

Aplicación de ácido alfa-naftalen acético en colinos de arracacha (*Arracacia xanthorriza* Bancroft)

Application of alpha-naphthalene acetic acid in arracacha (*Arracacia xanthorriza* Bancroft) suckers



YOMAIRA LINEY PINTO-ACERO¹

ÁLVARO ENRIQUE ALVARADO-GAONA²

JAVIER GIOVANNI ÁLVAREZ-HERRERA^{1, 3}

Plantación de arracacha en Boyacá,
Boyacá.
Foto: Y.L. Pinto-Acero

RESUMEN

En las zonas colombianas productoras de arracacha el aumento en la producción se ve limitado debido a que se da un manejo deficiente a la “semilla asexual” (colino), ya que no se realizan prácticas adecuadas de selección, desinfección y enraizamiento del colino, lo cual genera poca uniformidad en el desarrollo de las plántulas y pérdidas en calidad y producción. Por lo tanto, se evaluó el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de ácido alfa-naftalen acético (ANA) (0, 2, 4 y 6 mg L⁻¹) en colinos de arracacha, en los materiales Palirrusia, Paliverde y Yema de huevo en el municipio de Boyacá, departamento de Boyacá. Se usó un diseño de bloques completamente al azar bifactorial en donde el primer factor fue el material de arracacha y el segundo factor la dosis de ANA; se aplicaron 12 tratamientos con cuatro repeticiones para un resultado de 48 unidades experimentales, empleando cinco colinos por unidad experimental, 240 colinos en total. Las variables evaluadas tiempo de emisión de raíces, altura de planta, longitud de raíz, masa fresca y seca de raíces y número de hojas presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Los valores más altos se presentaron con la aplicación de la dosis de 2 mg L⁻¹ de ANA en los materiales Paliverde y Yema de Huevo, mientras que para el material Palirrusia los mejores resultados se observaron con la concentración de 4 mg L⁻¹ de ANA. Los resultados obtenidos para los tratamientos sin aplicación de ANA mostraron los valores más bajos en las variables tiempo de emisión de raíces, masa fresca, masa seca y longitud de raíz.

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

³ Autor de correspondencia. jgalvarezh@gmail.com.

Palabras clave adicionales: enraizamiento, colinos, fitohormonas, Paliverde, Palirrusia.

ABSTRACT

In the *Arracacia xanthorrhiza* producing areas of Colombia, the increase in production is limited because there is a deficient management of the "asexual seed" (sucker) since selection practices, disinfection and rooting of suckers are not carried out, which generates little uniformity in seedling growth and losses in quality and production. Therefore, the effect of the application of four doses of alpha-naphthalene acetic acid (ANA) (0, 2, 4 and 6 mg L⁻¹) was evaluated on *A. xanthorrhiza* seeds, for the Palirrusia, Paliverde and Yema de huevo materials in the municipality of Boyaca, in the department of Boyaca. A completely randomized bifactorial block design was used, wherein the first factor was the arracacha material and the second factor was the ANA doses. Twelve treatments were applied with four replicates for a result of 48 experimental units, using five suckers as an experimental unit, for a total of 240 suckers. The evaluated variables of time of root emission, plant height, root length, root fresh and dry weights and number of leaves showed significant differences between treatments. The highest values were registered with the application of a dose of 2 mg L⁻¹ of ANA in Paliverde and Yema de huevo seedlings, while for Palirrusia, the best results were observed with the dose of 4 mg L⁻¹ of ANA. All treatments without an ANA application showed the lowest values in the variables of root time emission, fresh weight, dry weight and root length.

Additional key words: rooting, suckers, phytohormones, Paliverde, Palirrusia.

Fecha de recepción: 18-07-2012

Aprobado para publicación: 28-11-2012

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Boyacá, de las 714 ha sembradas con arracacha, el 28% del área cultivada se encuentra en el municipio de Boyacá. Así mismo, el rendimiento promedio del municipio es superior en un 25% al establecido a nivel departamental, que es de solo 9.018 kg ha⁻¹, frente a los 12.000 kg ha⁻¹ obtenidos a nivel local (EOT, 2003).

