

Evaluación de enraizadores alternativos sobre el crecimiento radicular de esquejes de flor de avispa (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) bajo condiciones de vivero

Evaluation of alternative rooting agents on root growth of wasp flower (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) cuttings under nursery conditions



Cristhian Georgina Benavides Gómez¹, Julissa Edith Rugama Picado²,
Isaías Ezequiel Sánchez Gómez³, Eliezer Hazael Lanuza Rodríguez⁴,
Marcos Antonio Jiménez Campos⁵

Siembra 11 (1) (2024): e5180

Recibido: 07/08/2023 Revisado: 10/10/2023 Aceptado: 20/12/2023

¹ Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. km 12½ Carretera Norte. Apdo. 453. Managua, Nicaragua.

✉ benavidescris22@gmail.com

🌐 <https://orcid.org/0009-0006-5690-2785>

² Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. km 12½ Carretera Norte. Apdo. 453. Managua, Nicaragua.

✉ julissarugama98@gmail.com

🌐 <https://orcid.org/0009-0007-3001-1324>

³ Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agro-nomía. km 12½ Carretera Norte. Apdo. 453. Managua, Nicaragua.

✉ isanchez@ci.una.edu.ni

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-6604-1660>

⁴ Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agro-nomía. km 12½ Carretera Norte. Apdo. 453. Managua, Nicaragua.

✉ eliezer.lanuza@ci.una.edu.ni

🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9717-4709>

⁵ Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. km 12½ Carretera Norte. Apdo. 453. Managua, Nicaragua.

✉ marcos.jimenez@ci.una.edu.ni

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-9845-9877>

*Autor de correspondencia:

isanchez@ci.una.edu.ni, eliezer.lanuza@ci.una.edu.ni

Resumen

El uso de las especies alternativas de árboles y arbustos como son *Hibiscus rosa sinensis* L, para la alimentación de rumiantes, puede proporcionar altas cantidades de biomasa alimenticia y alto contenido de proteína. Los métodos de propagación más utilizados para la producción de plántulas de esta especie son por injerto, acodo y esquejes, destacándose este último método, porque permite obtener un mayor número de plántulas por rama en menor tiempo. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de enraizadores alternativos sobre esquejes de flor de avispa (*H. rosa-sinensis* L.), bajo condiciones de vivero. Se evaluaron cinco enraizadores que consistieron en aloe vera, canela, aloe + melaza + huevo (A+M+H), *Moringa oleifera* y el hongo antagonista *Trichoderma* sp, además de un testigo que consistió en la adición de agua. Las variables evaluadas fueron número de raíces por planta, longitud de raíces, número de rebrotes, peso fresco de raíz por planta, peso seco de raíz por planta, biomasa de raíces y porcentaje de sobrevivencia. Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2013, posteriormente fueron analizados en el programa estadístico InfoStat 2020. El tratamiento con *Trichoderma* sp favorece el crecimiento vegetativo de *H. rosa-sinensis*, seguido de los tratamientos A+M+H, *Moringa* y canela. Los tratamientos con mayor porcentaje de sobrevivencia fueron *Moringa*, canela, aloe y *Trichoderma* sp, considerados como excelentes, mientras que los tratamientos A+M+H y testigo fueron considerados buenos.

Palabras clave: biomasa, sobrevivencia, *Trichoderma* sp, aloe vera, crecimiento vegetativo

Abstract

The use of alternative tree and shrub species such as *Hibiscus rosa sinensis* L, for feeding ruminants, can provide high amounts of feed biomass and high protein content. The most commonly used propagation methods for the production of seedlings of this species are by grafting, layering and cuttings, with the latter method standing out, because it allows obtaining a greater number of seedlings per branch in less time. The objective of the research was to evaluate the effect of alternative rooting agents on wasp flower (*H. rosa-sinensis* L.) cuttings,

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 11, núm 1, 2024

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.5180>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

under nursery conditions. Five rooting agents were evaluated consisting of Aloe vera, cinnamon, Aloe + molasses + egg (A+M+E), *Moringa oleifera* and the antagonistic fungus *Trichoderma* sp, plus a control consisting of the addition of water. The variables evaluated were number of roots per plant, root length, number of regrowths, fresh root weight per plant, dry root weight per plant, root biomass and survival percentage. The data were organized in a Microsoft Excel 2013 spreadsheet, then analyzed in the statistical program InfoStat 2020. The treatment with *Trichoderma* sp favors the vegetative growth of *H. rosa-sinensis*, followed by the A+M+E, *Moringa* and cinnamon treatments. The treatments with the highest percentage of survival were *Moringa*, cinnamon, Aloe, and *Trichoderma* sp, considered as excellent, while the A+M+H and control treatments were considered good.

