

## EFFECTOS DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO INICIAL EN LA FASE DE VIVERO DE SCHIZOLOBIUM PARAHYBUM (VELL) BLAKE

### *EFFECTS OF THREE TYPES OF SUBSTRATES ON THE INITIAL GROWTH OF SCHIZOLOBIUM PARAHYBUM (VELL) BLAKE IN THE NURSERY PHASE*

**Tayron Omar Manrique Toala 1,3**  
**Katheryn Jamileth Mieles Burgos 2,4**  
**Darwin Marco Salvatierra Piloza 1,5**  
**Letty Leonela Reyes Taffur 2,6**

1 Docente en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura

2 Ingeniero forestal en libre ejercicio

3 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5235-7093>, E-mail: [tayron.manrique@unesum.edu.ec](mailto:tayron.manrique@unesum.edu.ec)

4 ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3553-9740>, E-mail: [mieles-katheryn7721@unesum.edu.ec](mailto:mieles-katheryn7721@unesum.edu.ec)

5 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2659-4471>, E-mail: [darwin.salvatierra@unesum.edu.ec](mailto:darwin.salvatierra@unesum.edu.ec)

6 ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7116-2989>, E-mail: [reyes-letty2967@unesum.edu.ec](mailto:reyes-letty2967@unesum.edu.ec)

\* **Autor para correspondencia:** [tayron.manrique@unesum.edu.ec](mailto:tayron.manrique@unesum.edu.ec)

#### Resumen

La producción eficiente de plántulas forestales es clave para los programas de reforestación en zonas tropicales con alta presión antrópica. En este contexto, *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake se destaca por su rápido crecimiento, valor maderable y adaptabilidad a sistemas agroforestales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres tipos de sustratos sobre el crecimiento inicial de plántulas de *S. parahybum* en fase de vivero. El estudio se desarrolló en la finca experimental Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se utilizaron mezclas de tierra de campo, arena de río, tamo de arroz, tierra de guaba y estiércol de ganado. Se midieron variables silviculturales como germinación, altura, diámetro, número de hojas y mortalidad durante 45 días. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 (tierra de campo + arena + tamo de arroz) presentó el mejor desempeño general, con mayor número de hojas, buena altura y menor tasa de mortalidad. La germinación fue baja en todos los tratamientos, lo que sugiere la necesidad de mejorar los tratamientos pregerminativos. No se encontraron diferencias significativas en el diámetro del tallo. Se concluye que el sustrato T1 es el más eficiente para la producción de plántulas de *S. parahybum* en vivero, y que el uso de materiales orgánicos no estabilizados, como el estiércol, puede afectar negativamente la



sobrevivencia. Este estudio aporta evidencia técnica para optimizar prácticas silviculturales en zonas tropicales secas del Ecuador

**Palabras claves:** germinación, mortalidad, *Schizolobium parahybum*, sustratos.

### Abstract

Efficient production of forest seedlings is essential for reforestation programs in tropical regions under anthropogenic pressure. In this context, *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake stands out for its fast growth, timber value, and adaptability to agroforestry systems. This study aimed to evaluate the effect of three substrate types on the early growth of *S. parahybum* seedlings in nursery conditions. The experiment was conducted at the Andil experimental farm of the Universidad Estatal del Sur de Manabí, using a randomized block design with four treatments and four replications. Substrates included combinations of field soil, river sand, rice husk, guaba soil, and cattle manure. Key silvicultural variables—germination, height, stem diameter, leaf count, and mortality—were measured over 45 days. Results showed that treatment T1 (field soil + sand + rice husk) achieved the best overall performance, with higher leaf production, good height, and lower mortality. Germination rates were low across all treatments, indicating the need to improve pregermination protocols. No significant differences were found in stem diameter. It is concluded that T1 is the most effective substrate for nursery production of *S. parahybum*, while the use of unstable organic materials such as manure may negatively affect seedling survival. This study provides technical evidence to enhance silvicultural practices in Ecuador's dry tropical zones.

