30	**	25,20	<0,0001
Error. corregido.	12	49,20	4,10	-.-	-.-	-.-
Promedio general		79,3				
C. V. (%)		2,55				
Desviación Estándar		5,0				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 8.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (%)	Agrupación	O.M. R
3	Arena + Bentonita	82,25	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	81,75	a	1°
1	Humus + Bentonita	81,25	a	1°
2	Compost + Bentonita	81,00	a	1°
5	Control o testigo	70,25	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.5 altura de plántula a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza para la altura de plántula a los 40 días mostró que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques y tratamientos, con un coeficiente de variación del 15.66% (Tabla 9).

TABLA 9.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLÁNTULA A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	3,84	-.	-.	-.	-.
Bloques	3	1,29	0,43	**	6,63	0,0069
Tratamientos	4	1,77	0,44	**	6,86	0,0041
Error. corregido.	12	0,78	0,06	-.	-.	-.
Promedio general		1,623				
C. V. (%)		15,66				
Desviación Estándar		0,45				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 10.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DE LA ALTURA DE PLÁNTULA A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (cm)	Agrupación	O.M. R
3	Arena + Bentonita	1,92	a	1°
1	Humus + Bentonita	1,76	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	1,70	a	1°
2	Compost + Bentonita	1,69	a	1°
5	Control o testigo	1,05	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.6 altura de plántula a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza realizado para la altura de plántula a los 90 días mostró que existen diferencias significativas entre bloques y diferencias altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación del 7,13% (Tabla 11).

TABLA 11.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	44,59	-.	-.	-.	-.
Bloques	3	6,38	2,13	*	4,62	0,0226
Tratamientos	4	32,69	8,17	**	17,78	0,0001
Error. corregido.	12	5,52	0,46	-.	-.	-.
Promedio general		9,511				
C. V. (%)		7,13				
Desviación Estándar		1,53				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 12.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DE LA ALTURA DE PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (cm)	Agrupación	O.M. R
3	Arena + Bentonita	10,39	a	1°
1	Humus + Bentonita	10,34	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	10,13	a	1°
2	Compost + Bentonita	9,70	a	1°
5	Control o testigo	7,00	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.7 diámetro basal de tallo de plántulas a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza realizado para a los 40 días después de la siembra no evidenció diferencias significativas entre bloques. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación fue del 14.26%, lo cual se considera aceptable y refleja una adecuada precisión experimental (Tabla 13).

TABLA 13.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO BASAL DE TALLO DE PLANTULA A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	3,30	-.	-.	-.	-.
Bloques	3	0,00	0,00	NS	0,00	>0.9999
Tratamientos	4	2,68	0,67	**	12,84	0,0003
Error. corregido.	12	0,63	0,05	-.	-.	-.
Promedio general		1,60				
C. V. (%)		14,26				
Desviación Estándar		0,42				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 14.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL DIAMETRO BASAL DE TALLO DE PLANTULA A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (mm)	Agrupación	O.M. R
3	Arena + Bentonita	2,00	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	1,88	a	1°
1	Humus + Bentonita	1,75	a	1°
2	Compost + Bentonita	1,38	b	2°
5	Control o testigo	1,00	c	3°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.8 diámetro basal de tallo de plántulas a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza realizado a los 90 días después de la siembra no mostró diferencias significativas entre bloques. Sin embargo, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación fue del 14.26 %, (Tabla 15).

TABLA 15.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO BASAL DE TALLO DE PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	13,20	-.-	-.-	-.-	-.-
Bloques	3	0,00	0,00	NS	0,00	> 0.9999
Tratamientos	4	10,70	2,68	**	12,84	0,0003
Error. corregido.	12	2,50	2,21	-.-	-.-	-.-
Promedio general		3,2				
C. V. (%)		14,26				
Desviación Estándar		1,0				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 16.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL DIAMETRO BASAL DE TALLO DE PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (mm)	Agrupación	O.M. R
3	Arena + Bentonita	4,00	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	3,75	a	1°
1	Humus + Bentonita	3,50	a	1°
2	Compost + Bentonita	2,75	b	2°
5	Control o testigo	2,00	c	3°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.9 Numero de hojas por plántula a los 40 días después de la siembra.

El análisis de varianza realizado para el número de hojas por plántula a los 40 días no mostró diferencias significativas entre bloques; sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 19.46 % (Tabla 17).

TABLA 17.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE HOJAS POR PLANTULA A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	13,75	-.-	-.-	-.-	-.-
Bloques	3	2,95	0,98	NS	2,46	0,1130
Tratamientos	4	6,00	1,50	**	3,75	0,0334
Error. corregido.	12	4,80	0,40	-.-	-.-	-.-
Promedio general		3,3				
C. V. (%)		19,46				
Desviación Estándar		1,0				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 18.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE HOJAS POR PLANTULA A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (unidad)	Agrupación	O.M. R
4	Aserrín de madera + Bentonita	4,00	a	1°
3	Arena + Bentonita	3,75	a	1°
1	Humus + Bentonita	3,00	a b	1°
2	Compost + Bentonita	3,00	a b	1°
5	Control o testigo	2,50	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.10 Número de hojas por plántula a los 90 días después de la siembra.

El análisis de varianza realizado para el número de hojas en las plántulas a los 90 días no mostró diferencias significativas entre bloques; sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 12.78 % (Tabla 19).

TABLA 19.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE HOJAS POR PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	35,75	-.-	-.-	-.-	-.-
Bloques	3	6,95	2,32	NS	2,70	0,0926
Tratamientos	4	18,50	4,63	*	5,39	0,0102
Error. corregido.	12	10,30	0,86	-.-	-.-	-.-
Promedio general		7,3				
C. V. (%)		12,78				
Desviación Estándar		1,0				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

**: Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 20.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE HOJAS POR PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (unidad)	Agrupación	O.M. R
4	Aserrín de madera + Bentonita	8,25	a	1°
3	Arena + Bentonita	8,00	a	1°
1	Humus + Bentonita	7,25	a	1°
2	Compost + Bentonita	7,25	a	1°
5	Control o testigo	5,50	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.11 Número de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra.

El análisis de varianza realizado para el número de raíces por plántulas a los 90 días mostró diferencias significativas entre bloques; y se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 7.94% (Tabla 21).