Keywords: biomass, survival, *Trichoderma* sp, aloe vera, vegetative growth

1. Introducción

Las pasturas y forrajes son la fuente de alimentación principal para los rumiantes en las zonas tropicales. En estas regiones, el rendimiento de forraje y el valor nutritivo varía a lo largo del año debido al clima y al manejo inadecuado de la tierra. En este escenario, las estaciones del año son un tema importante, durante la época de lluvias hay excedentes de forraje, mientras que durante la época seca la disponibilidad de forraje es baja. En este sentido, el uso de las especies alternativas de árboles y arbustos (*Hibiscus rosa sinensis*) puede proporcionar altas cantidades de biomasa alimenticia (30 t ha⁻¹ y 21 t ha⁻¹ año⁻¹) y alto contenido de proteína (19 %), comparado con pastos tropicales (8 %). Esto los convierte en una opción como alimento para rumiantes durante la época seca (Cruz Hernández et al., 2019).

Las especies no leguminosas, como *Morus alba*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Trichanthea gigantea* muestran tener un elevado potencial nutricional, su alta concentración de proteína y su rápida degradación en el rumen sugieren que su inclusión en dietas de baja calidad podría mejorar la eficiencia mediante la utilización de estas y mantener niveles adecuados de producción (Flores et al., 1998).

Los métodos de propagación más utilizados para la producción de plántulas de esta especie (*Hibiscus rosa sinensis*) conocida por varios nombres comunes como rosa china, Hibiscus chino, flor de avispa, o simplemente *Hibiscus*, se logra mediante injerto, acodo y esquejes, destacándose este último método, porque permite obtener un mayor número de plántulas por rama en menor tiempo (Lorenzi y Souza, 2008).

La formación de raíces es vital para absorber y conducir aguas más minerales disueltos, acumular nutrientes y sujetar la planta al suelo. Las hormonas producidas de forma natural o sintética son alternativas para tener mayor éxito en el prendimiento de las partes vegetativas, de manera que ayuden a la proliferación y formación de un buen sistema radicular que permita el crecimiento y desarrollo de una nueva planta. Las aplicaciones de hormonas de enraizamiento sintéticas son exitosas, pero costosas, por lo que es necesario mejorar el conocimiento de la propagación vegetativa con el uso de sustancias naturales (León Araujo, 2009; Jamal Uddin et al., 2020).

Las plantas *H. rosa sinensis* de siembra directa tienen sistemas radiculares deficientes durante los primeros 60 días, por lo cual la absorción de agua o nutrientes en esta época es muy limitada. Además, su orientación es plagio-gravitrópica superficial. Esta respuesta puede deberse a la fragilidad del sistema radicular, textura del suelo y gradientes de humedad muy altos a nivel superficial del suelo (Cuéllar y Arrieta Herrera, 2010).

Para lograr un eficiente manejo tecnológico de pasturas y forrajes se pueden considerar los productos orgánicos enraizadores, con la finalidad de aumentar el sistema radicular y, por ende, la capacidad de absorción de nutrientes; de esta forma las plantas tendrán mayor anclaje y así se podrá evitar el acame de las mismas (Vicuña Molina, 2015). Considerando lo antes mencionado, el presente trabajo de investigación consiste en evaluar enraizadores alternativos a los comerciales, que contribuyan a generar un buen crecimiento de esquejes de *Hibiscus* bajo condiciones de vivero.

2. Materiales y métodos

2.1. Localización del experimento

El experimento se realizó en la finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria. El área experimental se localiza en las coordenadas geográficas, “12°08’15.9” longitud norte y 86°10’05.9” longitud oeste, con una

altitud de 56 m s.n.m. (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2022), el período evaluado fue desde septiembre 2022 hasta enero 2023.

2.2 Diseño del experimento

El experimento se realizó mediante un diseño completamente aleatorio (DCA) con seis tratamientos: T1-*aloe vera*; T2-*aloe vera* + melaza + huevo; T3-canela; T4-*Trichoderma* sp; T5-*Moringa oleifera*; T6-testigo. Se usaron 100 esquejes por tratamiento, y cada uno se constituye como una unidad experimental, para un total de 600 unidades de esquejes que se colocaron en un área aproximada de 32,2 m² de un metro de ancho por dos metros de largo y un metro de separación.

