

Artículo Original
Original Article

**EFECTO DE SUSTRATOS Y CONTENEDORES EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE COLA DE CABALLO
(*Equisetum giganteum* L.)**
**EFFECT OF SUBSTRATES AND CONTAINERS ON THE VEGETATIVE PROPAGATION OF HORSETAIL
(*Equisetum giganteum* L.)**

Isaura Cantero García

Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas
San Lorenzo, Paraguay.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3466-7084>

Juan Venancio Benítez Núñez

Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas
San Lorenzo, Paraguay.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6886-8197>

María Esther Riveros Pineda

Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas
San Lorenzo, Paraguay.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-2131-9763>

Antonio Samudio Oggero

Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas
San Lorenzo, Paraguay.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1374-7974>

Autor correspondal: Juan Venancio Benítez Núñez: jbenitez@rec.una.py

Cómo citar este artículo:

Cantero García I, Benítez Núñez JV, Riveros Pineda ME, Samudio Oggero A. Efecto de sustratos y contenedores en la propagación vegetativa de cola de caballo (*Equisetum giganteum* L.). Rev. Soc. cient. Parag. 2025;30(2):25-31.

RESUMEN

Equisetum giganteum L., conocida comúnmente como cola de caballo, es una planta medicinal, herbácea y palustre. Su recolección es totalmente extractiva de su hábitat natural, actualmente se encuentra en peligro de extinción. Ante esta situación es prioritario realizar estudios sobre su propagación. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de sustratos y contenedores en la propagación vegetativa de Cola de Caballo. El experimento se realizó entre los meses de julio a septiembre del año 2023, en el Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con la combinación del factor A correspondió a los sustratos arena lavada 100%, humus de lombriz 100% y la combinación de humus y arena al 50% y el factor B a los contenedores con o sin drenajes con 12 repeticiones, totalizando 72 unidades experimentales. Las variables fueron evaluadas a los 45 días después de la implantación se determinó el porcentaje de sobrevivencia, longitud de brotes, número de brotes y raicillas. Los datos fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5%. Los resultados expresaron que el sustrato arena lavada 100% en contenedores sin drenajes presentaron los mejores promedios en las variables evaluadas, siendo una alternativa para la producción de plantines.

Palabras clave: Arena lavada; humus de lombriz; brotes; raicillas.

ABSTRACT

Equisetum giganteum L., commonly known as Horsetail, is a medicinal, herbaceous, marsh plant. Its harvesting is entirely from its natural habitat, and it is currently in danger of extinction. Given this situation, it is a priority to conduct studies on its propagation. The objective of this experiment was to evaluate the effect of substrates and containers on the vegetative propagation of horsetail. The experiment was carried out between July and September 2023, at the Multidisciplinary Center for Technological Research of the National University of Asunción. The experimental design used was completely randomized with the combination of factor A corresponding to the substrates 100% washed sand, 100% earthworm humus and the combination of humus and sand at 50% and factor B to containers with or without drainage with 12 replications, totaling 72 experimental units. The variables were evaluated 45 days after implantation; the percentage of survival, length of shoots and rootlets, number of shoots and rootlets were determined. The data were subjected to the nonparametric 5% Kruskal-Wallis test. The results showed that the 100% washed sand substrate in undrained containers had the best averages for the variables evaluated, making it an alternative for seedling production.

Keywords: Washed sand; worm castings; shoots; rootlets.

INTRODUCCIÓN

Los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad demandan que se implementen estrategias de adaptación de la especie *Equisetum giganteum* localmente conocida como “cola de caballo”, es una especie de la flora nativa del Paraguay⁽¹⁾. Perteneció a la familia de la Equisetaceae, se trata de un helecho perenne de 3 metros (m) de altura aproximadamente, con tallo rollizo, hueco y cabezuelas con esporas⁽²⁾. Es una planta palustre, radicante; crece a orillas de cauces hídricos, en hondonadas y en pastizales húmedos, de preferencia en sitios sombríos, en nuestro país se distribuye en los departamentos de Guairá, Caazapá, Itapúa, Central, Amambay, Canindeyú, Presidente Hayes⁽³⁾. Es áspera al tacto y su forma recuerda algo a la cola de un caballo, de ahí su nombre vulgar en castellano. Las ramitas o “cerdas” son huecas⁽⁴⁾.

