

Factores que afectan el enraizamiento adventicio y brotación en estacas de *Hyptis australis* (Lamiaceae)

Factors affecting adventitious rooting and sprouting in *Hyptis australis* (Lamiaceae) cuttings

María Rita Ríos ¹

<https://orcid.org/0000-0002-1961-9896>
riosmariax@gmail.com

Sandra Patricia Rocha ¹

<https://orcid.org/0000-0002-8698-843X>
procha910@gmail.com

Fernando Niella ¹

<https://orcid.org/0000-0002-3454-3033>
fernandoniella@gmail.com

Héctor Alejandro Keller ^{1,2}

<https://orcid.org/0000-0002-1797-9492>
kellerhector@hotmail.com

Evelyn Raquel Duarte* ¹

<https://orcid.org/0000-0003-3331-4447>
evelynduarte1982@gmail.com

*Corresponding author

1 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina.

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires Argentina.

Citación

Ríos MR, Rocha SP, Niella F, Keller HA, Duarte ER. 2022. Factores que afectan el enraizamiento adventicio y brotación en estacas de *Hyptis australis*. Revista peruana de biología 29(1): e20809 001- 008 (Marzo 2022). doi: <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i1.20809>

Presentado: 17/07/2021

Aceptado: 05/12/2021

Publicado online: 15/03/2022

Editor: Leonardo Romero

Resumen

Hyptis australis es una especie de la familia Lamiaceae, endémica del Bosque Atlántico, cuyo estado de conservación es crítico y se desconoce aún sus beneficios potenciales para el ecosistema y la sociedad. Con fines de rescate y conservación (*ex situ/in situ*), se plantea como necesidad, generar un protocolo de propagación vegetativa para facilitar y aumentar la disponibilidad de plantas. Con este objetivo, se estudiaron factores como el tipo de sustrato, tipo de estaca y hormona. Se utilizaron plantas de un año de edad, obtenidas de semillas cosechadas de las plantas ubicadas en la región sur de la provincia de Misiones (Argentina). Estacas apicales y subapicales fueron utilizadas en dos ensayos, en el primero se estudió la factibilidad de inducir raíces adventicias en los sustratos corteza de pino, arena y perlita. En el segundo ensayo, se evaluó la inducción de rizogénesis en estacas tratadas durante 30 minutos con una solución de 100 mg.kg⁻¹ de ácido naftalenacético (ANA) o ácido indolbutírico (AIB) en corteza de pino. Los mejores resultados se obtuvieron en el sustrato arena y en las estacas terminales. El ANA fue la hormona que generó mayor porcentaje de estacas apicales (80.00±14.14 %) y subapicales (84.00±16.73 %) con raíces. En las estacas subapicales el porcentaje de brotación fue mayor en ambos experimentos. La probabilidad de que una estaca de *H. australis* desarrolle raíces adventicia depende del tipo de sustrato, pero la adición de ANA mejora notablemente el porcentaje de enraizamiento.

Abstract

Hyptis australis is a species of the Lamiaceae family, endemic to the Atlantic Forest, whose conservation status is critical and its potential benefits for the ecosystem and society are still unknown. For rescue and conservation purposes (*ex situ/in situ*), the need arises to generate a vegetative propagation protocol to facilitate and increase the availability of plants. With this objective, factors such as the type of substrate, type of stake and hormone were studied. One-year-old plants were used, obtained from seeds harvested from plants located in the southern region of the province of Misiones (Argentina). Apical and subapical cuttings were used in two trials, the first studied the feasibility of inducing adventitious roots in pine bark, sand and perlite substrates. In the second test, the induction of rhizogenesis was evaluated in cuttings treated for 30 minutes with a solution of 100 mg.kg⁻¹ of naphthalenacetic acid (ANA) or indole butyric acid (IBA) in pine bark. The best results were obtained in the sand substrate and in the terminal stakes. ANA was the hormone that generated the highest percentage of apical cuttings (80.00±14.14%) and subapical (84.00±16.73%) with roots. In the subapical cuttings the sprouting percentage was higher in both experiments. The probability that an *H. australis* cuttings will develop adventitious roots depends on the type of substrate, but the addition of ANA notably improves the rooting percentage.

Palabras claves:

Lamiaceae; estacas; enraizamiento; auxinas; propagación asexual.

Keywords:

Lamiaceae; cuttings; rooting; auxins; asexual propagation.