En el municipio de Boyacá, el cultivo de arracacha se considera de gran importancia económica debido a que se adapta a las condiciones ambientales y ecológicas de la zona. Este cultivo se maneja en un sistema de producción estable, el cual requiere de un desarrollo tecnológico para generar materiales propagativos con mayor ren-

dimiento en las zonas productoras, lo que genera la búsqueda de nuevas alternativas, ya que su investigación es escasa. La estabilización de la producción se debe a que los productores utilizan la semilla que proviene de los mismos lotes, sin realizar de forma adecuada la selección, enraizamiento y desinfección de la misma, lo que reduce el rendimiento de las cosechas (EOT, 2003).

Estudios realizados en Brasil han concluido que el uso de la técnica de siembra de hijuelos pre-enraizados ha mostrado grandes beneficios, como la homogenización de las plantas en el campo y una alta calidad de las raíces comerciales, garantizando en consecuencia la mayor productividad

debido al establecimiento en campo del 100% de la población plantada (Dos Santos, 1998), por lo que el uso de hormonas que favorezcan el crecimiento de las raíces toma importancia.

Salisbury y Ross (2000) mencionan que la auxina sintética ANA suele ser más eficaz que el ácido indol-3-acético (IAA), al parecer porque no es destruida por la IAA oxidasa ni otras enzimas y, por consiguiente, persiste más tiempo en el sustrato. Del mismo modo, mencionan que la administración de auxinas promueve la elongación de secciones escindidas de raíces e incluso de raíces intactas de muchas especies, es decir, las secciones separadas responderán drásticamente a la auxina exógena aumentando rápidamente su velocidad de crecimiento (Taiz y Zeiger, 2006). La auxina (ANA) es una hormona de crecimiento que estimula el desarrollo de raíces y que puede combinarse con la citoquinina para controlar la formación de brotes y raíces (Arditti, 1990).

Debido a que las auxinas ANA inducen la formación de raíces en los callos no diferenciados, y que ayudan a estimular la división de células, con el fin de obtener precocidad en el ciclo del cultivo, se llevó a cabo la evaluación del efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de ANA, en colinos de arracacha, en los materiales Palirrusia, Paliverde y Yema de huevo en el municipio de Boyacá. Esto, además, para lograr la obtención de materiales con mayor vigor y uniformidad, que garanticen un incremento en las producciones y una mayor calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la vereda Centro del municipio de Boyacá, en el departamento de Boyacá, situado a $5^{\circ}27'00,22''\text{N}$ y $73^{\circ}20'39,76''\text{W}$, del meridiano de Greenwich a 2.384 msnm; con una temperatura promedio de 15°C , el cual presenta una precipitación promedio de 900 mm anuales y una humedad relativa (HR) del 85%. El ensayo se llevó a cabo bajo cubierta de plás-

tico, con una temperatura promedio de 16°C , y una HR del 87%.

La investigación comenzó con la recolección y selección de colinos de arracacha de los materiales Paliverde, Palirrusia y Yema de huevo, en un cultivo que se encontraba uniforme en su crecimiento en un 85%, para la obtención de un material de calidad, se realizó el corte de los colinos ubicados en las brotaciones laterales terciarias, estos fueron separados de plantas de 12 meses de edad y de un peso aproximado de 6 g. El corte se hizo en forma de bisel simple para facilitar el enraizamiento, posteriormente se dejaron los colinos durante un periodo de 15 d al aire libre, con el fin de promover la cicatrización. Previo a la siembra, se hizo la aplicación de ANA, la cual se realizó mediante inmersión de los colinos en cuatro concentraciones (0, 2, 4 y 6 mg L^{-1}) durante 5 min; a la semilla que tuvo aplicación de concentración 0, se le hizo una inmersión en agua destilada. Los colinos fueron sembrados en bolsas negras de polietileno con capacidad para 3 L, el sustrato empleado para la siembra fue la mezcla en relación 2:1 en volumen de suelo (textura franco arenoso, con pH de 5,7) y cascarilla de arroz, respectivamente.

Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar con una estructura de tratamientos bifactorial, en donde el primer factor correspondió a los materiales de arracacha con 3 niveles (Palirrusia, Paliverde y Yema de huevo) y el segundo factor a cuatro dosis de auxinas (ANA) (0, 2, 4 y 6 mg L^{-1}), lo que originó 12 tratamientos (tabla 1) con 4 repeticiones para establecer 48 unidades experimentales (UE), se utilizaron 5 colinos por UE, para un total de 240 colinos.

La variable de respuesta tiempo de emisión de raíces se determinó mediante observaciones semanales; las siguientes variables fueron medidas a los 55 d después de la siembra: longitud de las raíces, las raíces observadas en los colinos se midieron con ayuda de un flexómetro; masa fres-

ca (MF, g) y masa seca (MS, g) de raíces. Para determinar la MS se introdujeron las raíces en una mufla durante 36 h a 75°C, y luego se pesaron; altura de la planta (desde la base de la planta hasta la hoja más alta), toma de medidas con un flexómetro; número de hojas, conteo de hojas por colino.

Para el estudio de los datos, se realizó un análisis de varianza (Anova) para cada una de las variables de respuesta medidas, con el fin de clasificar los tratamientos se utilizó la prueba de comparación de promedios de Tukey, con una confiabilidad del 95%, que permitió establecer los mejores promedios, todo con el programa SPSS versión 17.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tiempo de emisión de raíces

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, el material que presentó el mejor comportamiento fue Yema de huevo cuando fue sometido a una concentración de 2 mg L⁻¹ de ANA, pues la emisión de raíces ocurrió en el menor tiempo, en tan solo 9 d el 80% de los colinos ya habían emitido raíces, le

siguió el material Paliverde el cual presentó un 80% de emisión de raíces a los 10 d también con una concentración de 2 mg L⁻¹ de ANA, estos dos tratamientos presentaron diferencias significativas frente a las demás aplicaciones y materiales (figura 1). El tratamiento que más tiempo se demoró en emitir raíces fue el material Palirusia sin aplicación de fitohormona, donde el 80% de sus raíces se emitieron a los 27 d después de la siembra. Es probable que los colinos de arracacha de los materiales Yema de huevo y Paliverde presenten un bajo contenido endógeno de auxinas, por esto las aplicaciones de ANA tuvieron una respuesta positiva en cuanto a la disminución en el tiempo de emisión de raíces, similar a lo encontrado en uchuva por Álvarez *et al.* (2009). Lo anterior se relaciona con lo reportado por Mantell *et al.* (1993), quienes mencionan que los contenidos de auxinas en el medio de cultivo inducen el crecimiento de este órgano a partir de segmentos de ñame, al igual que en el crecimiento de raíces en *Arabidopsis thaliana* (Muraro *et al.*, 2011). Cabe mencionar que las respuestas que se producen tras la aplicación de auxinas a las plantas dependen de la concentración de la hormona, así como del tipo de órgano tratado. El material Palirusia no presentó una respuesta favorable a la aplicación de ANA en sus diferentes

Tabla 1. Tratamientos evaluados en la aplicación de ácido alfa-naftalen acético en colinos de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en Boyacá, Boyacá.

Tratamiento	Material de arracacha	Concentración de ANA (mg L ⁻¹)
1	Palirusia	2
2	Palirusia	4
3	Palirusia	6
4	Palirusia	0
5	Paliverde	2
6	Paliverde	4
7	Paliverde	6
8	Paliverde	0
9	Yema de huevo	2
10	Yema de huevo	4
11	Yema de huevo	6
12	Yema de huevo	0

concentraciones, no obstante fue el material que mas tiempo demoró en emitir raíces, por lo que es probable que las concentraciones aplicadas sean bajas y se necesite aplicar ANA en mayor concentración.