La cola de caballo ha sido utilizada en la medicina tradicional para tratar una variedad de condiciones de salud, se ha manipulado como diurético para promover la eliminación de líquidos y toxinas del cuerpo, también se la ha considerado para tratar trastornos del sistema urinario, como infecciones del tracto urinario y cálculos renales, otros usos tradicionales incluyen el tratamiento de afecciones de la piel, trastornos gastrointestinales y problemas respiratorios⁽⁵⁾. Entre otros beneficios, se menciona la acción positiva que tiene sobre la tiroides, ya que esta planta contiene selenio. Esto fue comprobado con buenos resultados en Paraguay. El té o la infusión es la forma más frecuente de consumirla⁽⁶⁾.

La especie se propaga por esporas, rizomas y esquejes. En cuanto su estado de conservación se encuentra en la lista de especies protegidas de la flora silvestre nativa del Paraguay del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Resolución MADES No 470/19)⁽⁷⁾. Varios factores hacen que esta especie se encuentre vulnerable, como las colectas que se realizan de manera extractiva, el cambio climático, cambio de uso de la tierra, entre otros factores.

En nuestro país la cola de caballo es altamente demandada por el mercado para su consumo en fresco e industrial, debido a los beneficios medicinales que aporta, sin embargo, no se cuenta con trabajos o informaciones relacionadas sobre la producción de mudas y el manejo agronómico de la especie. El conocimiento del método de cultivo sería muy importante para que los productores puedan incursionar en un nuevo rubro o alternativa de producción, siendo necesario conocer los medios y las condiciones adecuadas para su producción. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de sustratos y contenedores con o sin drenajes en la propagación vegetativa de cola de caballo.

METODOLOGIA

El experimento se llevó a cabo entre los meses de julio a septiembre del año 2023, en el Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de Asunción (CEMIT-UNA), ubicado en la ciudad de San

Lorenzo del Departamento Central, entre las coordenadas geográficas 25° 33'17'' de latitud sur y 57° 51' 94'' de longitud oeste.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DCA) con la combinación de dos factores, el factor A corresponde a los distintos sustratos y sus proporciones y el factor B correspondió a los contenedores con o sin drenajes, con 6 tratamientos por 12 repeticiones, totalizando 72 unidades experimentales (UE), se puede visualizar en la tabla 1 sus respectivas distribuciones. Cada UE estuvo compuesta por 3 esquejes, obteniendo un total de 216 esquejes de cola de caballo.

Tratamientos	Sustratos	Contenedores
T1	Arena lavada 100%	Contenedores sin drenajes
T2	Arena lavada 100%	Contenedores con drenajes
T3	Humus de lombriz+ arena lavada (50+50%)	Contenedores sin drenajes
T4	Humus de lombriz+ arena lavada (50+50%)	Contenedores con drenajes
T5	Humus de lombriz 100%	Contenedores sin drenajes
T6	Humus de lombriz 100%	Contenedores con drenajes

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en base de la interacción de sustratos y contenedores.

El experimento se realizó en un invernadero cubierto con malla media sombra de 50% de intensidad, donde las plantas se distribuyeron de acuerdo a cada UE. Las plantas de cola de caballo fueron adquiridas del mercado de San Lorenzo. Inicialmente, se lavaron con agua corriente y los esquejes fueron seleccionados según los siguientes criterios: vigorosidad, ausencia de daños mecánicos y longitud aproximada de 10 centímetros (cm). Posteriormente, los esquejes fueron cortados con una tijera previamente desinfectada en una solución de hipoclorito de sodio al 2% de cloro activo durante tres minutos (min), los esquejes fueron obtenidos desde los nudos del tallo principal y colocados en un recipiente con agua para evitar su deshidratación durante el proceso de siembra.