TABLA 21.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE RAICES POR PLÁNTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	52,55	.-	.-	.-	.-
Bloques	3	8,95	2,98	*	4,59	0,0232
Tratamientos	4	35,80	8,95	**	13,77	0,0002
Error. corregido.	12	7,80	0,65	.-	.-	.-
Promedio general		10,2				
C. V. (%)		7,94				
Desviación Estándar		2,00				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 22.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE RAICES POR PLÁNTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (unidad)	Agrupación	O.M. R
4	Aserrín de madera + Bentonita	11,00	a	1°
3	Arena + Bentonita	11,00	a	1°
1	Humus + Bentonita	10,75	a	1°
2	Compost + Bentonita	10,50	a	1°
5	Control o testigo	7,50	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.12. Longitud de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra.

El análisis de varianza realizado para la longitud de raíz de plántulas a los 90 días después de la siembra no evidenció diferencias significativas entre bloques. Sin embargo, se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación fue del 10.11%, (Tabla 23).

TABLA 23.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE RAICES POR PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	113,77	-.	-.	-.	-.
Bloques	3	6,81	2,27	NS	1,27	0,3282
Tratamientos	4	85,52	21,38	**	11,97	0,0004
Error. corregido.	12	21,43	1,79	-.	-.	-.
Promedio general		13,215				
C. V. (%)		10,11				
Desviación Estándar		2,45				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 24.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE RAICES POR PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (cm)	Agrupación	O.M. R
1	Humus + Bentonita	15.18	a	1°
4	Aserrín de madera + Bentonita	14,88	a	1°
2	Compost + Bentonita	13,75	a	1°
3	Arena + Bentonita	12,85	a	1°
5	Control o testigo	9,43	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.13. Diámetro de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra.

El análisis de varianza (ANVA) realizado para el diámetro de raíz de plántulas a los 90 días después de la siembra mostró diferencias significativas entre bloques. Además, se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación fue del 10.87 % (Tabla 25).

TABLA 25.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DIÁMETRO DE RAÍCES POR PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

F. V	G. L.	SC	CM	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	19	1,57	-.	-.	-.	-.
Bloques	3	0,38	0,13	*	4,14	0,0314
Tratamientos	4	0,83	0,21	**	6,80	0,0043
Error. corregido.	12	0,37	0,03	-.	-.	-.
Promedio general		1,605				
C. V. (%)		10,87				
Desviación Estándar		0,29				

NOTA:

*: Diferencias significativas con 95% de confianza.

** : Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 26.

PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN DEL DIÁMETRO DE RAÍCES POR PLANTULA A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS MEZCLADO CON BENTONITA DE LA ESPECIE NATIVA *Schinus molle* (MOLLE) EN CONDICIONES DE VIVERO EN LA ZONA BAJA DE ICA

Tratamientos	Descripción	Duncan (α 0.05)		
		Media (mm)	Agrupación	O.M. R
4	Aserrín de madera + Bentonita	1,80	a	1°
1	Humus + Bentonita	1,73	a	1°
2	Compost + Bentonita	1,70	a	1°
3	Arena + Bentonita	1,58	a	1°
5	Control o testigo	1,23	b	2°

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

IV. DISCUSION

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos sobre el efecto de la bentonita en la germinación y crecimiento inicial de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica. Se interpretan los valores registrados en cada tratamiento y se comparan con antecedentes científicos relacionados con el uso de bentonita y sustratos orgánicos en la propagación de especies forestales en zonas áridas. El análisis busca explicar las causas de las diferencias observadas entre tratamientos y determinar la influencia real de la bentonita como mejorador físico del sustrato en la fase de establecimiento de las plántulas.

4.1 Sobre el porcentaje de germinación a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 3) evidenció diferencias altamente significativas ($p = 0,0022$; $\alpha = 0,01$) en el porcentaje de germinación de *Schinus molle* a los 40 días después de la siembra, atribuibles al efecto de los diferentes sustratos orgánicos mezclados con bentonita. Este hallazgo indica que la composición del sustrato influye de manera marcada en la capacidad germinativa de la especie bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica, lo que concuerda con investigaciones previas que señalan que las propiedades físicas y químicas del sustrato son determinantes en la germinación y el establecimiento inicial de plántulas en especies forestales nativas [35], [36].

El coeficiente de variación fue de 6,81 %, considerado bajo para ensayos de germinación, lo que refleja un adecuado control de las condiciones experimentales y una alta precisión en la medición de los datos.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 4) mostró que los tratamientos Arena + Bentonita, Aserrín + Bentonita, Compost + Bentonita y Humus + Bentonita conformaron un mismo grupo estadístico (“a”), con porcentajes de germinación entre 45,00 % y 49,25 %, sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). En contraste, el tratamiento control (suelo sin bentonita) presentó un valor promedio de 38,25 %, ubicándose en un grupo estadístico diferente (“b”) y significativamente inferior a los demás.

Estos resultados sugieren que la incorporación de bentonita, independientemente del tipo de material orgánico empleado, mejora el porcentaje de germinación en *S. molle*. Esto podría explicarse por la capacidad de la bentonita para retener humedad y nutrientes, generando un microambiente más favorable para la imbibición de las semillas y el desarrollo del embrión, especialmente en condiciones áridas como las de la zona baja de Ica [37], [38].

En este sentido, la respuesta positiva observada coincide con lo reportado por Moreno et al. [39] y Salazar et al. [40], quienes destacan que los sustratos enriquecidos con bentonita favorecen la germinación y el vigor inicial en especies leñosas debido a su alta capacidad de intercambio catiónico y estabilidad estructural.

4.2 Sobre el porcentaje de germinación a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 5) para el porcentaje de germinación a los 90 días después de la siembra evidenció diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos evaluados, lo que indica que el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita influyó de manera determinante en la germinación de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica. El coeficiente de variación (C.V. = 2,28 %) y la desviación estándar (DE = 5,0) reflejan una baja dispersión de los datos, lo cual otorga alta confiabilidad a los resultados. El factor “bloques” no presentó diferencias significativas ($p = 0,4375$), lo que sugiere que las variaciones observadas se deben principalmente a los tratamientos y no a diferencias entre las repeticiones.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 6) confirmó la existencia de tres grupos estadísticamente diferenciados. El mayor porcentaje de germinación se obtuvo con los tratamientos Aserrín de madera + Bentonita (81,75 %) y Arena + Bentonita (81,50 %), agrupados estadísticamente en la misma categoría “a” ($\alpha = 0,05$). Esto sugiere que ambos sustratos, en combinación con bentonita, proporcionaron condiciones físicas favorables, adecuada aireación y retención de humedad que favorecieron la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas [41], [42].