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>) que permite Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato), Adaptar (remezclar, transformar y construir a partir del material) para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Introducción

Juntamente con *Salvia*, *Hyptis* es uno de los géneros más importante de la familia Lamiaceae, se caracteriza por poseer especies altamente aromáticas y de usos medicinales. En América, se encuentran la mayoría de las especies de *Hyptis* distribuyéndose desde Norteamérica hasta Argentina, existiendo unas pocas especies en otras regiones tropicales y subtropicales (Harley 1988). Varias especies de *Hyptis* presentan aceites esenciales y sustancias con compuestos bioactivos, antimicrobiana, antifúngica, citotóxica, antiinflamatoria, anti-HIV, anticancerígenas, antioxidantes, neuroprotectora e insecticida (Xu et al. 2013; Ghaffari et al. 2014). Razón por la cual en diversos países del mundo tienen un amplio uso medicinal como tratamiento de afecciones respiratorias, gastrointestinal, ginecológico, fiebre, dolor de cabeza, trastornos renales y lesiones en la piel (Li et al. 2020). Además, recientes estudios demostraron que de *Hyptis* se pueden obtener sustancias con un alto potencial terapéutico que pueden tratar patógenos bacterianos o virales como el SARS-CoV2 (Mishra et al. 2021).

Hyptis australis es una hierba perenne de 30-50 cm de alto con hojas pecioladas y pubescentes como sus tallos, sus flores están dispuestas en inflorescencia capítulo (Epling 1949), es uno de los 47 taxones endémicos de Misiones, y se encuentra en peligro crítico de extinción principalmente por la pérdida de hábitat (Zanotti et al. 2020). Crece en sabanas arboladas sobre afloramientos de arenito o sobre arenisca desarrollada en el Paraje Teyú Cuaré y un ejemplar tipo fue recolectado en 1914 por el escritor uruguayo Horacio Quiroga, quien vivió en dicha localidad (Keller & Tressens 2016). Se reproduce sexualmente por medio de semillas (Duarte et al. 2019), pero las especies del género *Hyptis* también tienen capacidad de propagarse vegetativamente por estacas (Oliveira et al. 2011). Sin embargo, la información existente de esta especie es escasa y existe un alto desconocimiento acerca de su biología reproductiva, que permita facilitar su reproducción con fines de conservación; ya sea por su importancia ecológica, así como para estudiar posibles usos de la especie.

La estrategia global de conservación de diversidad vegetal propone generar mecanismos de propagación para conservar especies en peligro, en este sentido, la propagación vegetativa por estacas es una técnica que puede utilizarse para el rescate y conservación *ex situ* de plantas amenazadas (Acosta Ramos et al. 2010), sobre todo cuando se presentan problemas con la germinación y conservación de las semillas (Foladori Invernizzi et al. 2021). Sin embargo, para que la utilización de esta técnica sea efectiva, primero se deben generar protocolos, teniendo en cuenta que el enraizamiento de estacas está influenciado por varios factores tales como el tipo y posición de la estaca, el sustrato, la hormona y dosis utilizada (Bezerra Carvalho et al. 2015, Vaca Molina 2015). El sustrato porque debe brindar soporte, nutrientes, humedad y aireación (Olivo & Buduba 2006), las hormonas, porque regulan el desarrollo y crecimiento de las plantas (Chambilla 2018) y el tipo y posición de estaca por

la concentración endógena de hormonas y la estructura anatómica (Ruiz García et al. 2005, Maia et al. 2008).

Con la finalidad de proporcionar un protocolo de propagación vegetativa de *H. australis* a modo de contribuir con su conservación, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de rizogénesis adventicia y brotación en estacas apicales y subapicales de *H. australis*, en diferentes sustratos (arena, perlita y corteza de pino). Además, estudiar el efecto de la adición exógenas de las auxinas ácido naftalenacético y ácido indolbutírico sobre el desarrollo de raíces y brotes.

Material y métodos

El experimento fue llevado a cabo en un invernáculo de polietileno perteneciente a las instalaciones del Laboratorio de Propagación Vegetativa, Domesticación y Conservación de Recursos fitogenéticos de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones en la ciudad de Eldorado (Misiones, Argentina), durante los meses de otoño.

Para la producción de plantas madre se cosecharon semillas de plantas de *H. australis* que crecen en el paraje Teyú Cuaré (27°16'54"S latitud y 55°35'29"W longitud), ubicado en la provincia de Misiones, estas fueron identificadas por el doctor Héctor Keller y una muestra fue depositada en el herbario CTES de la ciudad de Corrientes (Argentina), voucher H. A. Keller 13275. Posteriormente fueron germinadas en corteza de pino (Fig. 1 A) y al cabo de un mes se trasplantaron las plantas madre en macetas de 2000 cm³, con corteza de pino (Fig. 1 B) y después fueron fertilizadas con fertilizante granulado NPK cada 6 meses y mantenidas en invernáculo de polietileno durante 1 año con riego automático por micro-aspersión, manteniendo una humedad relativa del 80 – 90 % y una temperatura media del 24 – 27 °C.

De las plantas madre se seleccionaron estacas apicales y subapicales de 15 cm de longitud con 3 o 4 nudos, eliminándose la mayor cantidad de hojas, dejando solo un tercio de las dos hojas superiores más el ápice en el caso de las estacas apicales, con las cuales se realizaron 2 experimentos.

Experimento 1: Efecto de los sustratos. - Las estacas apicales y subapicales, inmediatamente después de la cosecha, fueron plantadas de a una por contenedor en bandejas de plásticos con 25 contenedores de 150 cm³, con diferentes sustratos: arena, perlita o corteza de pino y todas suplementadas con fertilizante granulado complejo NPK de liberación lenta en una dosis de 3 g.L⁻¹.