**Keywords:** *Germination, mortality, Schizolobium parahybum, substrates*

Recibido: 18/10/2025

Aceptado: 26/11/2025

Publicado 15/12/2025

### Introducción

La producción eficiente de plántulas forestales constituye un componente estratégico en los programas de reforestación y restauración ecológica, especialmente en regiones tropicales con alta presión antrópica. En este contexto, *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake, conocida comúnmente como Pachaco, se destaca como una especie maderable de rápido crecimiento, con aplicaciones industriales en contrachapados, aglomerados y potencial para pulpa y papel (Mora et al., 2018; Justiniano et al., 2019). Su adaptabilidad a sistemas agroforestales y su regeneración natural la convierten en una opción viable para plantaciones comerciales sostenibles.

A nivel global, *S. parahybum* ha sido reconocida por su valor ecológico y económico, siendo utilizada en países como Brasil, Colombia y Perú en modelos de producción forestal sostenible. Su madera liviana, su capacidad de rebrote y su compatibilidad con cultivos intercalados la posicionan como una especie estratégica



para restauración de suelos degradados y generación de ingresos en comunidades rurales. En el contexto ecuatoriano, especialmente en la región costera de Manabí, esta especie representa una alternativa prioritaria para fortalecer cadenas productivas forestales, recuperar cobertura vegetal y promover prácticas silviculturales sostenibles.

La fase de vivero representa un momento crítico en el desarrollo de esta especie, donde factores como el tipo de sustrato inciden directamente en la germinación, crecimiento y sobrevivencia de las plántulas. Diversos estudios han demostrado que las propiedades físicas y químicas del sustrato influyen en el vigor y calidad de las plantas, afectando su desempeño en campo (Camacho et al., 2021; Sáez, 2017; Velalcázar, 2021).

La presente investigación se desarrolló en el vivero de la finca experimental Andil, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), con el objetivo de evaluar el efecto de tres tipos de sustratos sobre el crecimiento inicial de *S. parahybum*. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, midiendo variables silviculturales como altura, diámetro, número de hojas, tasa de germinación y sobrevivencia.

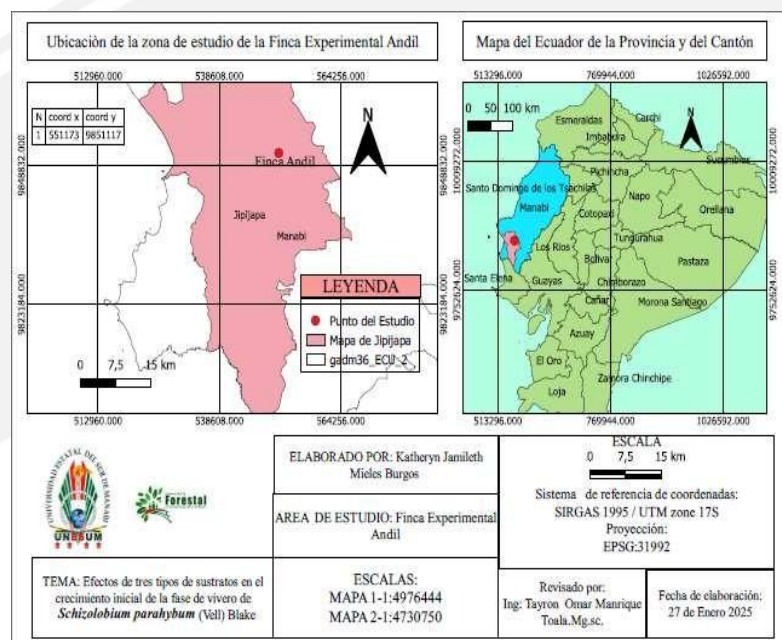
Los resultados obtenidos permiten identificar el tratamiento más eficiente en términos de desarrollo morfológico y supervivencia, aportando evidencia empírica para optimizar la producción de plántulas en vivero. Este estudio contribuye al fortalecimiento de prácticas silviculturales sostenibles y ofrece insumos técnicos para mejorar la eficiencia de los programas de reforestación en zonas tropicales del Ecuador.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el vivero de la finca experimental Andil, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), localizada en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. Esta zona se sitúa en una llanura costera con clima tropical seco, temperaturas promedio entre 24 °C y 27 °C, una altitud aproximada de 380 m.s.n.m. La ubicación del área se sitúa en las coordenadas WG-84 UTM 551173 – 9851117, y la zona presenta condiciones que favorecen el desarrollo de especies forestales en fase de vivero como *S. parahybum*. En la Figura 1 se muestra la ubicación del área de estudio.