Se prepararon los sustratos arena lavada 100%, humus de lombriz 100% y la mezcla de arena lavada más humus de lombriz (50%+50%), todos pasaron por un proceso de tamizado y esterilización con agua caliente, luego de un tiempo de espera de 2 horas (h), se procedió a la siembra. Los contenedores utilizados fueron vasos plásticos transparentes de 8 cm de diámetro y 11 cm de altura con un volumen de 300 mililitros (ml). Para los tratamientos con drenaje, los vasos fueron perforados en la base con un soldador de estaño, generando dos orificios de aproximadamente 3 milímetros (mm) de diámetro cada uno. En los tratamientos sin drenaje, el sustrato se mantuvo saturado con una lámina de agua de aproximadamente 1 cm por encima del nivel del sustrato. Cada contenedor fue llenado con el sustrato correspondiente, conforme a la distribución de tratamientos y repeticiones previamente establecida. En cada uno se sembraron tres esquejes. Los cuidados culturales consistieron en riegos diarios con agua corriente en todos los tratamientos.

La evaluación del experimento se realizó a los 45 días después del establecimiento, las variables analizadas fueron: Porcentaje de sobrevivencia: se determinó cuantificando los esquejes vivos y el valor se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de sobrevivencia (\%)} = \frac{\text{Cantidad de esquejes vivos por UE}}{\text{Cantidad total de esquejes por UE}} \times 100$$

Longitud de brotes y raicillas: fueron determinadas con una regla centimetrada y en cuanto al número de brotes y raicillas: fueron contabilizadas por cada unidad experimental.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5% de significancia ($P < 0,05$). Se optó por este método debido a que los datos no cumplían con la distribución normal en todos los tratamientos, permitiendo así reducir la sensibilidad a valores atípicos. El análisis estadístico se realizó utilizando el software INFOSTAT, versión 2020.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Tratamientos	PS	LB	NB	LR	NR
	%	(cm)	Unidad	(cm)	Unidad
Arena lavada 100% en contenedores sin drenajes	50,00 B*	5,38 B*	0,83 B*	3,53 B*	3,08 B*
Arena lavada 100% en contenedores con drenajes	11,08 A	1,21 A	0,13 A	0,63 A	0,44 A
Humus y arena 50% en contenedores sin drenajes	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Humus y arena 50% en contenedores con drenajes	2,75 A	0,19 A	0,06 A	0,08 A	0,08 A
Humus de lombriz 100% en contenedores sin drenajes	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Humus de lombriz 100% en contenedores con drenajes	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A

Tabla 2. Promedio de porcentaje de sobrevivencia (PS), longitud promedio de brotes (LB), número de brotes (NB), longitud promedio de raicillas (LR) y número de raicillas (NR) de cola de caballo por efecto de la combinación de los factores sustratos y contenedores con o sin drenajes.

(*)KW: Prueba de Kruskal Wallis: Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí en el nivel de significancia al 5%. T1: Arena lavada 100%+ contenedores sin drenajes, T2: Arena lavada 100%+ contenedores con drenajes, T3: Humus de lombriz+ arena lavada (50+50%) + contenedores sin drenajes, T4: Humus de lombriz+ arena lavada (50+50%) + contenedores con drenajes, T5: Humus de lombriz 100%+ contenedores sin drenajes, T6: Humus de lombriz 100%+ contenedores con drenajes.

Según los resultados obtenidos (tabla 2), El tratamiento T1, correspondiente al uso de sustrato arena lavada 100% en contenedores sin drenajes, presentó los valores más altos en todas las variables evaluadas, tuvo el mayor efecto en el porcentaje de sobrevivencia con un porcentaje superior a 50%, una longitud promedio de brotes de 5,38 cm, número promedio de brotes de 0,83, una longitud de raicillas promedio de 3,53 cm y número de raicillas de 3,08. Estos resultados demostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) al resto de los tratamientos, según la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. El tratamiento T2, arena lavada 100% en contenedores perforados o con drenajes y el tratamiento T4, humus de lombriz y arena lavada (50+50%) en contenedores perforados, arrojaron resultados inferiores en comparación al T1, aunque todavía favorables en comparación con los restantes tratamientos, que no fueron favorables en las variables evaluadas.



Figura 1. Tratamientos distribuidos bajo invernadero **A**, esquejes enraizados con el tratamiento de arena lavada 100% en contenedores sin drenajes **B** y esquejes enraizados con humus de lombriz y arena lavada (50+50%) en contenedores con drenajes **C**.