Experimento 2: Efecto de las auxinas. - Las estacas apicales y subapicales fueron sumergidas por la parte basal, en una solución acuosa de 100 mg.kg⁻¹ de ácido naftalenacético (ANA) y otro en ácido indolbutírico (AIB), ambos durante 30 minutos y posteriormente plantadas de a una por contenedor en bandejas de plásticos con contenedores de 150 cm³, con sustrato de corteza de pino suplementado con fertilizante granulado complejo NPK de liberación lenta en una dosis de 3 g.L⁻¹. Para el tratamiento

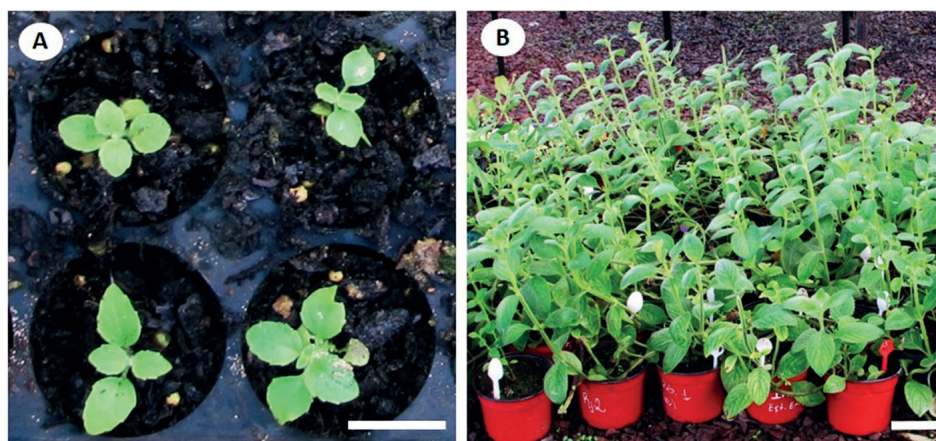


Figura 1: Plantas madres obtenidas de semillas. Plántulas de 15 días de edad (A). Plantas de 7 meses de edad. La barra indica 2 cm en (A) y 10 cm en (B).

testigo las estacas fueron mantenidas en agua destilada por 30 minutos, previo a su colocación en el sustrato.

Las bandejas de ambos experimentos permanecieron durante 30 días dentro de un invernáculo de polietileno, con las características antes mencionadas.

Diseño experimental y análisis estadístico. - Los experimentos fueron desarrollados con un diseño experimental completamente aleatorizado, con una distribución factorial de los tratamientos en un sistema de 2 (estaca apical y subapical) por 3 (sustrato) y por 2 (tipo de auxina), con 5 unidades experimentales distribuidas en 5 repeticiones, totalizando 25 estacas por tratamiento en ambos experimentos. Transcurridos los 30 días se procedió a evaluar el número de estacas con raíces en porcentaje, el número de raíces primarias, la longitud de raíces (cm), número de estacas con brotes en porcentaje, número y longitud de brotes (cm). Las variables de longitud fueron medidas con una regla de graduación hasta el milímetro sobre un papel milimétrico y en el caso de la longitud de raíces se midieron la raíz más pequeña, una intermedia y la más larga por estaca. Los datos fueron transformados siguiendo la metodología Muñoz y Molina (2016), a continuación se realizó la comprobación de normalidad con el test de Shapiro-Wilk modificado y de homocedasticidad por medio de la prueba de Levene, luego fueron sometidos a un análisis de variancia (ANDEVA) y comparados sus medias por medio del test de Tukey con un nivel de confianza de 0.05 utilizando el software INFOSTAT (Di Rienzo et al. 2020).

Resultados

Efecto del sustrato. - Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0067$) en la variable porcentaje de enraizamiento en los distintos sustratos, pero no así entre los distintos tipos de estacas. La arena manifestó los mejores porcentajes de enraizamiento en las estacas apicales con un $84.00 \pm 16.73\%$ de estacas enraizadas, mientras que en la perlita y corteza de pino los mayores porcentajes de enraizamiento se observaron en las estacas subapicales (Tabla 1). Por otro lado, la corteza de pino, fue el sustrato que presentó menor porcentaje de estacas enraizadas, pero en el número de raíces por estacas no manifestó diferencias significativas con el tratamiento con arena. En la variable longitud de raíces se observó diferencias significativas en el tratamiento compuesto por perlita en ambos tipos de estacas, en relación con los otros sustratos. En cuanto a la interacción de los factores sustrato y tipo de estaca, el análisis de variancia no mostró diferencias significativas.