Figura 1. Ubicación del área de estudio



La finca Andil cuenta con infraestructura básica para la producción de plántulas, incluyendo platabandas, sistema de riego manual, acceso a agua potable y áreas protegidas por malla de sombreado. El terreno presenta una pendiente inferior al 3 %, lo que facilita el drenaje y evita el estancamiento hídrico durante la época lluviosa. La cercanía a vías de acceso y la disponibilidad de recursos hídricos hacen del sitio un entorno adecuado para la instalación de viveros forestales, conforme a los criterios técnicos establecidos por Rodríguez (2019) y Miranda *et al.* (2020).

Desde el punto de vista ecológico, el área forma parte del ecosistema de bosque seco tropical, caracterizado por especies como *Ceiba trischistandra*, *Bursera graveolens* y *Cordia lutea*, que aportan conectividad ecológica y valor ambiental al paisaje. La finca se encuentra en una zona de transición entre áreas rurales y cinturones verdes, lo que refuerza su importancia como espacio de investigación aplicada para la producción de especies nativas con potencial comercial y ecológico.

### Materiales empleados

Para el desarrollo del experimento se utilizaron los siguientes materiales:

- Sustratos: mezclas compuestas por tierra de campo, arena de río y tamo de arroz, seleccionadas por sus propiedades físico-químicas contrastantes. Estos fueron preparados en proporciones específicas para cada tratamiento.

- Semillas: recolectadas de individuos sanos de *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake, sometidas a tratamientos pregerminativos (remojo en agua a temperatura ambiente) para favorecer la emergencia.
- Bandejas plásticas: utilizadas como contenedores para la siembra, previamente desinfectadas y etiquetadas para cada tratamiento y repetición.
- Herramientas de campo: palas, regaderas, tamices, recipientes de mezcla y elementos de protección personal para la manipulación de sustratos y semillas.
- Instrumentos de medición: regla milimetrada, vernier digital y balanza de precisión para registrar variables silviculturales como altura, diámetro y biomasa.
- Software estadístico: *InfoStat*, empleado para el análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de significancia entre tratamientos.
- Infraestructura del vivero: platabandas, sistema de riego manual, malla de sombreo y acceso a agua potable, ubicados en la finca experimental Andil de UNESUM.

#### Procedimiento técnico

Se inició con la construcción del vivero y la elaboración de platabandas sobre terreno nivelado, siguiendo criterios de accesibilidad, disponibilidad hídrica y protección contra agentes externos. Posteriormente, se prepararon los sustratos mediante mezclas proporcionales de tierra de campo, arena de río y tamo de arroz, seleccionados por sus propiedades físico-químicas contrastantes. Cada tratamiento fue dispuesto en bandejas plásticas, previamente desinfectadas y etiquetadas.

Las semillas fueron recolectadas de árboles madre sanos, sometidas a tratamientos pregerminativos para acelerar la emergencia, incluyendo remojo en agua a temperatura ambiente por 24 horas y exposición solar controlada. La siembra se realizó de forma directa en cada bandeja, con riego manual diario y monitoreo constante de temperatura y humedad ambiental.