En los tratamientos que contenían humus de lombriz se pudo verificar mayor incidencia de algas, probablemente debido al exceso de humedad pudiendo afectar el desarrollo de los esquejes. Aunque, el humus de lombriz es un abono conocido por su alto valor mineral y rico en materia orgánica, su capacidad de retención de humedad pudo haber favorecido condiciones propicias para el crecimiento de algas. Estas, aunque no afectan directamente a las plantas, pueden desacelerar el intercambio de gases en el sustrato y ralentizar el crecimiento de las raíces, además, puede favorecer la entrada y desarrollo de ciertos patógenos⁽⁸⁾. En contraste, la arena lavada, al ser un sustrato inerte, con buena capacidad de drenaje y aireación, mantuvo condiciones óptimas de humedad para la formación de brotes y raicillas, sin verse afectada por el desarrollo de algas.

De acuerdo a Hartmann et al.⁽⁹⁾, la principal ventaja del sustrato arena se debe a su alta porosidad, lo que permite el buen drenaje durante los riegos periódicos y una adecuada aireación en la base del esqueje.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Umansky et al.⁽¹⁰⁾, quienes observaron que, para las variables de número de raíces, longitud de las raíces y porcentaje de estacas con brotes, el sustrato arena presentó medias estadísticamente superiores frente a sustratos utilizados como suelo de monte y sustrato comercial en la propagación vegetativa de burrito.

Asimismo, concuerdan con Currillo et al.⁽¹¹⁾ dedujeron que los sustratos que presentaron los mejores porcentajes de prendimiento fueron los sustratos de arena fina y la combinación de arena fina más cascarilla de arroz (1:1) con un porcentaje de alrededor de 94% en la reproducción de laurel.

En referencia a las condiciones deseadas de un sustrato, Mesén⁽¹²⁾ indica que debe tener las siguientes características: buena aireación con alta capacidad de retención de agua, buen drenaje y libre de microorganismos contaminantes. Entre los sustratos que han mostrado buenos resultados para el enraizamiento de estacas de laurel se encuentran la grava fina, la arena y el aserrín descompuesto.

Trabajo similar al presente estudio, pero con esquejes de olivo, fue reportado por López et al.⁽¹³⁾ en referencia a la combinación de sustratos según la proporción de 50% tierra negra + 25% cascarilla de arroz + 25% de arena fina, evitó

el exceso de humedad debido a las características físicas de la arena y la cascarilla de arroz, las cuales permitieron mantener turgentes a las estaquillas, facilitando un rápido drenaje y la oxigenación necesaria para el desarrollo de las raíces. Además, se obtuvo los mayores promedios en el porcentaje de prendimiento y longitud de raíz, permitiendo un desarrollo normal tanto de la parte aérea como del sistema radicular de las estaquillas. En contraste, sustratos con la proporción de 40% compost + 40% tierra vegetal + 20% cascarilla de arroz mostraron resultados inferiores en las variables analizadas, posiblemente por la presencia de larvas de mosquito fungoso, asociada al exceso de humedad del sustrato.

Otro trabajo relacionado, indicó que el uso del sustrato arena en comparación a los sustratos carbón de granza y fibra de coco, obtuvieron los mejores resultados con un porcentaje mayor de 96% de brotación, con un promedio de brotes de 3,27 por estaca, además, cantidad de raíces de 9,49 y una longitud media de raíces de 5,08 cm, en la propagación por estacas de azul de mata⁽¹⁴⁾.

CONCLUSIONES

El uso de la arena lavada 100% en contenedores sin drenajes, favoreció significativamente el desarrollo de brotes y raicillas adventicias en los esquejes de cola de caballo, mostrando ser una alternativa económica y eficiente para la propagación vegetativa de esta especie. La arena, por su buena aireación, drenaje y estabilidad frente al crecimiento de algas y el contenedor sin perforar se recomiendan como el sustrato más adecuado entre los evaluados.