Con respecto a las variables de brotación se observó diferencias significativas en el porcentaje de brotación ($p = 0.0019$) y longitud de brotes ($p = 0.0089$) entre los sustratos y tipos de estacas, en tanto que el número de brotes no fue afectado por los distintos tratamientos. Las estacas subapicales fueron las que presentaron mayor capacidad de brotación y longitud de brotes en los diferentes sustratos, pero la arena y la perlita demarcaron los mejores valores (Tabla 2, Fig. 2A-C). Por otro lado al igual que el porcentaje de enraizamiento no hubo interacción entre los sustratos y los tipos de estacas.

Tabla 1: Efecto de los diferentes sustratos y tipo de estaca sobre el porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces. Valores medios \pm el desvío estándar con un $n = 5$. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$, Test de comparaciones múltiples de Tukey).

Sustratos	Estacas	Enraizamiento (%)	N° de raíces	Long. Raíces (cm)
Arena	Apical	84.00 \pm 16.73 a	8.11 \pm 4.42 a	2.51 \pm 0.66 b
Arena	Subapical	76.00 \pm 16.73 ab	5.09 \pm 1.79 ab	1.84 \pm 0.82 b
Perlita	Apical	64.00 \pm 26.07 ab	2.19 \pm 0.89 b	4.07 \pm 2.42 a
Perlita	Subapical	72.00 \pm 22.80 ab	1.94 \pm 0.98 b	5.48 \pm 1.56 a
Corteza	Apical	40.00 \pm 14.14 b	5.70 \pm 1.60 ab	2.58 \pm 1.01 b
Corteza	Subapical	44.00 \pm 16.73 b	3.97 \pm 2.42 ab	2.80 \pm 0.79 b

Tabla 2: Efecto de los diferentes sustratos y tipo de estaca sobre el porcentaje de brotación, número de brotes y longitud de brotes. Valores medios \pm el desvío estándar con un $n = 5$. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$, Test de comparaciones múltiples de Tukey).

Sustratos	Estacas	Brotación (%)	Nº de brotes	Long. brotes (cm)
Arena	Apical	64.00 \pm 35.77 ab	3.75 \pm 1.19 a	2.33 \pm 1.26 ab
Arena	Subapical	88.00 \pm 10.95 a	2.74 \pm 0.22 a	5.24 \pm 1.21 a
Perlita	Apical	36.00 \pm 26.07 b	1.87 \pm 1.50 a	1.60 \pm 1.80 b
Perlita	Subapical	84.00 \pm 16.73 a	2.68 \pm 0.49 a	3.78 \pm 1.70 ab
Corteza	Apical	28.00 \pm 17.89 b	2.10 \pm 1.43 a	1.92 \pm 1.23 b
Corteza	Subapical	44.00 \pm 29.66 ab	2.03 \pm 1.19 a	2.38 \pm 1.87 ab



Figura 2. Enraizamiento en los diferentes sustratos. Estacas con y sin ápice en el tratamiento arena (A), en perlita (B) y en Corteza de pino (C). La barra negra indica 2 cm.

Efecto de las auxinas. - En el segundo experimento, se observó que el tipo de auxina utilizada afecta significativamente el porcentaje de enraizamiento ($p = 0.0001$) en ambos tipos de estacas, sin embargo, no se manifestó interacción ($p = 0.3910$) entre los factores estudiados. Por otro lado, el número y longitud de raíces tienen una tendencia a disminuir en las estacas subapicales. Los mejores resultados se presentaron en los tratamientos donde las estacas fueron tratadas con ANA con diferencias altamente significativas sobre los demás tratamientos en el porcentaje de enraizamiento, en tanto que la longitud de raíces no hubo diferencias estadísticas (Tabla 3 Fig. 3A). Contrariamente las estacas del tratamiento con AIB

(Fig. 3B) manifestaron los menores valores conjuntamente con las del tratamiento de corteza de pino.

El porcentaje de brotación en el análisis de variancia mostró diferencias significativas en cuanto al tipo de auxina ($p = 0.0001$) y estaca ($p = 0.0017$) utilizada, asimismo se observó que la interacción ($p = 0.0068$) entre las auxinas y el tipo de estacas afectó de manera significativa sobre el porcentaje de brotación, pero las estacas subapicales desarrollaron mayor número y longitud de brotes, aunque sin diferencias significativas con las estacas apicales. Por otro lado, cuando las estacas subapicales fueron tratadas con ANA hubo una mayor cantidad de estacas con brotes con una longitud promedio de 3.39 ± 0.52

Tabla 3: Efecto de las auxinas y tipo de estaca sobre el porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces. Valores medios \pm el desvío estándar con un $n = 5$. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$, Test de comparaciones múltiples de Tukey).