Según Acosta *et al.* (2000), numerosos estudios sobre transporte polar indican que la velocidad de transporte depende de características inherentes a la planta, tales como: especie, tipo de tejido, edad, estado de desarrollo, entre otros, mientras que la intensidad depende, además de factores metodológicos como la longitud de las secciones o la concentración de la hormona aplicada.

Altura de planta

A los 55 d después de la siembra (dds), la variable altura de planta presentó diferencias significativas, el material Paliverde con aplicación de 2 mg L⁻¹ de ANA fue el mejor tratamiento con una altura promedio de 55,5 cm, seguido del material Yema de huevo con una dosis de 2 mg L⁻¹ de ANA, y una altura de 48,5 cm. Los tratamientos

con menor altura fueron el material Paliverde con 6 mg L⁻¹ de ANA y el material Palirusia sin aplicación (figura 2) con alturas de 28,5 y 28,7 cm, respectivamente.

Los valores encontrados determinan que los colinos de los materiales Paliverde y Yema de huevo responden de forma positiva a la aplicación de ANA, ya que en estos se promueve la elongación celular, expresada en la altura de la planta. Sin embargo, el material Paliverde al aumentar la concentración de auxina disminuye el crecimiento de la planta, debido a que su acción puede acelerar o inhibir el desarrollo de los diferentes órganos de la misma de acuerdo con su concentración. Según Suquilanda (1996), los fitorreguladores son sustancias que aplicadas a los cultivos en pequeñas dosis regulan, estimulan o detienen el crecimiento de las plantas. La altura final se define como la respuesta a una serie de condiciones ambientales, del medio de propagación de las plantas y de la carga genética (Taiz y Zeiger, 2006; Lemes *et al.*, 2001).

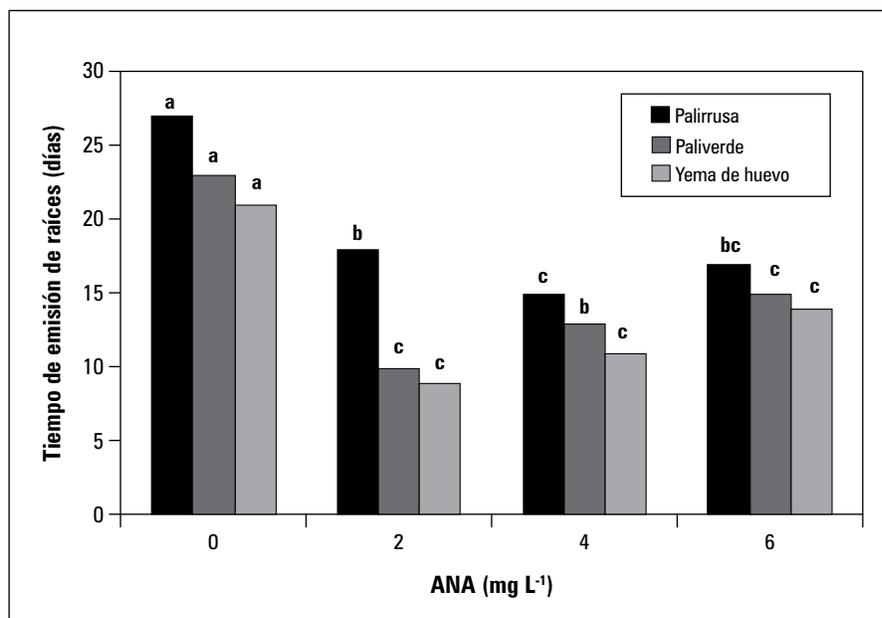


Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones de ANA sobre el tiempo de emisión de raíces de los materiales Palirusia, Paliverde y Yema de huevo en colinos de arracacha. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa entre dosis de ANA agrupados por materiales según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Longitud de raíz

Según el análisis estadístico, a los 55 dds del colino la variable de longitud de raíces mostró diferencias estadísticas significativas. El tratamiento que presentó la mayor longitud de raíces fue el material Paliverde cuando se le aplicó una concentración de 2 mg L⁻¹ de ANA con 23,3 cm de longitud (figura 3); probablemente los carbohidratos de reserva para este material que promueven el enraizamiento y la presencia de auxina endógena facilitaron la elongación de la raíz en comparación a los tratamientos sin aplicación de hormona para los materiales Yema de huevo, Palirrusia y Paliverde, que presentaron los resultados más bajos en cuanto a longitud de la raíz con 6,2, 6,6, y 7,7 cm, respectivamente.