2.3 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron seis tratamientos conformados por *aloe vera*, canela, *aloe* + melaza + huevo, *Moringa oleifera*, *Trichoderma* sp y testigo (agua):

- T1: *Aloe vera*: Se seleccionaron hojas grandes y vigorosas de la planta del *aloe*, se procedió a lavarlas, con ayuda de un cuchillo pequeño se eliminó la epidermis para obtener el gel, se retiraron impurezas y finalmente se depositó en un recipiente para posteriormente sumergir los esquejes en el *aloe* durante cinco minutos, con el fin de impregnar la parte inferior del corte en el tallo y proceder a colocar en las bolsas de vivero que contenían sustrato (El-Ahmir *et al.*, 2021).
- T2: *Aloe vera* + melaza + huevo: Para la obtención del gel de *aloe* se realizó el mismo procedimiento descrito anteriormente en el T1 luego se añadió melaza y huevos (solo se utilizaron las yemas), se mezclaron e integraron uniformemente los ingredientes y se procedió a remojar durante tres minutos los esquejes, luego se colocaron en bolsas de vivero que contenían sustrato (Araúz Meza y Luquéz Díaz, 2020).
- T3: *Cinnamomum verum*: Se utilizaron 30 g de canela por litro de agua, se dejó en reposo durante una hora, pasado el tiempo, se procedió a filtrar y se sumergieron los esquejes durante tres minutos antes de sembrarlos en bolsas de vivero (El-Ahmir *et al.*, 2021).
- T4: *Trichoderma* sp: Se utilizaron 12,5 g de *Trichoderma* en 10 L de agua (dosis comercial 250 g del hongo en sustrato de arroz por hectárea), luego se procedió a sumergir los esquejes durante cinco minutos, para luego pasarlos a bolsas de vivero conteniendo sustrato, este microorganismo ha sido descrito como promotor de crecimiento radicular en cultivos anuales y perennes.
- T5: *Moringa oleifera*: Se seleccionaron hojas sanas de la planta en un equivalente de 500 g, se licuó junto con tres litros de agua, se dejó reposar durante cinco horas. Posteriormente se sumergieron los esquejes en la solución durante 20 min, transcurrido el tiempo se colocaron en bolsas de vivero conteniendo sustrato (Pérez-Gómez *et al.*, 2019).
- T6: Sin solución enraizadora (testigo absoluto): Se procedió a sumergir los esquejes en agua durante tres min, antes de plantarse en bolsas de vivero conteniendo sustrato.

Cada tratamiento fue aplicado a 100 esquejes de *H. rosa sinensis*, se utilizaron bolsas de 8 x 12 pulgadas, conteniendo sustrato compuesto por suelo del área circundante y excretas de conejo. Para la distribución de los bloques se realizó asarización. Posteriormente se sumergieron las partes inferiores de los esquejes en los enraizantes durante tiempos variables y se procedió a sembrar (Tabla 1). Los datos fueron registrados a los 30 días (03/11/20), a los 60 días (02/12/2022) y a los 90 días (03/01/2023) después de la siembra de los esquejes.

2.4 Variables evaluadas

Los variables se tomaron a los 30 días, a los 60 días y los 90 días después de la siembra de los esquejes, en cada una de las fechas se tomó una muestra aleatoria de 10 esquejes por tratamiento, dando un total de 60 esquejes a los 30, 60 y 90 días. Las variables evaluadas fueron:

- Longitud de la raíz (*LR*): Se realizaron mediciones con una regla para determinar la longitud (cm) de cada raíz emitida a los 30, 60 y 90 días después de la siembra de los esquejes.

Tabla 1. Tratamientos evaluados sobre esquejes de *Hibiscus* en etapa de vivero.
Table 1. Treatments evaluated on *Hibiscus* cuttings in the nursery stage.

Tratamiento	Solución enraizadora	Composición	Tiempo (min)
T1	<i>Aloe vera</i>	2.000 ml de aloe	5
T2	A+M+H	Aloe 200 ml+melaza 500 ml+huevo 200 ml	3
T3	<i>Cinnamomum verum</i>	30 g por L de agua	3
T4	<i>Trichoderma</i> sp	12,5 g + 10 L de agua	5
T5	<i>Moringa oleifera</i>	<i>Moringa</i> 500 g + agua 3.000 ml	20
T6	Testigo	Agua	5