ANA (mg.Kg ⁻¹)	AIB (mg.Kg ⁻¹)	Estacas	Enraizamiento (%)	Nº de raíces	Long. Raíces (cm)
0	0	Apical	32.00 \pm 17.89 b	4.20 \pm 3.82 bc	2.04 \pm 1.23 b
0	0	Subapical	32.00 \pm 22.80 b	2.70 \pm 2.86 c	1.63 \pm 1.83 b
100	0	Apical	80.00 \pm 14.14 a	11.17 \pm 2.69 a	7.67 \pm 4.92 a
100	0	Subapical	84.00 \pm 16.73 a	8.81 \pm 1.70 ab	3.76 \pm 0.76 ab
0	100	Apical	32.00 \pm 17.89 b	4.80 \pm 3.42 bc	3.39 \pm 1.87 ab
0	100	Subapical	16.00 \pm 8.94 b	4.20 \pm 2.77 bc	1.40 \pm 1.21 b

cm (Tabla 4). Es importante destacar que las estacas durante el periodo de ensayo no manifestaron enfermedades producidas por patógenos, solamente una necrosis de tejidos en la base de la estaca y en algunas hojas del tratamiento con AIB (Fig. 3B).

Discusión

Efecto del sustrato. - En este estudio al igual que el de Becerra Carvalho et al. (2015) en *H. pectinata* se comprobó que el tipo de sustrato tiene un efecto directo sobre el porcentaje de enraizamiento. Asimismo, se observó que uno de los sustratos que facilita la propagación vegetativa de estacas de *H. australis* fue la arena, efecto que también fue observado por Da Silva et al. (2012) en estacas de posición media de *Hyptis suaveolens* (L.). La arena es un sustrato ampliamente utilizado en la propagación vegetativa de plantas (Maia et al. 2008, Mendes Costa et al. 2015), principalmente por ser económico y de fácil disponibilidad (Soudre et al. 2011), pero además presenta alta densidad, drenaje rápido, baja porosidad y resistencia, lo que facilita el crecimiento de las raíces, por lo tanto es altamente recomendable en la propagación vegetativas de muchas especies (López Acosta et al. 2008, Francisco et al. 2015, Goñas et al. 2018).

Aguiar et al. (2017), en cambio no encontraron diferencias significativas sobre el porcentaje de enraiza-

miento entre la arena y los demás sustratos analizados en estacas de *Rosmarinus officinalis* L., siendo indiferente la inducción de raíces adventicias en los diferentes sustratos. Por lo tanto, para que un sustrato sea considerado de buena calidad se debe tener en cuenta tanto las características del mismo, como de la especie que se desea propagar (Gerding et al. 1996).

Otro sustrato que demarcó buenos resultados en las variables de enraizamiento fue la perlita, el cual pudo deberse a las características del sustrato como porosidad, capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, que facilitan el desarrollo de raíces (Burgos 2004, Anicua Sánchez et al. 2009). Por otro lado, la corteza de pino fue el sustrato con menor productividad de estacas enraizadas, efecto manifestado tal vez por sus propiedades físicas e hidrofísicas que lo caracterizan como uno de los materiales orgánico menos apropiados como sustrato, a pesar de presentar un pH ácido y ser fácilmente disponible porque provienen de desechos de la industria forestal. La alta porosidad que posee genera que el agua disponible para la planta esté presente en bajas proporciones, requiriendo de riegos frecuentes para evitar la deshidratación de la planta (Zapata et al. 2005, Sánchez Córdova et al. 2008). Sin embargo, a pesar de los bajos porcentajes de enraizamiento en el sustrato corteza de pino, el número y longitud de raíces no mostraron diferencias sig-

Tabla 4: Efecto de las auxinas y tipo de estaca sobre el porcentaje de brotación, número de brotes y longitud de brotes. Valores medios \pm el desvío estándar con un $n = 5$. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$, Test de comparaciones múltiples de Tukey).

ANA (mg.Kg ⁻¹)	AIB (mg.Kg ⁻¹)	Estacas	Brotación (%)	Nº de brotes	Long. brotes (cm)
0	0	Apical	12.00 \pm 10.95 c	1.40 \pm 1.34 a	0.35 \pm 0.33 b
0	0	Subapical	60.00 \pm 14.14 a	2.28 \pm 0.77 a	2.42 \pm 1.02 ab
100	0	Apical	52.00 \pm 22.80 ab	1.97 \pm 0.58 a	2.13 \pm 1.32 ab
100	0	Subapical	72.00 \pm 10.95 a	2.82 \pm 0.34 a	3.39 \pm 0.52 a
0	100	Apical	20.00 \pm 24.49 bc	2.00 \pm 1.98 a	2.37 \pm 2.23 ab
0	100	Subapical	16.00 \pm 8.94 c	3.20 \pm 2.59 a	2.25 \pm 1.60 ab