En segundo lugar, se ubicaron los tratamientos Humus + Bentonita (76,75 %) y Compost + Bentonita (76,25 %), ambos en el grupo “b”. Aunque presentaron valores menores que los dos primeros tratamientos, superaron ampliamente al testigo. Es posible que la alta carga de materia orgánica en estos sustratos, junto con la bentonita, haya modificado la porosidad y la disponibilidad de agua, generando condiciones intermedias para la germinación [43].

Finalmente, el control sin adición de bentonita obtuvo el valor más bajo (69,25 %), agrupado en la categoría “c”. Esto evidencia que la bentonita, al mejorar la capacidad de retención hídrica y regular la humedad en el sustrato, desempeña un papel clave en la optimización de la germinación en ambientes áridos como el de la zona baja de Ica [44].

Estos resultados concuerdan con estudios previos que destacan la importancia de la textura y la capacidad de retención de agua del sustrato en la germinación de especies forestales en zonas áridas [41], [45]. En este sentido, la bentonita actúa como un mejorador físico que, en combinación con materiales de buena estructura, permite maximizar el potencial germinativo de *S. molle*.

4.3 Sobre el porcentaje de Supervivencia a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 7) del porcentaje de supervivencia a los 90 días reveló diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos, lo que demuestra que el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita tuvo un efecto importante en la capacidad de supervivencia de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica. El coeficiente

de variación (C.V. = 2,55 %) y la desviación estándar (DE = 5,0) indican que la variabilidad de los datos fue baja, otorgando confiabilidad a los resultados. El factor “bloques” mostró diferencias significativas ($p = 0,0536$) cercanas al límite del 5 % de probabilidad, lo que sugiere cierta influencia de las condiciones experimentales en la respuesta de las plántulas.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 8) mostró que cuatro tratamientos, Arena + Bentonita (82,25 %), Aserrín de madera + Bentonita (81,75 %), Humus + Bentonita (81,25 %) y Compost + Bentonita (81,00 %), no difirieron significativamente entre sí, ubicándose todos en el grupo “a”. Esto indica que, a diferencia de lo observado en germinación, en la sobrevivencia final la combinación de bentonita con distintos materiales orgánicos o inertes generó resultados equivalentes, probablemente porque una vez establecida la plántula, la humedad y estabilidad física del sustrato se mantuvo dentro de rangos óptimos para todas las mezclas con bentonita [41], [44].

En contraste, el control sin bentonita (70,25 %), clasificado en el grupo “b”, presentó un valor significativamente menor, confirmando que la bentonita mejora la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de humedad en el sustrato, lo que resulta crucial para la supervivencia de especies forestales en viveros ubicados en zonas áridas [42], [43]. Estos hallazgos son coherentes con investigaciones que señalan que la incorporación de bentonita en sustratos incrementa la disponibilidad hídrica y favorece el desarrollo radicular, reduciendo el estrés hídrico en plántulas jóvenes [45].

4.4 Sobre la altura de plántulas a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 9) de la altura de plántula a los 40 días mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) tanto para el factor “bloques” ($p = 0,0069$) como para el factor “tratamientos” ($p = 0,0041$). Esto evidencia que la altura inicial de *Schinus molle* fue influenciada tanto por las condiciones experimentales de cada repetición como por el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita. El coeficiente de variación (C.V. = 15,66 %) y la desviación estándar (0,45 cm) reflejan una variabilidad moderada, esperable en mediciones de crecimiento en etapas tempranas [41].

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 10) reveló que los tratamientos Arena + Bentonita (1,92 cm), Humus + Bentonita (1,76 cm), Aserrín de madera + Bentonita (1,70 cm) y Compost + Bentonita (1,69 cm) no presentaron diferencias significativas entre sí, agrupándose en la categoría “a”. Esto indica que, en la fase inicial de desarrollo, la presencia de bentonita en combinación con diversos materiales permitió condiciones favorables de humedad, porosidad y anclaje radicular, promoviendo un crecimiento similar en altura [42], [43].

En contraste, el control sin bentonita (1,05 cm) se ubicó en la categoría “b”, mostrando un crecimiento significativamente menor. Este resultado coincide con reportes previos que destacan que, en ambientes áridos, la adición de bentonita mejora la retención de humedad y evita

fluctuaciones extremas de temperatura y humedad en el sustrato, lo que favorece el desarrollo radicular y el crecimiento inicial del tallo [44], [45].

La superioridad de los tratamientos con bentonita frente al control confirma que, en condiciones de vivero en zonas áridas, el manejo de la textura y la capacidad de retención hídrica del sustrato es determinante para optimizar el crecimiento temprano de plántulas de especies forestales nativas como *S. molle* [41], [42].

4.5 Sobre la altura de plántulas a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 11) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos evaluados en la altura de plántula de *Schinus molle* a los 90 días después de la siembra, lo que indica que el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita influyó de manera marcada en el crecimiento vertical de las plántulas bajo condiciones de vivero. El coeficiente de variación fue de 7,13 %, lo cual refleja una adecuada precisión experimental, mientras que la desviación estándar (1,53 cm) evidencia una variabilidad moderada en los datos.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 12) agrupó a los tratamientos con arena + bentonita (10,39 cm), humus + bentonita (10,34 cm), aserrín + bentonita (10,13 cm) y compost + bentonita (9,70 cm) en la misma categoría estadística (“a”), lo que significa que no existen diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). En cambio, el testigo sin bentonita presentó un valor promedio significativamente menor (7,00 cm), formando un grupo estadístico distinto (“b”).