- Grosor de la raíz (*GR*): Se realizaron mediciones con un vernier para determinar el grosor (mm) de cada raíz emitida a los 30, 60 y 90 días después de la siembra de los esquejes.
- Número de raíces por esqueje (*NRE*): Se contó el número de raíces por cada esqueje a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.
- Número de raíces secundarias (*NRS*): Se contó el número de raíces secundarias por cada una de las raíces por cada esqueje a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.
- Número de rebrotes (*NR*): Se enumeraron los rebrotes por cada esqueje a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.
- Peso fresco de raíz por esquejes (*PF*): Se midió el peso de las raíces de cinco esquejes de manera individual en una balanza analítica a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.
- Peso seco de raíz por esqueje (*PS*): Las raíces se depositaron en un horno a una temperatura de 65 °C durante 48 horas para obtener el resultado del peso seco por cada planta de manera individual.
- Porcentaje de biomasa de raíz (*%BR*): Para determinar la biomasa de la raíz se tomó en cuenta el porcentaje de humedad. Para ello se utilizó el peso fresco y el peso seco de las raíces, una vez calculado el porcentaje de humedad se procedió a determinar la biomasa multiplicando el peso fresco de las raíces por el porcentaje de humedad. Mediante las fórmulas matemáticas (ecuaciones [1] y [2]) descritas por Ávila Guevara (2016):

$$\%B = Pf - \left(\frac{H}{100}\right) \quad [1]$$

donde:

- o *H*: porcentaje de humedad (%)
- o *Pf*: peso fresco (kg)
- o *Ps*: peso seco (kg)

$$\%B = Pf - \left(\frac{H}{100}\right) \quad [2]$$

donde:

- o *%B*: biomasa (kg)
- o *Pf*: peso fresco (kg)

- Porcentaje de sobrevivencia (*%S*): Se evaluó después de la primera semana del establecimiento en bolsas de vivero. La variable fue evaluada para cada uno de los tratamientos utilizando el conteo de esquejes vivos y muertos, durante el ensayo se tomó como referencia para el cálculo la ecuación [3] y categoría de sobrevivencia (Tabla 2), propuesta por Saavedra Miranda y Gutiérrez Gonzáles (2014).

$$\%S = \frac{n2}{n1} * 100 \quad [3]$$

donde:

- o %S: Tasa de sobrevivencia
- o n1: Esquejes iniciales
- o n2: Esquejes vivos encontrados al final del ensayo

Tabla 2. Categoría de sobrevivencia expresada en porcentajes.

Table 2. Survival category expressed in percentages.

Categoría	Tasa de sobrevivencia (%)
Excelente	90 -100
Bueno	75 - 90
Regular	60 - 75

2.5. Análisis de datos

Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2013®. Posteriormente, las variables longitud de raíz, grosor de la raíz, número de raíces por esquejes, número de raíces secundarias, peso fresco de raíz por esqueje, peso seco de raíz por esqueje, y porcentaje de biomasa fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANDEVA) como un diseño completamente al azar (DCA) con estructura factorial de 6 x 100 (6 tratamientos x 100 unidades experimentales), para lo cual se utilizó el modelo de la ecuación [4].

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} = 100; j = 6; T = 600 \quad [4]$$

donde:

- o Y_{ij} : representa la i-ésima unidad experimental y j-ésimo tratamiento
- o M : representa la media general
- o T_i : es el efecto del i-ésimo tratamiento
- o E_{ij} : representa el error experimental.

Las separaciones de media se realizaron mediante Tukey (Quinn y Keough, 2002). A la variable porcentaje de sobrevivencia se le realizó análisis descriptivo.

3. Resultados y Discusión

3.1. Efecto de enraizadores sobre variables de crecimiento vegetativo en *H. rosa sinensis* a los 30 días

El análisis de varianza para las variables de crecimiento vegetativo para número de raíces secundarias (NRS), longitud de raíces (LRS) y peso fresco (PF) a los 30 días de la siembra de esquejes mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0,0014$, $p = 0,0052$ y $p = 0,0435$), respectivamente, y la prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) indicó que el tratamiento con aloe vera más melaza más huevo (A+M+H) presentó las medias con mayores valores, en NRS (12,2), sin embargo, no mostró diferencia significativa con relación a canela, *Moringa* y el testigo absoluto.

El tratamiento aloe vera y *Trichoderma* sp mostró las medias con menores valores para la variable NRS. En relación con las LR el tratamiento A+M+H mostró valores de medias de 5,58 cm, pero no muy diferente de los tratamientos canela, testigo absoluto, *Moringa* y *Trichoderma* sp, el tratamiento aloe vera presentó LRS menores con 1,44 cm, no diferente al testigo absoluto, *Moringa* y *Trichoderma* sp. (Tabla 3).