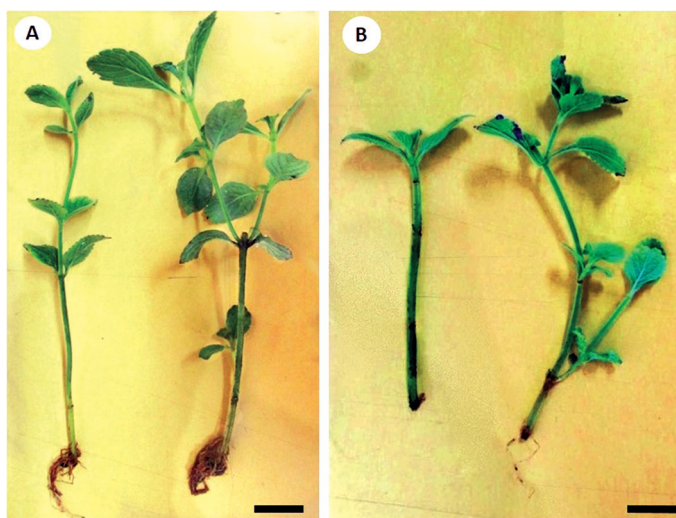


Figura 3. Enraizamiento de estacas de *Hyptis australis*. Estacas con y sin ápice en corteza de pino tratadas con ANA (A). Estacas con y sin ápice tratadas con AIB (B). La barra indica 3 cm en (A) y 2 cm en (B).

nificativas con el sustrato arena. La perlita en cambio fue el sustrato que indujo menor cantidad de raíces, pero de mayor longitud, lo cual podría haber sido ocasionado por la pérdida o lixiviación del fertilizante, ya que sustratos con baja disponibilidad de nutrientes afectan la longitud de las raíces (Da Silva et al. 2012).

El tipo de sustrato también afectó el desarrollo de brotes en las estacas, manifestándose los valores más sobresalientes en los sustratos perlita y arena en el porcentaje de brotación y longitud de brotes, mientras el número de brotes no fue influenciado por el tipo de sustrato. La variable brotación en las estacas es de suma importancia en la propagación asexual de especies vegetales porque el desarrollo de hojas genera una mayor producción de fotoasimilados y síntesis de auxinas, fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las raíces adventicias y de la planta en general (Becerra Carvalho et al. 2015).

La brotación de estacas es influenciada por el tipo de sustrato y la posición de estas en la planta madre (Becerra Carvalho et al. 2015), efecto comprobado en este estudio. En contraste las variables de enraizamiento no tuvieron una incidencia positiva correlacionada con la posición de la estaca.

Otros autores sin embargo indicaron que el tipo de estaca en especies del género *Hyptis* tienen una influencia positiva sobre el enraizamiento (Maia et al. 2008). En este sentido estacas de posición media de *Hyptis pectinata* y *Hyptis suaveolens* mostraron diferencias significativas respecto de las apicales y basales en el porcentaje de enraizamiento (Maia et al. 2008, Becerra Carvalho et al. 2015). En cambio, De Lima et al. (2006) y Fachinello, (2005), determinaron que las estacas apicales están más predispuesta al desarrollo de raíces adventicias que las estacas con mayor grado de lignificación. Sin embargo las estacas apicales, presentan mayor mortalidad por deshidratación, atribuido a su menor grado de lignificación, a pesar de tener condiciones fisiológicas más apropiadas.

Efecto de las auxinas. - Los resultados de este estudio mostraron que el tipo de hormona influye significativamente sobre el desarrollo de raíces y brotes de las estacas de *H. australis*. Si bien la hormona sintética más utilizadas en la inducción de raíces adventicias es la auxina AIB, porque es más estable en el tiempo, no es tóxica aún en altas concentraciones y es más efectiva en numerosas especies (Hartmann et al. 2014). Sin embargo, los resultados del presente estudio demostraron que el ANA fue la hormona que afectó positivamente el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *H. australis* cuando se utiliza como sustrato la corteza de pino.

Por otro lado, las estacas tratadas con AIB manifestaron los más bajos porcentajes de enraizamiento y brotación incluso que el testigo, convirtiéndose en el tratamiento menos efectivo para inducir raíces adventicias en estacas *H. australis* en las condiciones estudiadas. Esto, podría relacionarse con el hecho de que el AIB puede tener un efecto tóxico en estacas herbáceas (Hartmann et al. 2014). Contrario a estos resultados, Oliveira et al. (2011), observaron que en las estacas apicales y subapicales de

H. leucocephala y estacas basales de *H. platanifolia* la dosis más alta de AIB (4000 mg.L⁻¹), fue la que presentó los mejores porcentajes de enraizamiento y concluyeron que el uso de concentraciones de 2000 a 4000 mg.L⁻¹ de AIB son apropiadas para la propagación vegetativa de esas especies. De Bona et al. (2012) en cambio determinaron que la adicción de diferentes dosis AIB no generó diferencias significativas en el desarrollo de raíces adventicias en estacas de *Lavandula angustifolia* con respecto al tratamiento testigo. En consecuencia, la adición exógena de auxinas para inducir rizogénesis adventicias tendría respuestas variables que serían dependientes de la especie, genotipo, sustrato, tipo de estaca y de las concentraciones endógenas de las hormonas de estas plantas (Oliveira et al. 2011, de Bona et al. 2012, Hartmann et al. 2014, Becerra Carvalho et al. 2015).

Por otra parte, la brotación demarcó una correlación significativa entre el tipo de hormona y el tipo de estaca, siendo las subapicales la más influenciada por la adición exógena de ANA. La incorporación de auxinas como el AIB y el ANA influyen notablemente sobre desarrollo de brotes y esta inducción es afectada directamente por el tipo y posición de la estaca utilizada (Boschini Figueroa & Rodríguez 2002, Ramírez Villalobos & Urdaneta Fernández 2017).