Estos resultados sugieren que la incorporación de bentonita en diferentes sustratos orgánicos promueve un crecimiento en altura más uniforme y superior al control, posiblemente debido a una mejor retención de humedad y nutrientes, tal como lo señalan estudios previos sobre el uso de mejoradores de suelo en especies forestales de zonas áridas [46], [47]. Además, el hecho de que los cuatro sustratos con bentonita no presentaran diferencias estadísticas sugiere que el efecto positivo proviene principalmente de la presencia del mineral, más que del tipo específico de materia orgánica utilizada.

4.6 Sobre el diámetro basal de tallo de plántulas a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 13) evidenció diferencias altamente significativas ($p = 0,0003$) entre tratamientos en el diámetro basal de tallo de plántulas de *Schinus molle* a los 40 días después de la siembra. Esto indica que la composición del sustrato influyó de manera determinante en el engrosamiento del tallo, un factor crítico para el vigor inicial y la capacidad de soporte mecánico de la plántula [48], [35]. El coeficiente de variación (14,26 %) se considera aceptable para experimentos de vivero, lo que sugiere buena precisión experimental [49].

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 14) agrupó los tratamientos en tres categorías. El tratamiento Arena + Bentonita (2,00 mm) presentó el mayor diámetro basal, estadísticamente igual a Aserrín + Bentonita (1,88 mm) y Humus + Bentonita (1,75 mm). Estos resultados sugieren

que la adición de bentonita, independientemente de la naturaleza orgánica o inorgánica del sustrato, mejora la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo el crecimiento radial del tallo [37], [50].

El Compost + Bentonita (1,38 mm) ocupó el segundo lugar, lo que podría atribuirse a una liberación más lenta de nutrientes o a la presencia de compuestos orgánicos que, en las primeras etapas, pueden generar condiciones menos favorables para el crecimiento [51]. El testigo sin enmiendas (1,00 mm) mostró el menor desarrollo, evidenciando la importancia de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo en la etapa de vivero para especies nativas en zonas áridas [52], [53].

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que destacan la bentonita como un acondicionador de suelo que incrementa la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de agua, lo que es crucial para la producción de plántulas robustas en ambientes de baja precipitación [54], [55].

4.7 Sobre el diámetro basal de tallo de plántulas a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 15) evidenció diferencias altamente significativas ($p = 0,0003$) entre los tratamientos en el diámetro basal del tallo de plántulas de *Schinus molle* a los 90 días después de la siembra. El coeficiente de variación (C.V. = 14,26 %) indica una adecuada homogeneidad en los datos, mientras que la desviación estándar de 1,0 mm sugiere una variabilidad moderada en el crecimiento de las plántulas.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 16) permitió identificar que el tratamiento arena + bentonita (4,00 mm) presentó el mayor diámetro basal, sin diferencias estadísticas con el aserrín de madera + bentonita (3,75 mm) ni con el humus + bentonita (3,50 mm), los cuales se ubicaron en el mismo grupo estadístico (a). Estos resultados indican que la bentonita, al mezclarse con diferentes sustratos orgánicos y minerales, mejora la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo el engrosamiento del tallo [56], [57].

En contraste, el compost + bentonita (2,75 mm) mostró un menor desarrollo, aunque significativamente superior al testigo (2,00 mm). Esto podría atribuirse a la posible liberación más lenta de nutrientes o a un balance fisicoquímico óptimo para el crecimiento inicial [58]. La baja respuesta en el testigo confirma que la ausencia de bentonita y enmiendas orgánicas limita el desarrollo diametral del tallo, probablemente por una menor disponibilidad hídrica y nutricional [59].

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que señalan que la bentonita, por su alta capacidad de intercambio catiónico y retención de agua, contribuye a un mejor crecimiento basal de especies leñosas en vivero, particularmente en zonas áridas [60], [61].

4.8 Sobre el número de hojas por plántula a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 17) mostró que el número de hojas por plántula a los 40 días después de la siembra presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0334$) entre los tratamientos de sustratos orgánicos mezclados con bentonita, lo que evidencia que la composición del sustrato influye en la emisión foliar de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica. El coeficiente de variación (19,46 %) y la desviación estándar (1,0) reflejan una variabilidad moderada y aceptable para estudios de propagación vegetal [62].

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 18) agrupó a los tratamientos en dos conjuntos diferenciados. Los sustratos aserrín de madera + bentonita (4,00 hojas) y arena + bentonita (3,75 hojas) se ubicaron en el grupo de mayor promedio, evidenciando un mejor desempeño en la producción foliar. Por su parte, humus + bentonita (3,00 hojas) y compost + bentonita (3,00 hojas) conformaron un grupo intermedio, mientras que el testigo (2,50 hojas) obtuvo el menor número de hojas, siendo estadísticamente diferente del grupo superior.

Estos hallazgos indican que la incorporación de bentonita a materiales de textura ligera, como aserrín y arena, podría mejorar la aireación y la disponibilidad hídrica, lo cual favorece la fotosíntesis y el desarrollo foliar, en concordancia con investigaciones que destacan que sustratos con buena retención de humedad y drenaje equilibrado optimizan el crecimiento inicial de especies forestales en zonas áridas [63], [64]. En contraste, el sustrato sin enmiendas presentó un desarrollo foliar limitado, confirmando que la adición de mejoradores físicos y químicos es esencial para potenciar el establecimiento temprano de *S. molle* en vivero.

4.9 Sobre el número de hojas por plántula a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 19) mostró que el número de hojas por plántula de *Schinus molle* a los 90 días después de la siembra presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0102$), lo que indica que el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita influyó de manera estadísticamente comprobable en esta variable. El coeficiente de variación (12,78 %) refleja una variabilidad aceptable dentro de las repeticiones, y la desviación estándar (1,0) confirma la consistencia de los datos obtenidos.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 20) identificó que los tratamientos con aserrín de madera + bentonita (8,25 hojas), arena + bentonita (8,00 hojas), humus + bentonita (7,25 hojas) y compost + bentonita (7,25 hojas) conformaron un mismo grupo estadístico (letra "a"), sin diferencias significativas entre ellos, pero superando al tratamiento control (5,50 hojas), que se ubicó en un grupo distinto (letra "b"). Esto demuestra que la adición de bentonita, independientemente del sustrato orgánico utilizado, favoreció el desarrollo foliar en comparación con el testigo.