El tratamiento A+M+H obtuvo los mayores valores de PF con 11,24 mg no significativamente diferente de los tratamientos *Moringa*, canela, aloe vera y el testigo; el tratamiento *Trichoderma* sp mostró los menores

Tabla 3. Efecto de soluciones enraizadoras sobre *H. rosa sinensis* a los 30 días después de la siembra de esquejes.
Table 3. Effect of rooting solutions on *H. rosa sinensis* 30 days after planting cuttings.

Tratamientos	Variables fisiológicas*		
	LR (cm)	NRS	PF (mg)
Aloe	1,44 b	1,06 c	5,14 ab
<i>Trichoderma</i> sp	2,22 ab	2,16 bc	2,14 b
A+ M+ H	5,58 a	12,20 a	11,24 a
<i>Moringa</i>	4,28 ab	8,56 abc	5,82 ab
Canela	5,18 a	10,50 ab	5,46 ab
Testigo	4,44 ab	5,42 abc	3,56 ab
R ²	0,48	0,54	0,36
CV	45,55	64,14	75,64
p-valor	0,0052	0,0014	0,0435

*LR: Longitud de raíces, NRS: Número de raíces secundarias, PF: Peso fresco. Medias con una letra común entre columnas no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). GR

valores de PF con 2,14 mg, sin embargo, no fue significativamente diferente a los tratamientos *Moringa*, canela, aloe vera y el testigo absoluto.

3.2. Efecto de enraizadores sobre variables de crecimiento vegetativo en *H. rosa sinensis* a los 60 días

Las variables GR, LR, NRS, PF, PS y %BR a los 60 días de la siembra de los esquejes mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0,0007$, $p = 0,0005$, $p = 0,0001$, $p = 0,0044$, $p = 0,0002$ y $p = 0,0002$, respectivamente), y la prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) indicó que el tratamiento *Trichoderma* sp presentó las medias con mayor valor, en GR (1,58), sin embargo, no mostro diferencia significativa con relación a A+M+H, *Moringa*, canela y testigo absoluto. El tratamiento aloe mostró las medias con menos valor para la variable de GR. El tratamiento de *Trichoderma* sp presentó la media con mayor valor en el caso de LR (10,52), sin embargo, no mostró diferencia significativa en relación con el testigo. El tratamiento con aloe mostró las medias con menos valor para la variable de LR.

El tratamiento testigo presentó las medias con mayor valor en NRS (34,0 cm), sin embargo, no mostró diferencias significativas en relación con *Trichoderma* sp. El tratamiento aloe mostró las medias con menor valor para la variable de NRS, sin embargo, no tiene diferencias significativas con A+M+H, *Moringa* y canela. El tratamiento de *Trichoderma* sp presentó las medias con mayor valor en PF (137,02 mg), sin embargo, no mostró diferencias significativas en relación con A+M+H, *Moringa*, canela y el testigo. El tratamiento aloe mostró las medias con menor valor para la variable PF, sin embargo, no es muy diferente de A+M+H, *Moringa* y canela (Tabla 4).

El tratamiento testigo presentó las medias con mayor valor, en PS (55,12 mg), sin embargo, no mostró diferencias significativas con relación al *Trichoderma* sp. El tratamiento aloe no mostró diferencias significativas para el PS (2,26 mg), sin embargo, no tiene diferencias significativas con A+M+H, *Moringa* y canela. El tratamiento de *Trichoderma* presentó las medias con mayor valor en %BR (188,86%), sin embargo, no mostró diferencias significativas con el testigo absoluto. El tratamiento aloe mostró las medias con menor valor para la variable %BR (3.76%), sin embargo, no tiene diferencias significativas con A+M+H, *Moringa* y canela (Tabla 4).

3.3. Efecto de enraizadores sobre variables de crecimiento vegetativo en *H. rosa sinensis* a los 90 días

Las variables PF, PS, %H y %BR a los 90 días de la siembra de los esquejes mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0,0001$, $p = 0,0001$, $p = 0,0243$, y $p = 0,0001$), respectivamente, y la prueba de separación de Tukey ($\alpha = 0,05$) indicó que el tratamiento *Moringa* presentó las medias con mayores

Tabla 4. Efecto de soluciones enraizadoras sobre *H. rosa sinensis* a los 60 días después de la siembra de esquejes.
Table 4. Effect of rooting solutions on *H. rosa sinensis* 60 days after planting cuttings.