Durante 45 días se registraron variables silviculturales clave: porcentaje de germinación, altura, diámetro del tallo, número de hojas, tasa de mortalidad y sobrevivencia. Las mediciones se realizaron con instrumentos calibrados (regla milimetrada, vernier digital) en intervalos de 15 días.

#### Control de la germinación

El control de la germinación permitió determinar el historial de germinación de las semillas. La siembra se realizó el 5 de noviembre del 2024 y el inicio de la germinación se inició desde el 9 de noviembre del 2024 hasta el 15 de diciembre del mismo año.

#### Porcentaje de germinación



El porcentaje de germinación fue determinado en función del número de semillas sembradas y el número de semillas germinadas en cada uno de los tratamientos en referencia a la ecuación 1, de Marshall, *et al.*, (2006), citado por Caroca *et al.* (2016)

$$PG = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Semillas puestas a germinar}} * 100$$

donde PG = Porcentaje de germinación

### Porcentaje de mortalidad

Para determinar el porcentaje de mortalidad a nivel de vivero se tomó en cuenta las categorías de porcentaje de mortalidad según indica a continuación:

Muy bueno	80 – 100 %
Bueno	60 – 79 %
Regular	40 – 59 %
Bajo	< 40 %

### Diseño experimental

Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), recomendado para estudios con variabilidad ambiental controlada y múltiples tratamientos (Gómez y Gómez, 1984). Se establecieron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando el efecto de tres tipos de sustratos sobre el crecimiento inicial de *S. parahybum* (Vell.) Blake. Los tratamientos consistieron en mezclas con proporciones variables de tierra de campo, arena de río y tamo de arroz, seleccionadas por sus propiedades físico – químicas contrastantes (Camacho *et al.*, 2021; Sáez, 2017). Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- T0 Testigo: Tierra de campo al 100 %
- T1 Tierra de campo 50%, Arena del río 25%, Tamo de arroz 25 %.
- T2 Tierra de campo 50%, Arena del río 25% Tierra de guaba 25%.
- T3 Tierra de campo al 50%, Arena del río 25% Estiércol de ganado 25%.

Una vez identificado los distintos tratamientos se procedió a explicar el delineamiento experimental, como se indica en la Tabla 1.





**Tabla 1.** *Delineamiento experimental*

Tratamientos	4
Repeticiones	4
Unidades Experimentales (UE)	16
Número Semillas por repetición	50
Número Semillas por tratamientos	200
Población	800
Forma de platabandas	Rectangular

Se elaboraron los distintos sustratos de acuerdo a los tratamientos descritos, para el posterior llenado de las bandejas. El factor tratamiento (T) se obtuvo como muestra (repetición) 50 plántulas por cada bandeja de la especie *S. parahybum* es decir se obtuvo en total 800 semillas y por consiguiente se estableció 3 tratamientos + 1 testigo.

#### Análisis estadístico

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el *software InfoStat*, con pruebas de significancia para determinar diferencias entre tratamientos. Se aplicaron gráficos comparativos para visualizar el comportamiento de las variables en función de los sustratos, y se interpretaron los resultados en relación con la eficiencia silvicultural y la viabilidad técnica de cada mezcla.

## Resultados

El análisis de los tratamientos aplicados evidenció diferencias significativas en las variables silviculturales evaluadas durante la fase de vivero de *S. parahybum* (Vell.) Blake. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

#### Germinación

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $F = 10.6$ ;  $p = 0.011$ ), indicando que el tipo de sustrato influye en el porcentaje de germinación. La prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ; DMS = 0.15583) no detectó diferencias significativas entre las medias, lo que sugiere que, aunque el modelo general es significativo, las comparaciones entre tratamientos individuales requieren mayor sensibilidad o tamaño muestral. El coeficiente de variación ( $CV = 25.07\%$ ) refleja una variabilidad moderada en los datos.