Ramos *et al.* (2004) encontraron que al aplicar 1.000 mg kg⁻¹ de ANA a *Chlorophora tinctoria* esta presentó la mayor longitud de raíz con un promedio de 3,9 cm de longitud, similar a los datos encontrados con los materiales Paliverde y Yema de huevo con aplicaciones de 2 mg L⁻¹ de ANA, con longitudes de 23,3 y 21 cm. La alta respuesta de enraizamiento obtenida se relaciona con el hecho de que las auxinas participan en la división de las primeras células iniciadoras de la raíz (Hartmann *et al.*, 2001), lo que concuerda con lo mencionado por Taiz y Zeiger (2006), quienes afirman, que para la elongación radical también son necesarios bajos niveles de auxinas, aunque a concentraciones altas las auxinas pueden actuar como inhibidores del crecimiento de las raíces. No obstante, en un estudio realizado por Vilchez *et al.* (1996) se señala que la aplicación de 5.000 mg kg⁻¹ de ANA en combinación con el sustrato abono de río más espuma fenólica incrementó la cantidad y longitud de las raíces.

Masa fresca de raíces

En la figura 4 se aprecia cómo la MF de los colinos de arracacha a los 55 dds presentó diferen-

cias significativas, donde los mejores tratamientos fueron el material Yema de huevo y Paliverde con la dosis de 2 mg L⁻¹ de ANA y una masa de 2,5 g y 2,1 g, respectivamente. Paliverde sin aplicación de ANA mostró el valor más bajo de MF con 0,4 g.

Estos resultados se pueden atribuir a que los materiales Yema de huevo y Paliverde tienen una mayor capacidad de absorción de agua, además es probable que la concentración de carbohidratos sea mayor en estos materiales que en el Palirrusia, ya que una respuesta alta en el enraizamiento promueve el transporte de carbohidratos a las zonas radiculares, lo cual influye en la actividad de las enzimas involucradas con el metabolismo de los carbohidratos, que intervienen en la iniciación de la síntesis de ADN y en la transcripción del ARN (Norcini *et al.*, 1995).

Masa seca de raíces

Los colinos de arracacha a los 55 dds presentaron diferencias estadísticas significativas en la MS de raíces, el mayor valor lo presentó el material Palirrusia al ser sometido a la aplicación de 4 mg L⁻¹ de ANA, con un valor de 1 g, este superó al tratamiento del material Yema de huevo con concentraciones de 2 mg L⁻¹ de ANA el cual tuvo una MS de raíces de 0,95 g (figura 5). Los menores valores se registraron para los tratamientos sin aplicación de ANA de los materiales Paliverde, Yema de huevo y Palirrusia con 0,12, 0,15 y 0,17 g, respectivamente.

Al observar los valores de MS de raíz de los tres materiales, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de ANA en concentraciones de 4 mg L⁻¹ para Palirrusia y 2 mg L⁻¹ para Yema de huevo y Paliverde, lo anterior podría darse debido a que el material Palirrusia probablemente tuvo una mayor capacidad de acumulación de almidón. Giraldo *et al.* (2009) observaron en la especie *T. gigantea* un efecto diferencial 45 y 60 dds con la aplicación

de ANA y extracto de sábila, pues obtuvieron una mayor MS de raíz en comparación con el testigo, resultados similares a los mencionados en esta investigación donde los menores valores son para los materiales sin aplicación de ANA.