Tratamientos	Variables fisiológicas*					
	GR (mm)	LR (cm)	NRS	PF (mg)	PS (mg)	% BR
Aloe	0,70 b	3,94 c	7,66 c	4,12 b	2,26 c	3,76 c
<i>Trichoderma</i> sp	1,58 a	10,52 a	22,90 ab	137,02 a	34,50 ab	188,36 a
A+ M+ H	1,18 ab	7,98 abc	20,74 bc	36,68 ab	14,06 bc	36,20 bc
<i>Moringa</i>	1,28 a	6,62 abc	14,62 bc	35,74 ab	12,56 bc	35,20 bc
Canela	1,32 a	6,22 bc	17,74 bc	43,90 ab	14,96 bc	43,42 bc
Testigo	1,08 ab	9,96 ab	34,00 a	148,58 a	55,12 a	148,06 ab
R ²	0,57	0,58	0,64	0,49	0,62	0,61
CV	21,97	28,54	34,45	92,24	68,40	79,32
p-valor	0,0007	0,0005	0,0001	0,0044	0,0002	0,0002

* GR: Grosor de raíces, LR: Longitud de raíces, NRS: Número de raíces secundarias, PF: Peso fresco, PS: Peso seco, % B: Porcentaje de biomasa. Medias con una letra común entre columnas no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

valores en PF (284,63 mg), sin embargo, no mostró diferencias significativas con relación a *Trichoderma* sp, A+ M+ H y testigo.

El tratamiento aloe mostró las medias con menor valor para PF. El tratamiento *Moringa* presentó las medias con mayor valor en PS (118,88 mg), sin embargo, no mostró diferencias significativas en relación con testigo, *Moringa* y *Trichoderma* sp. El tratamiento aloe mostró las medias con menor valor (44,53 mg) para la variable de PS, sin embargo, no es diferente al tratamiento canela (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de soluciones enraizadoras sobre *H. rosa sinensis* a los 90 días después de la siembra de esquejes.
Table 5. Effect of rooting solutions on *H. rosa sinensis* 90 days after planting cuttings.

Tratamientos	Variables fisiológicas*			
	PF (mg)	PS (mg)	% H	% BR
Aloe	44,53 c	27,35 d	33,73 b	44,18 c
<i>Trichoderma</i> sp	206,75 a	98,77 ab	37,07 ab	206,40 a
A+ M+ H	187,77 ab	80,98 bc	42,88 a	187,32 ab
<i>Moringa</i>	284,63 a	118,88 ab	41,55 ab	284,17 a
Canela	65,22 bc	43,93 cd	32,82 b	64,88 bc
Testigo	293,80 a	136,63 a	38,13 ab	293,42 a
R ²	0,68	0,75	0,34	0,68
CV	39,98	29,34	15,06	40,04
p-valor	0,0001	0,0001	0,0243	0,0001

* PF: Peso fresco, PS: Peso seco, %H: Porcentaje de humedad, % BR: Porcentaje de biomasa de raíz. Medias con una letra común entre columnas no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El tratamiento A+M+H presentó las medias con mayores valores en %H (42,88%), sin embargo, no mostró diferencias significativas en relación con *Trichoderma* sp, *Moringa*, aloe y testigo. El tratamiento canela mostró las medias con menor valor en %H no fue estadísticamente diferente de los tratamientos *Trichoderma* sp,

Moringa, aloe y testigo. El tratamiento *Moringa* presentó las medias con mayor %BR (284,17%), sin embargo, no mostró diferencias significativas con relación a *Trichoderma* sp, A+ M+ H y testigo. El tratamiento aloe mostró las medias con menor valor en %BR (Tabla 5).

A partir de los resultados de este estudio se puede afirmar que el tratamiento con *Trichoderma* sp puede favorecer el desarrollo vegetativo de *H. rosa-sinensis*, seguido de los tratamientos *Moringa*, A+M+H y canela. Los factores que pudieron influir en los resultados de esta investigación son el crecimiento alométrico de las plantas, efecto de iluminación, agua y sustrato, sin embargo, se requiere realizar estos tipos de estudios para profundizar en los conocimientos sobre las variables evaluadas debido a que existe poca información y su uso se ha limitado como alimento forrajero y ornamental en Nicaragua.

Paz (2019), en su estudio morfológico de campo en *Hibiscus*, pudo identificar resistencias fisiológicas que presenta la especie para contrarrestar el estrés hídrico generado en épocas de sequía, acción que surge como mecanismo de reajuste foliar, para garantizar un equilibrio hídrico y de esta manera no afectar al resto del follaje.