El tratamiento T1 (50 % tierra de campo, 25 % arena de río, 25 % tamo de arroz) mostró el mayor porcentaje de germinación, alcanzando un 32 % en la repetición R2. En contraste, el tratamiento T3 presentó la germinación más baja con apenas un 5 % en R4, lo que sugiere una influencia directa de la composición del sustrato en la viabilidad de las semillas.



## Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable número de hojas

El análisis de varianza (SC tipo III) reveló diferencias significativas entre tratamientos ( $F = 4.80$ ;  $p = 0.0291$ ) y entre repeticiones ( $F = 20.88$ ;  $p < 0.0001$ ), con un coeficiente de determinación ajustado de  $R^2 = 0.93$  y un coeficiente de variación (CV) de 19.51 %. Estos valores indican una alta capacidad explicativa del modelo y una variabilidad moderada en los datos.

## Comparación de tratamientos

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ;  $DMS = 8.80$ ) permitió agrupar los tratamientos en dos categorías. Como se observará en la Tabla 2 Los tratamientos T1 y T2 mostraron un mayor número de hojas, siendo estadísticamente superiores a T0 y T3, lo que evidencia el efecto positivo de los sustratos orgánicos enriquecidos sobre el vigor vegetativo de las plántulas.

Tabla 2. Agrupación de los tratamientos

Tratamiento	Media $\pm$ E.E.	Grupo
T1 (Tierra de campo + Arena + Tamo de arroz)	24.25 $\pm$ 1.99	B
T2 (Tierra de campo + Arena + Tierra de guaba)	22.25 $\pm$ 1.99	B
T0 (Testigo: Tierra de campo)	16.41 $\pm$ 1.99	A
T3 (Tierra de campo + Arena + Estiércol de ganado)	14.25 $\pm$ 1.99	A

## Comparación de repeticiones

La repetición R1 se destacó con la mayor cantidad de hojas, lo que podría estar asociado a condiciones microambientales favorables o a una mejor ejecución técnica en esa unidad experimental. Los resultados confirman que el tipo de sustrato influye significativamente en el desarrollo foliar de *S. parahybum* en fase de vivero. El tratamiento T1, que incluye tamo de arroz, mostró el mejor desempeño, lo que coincide con estudios previos que destacan su capacidad para mejorar la aireación y retención de humedad en el sustrato. En la Tabla 3 las categorizaciones encontradas.

Tabla3. Agrupación de las repeticiones

Repetición	Media $\pm$ E.E.	Grupo
R1	43.25 $\pm$ 1.99	C
R2	30.25 $\pm$ 1.99	B
R3	16.41 $\pm$ 1.99	A
R4	15.66 $\pm$ 1.99	A

## Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para la variable altura a los 45 días





El análisis de varianza (SC tipo III) mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F = 7.63$ ;  $p = 0.0076$ ), mientras que no se observaron diferencias significativas entre repeticiones ( $F = 0.53$ ;  $p = 0.6698$ ). El modelo presentó un coeficiente de determinación ajustado de  $R^2 = 0.55$  y un coeficiente de variación (CV) de 21.49 %, lo que indica una variabilidad moderada en los datos y una capacidad explicativa aceptable del modelo.

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ;  $DMS = 1.01911$ ) agrupó los tratamientos en dos categorías. Como se observará en la Tabla 4, los tratamientos T0 y T1 presentaron los mayores valores de altura, siendo significativamente superiores a T2 y T3. Esto sugiere que los sustratos con mayor capacidad de aireación y retención de humedad favorecen el crecimiento vertical de las plántulas.