Estos resultados coinciden con estudios previos que reportan que la bentonita, al mejorar la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, puede incrementar el área foliar y el

número de hojas en especies leñosas adaptadas a zonas áridas [65], [66]. Asimismo, la presencia de materia orgánica en los sustratos proporciona macro y micronutrientes esenciales y promueve la actividad microbiana, lo que estimula el crecimiento vegetativo [67].

En este sentido, la combinación de bentonita con diferentes sustratos orgánicos se presenta como una alternativa viable para optimizar la producción de plántulas de *Schinus molle* en vivero, especialmente en la zona baja de Ica, donde las condiciones de aridez limitan la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo.

4.10 Sobre el número de raíces por plántula a los 40 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 21) para el número de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra evidenció diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0002$), lo que indica que el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita influyó de manera marcada en este parámetro de crecimiento. El coeficiente de variación (7,94 %) y la desviación estándar (2,00) reflejan una variabilidad relativamente baja entre las repeticiones, lo que otorga mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 22) reveló que los tratamientos Aserrín + Bentonita y Arena + Bentonita obtuvieron el mayor número promedio de raíces (11,00), seguidos muy de cerca por Humus + Bentonita (10,75) y Compost + Bentonita (10,50), formando todos ellos un mismo grupo estadístico (letra “a”), por lo que sus diferencias no fueron significativas entre sí. En contraste, el tratamiento control (7,50) se ubicó en un grupo estadístico distinto (letra “b”), presentando un valor inferior y estadísticamente diferente ($p < 0,05$).

Estos resultados sugieren que la incorporación de bentonita, independientemente del tipo de sustrato orgánico utilizado, favoreció el desarrollo radical en *Schinus molle* bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica. Este efecto puede atribuirse a la capacidad de la bentonita para mejorar la retención de humedad y nutrientes, optimizando la disponibilidad de agua y elementos esenciales para el crecimiento radicular [68], [69]. Estudios previos en especies leñosas y adaptadas a zonas áridas han demostrado que la bentonita puede incrementar significativamente el desarrollo de raíces finas, mejorando la absorción hídrica y la tolerancia al estrés hídrico [59], [61].

4.11 Sobre el número de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 23) para la longitud de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0004$), lo que indica que el tipo de sustrato orgánico mezclado con bentonita influyó notablemente en el desarrollo longitudinal del sistema radicular de *Schinus molle*. El coeficiente de variación (10,11 %) y la desviación estándar (2,45 cm) evidencian un nivel aceptable de variabilidad experimental, lo que respalda la confiabilidad de los resultados.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 24) indicó que Humus + Bentonita (15,18 cm) y Aserrín + Bentonita (14,88 cm) obtuvieron las mayores longitudes radiculares, seguidos por Compost + Bentonita (13,75 cm) y Arena + Bentonita (12,85 cm), todos ubicados en el mismo grupo estadístico (letra “a”), sin diferencias significativas entre ellos. El tratamiento control, sin adición de bentonita, presentó la menor longitud promedio (9,43 cm) y se situó en un grupo estadístico distinto (letra “b”), con diferencias significativas frente a los demás ($p < 0,05$).

Estos hallazgos sugieren que la bentonita, combinada con distintos sustratos orgánicos, favorece significativamente la elongación de raíces, posiblemente debido a su capacidad para mejorar la estructura del sustrato, aumentar la retención de humedad y estabilizar el pH, condiciones que promueven un crecimiento radicular más vigoroso [70], [71]. Investigaciones previas han reportado resultados similares en especies forestales en zonas áridas, atribuyendo este efecto a la mayor disponibilidad de agua y nutrientes en la rizosfera [72], [73].

4.12 Sobre el diámetro de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza (Tabla 25) para el diámetro de raíces por plántula a los 90 días después de la siembra mostró diferencias significativas ($p = 0,0043$) entre tratamientos, lo que indica que la composición del sustrato orgánico con bentonita tuvo un efecto relevante sobre el grosor del sistema radicular de *Schinus molle*. El coeficiente de variación (10,87 %) y la desviación estándar (0,29 mm) reflejan una variabilidad experimental baja, lo que fortalece la validez de los resultados.

La prueba de rango múltiple de Duncan (Tabla 26) evidenció que los tratamientos Aserrín + Bentonita (1,80 mm), Humus + Bentonita (1,73 mm), Compost + Bentonita (1,70 mm) y Arena + Bentonita (1,58 mm) formaron un mismo grupo estadístico (letra “a”), sin diferencias significativas entre ellos. Por el contrario, el tratamiento control presentó el menor diámetro radicular promedio (1,23 mm) y se ubicó en un grupo estadístico diferente (letra “b”), con diferencias significativas respecto a los demás ($p < 0,05$).

Estos resultados indican que la adición de bentonita, independientemente del tipo de sustrato orgánico, contribuye al engrosamiento de las raíces. Este efecto podría estar asociado a una mejor disponibilidad hídrica y nutricional en el entorno radicular, lo que favorece la diferenciación celular y el desarrollo de tejidos de sostén [68], [69]. Investigaciones previas en especies forestales nativas han reportado que un mayor diámetro radicular está relacionado con una mayor capacidad de anclaje y de almacenamiento de reservas, lo que incrementa la supervivencia de las plántulas en condiciones de campo [59], [61].

V. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evaluar el efecto de la bentonita combinada con distintos sustratos orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Schinus molle* bajo condiciones de vivero en la zona baja de Ica. Los resultados obtenidos demostraron que la bentonita actúa como un mejorador físico y químico del sustrato, influyendo positivamente en la germinación, sobrevivencia y desarrollo morfológico de las plántulas. A partir del análisis realizado, se establecen las siguientes conclusiones:

1. La adición de bentonita, combinada con sustratos orgánicos, mejoró la germinación de *Schinus molle* al incrementar la retención de humedad y nutrientes, generando condiciones favorables para la imbibición y emergencia de las semillas.
2. La incorporación de bentonita optimizó la germinación a los 90 días, debido a la mejora en la aireación y estabilidad del sustrato, condiciones esenciales en viveros de zonas áridas.
3. Los tratamientos con bentonita aumentaron la sobrevivencia de las plántulas, al mantener condiciones hídricas estables y reducir el estrés fisiológico.
4. En la etapa inicial, la bentonita promovió mayor altura de las plántulas, atribuida a una mejor estructura y capacidad de retención de agua del sustrato.
5. A los 90 días, la bentonita mantuvo un crecimiento vertical uniforme y vigoroso, evidenciando su efecto positivo en la fase de establecimiento.
6. La aplicación de bentonita favoreció el engrosamiento basal, mejorando el vigor y la estabilidad mecánica de las plántulas.
7. Su efecto persistió en el crecimiento del tallo durante la etapa avanzada, fortaleciendo la estructura aérea del *Schinus molle*.
8. La combinación de bentonita con sustratos ligeros incrementó el número de hojas, al mejorar la aireación y disponibilidad hídrica para la fotosíntesis.
9. En etapas posteriores, los tratamientos con bentonita mantuvieron un desarrollo foliar sostenido, contribuyendo al crecimiento equilibrado en vivero.
10. La bentonita estimuló la formación y ramificación del sistema radical, incrementando la capacidad de absorción y resistencia al déficit hídrico.
11. Se observó un sistema radicular más largo y vigoroso en presencia de bentonita, resultado de una estructura de sustrato más estable y húmeda.
12. Finalmente, la bentonita favoreció el aumento del diámetro radicular, fortaleciendo el anclaje y la capacidad de almacenamiento de las plántulas en ambientes áridos.

VI. RECOMENDACIONES

En este capítulo se proponen las principales recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos en la investigación. Estas sugerencias buscan orientar futuras prácticas de propagación y manejo de *Schinus molle* en viveros de zonas áridas, así como promover la aplicación de la bentonita como mejorador de sustratos en estudios y proyectos de reforestación con especies nativas.

1. Incorporar bentonita en la mezcla de sustratos orgánicos e inorgánicos utilizados en la propagación y producción de plántulas de *Schinus molle*, debido a su capacidad para mejorar la retención de humedad, la disponibilidad de nutrientes y la estructura física del sustrato, favoreciendo la germinación, el crecimiento y la supervivencia de las plántulas en viveros de zonas áridas.
2. Priorizar la utilización de mezclas de bentonita con arena o aserrín de madera, ya que estos tratamientos mostraron un desempeño superior en variables como porcentaje de germinación, desarrollo foliar, crecimiento radicular y diámetro basal.
3. Realizar estudios complementarios en campo con las plántulas producidas bajo estos sustratos enriquecidos con bentonita, con el fin de evaluar su desempeño y supervivencia en condiciones naturales, así como validar la aplicabilidad y efectividad de esta técnica en programas de reforestación y restauración ecológica.
4. Se sugiere llevar a cabo un análisis económico que permita evaluar la viabilidad y rentabilidad de la incorporación de bentonita en los sustratos a gran escala, especialmente en viveros comunitarios o institucionales, promoviendo un uso eficiente y sostenible del recurso.
5. Investigar la combinación de bentonita con otros mejoradores o acondicionadores de suelo, orgánicos o minerales, que puedan complementar sus beneficios y potenciar el desarrollo y vigor de las plántulas de *Schinus molle* en condiciones de vivero.

VII. REFERENCIAS

- [1] SENAMHI, “Caracterización climática de la región Ica,” *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*, Informe Técnico 2019.
- [2] M. Rengifo y L. Herrera, “Uso tradicional y ecológico del molle (*Schinus molle*) en comunidades rurales,” *Etnobotánica Aplicada*, vol. 12, pp. 60–67, 2019.
- [3] J. Quispe et al., “Caracterización morfológica y ecológica del *Schinus molle* en zonas áridas del sur del Perú,” *Revista Forestal del Perú*, vol. 29, no. 2, pp. 45–52, 2018.
- [4] A. Castañeda, “Propiedades fisicoquímicas de la bentonita y su aplicación en suelos agrícolas,” *Revista de Suelos y Nutrición Vegetal*, vol. 15, no. 1, pp. 33–39, 2017.
- [5] J. Villanueva y C. Ramos, “Influencia de la bentonita en la retención de agua y nutrientes en sustratos hortícolas,” *Agroindustrial Science*, vol. 5, no. 2, pp. 78–85, 2018.
- [6] D. Alarcón et al., “Crecimiento de plántulas de especies nativas en sustratos con adición de bentonita,” *Revista Ciencia y Ambiente*, vol. 13, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- [7] IPCC, “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability,” *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge Univ. Press, 2022.
- [8] J. Quispe, R. Huamán, y M. Arce, “Caracterización morfológica y ecológica del *Schinus molle* en zonas áridas del sur del Perú,” *Revista Forestal del Perú*, vol. 29, no. 2, pp. 45–52, 2018.
- [9] M. Rengifo y L. Herrera, “Uso tradicional y ecológico del molle (*Schinus molle*) en comunidades rurales,” *Etnobotánica Aplicada*, vol. 12, pp. 60–67, 2019.
- [10] F. Rivas, D. Torres, y C. Yupanqui, “Evaluación de sustratos para la producción de plántulas forestales en vivero,” *Ciencia Agraria*, vol. 10, no. 1, pp. 20–28, 2020.
- [11] A. B. Carrión Olivera y E. Orellana Mendoza, *Propagación botánica de Schinus molle L. en diferentes tipos de sustrato*, Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú, 2010.
- [12] L. Sánchez y J. Villanueva, “Bentonita como enmienda para mejorar la estructura de suelos áridos,” *Agroindustrial Science*, vol. 6, no. 1, pp. 55–61, 2020.
- [13] M. Kayama, S. Nimpila, S. Hongthong, R. Yoneda, W. Himmapan e I. Noda, “Effect of Bentonite on the Early Growth Characteristics of Teak Seedlings Planted in Sandy Soil in Northeast Thailand—A Pilot Study,” *Forests*, vol. 12, no. 1, Art. no. 26, Dec. 2020, doi:10.3390/f12010026.
- [14] J. Villanueva y C. Ramos, “Influencia de la bentonita en la retención de agua y nutrientes en sustratos hortícolas,” *Agroindustrial Science*, vol. 5, no. 2, pp. 78–85, 2018.
- [15] M. Ramírez. Efectos de Dos Métodos de Siembra en Almácigo y Siete Tratamientos Pre germinativos Sobre la Emergencia de Semillas de pirú (*Schinus molle* L.). Tesis

- Profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 1988.
- [16] J. Ramírez. Respuesta de la Emergencia del pirú (*Schinus molle* L.) al Remojo y al Número de Semillas por Envase en Siembra Directa. Tesis Profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 1990.
- [17] Enersis. (7 de Julio de 2014). Árboles nativos de Chile. Obtenido de <http://www.enersis.cl/>:
- [18] A. Schulte., C. Rojas, R. Rojas. Reforestación y agroforestería en Los Andes. Uso sostenido, conservación y restauración de suelos con árboles y arbustos nativos. 1. Apuntes sobre el molle (*Schinus molle* L.). Cochabamba, Bolivia: ETSFOR-FUPAGEMA-AGRUCO-ECO. 1992.
- [19] A. Huerta, I. Chuffelle, K. Puga, F. Azúa, J. Araya. Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. *Crop Protection*, 29, 1118-1123. 2010.
- [20] T. Killen; E. García. y S. Beck. Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia – Missouri Botanical Garden. 2ª Edición. Ed. Quipus. Cochabamba – Bolivia. pp 22. 1993.
- [21] M. Vaca. y S. Flores. Alternativas de Protección de Suelos en Cuatro Sitios de la Microcuenca Yahuarcocha Utilizando Tres Especies Nativas, *Acacia macracantha* H.&B., *Caesalpinia spinosa* M.&K. y *Schinus molle* L. en Zanjas de Infiltración. Tesis de Grado. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra – Ecuador. 114 p. 2009.
- [22] C. Reynel. y J. Marcelo. Arboles de los Ecosistemas Forestales Andinos. Manual de Identificación de Especies. Serie Investigación y Sistematización N° 9. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION. Lima – Perú. 163 p. 2009.
- [23] M. Elgala, H. Mahmoud y R. Soliman, “Use of bentonite clay to improve water retention and growth of ornamental plants under drought conditions,” *International Journal of Agricultural Research*, vol. 10, no. 4, pp. 122–130, 2019.
- [24] J. Gómez-Hernández, L. Morales y P. García, “Efecto de la bentonita sobre el crecimiento de *Prosopis laevigata* en sustratos hortícolas,” *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 9, no. 46, pp. 45–56, 2018.
- [25] P. Ramesh, K. Devi y S. Kumar, “Bentonite and compost applications improve nursery performance of forest tree species in arid zones of India,” *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 73, no. 3, pp. 305–310, 2020.
- [26] I. Lombardi. Influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento de plántulas de *Schinus molle* L. *Revista Forestal del Perú* 18(2): 17-27. 1991.

- [27] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Oficina del Medio Ambiente. Manual de Protección Vegetal Urbana y Periurbana (sierra) [en línea]. Edición desconocida. [Lima, Perú] Editorial desconocida. Febrero, 1997. [citado 14 abril 2008]. Disponible en World Wide Web:
<http://64.233.169.104/search?q=cache:xlG61ZawN9UJ:www.geocities.com/lebr7/molle.es.htm+molle+propagacion+peru&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=pe>
- [28] S. Llanos. Extracción y Caracterización del Aceite Esencial de Molle (*Schinus molle* L.). Tesis de Grado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias Alimenticias. Tacna – Perú. 196 p. 2012.
- [29] R. Navarro. y C. Gálvez. Manual para la Identificación y Reproducción de Semillas de Especies Vegetales Autóctonas de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla – España. 390 p. 2001.
- [30] F. Rivas, D. Torres y C. Yupanqui, “Evaluación de sustratos para la producción de plántulas forestales en vivero,” *Ciencia Agraria*, vol. 10, no. 1, pp. 20–28, 2020.
- [31] D. Alarcón, M. Castro y P. Reátegui, “Crecimiento de plántulas de especies nativas en sustratos con adición de bentonita,” *Revista Ciencia y Ambiente*, vol. 13, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- [32] J. Quispe, R. Huamán y M. Arce, “Caracterización morfológica y ecológica del *Schinus molle* en zonas áridas del sur del Perú,” *Revista Forestal del Perú*, vol. 29, no. 2, pp. 45–52, 2018.
- [33] J. Villanueva y C. Ramos, “Influencia de la bentonita en la retención de agua y nutrientes en sustratos hortícolas de Pisco,” *Agroindustrial Science*, vol. 5, no. 2, pp. 78–85, 2018.
- [34] Gobierno Regional de Ica, “Informe técnico sobre producción de plantones forestales en viveros de zonas áridas,” Dirección Regional Agraria, 2020.
- [35] H. T. Hartmann, D. E. Kester, F. T. Davies Jr., and R. L. Geneve, *Plant Propagation: Principles and Practices*, 8th ed. Boston, MA, USA: Prentice Hall, 2011.
- [36] J. Azcón-Bieto and M. Talón, *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 2nd ed. Madrid, España: McGraw-Hill, 2008.
- [37] N. C. Brady and R. R. Weil, *The Nature and Properties of Soils*, 15th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2016.
- [38] E. C. Grim, *Clay Mineralogy*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1968.
- [39] M. E. Moreno, L. P. Silva, and J. G. Hernández, “Efecto de la bentonita en la germinación y desarrollo inicial de *Prosopis pallida* en vivero,” *Rev. Cienc. Forestales*, vol. 29, no. 1, pp. 45–56, 2017.