Cuéllar y Arrieta Herrera (2010) demostraron que durante las fases de crecimiento de las plantas de *H. rosa-sinensis* es necesario una fase de vivero de 90 días, época en que la planta muestra un mejor acondicionamiento morfológico en altura y vigor. Los resultados para los pesos de raíz y brote mostraron que bajo condiciones de vivero, las plantas mantienen un equilibrio alométrico en la acumulación de peso hasta los 84 días ($0,86 \pm 0,31$ para raíz y $2,71 \pm 0,22$ para el brote), presentándose diferencias estadísticas a partir de los 91 días, donde la acumulación de materia seca en el brote aumenta sustancialmente hasta $13,87 \pm 0,21$, además concluye que la especie *H. rosa-sinensis* necesariamente requiere una fase de vivero de hasta 98 o 105 días.

La productividad de biomasa de una comunidad de plantas puede estimarse como una función lineal de la cantidad de radiación interceptada por *H. rosa-sinensis*. En especies como *H. rosa-sinensis* la productividad es más dependiente de las variaciones en la cantidad de radiación solar incidente acumulada en cierto período.

Chowdhuri y Sadhukhan (2019) con enraizadores sintéticos mencionan que el ácido naftalenacético en concentraciones de 1.000 a 3.000 ppm pueden utilizarse para el enraizamiento de *H. rosa sinensis*, pero las dosis más altas son beneficiosas durante la temporada de lluvias en la zona subtropical, en este estudio el segundo mejor regulador de crecimiento fue el ácido indole-3-butírico a 3.000 ppm como enraizador.

3.4. Porcentaje de sobrevivencia de *H. rosa sinensis* en condiciones de vivero

A los 120 días después de la siembra de los quejes se encontró que los tratamientos con mayor %S fueron *Moringa* (97%), canela (96%), aloe (91%) y *Trichoderma* sp (90%), considerando estos resultados como excelentes. El tratamiento con menor %S fue el tratamiento A+M+H (89%) y testigo (88%), considerando estos resultados como buenos (Figura 1).

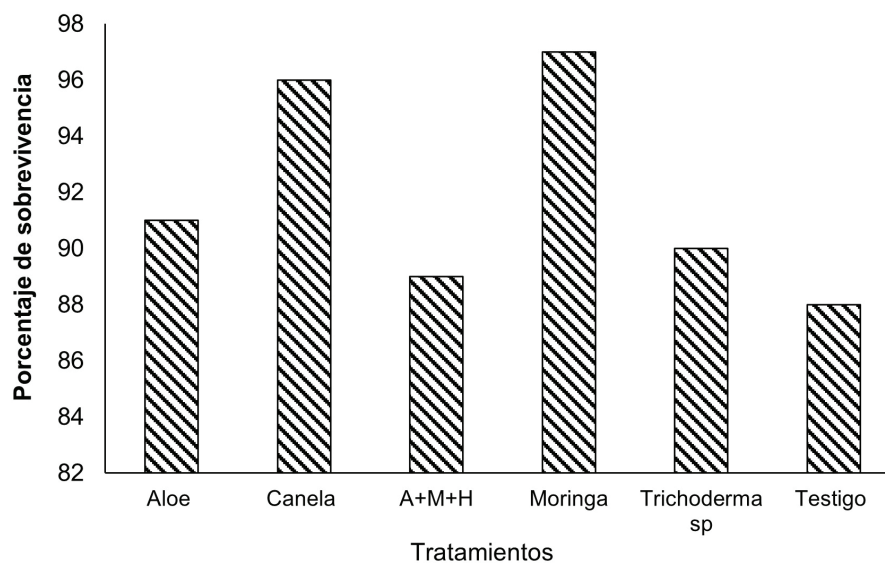


Figura 1. Porcentaje de sobrevivencia de *H. rosa sinensis* en vivero a los 120 días después de la siembra.

Figure 1. Survival percentage of *H. rosa sinensis* in the nursery 120 days after sowing.

Los sustratos deben aportar los elementos necesarios para el crecimiento: agua, aire y nutrientes. Actualmente, estos últimos pueden ser aportados de un modo preciso al cultivo por los abonos minerales, la disponibilidad de agua y de aire depende de las propiedades físicas y mecánicas del sustrato.

4. Conclusiones

El tratamiento con *Trichoderma* sp favorece el crecimiento vegetativo de *H. rosa sinensis* a los 60 días después de la siembra, seguido de los tratamientos *Moringa*, A+M+H y canela. Los tratamientos con mayor porcentaje de sobrevivencia fueron *Moringa*, canela, aloe y *Trichoderma* sp, considerados como excelentes, mientras que los tratamientos A+M+H y testigo fueron considerados buenos.