Conclusión

Hyptis australis es una especie que enraíza sin necesidad de la adición exógena de auxinas, pero esta capacidad puede ser alterada por el tipo de sustrato, independientemente del tipo de estaca que se utilice. El ácido naftalenacético es una hormona efectiva para inducir raíces y brotes, de *H. australis* en sustratos que inhiben la rizogénesis adventicia como la corteza de pino.

Literatura citada

- Acosta Ramos Z, Oliva LG, & Carbó RN. 2010. Propagación exitosa de 15 especies vegetales cubanas endémicas y amenazadas en el Jardín Botánico de Pinar del Río. *Revista ECOVIDA* 2 (2): 13-18.
- Aguiar DM, Fernandes A de J, Furlan MR. 2017. Propagação assexuada do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). *Revista Eletrônica Thesis* 27: 12-26.
- Anicua Sánchez R, Gutiérrez Castorena M, Sánchez García P, Ortiz Solorio C, Volke Halle VH, & Rubiños Panta JE. 2009. Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura técnica en México* 35 (2): 147-156.
- Becerra Carvalho JS, Nunes MFPN, Campos GPA, & Goes MDCC. 2015. Influência de diferentes tipos de estacas e sustratos na propagação vegetativa de *Hyptis pectinata*. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 14 (1): 89-91.
- Boschini Figueroa C, & Rodríguez AM. 2002. Inducción del crecimiento en estacas de morera (*Morus alba*), con ácido indol butírico (AIB). *Agronomía Mesoamericana* 13 (1): 19-24. <https://doi.org/10.15517/am.v13i1.13229>
- Burgos AM, López AE, & Cenóz PJ. 2004. Propagación del Anís de Campo Ocimum selloi (Lamiaceae) por medio de esquejes. *Agrotecnia* (13): 12-16. <http://dx.doi.org/10.30972/agr.013445>