Tabla 4. Agrupación de los tratamientos

Tratamiento	Media $\pm$ E.E. Grupo	
T1 (Tierra de campo + Arena + Tamo de arroz)	2.74 $\pm$ 0.23	B
T0 (Tierra de campo)	2.84 $\pm$ 0.23	B
T2 (Tierra de campo + Arena + Tierra de guaba)	1.63 $\pm$ 0.23	A
T3 (Tierra de campo + Arena + Estiércol de ganado)	1.41 $\pm$ 0.23	A

El tratamiento T1, que incluye tamo de arroz, mostró un desempeño destacado en altura, lo que coincide con estudios que señalan que este componente mejora la estructura del sustrato y favorece el desarrollo radicular. Aunque T0 también presentó buenos resultados, su composición exclusivamente mineral podría limitar otros aspectos del desarrollo fisiológico en fases posteriores.

En la Tabla 5 se muestra la comparación entre las repeticiones y se evidencia que no se encontraron diferencias significativas entre repeticiones.

Tabla 5. Comparación entre las repeticiones

Repetición	Media $\pm$ E.E.	Grupo
R1	2.32 $\pm$ 0.23	A
R2	2.52 $\pm$ 0.23	A
R3	2.29 $\pm$ 0.23	A
R4	1.92 $\pm$ 0.23	A

Es importante indicar que el dato final a los 45 días, el mayor crecimiento en altura se registró en el tratamiento T0 (control) con 6.95 cm en la repetición R4, seguido por T1 con valores cercanos a 6.5 cm.

Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable diámetro



El análisis de varianza (SC tipo III) no reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F = 0.56$ ;  $p = 0.6523$ ) ni entre repeticiones ( $F = 0.81$ ;  $p = 0.5176$ ). El modelo presentó un coeficiente de determinación ajustado de  $R^2 = 0.00$  y un coeficiente de variación (CV) de 18.22 %, lo que indica baja capacidad explicativa y una variabilidad moderada en los datos. Como se observará en la Tabla 6 la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ; DMS = 0.25212) agrupó todos los tratamientos en un solo grupo estadístico, sin diferencias significativas.

Tabla 6. Agrupación de los tratamientos

Tratamiento	Media $\pm$ E.E.	Grupo
T3 (Tierra + Arena + Estiércol)	$0.64 \pm 0.06$	A
T1 (Tierra + Arena + Tamo de arroz)	$0.63 \pm 0.06$	A
T2 (Tierra + Arena + Tierra de guaba)	$0.59 \pm 0.06$	A
T0 (Tierra de campo)	$0.56 \pm 0.06$	A

#### Comparación de repeticiones

Tampoco se observaron diferencias significativas entre repeticiones. Los resultados indican que el tipo de sustrato no tuvo un efecto significativo sobre el diámetro del tallo a los 45 días como se observará en la Tabla 7. Esto puede deberse a que esta variable requiere más tiempo para expresar diferencias morfológicas relevantes, o a que las condiciones de manejo fueron homogéneas entre tratamientos.

Tabla 7. Agrupación de las repeticiones

Repetición	Media $\pm$ E.E.	Grupo
R2	$0.67 \pm 0.06$	A
R1	$0.64 \pm 0.06$	A
R3	$0.63 \pm 0.06$	A
R4	$0.56 \pm 0.06$	A

#### Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para la variable mortalidad

El análisis de varianza (SC tipo I) mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F = 58.83$ ;  $p < 0.0001$ ), mientras que no se observaron diferencias significativas entre repeticiones ( $F = 0.93$ ;  $p = 0.4312$ ). El modelo presentó un coeficiente de determinación ajustado de  $R^2 = 0.93$  y un coeficiente de variación (CV) de 15.54 %, lo que indica alta precisión experimental y fuerte influencia del tipo de sustrato sobre la mortalidad de las plántulas. En la Tabla 8 se presenta la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ; DMS = 0.70815) permitió diferenciar tres grupos estadísticos.