Declaración de financiamiento:	Los autores declaran financiación propia.
Declaración de conflicto de intereses:	Los autores declaran no tener conflictos de intereses.
Declaración de autores:	Los autores aprueban la versión final del artículo.
Contribución de autores:	ICG y JVBN: llevaron a cabo la conceptualización de la investigación, planificación del proyecto y el diseño de la metodología a implementar, recopilación de los datos de las variables propuestas; MERP: realizó el análisis estadístico, interpretación de los resultados y redacción del artículo; JVBN Y ASO: lideraron la planificación y ejecución de la investigación. Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del trabajo.
Revisión por pares:	Este artículo fue evaluado mediante un proceso de revisión por pares anónimos, conforme al procedimiento de transparencia editorial de la revista. Las observaciones y sugerencias de los revisores fueron consideradas por los autores hasta alcanzar la versión final publicada, garantizando la integridad científica del trabajo y la confidencialidad de los evaluadores.
Disponibilidad de datos:	Los datos están disponibles previa solicitud al autor corresponsal.

REFERENCIAS

1. Valdez Achucarro CI, Amarilla Rodríguez SM, Insrán Ortiz A, Salas Dueñas DA. Estrategias de adaptación al cambio climático de la especie *Equisetum giganteum* en la Reserva Natural Tapytá, Paraguay. *Rev Soc cient Parag.* 2019;24(1):48-73. Doi: <https://doi.org/10.32480/rscp.2019-24-1.48-73>
2. Nakayama H, Cantero I, Mussi C. Manual de aclimatación de Cola de Caballo *Equisetum giganteum*. Asunción: Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT); 2021. Disponible en: <https://cettri.una.py/wp-content/uploads/2024/04/MANUAL-Cola-de-caballo.pdf>
3. Benítez B, Cañiza B, Céspedes G, De Egea R, Degen R, Delmás G, Duré R, Esquivel P, Mereles F, Peña C, Rolón C. Plantas Acuáticas y Palustres del Paraguay. *Rojasiana.* 2005, Serie Especial 2(1). Disponible en: <https://www.wwf.org.py/?329874/Plantas-Acuaticas-y-Palustres-del-Paraguay>
4. Freizen V. Plantas medicinales del Gran Chaco. San Lorenzo, Paraguay. 2017; 127 p.

5. Chavéz W, Ramos Y. Efecto antibacteriano del extracto acuoso *Equisetum Giganteum* L. "Cola de Caballo", frente a *Staphylococcus epidermidis*. [Trabajo de grado]. Huancayo: Universidad Roosevelt; 2021. Disponible en: <https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/handle/20.500.14140/442>
6. Freizen V. Plantas medicinales del Gran Chaco. San Lorenzo, Paraguay. 2017; 127 p.
7. Ministerio de Medio Ambiente. Resolución N° 470/19 por la cual se actualiza el listado de Especies Protegidas de la Flora Silvestre Nativa del Paraguay; 2019. Disponible en: <http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/10/Resolucion-470-de-fecha-29-de-agosto-de-2019.pdf>
8. Bloodnick E. Control de algas en sustratos. PT Growers and Consumers; 2014. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/control-de-algas-en-sustratos>
9. Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, Geneve RL. Plant propagation: principles and practices. 8 ed. USA: Prentice Hall. 2011; 915 p.
10. Umansky SI, Schroeder MA, Dirchwolf PM. Protocolo de la propagación vegetativa de *Aloysia polystachya* (Griseb.) Moldenke (burrito). Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2018; 23(2): 1-12. Disponible en: <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/620/306>
11. Currillo N, Carrera B, Villa W, Avilés A. Reproducción asexual del laurel (*Cordia alliodora*) bajo la aplicación de dos enraizantes y dos sustratos. Revista de Producción, Ciencias e Investigación. 2022; 6(45): 16-22. Disponible en: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.pp16-22>
12. Mesén F. Establecimiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Serie Técnica, Manual Técnico. 2018; 41 p.
13. López J, Sanzetenea E, Alemán F. Propagación vegetativa mediante estaquillado de olivo (*Olea europea* L.) procedente de Cochabamba. 2022; (65): 24-33. Disponible en: <cifumss.agro.bo/rev-agric/contenido/rev65-3.pdf>
14. Solís C, Jiménez V, Arias J. Propagación asexual de azul de mata (*Justicia tinctoria* (oerst.) D. N. Gibson, Fam. Acanthaceae) por medio de estacas. Revista agronomía costarricense. 2015; 39(2): 91-104. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/436/43642603007/html/>