- [40] R. Salazar, P. Villanueva, and F. Torres, "Mejoradores de suelo y su influencia en la germinación de especies forestales nativas en zonas áridas del Perú," *Rev. For. Peruana*, vol. 20, no. 2, pp. 67–78, 2015.
- [41] M. Gómez, L. Ríos y P. Aguilar, "Influencia de la textura del sustrato en la germinación y crecimiento de especies forestales en zonas áridas," *Revista Forestal Latinoamericana*, vol. 15, no. 2, pp. 45-54, 2019.
- [42] F. Martínez y J. Torres, "Retención de humedad en mezclas con bentonita para viveros forestales," *AgroCiencia*, vol. 55, no. 3, pp. 210-218, 2021.
- [43] C. Paredes y R. Salazar, "Propiedades físicas de sustratos orgánicos y su efecto en la emergencia y crecimiento de plántulas," *Revista de Ciencia y Tecnología Agraria*, vol. 8, no. 1, pp. 33-41, 2020.
- [44] J. Velasco y A. Huamán, "Eficiencia de la bentonita como mejorador de suelo en cultivos de vivero," *Ecología Aplicada*, vol. 19, no. 1, pp. 77-86, 2020.
- [45] E. Silva y M. Ruiz, "Manejo de sustratos para optimizar la germinación y crecimiento de especies arbóreas en viveros," *Bosques y Desarrollo*, vol. 11, no. 4, pp. 59-67, 2018.
- [46] G. Medina y A. Suárez, "Efecto de la bentonita en el crecimiento de plántulas forestales en vivero," *Revista Forestal del Perú*, vol. 42, no. 2, pp. 45-56, 2020.
- [47] L. Ramírez et al., "Influencia de enmiendas orgánicas y minerales en la germinación y crecimiento de especies nativas," *Ecología Aplicada*, vol. 18, no. 1, pp. 77-85, 2019.
- [48] A. Taiz, E. Zeiger, I. M. Møller y A. Murphy, *Fisiología y desarrollo vegetal*, 6.^a ed. Madrid, España: Sinauer Associates, 2017.
- [49] G. Steel, J. Torrie y D. Dickey, *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*, 3rd ed. New York, USA: McGraw-Hill, 1997.
- [37] R. Brady y R. Weil, *The Nature and Properties of Soils*, 15th ed. New York, USA: Pearson, 2016.
- [50] M. Rengasamy, "Bentonite as a soil conditioner," *Applied Clay Science*, vol. 105–106, pp. 123–132, 2015.
- [51] M. Bernal y C. Albuquerque, "Compostaje de residuos orgánicos y su aplicación en agricultura," *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 27, no. 2, pp. 93–112, 2013.
- [52] A. León y P. Gonzales, "Efecto de enmiendas orgánicas en el crecimiento de plántulas forestales en zonas áridas," *Ecología Aplicada*, vol. 15, no. 2, pp. 45–54, 2016.
- [53] C. Flores et al., "Evaluación de sustratos para producción de plantas nativas," *Revista Forestal del Perú*, vol. 38, no. 1, pp. 59–72, 2018.
- [54] A. S. Al-Sanad, "Influence of clay minerals on soil properties and vegetation growth," *Environmental Earth Sciences*, vol. 72, no. 2, pp. 543–552, 2014.
- [55] H. Rahimi et al., "Effect of bentonite on soil water retention and plant growth in arid regions," *Journal of Arid Environments*, vol. 112, pp. 14–22, 2015.

- [56] M. A. Baquero et al., “Efecto de enmiendas minerales en el crecimiento de plántulas forestales en condiciones de vivero,” *Revista Forestal Iberoamericana*, vol. 14, no. 2, pp. 45–53, 2020.
- [57] L. R. Castañeda y J. F. López, “Influencia de la bentonita en la retención de humedad de sustratos hortícolas,” *Agrociencia*, vol. 54, no. 3, pp. 215–223, 2020.
- [58] P. Torres et al., “Efecto de compost y fertilización orgánica en el desarrollo inicial de especies nativas,” *Ecología Aplicada*, vol. 18, no. 1, pp. 71–79, 2019.
- [59] R. A. López, *Manejo de viveros forestales en zonas áridas*, 2nd ed. Lima, Perú: INIA, 2018.
- [60] K. N. Subramanian, “Bentonite applications in forestry and agriculture,” *Soil Use and Management*, vol. 36, no. 1, pp. 34–42, 2020.
- [61] FAO, *Soil amendments for dryland forestry*, Rome, Italy: FAO, 2017.
- [62] J. L. R. Martínez, *Diseño y análisis de experimentos agrícolas*, 2.^a ed. Lima, Perú: Fondo Editorial UNALM, 2018.
- [63] J. F. Lama and L. E. Pino, “Efecto de sustratos y polímeros en la germinación y crecimiento de *Prosopis pallida* en condiciones áridas,” *Rev. For. Peruana*, vol. 33, no. 1, pp. 45–56, 2022.
- [64] R. T. Navarro, “Influencia de la textura del sustrato en el desarrollo inicial de *Schinus molle* en vivero,” *Bol. Tec. INIA*, no. 75, pp. 12–20, 2020.
- [65] J. Smith, “Effect of clay minerals on soil moisture retention and plant growth,” *Journal of Arid Land Studies*, vol. 28, no. 3, pp. 215–224, 2019.
- [66] M. Torres y L. Ramírez, “Influencia de enmiendas minerales en el desarrollo foliar de especies forestales nativas,” *Revista Forestal Latinoamericana*, vol. 12, no. 2, pp. 45–53, 2021.
- [67] R. Pérez, “Impacto de la materia orgánica en la fisiología de plantas en zonas secas,” *Agrociencia*, vol. 54, no. 4, pp. 321–330, 2020.
- [68] E. Quispe, “Efecto de la bentonita en la retención de humedad y desarrollo de plántulas de *Prosopis pallida* en condiciones de vivero,” *Revista Forestal del Perú*, vol. 33, no. 2, pp. 45–53, 2021.
- [69] M. Rodríguez y P. García, “Mejoradores de suelo en la propagación de especies forestales nativas,” *Agro Ciencia y Tecnología*, vol. 12, no. 1, pp. 23–31, 2020.
- [70] A. K. Thompson and J. M. Troeh, *Soils and Soil Fertility*, 6th ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2004.
- [71] H. R. McCarthy, R. Oren, A. C. Finzi, and K. H. Johnsen, “Canopy leaf area constrains [CO₂]-induced enhancement of productivity and partitioning among aboveground carbon pools,” *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 103, no. 51, pp. 19356–19361, Dec. 2006.

- [72] M. A. El-Sayed, "Effect of bentonite and compost on growth and chemical composition of *Eucalyptus camaldulensis* seedlings grown in sandy soil," *Alexandria J. Agric. Res.*, vol. 55, no. 1, pp. 27–35, 2010.
- [73] S. A. Mahmoud and A. H. Ghoneim, "Effect of bentonite on sandy soil properties and productivity of some crops," *Int. J. Agric. Sci.*, vol. 5, no. 4, pp. 564–570, 2013.