- Chambilla LGQ. 2018. Efecto de las hormonas de enraizamiento en esquejes de álamo (*Populus deltoides*) bajo riego por capilaridad. *Aphthasi* 4 (1): 1009-1020.
- Da Silva RC, Maia SS, de Paiva EP, da Silva AC, Coelho MFB, & da Silva FN. 2012. Efeito da composição de substratos no enraizamento de estacas de *Hyptis suaveolens* (L.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7 (2): 219-225. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i3a1245>
- De Bona CM, Masetto MAM, Deschamps C, & Biasi LA. 2012. Rooting induction of different *Lavandula angustifolia* accessions by auxin application. *Semina: Ciências Agrárias* 33 (1): 175-182. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p175>
- De Lima RDLSD, Siqueira DLD, Weber OB, & Cazetta JO. 2006. Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28 (1): 83-86. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100024>
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, & Robledo CW. 2020. InfoStat, versión 2020, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://www.infostat.com.ar/>
- Duarte ER, Schamne DR, & Keller HA. 2019. estudio morfofisiológico de semillas y plántulas en *Hyptis australis* EPL. (Lamiaceae). *Revista Forestal Yvyretá* 27: 30-36.
- Epling, C. 1949. Revisión del género *Hyptis* (Labiatae). *Revista del Museo de la Plata*. 6 (30): 153-498
- Fachinello JC. 2005. Propagação vegetativa por estaquia. Em Hoffmann A & Nachtigal JC (Eds.) *Propagação de plantas frutíferas*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 69-100.
- Foladori Invernizzi S, de Almeida Maggioni R, & Zuffellato Ribas KC. 2021. Estado da arte da propagação vegetativa por estaquia de espécies arbustivo-arbóreas. *Revista Eletrônica Científica Da UERGS* 7 (1): 50-63. <https://doi.org/10.21674/2448-0479.71.50-63>
- Francisco JP, José JV, de Sousa-Andrade IP, Folegatti MV, & Marques PAA. 2015. Qualidade de mudas de manjericao (*Ocimum basilicum* L.) em casa de vegetação submetida a diferentes substratos e concentração de ácido indolbutírico. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 8 (2): 401-419. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n2p401-419>
- Gerding V, Hermosilla ME, & Grez R. 1996. Substratos de corteza compostada para la propagación vegetativa de estacas de tallo de *Podocarpus nubigena* Lindl, y *Eucryphia cordifolia* Cav. *Bosque* 17 (2): 57-64. <https://doi.org/10.4206/bosque.1996.v17n2-06>
- Ghaffari H, Ghassam BJ, Chandra Nayaka S, Ramachandra Kini K, Prakash HS. 2014. Antioxidant and Neuroprotective Activities of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Against Oxidative Stress-Induced Neurotoxicity. *Cell Mol Neurobiol.* 34(3):323-331. <https://doi.org/10.1007/s10571-013-0016-7>
- Goñas MG, Contreras LDPJ, Inga MA, & Espinoza STL. 2018. Efecto de tipos y dosis de substratos en la propagación sexual y asexual de mozgal (*Cavendishia bracteata* (Ruiz y Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold) bajo condiciones de vivero, en Pomacochas, provincia de Bongará, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* 2 (1): 65-71. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20181.386>
- Harley RM. 1988. Revision of generic limits in *Hyptis* Jacq. (Labiatae) and its allies. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 98 (2): 87-95. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1988.tb01697.x>
- Hartmann T, Kester DE, Davies Jr. FT, Geneve RL. 2014. *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*. Eighth Edition. Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall.
- Keller HA, & Tressens SG. 2016. *Hedeoma teyucuaensis* (Lamiaceae), a new species from Misiones, Argentina. *Darwiniana, nueva serie* 4 (1): 5-11. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2016.41.692>
- Li R, Tang G, Liu X, Li J, Wang D, Ji S. 2020. An ethnopharmacological review of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 19(7):1541-1550. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v19i7.29>
- López Acosta FJL, Tenjo NRG, Fischer G, & Lasprilla DM. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* 61 (1): 4347-4357.
- Maia SS, Pinto JEB, Da Silva FN, & Oliveira C. 2008. Enraizamento de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae) em função da posição da estaca no ramo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 3 (4): 317-320. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v3i4a330>
- Mendes Costa E, Loss A, Pereira HPN, & Almeida JF. 2015. Enraizamento de estacas de *Bougainvillea spectabilis* Willd. com o uso de ácido indolbutírico. *Acta Agronômica* 64 (3): 221-226. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n3.42970>
- Mishra P, Sohrab S, Mishra SK. 2021. A review on the phytochemical and pharmacological properties of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 7(1):65. <https://doi.org/10.1186/s43094-021-00219-1>
- Oliveira LM, Nepomuceno CF, Freitas NP, Pereira DMS, Silva GC, & Lucchese, A. M. 2011. Vegetative propagation of *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. and *Hyptis plantifolia* Mart. ex Benth. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais Botucatu* 13 (1): 73-78. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000100011>
- Olivo VB, & Buduba CG. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque (Valdivia)* 27 (3): 267-271. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002006000300007>
- Ramírez Villalobos MDC, & Urdaneta Fernández AS. 2017. Efecto de tratamientos auxínicos en el enraizamiento de dos especies de *Malpighia* mediante la técnica de acodo aéreo. *Pastos y forrajes* 40 (2): 96-101.
- Ruiz García R, Vargas Hernández JJ, Cetina Alcalá VM, & Villegas Monter Á. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28 (4): 319-326.
- Sánchez Córdova T, Aldrete A, Cetina Alcalá VM, & López Upton J. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y bosques* 14 (2): 41-49. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1421211>
- Soudre M, Mueras L, Limache A, Guerra H, Mesen F, & Perez F. 2011. Propagación vegetativa de tornillo Cedrelinga cateniformis (ducke) mediante enraizamiento de estacas juveniles en propagador de subirrigación. *Folia Amazónica* 20 (1-2): 83-94. <https://doi.org/10.24841/fa.v20i1-2.334>

- Vaca Molina M. 2015. Micro macropropagación de *Mentha arvensis* L. *Revista Bio Ciencias* 3 (3): 208-219. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.03.07>
- Xu D-H, Huang Y-S, Jiang D-Q, Yuan K. 2013. The essential oils chemical compositions and antimicrobial, antioxidant activities and toxicity of three *Hyptis* species. *Pharmaceutical Biology*. 51(9):1125-1130. <https://doi.org/10.3109/13880209.2013.781195>
- Zanotti CA, Keller HA, & Zuloaga FO. 2020. Biodiversidad de la flora vascular de la provincia de Misiones, Región Paranaense, Argentina. *Darwiniana*, nueva serie 8 (1): 42-291. <http://dx.doi.org/10.14522/darwiniana.2020.81.878>
- Zapata N, Guerrero F, & Polo A. 2005. Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. *Agricultura Técnica* 65 (4): 378-387. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000400004>

Agradecimientos / Acknowledgments:

A la Facultad de Ciencias Forestales y al Laboratorio de Propagación Vegetativa por brindar las instalaciones necesarias e instrumental necesarios para llevar a cabo la investigación.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

ERD: Conceptualización. ERD y MRR: Investigación. ERD, SPR, FN y HAK Recursos. ERD y MRR: Análisis formal, Escritura- Preparación del borrador original. ERD, MRR, SPR, FN y HAK: Redacción: revisión y edición.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional de Misiones por el financiamiento otorgado a los proyectos "Diagnóstico poblacional de especies de plantas vasculares endémicas de Misiones y obtención de plantas madres para su reproducción" código SCTyP 1-111A02. "Propagación vegetativa de especies medicinales nativas de la Selva Paranaense en peligro de extinción" código 16/F177.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos. Se solicitó permiso de colecta en el sitio de la especie. Los autores declaran que no violaron ni omitieron normas éticas o legales en esta investigación.