Contribuciones de los autores

- Cristhian Georgina Benavides Gómez: análisis formal, investigación, metodología, visualización.
- Julissa Edith Rugama Picado: análisis formal, investigación, metodología, visualización
- Isaías Ezequiel Sánchez Gómez: conceptualización, análisis formal, administración del proyecto, investigación, visualización, redacción – revisión y edición.
- Eliezer Hazael Lanuza Rodríguez: conceptualización, análisis formal, investigación, visualización, redacción – revisión y edición.
- Marcos Antonio Jiménez Campos: investigación, supervisión, visualización, redacción – revisión y edición.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Araúz Meza, H. J., y Luquéz Díaz, K. S. (2020). *Efecto de 4 tipos de sustratos y enraizadores sobre el crecimiento, desarrollo, dinámica de plagas y la producción del cultivo de chiltoma Nathalie (Capsicum annum L.) en ambiente protegido, El Plantel, 2018*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4181>
- Ávila Guevara, A. E. (2016). *Ecuación alométrica para estimar la biomasa radicular en Pinus oocarpa del bosque natural de la microcuenca Santa Inés, Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5717>
- Chowdhuri, T. K., y Sadhukhan, R. (2019). Effect of different growth regulators on propagation of *Mussaenda (Mussaenda erythrophylla 'Rosea')* in subtropical zone of West Bengal. *Journal of Ornamental Horticulture*, 22(1and2), 10-16. <http://dx.doi.org/10.5958/2249-880X.2019.00002.1>
- Cruz Hernández, A., Hernández Sánchez, D., Gómez-Vázquez, A., Govea-Luciano, A., Pinos-Rodríguez, J. M., Chay-Canul, A., Córdoba Izquierdo, A., y Brito Vega, H. (2019). Concentración de taninos y tasa de degradación in vitro de *Morus alba* e *Hibiscus rosa-sinensis*. *Acta Universitaria*, 29, 1-6. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2197>
- Cuéllar, N. D., y Arrieta Herrera, J. M. (2010). Evaluación de respuestas fisiológicas de la planta arbórea *Hibiscus rosasinensis* L. (Cayeno) en condiciones de campo y vivero. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 61-72. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:196

- El-Ahmir, S. M., Azzu, Y. M., Hasan, M., Al-Jilani, W. S., y Kushlaf, M. A. (2021). Study the effect of honey and cinnamon on stimulating rooting process for some plants and compare them with the rooting hormone (Toniplant). *Journal of Pure & Applied Sciences*, 20(1), 55-60. <https://doi.org/10.51984/jopas.v20i1.990>
- Flores, O. I., Bolívar, D. M., Botero, J. A., e Ibrahim, M. A. (1998). Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock research for rural Development*, 10(1), 8-15. <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd10/1/cati101.htm>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER] (2022). *Coordenadas geográficas, finca Santa Rosa*. Septiembre 2022. <https://www.ineter.gob.ni/#mapas>
- Jamal Uddin, A. F. M., Rakibuzzaman, M., Raisa, I., Maliha, M., y Husna, M. A. (2020). Impact of natural substances and synthetic hormone on grapevine cutting. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 25(01), 2069-2074. <https://doi.org/10.18801/jbar.250120.253>
- León Araujo, P. (2011). *Propagación de dos especies de yagual (Polylepis incana y Polylepis racemosa) utilizando dos enraizadores orgánicos y dos enraizadores químicos en el vivero forestal del CREA en el cantón y provincia del Cañar*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/754>
- Lorenzi, H. y Souza, H. M. de (2008). *Plantas ornamentais no brasil: arbustivas herbáceas e trepadeiras* (4ª ed.). Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Paz, L. (2019). *Biotipo y adaptabilidad vegetal Hibiscus rosa-sinensis (Malvaceae)*. Steemit. <https://steemit.com/steemstem/@lupafilotaxia/biotipo-y-adaptabili-1558325803>
- Pérez-Gómez, L., Capote-Betancourt, I., Nápoles-Borrero, L., Pina-Morgado, D., Linares-Rivero, C., Rivas-Paneca, M., Escalona-Morgado, M., Rodríguez-Sánchez, R., y Pérez-Martínez, A. T. (2019). Efecto del extracto acuoso foliar de moringa en la fase inicial de aclimatización de piña. *Cultivos Tropicales*, 40(1), a10-e10. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1499>
- Quinn, G. P., y Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press. <https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/apostilas/Quinn%20&%20Keough.pdf>
- Saavedra Miranda, A. F., y Gutiérrez Gonzáles, S. L. (2014). *Evaluación del efecto de tres sustratos en el desarrollo de plantas de Moringa oleifera en vivero*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2746>
- Vicuña Molina, N. A. (2015). *Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos enraizadores en el cultivo de pimiento*. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1075>