Tabla 8. Agrupación de los tratamientos



Tratamiento	Media $\pm$ E.E.	Grupo
T4 (Tierra + Arena + Estiércol)	3.50 $\pm$ 0.15	C
T2 (Tierra + Arena + Tierra de guaba)	3.00 $\pm$ 0.15	A
T3 (Tierra + Arena + Tamo de arroz)	2.75 $\pm$ 0.15	A
T1 (Tierra de campo)	2.00 $\pm$ 0.15	B

El tratamiento T1 presentó la menor mortalidad, siendo estadísticamente inferior a T4. Esto sugiere que el sustrato tradicional de tierra de campo ofrece condiciones más estables para la sobrevivencia inicial, mientras que el uso de estiércol en T4 podría haber generado condiciones desfavorables como exceso de sales o descomposición activa.

En la Tabla 9 se presenta la comparación de repeticiones y se aprecia que no se encontraron diferencias significativas entre repeticiones.

Repetición	Media $\pm$ E.E.	Grupo
R2	1.75 $\pm$ 0.15	A
R1	2.00 $\pm$ 0.15	A
R3	2.00 $\pm$ 0.15	A
R4	2.00 $\pm$ 0.15	A

Los resultados confirman que el tipo de sustrato tiene un efecto directo sobre la mortalidad de las plántulas en fase de vivero. El tratamiento T1, con tierra de campo sin aditivos, mostró la menor tasa de mortalidad, lo que coincide con estudios que advierten sobre el uso de materiales orgánicos no estabilizados en etapas tempranas (Castro et al., 2020; Ramírez y Trinidad, 2021). La ausencia de diferencias entre repeticiones sugiere que las condiciones de manejo fueron homogéneas en el vivero.

## Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que el tipo de sustrato influye significativamente en el desarrollo inicial de *Schizolobium parahybum* en fase de vivero, especialmente en variables como número de hojas, altura y mortalidad. El tratamiento T1, compuesto por tierra de campo, arena de río y tamo de arroz, mostró un desempeño superior en crecimiento vegetativo y sobrevivencia, lo que coincide con estudios realizados por Camacho *et al.* (2021) y Sáez (2017), quienes destacan que los sustratos con buena aireación y capacidad de retención hídrica favorecen el vigor de las plántulas.

En cuanto a la germinación, aunque el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre tratamientos, la prueba de Tukey no detectó contrastes estadísticos entre medias. Esto puede atribuirse a la baja tasa de germinación general (máximo 32 %), lo que sugiere que el tratamiento pregerminativo aplicado (remojo en agua a temperatura ambiente) podría no haber sido suficiente para romper la latencia de las



semillas, como advierten Castillo et al. (2018) y Ruiz (2021) en estudios similares con especies de semilla dura.

Respecto al número de hojas, los tratamientos T1 y T2 presentaron diferencias significativas frente a T0 y T3, lo que indica que la incorporación de materiales orgánicos como tamo de arroz y tierra de guaba mejora la disponibilidad de nutrientes y la estructura del sustrato. Estos resultados son coherentes con lo reportado por Castro *et al.* (2020), quienes señalan que el uso de residuos agroindustriales puede mejorar la eficiencia fisiológica de especies forestales en vivero.

La variable altura también mostró diferencias significativas entre tratamientos, siendo T0 y T1 los más destacados. Aunque T0 (tierra de campo) presentó buenos resultados, su composición exclusivamente mineral podría limitar el desarrollo radicular en etapas posteriores. En cambio, el desempeño de T1 refuerza la utilidad del tamo de arroz como componente estructural, tal como lo sugieren Ramírez y Trinidad (2021), quienes lo recomiendan por su alta porosidad y baja densidad aparente.

En contraste, el diámetro del tallo no presentó diferencias significativas entre tratamientos ni repeticiones, lo que puede deberse a que esta variable responde más lentamente a las condiciones edáficas y se manifiesta con mayor claridad en fases avanzadas del desarrollo (Miranda *et al.*, 2020). Esta estabilidad también puede reflejar una homogeneidad en el manejo técnico del vivero.

Finalmente, la mortalidad a los 25 días mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento T4 (con estiércol de ganado) presentó la mayor tasa de mortalidad, lo que podría estar relacionado con procesos de descomposición activa, exceso de sales o desequilibrio microbiológico en el sustrato, como advierten Rodríguez (2019) y Velalcázar (2021). En cambio, T1 y T0 mostraron menor mortalidad, lo que refuerza su viabilidad técnica para la producción de plántulas en condiciones controladas.

## Conclusiones

El tipo de sustrato influye significativamente en el desarrollo inicial de *Schizolobium parahybum*, especialmente en variables como número de hojas, altura y mortalidad.

El tratamiento T1 (tierra de campo + arena + tamo de arroz) presentó el mejor desempeño general, con mayor número de hojas, buena altura y menor tasa de mortalidad, lo que lo posiciona como el sustrato más eficiente para la fase de vivero.

La germinación fue baja en todos los tratamientos, lo que sugiere que el tratamiento pregerminativo aplicado no fue suficiente para romper la latencia de las semillas.

No se observaron diferencias significativas en el diámetro del tallo entre tratamientos, lo que indica que esta variable requiere más tiempo para expresar diferencias morfológicas relevantes.



El tratamiento T4 (con estiércol de ganado) presentó la mayor mortalidad, lo que evidencia que el uso de materiales orgánicos no estabilizados puede afectar negativamente la sobrevivencia de las plántulas.

Las condiciones de manejo en el vivero fueron homogéneas, como lo demuestra la ausencia de diferencias significativas entre repeticiones en la mayoría de las variables.

### Bibliografía

- Camacho, J., Rodríguez, M., & Pérez, L. (2021). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de plántulas forestales. *Revista Forestal Latinoamericana*, 18(2), 45–52.
- Caroca, C., Muñoz, A., & Marshall, J. (2016). Métodos de evaluación de germinación en especies nativas. *Revista Chilena de Silvicultura*, 22(1), 33–40.
- Castro, A., Gómez, R., & Torres, F. (2020). Uso de residuos agroindustriales en viveros forestales: efectos sobre el crecimiento inicial. *Revista de Ciencias Ambientales*, 38(1), 77–85.
- Castillo, M., Rivas, J., & López, D. (2018). Tratamientos pregerminativos en semillas forestales de difícil emergencia. *Revista Colombiana de Ciencias Forestales*, 12(3), 101–110.
- Gómez, K. A., & Gómez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). Wiley.
- InfoStat. (2011). InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Justiniano, M., Pinto, R., & Mora, J. (2019). Potencial silvicultural de *Schizolobium parahybum* en sistemas agroforestales. *Revista Boliviana de Ecología*, 26(2), 59–68.
- Miranda, L., & Sánchez, P. (2020). Factores edáficos que inciden en el crecimiento de especies forestales en vivero. *Revista Técnica Forestal Ecuatoriana*, 15(1), 23–30.
- Mora, J., Vargas, E., & Rojas, C. (2018). Propiedades de la madera de *Schizolobium parahybum* y su aplicación industrial. *Revista Madera y Bosques*, 24(3), 115–124.
- Ramírez, D., & Trinidad, M. (2021). Caracterización física de sustratos alternativos para viveros forestales. *Revista Agroforestal del Ecuador*, 19(2), 88–96.
- Rodríguez, A. (2019). Criterios técnicos para el diseño y manejo de viveros forestales en zonas tropicales. *Manual Técnico MAATE*, Quito, Ecuador.
- Ruiz, C. (2021). Efecto de tratamientos pregerminativos en la emergencia de semillas de especies nativas. *Revista Científica Amazónica*, 9(1), 34–41.
- Sáez, F. (2017). Influencia de la textura del sustrato en el crecimiento de plántulas forestales. *Revista de Producción Vegetal*, 13(2), 67–74.
- Velalcázar, J. (2021). Evaluación de mezclas de sustratos en viveros forestales del litoral ecuatoriano. *Revista Técnica Agroforestal*, 17(1), 49–58.