Número de hojas

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas, el material Yema de huevo con la aplicación de 2 mg L⁻¹ de ANA mostró los valores más altos con 40 hojas. Los tratamientos sin

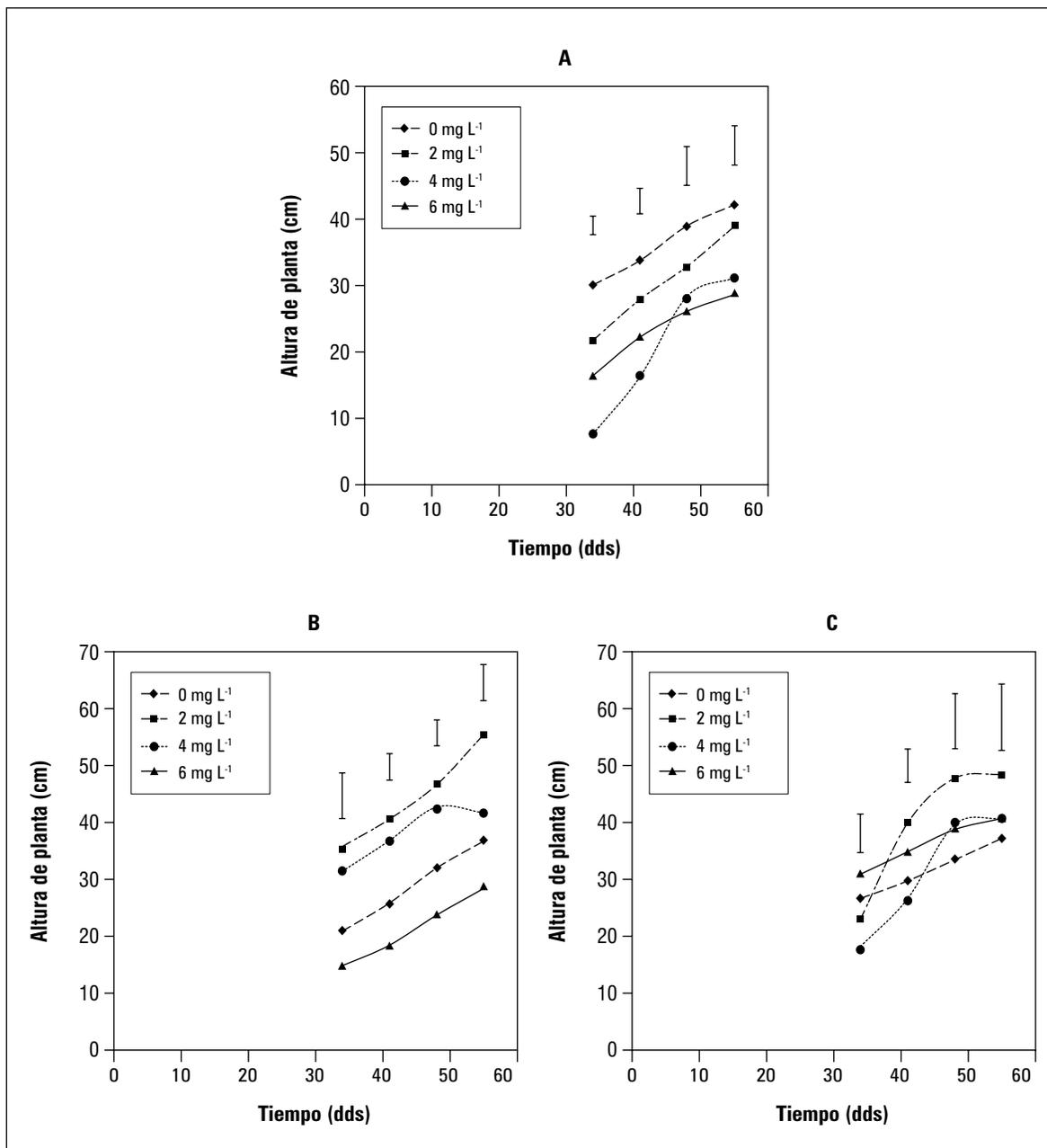


Figura 2. Efecto de diferentes concentraciones de ANA en la altura de plantas de arracacha provenientes de colinos de los materiales: A. Palirrusia, B. Paliverde y C. Yema de huevo. La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

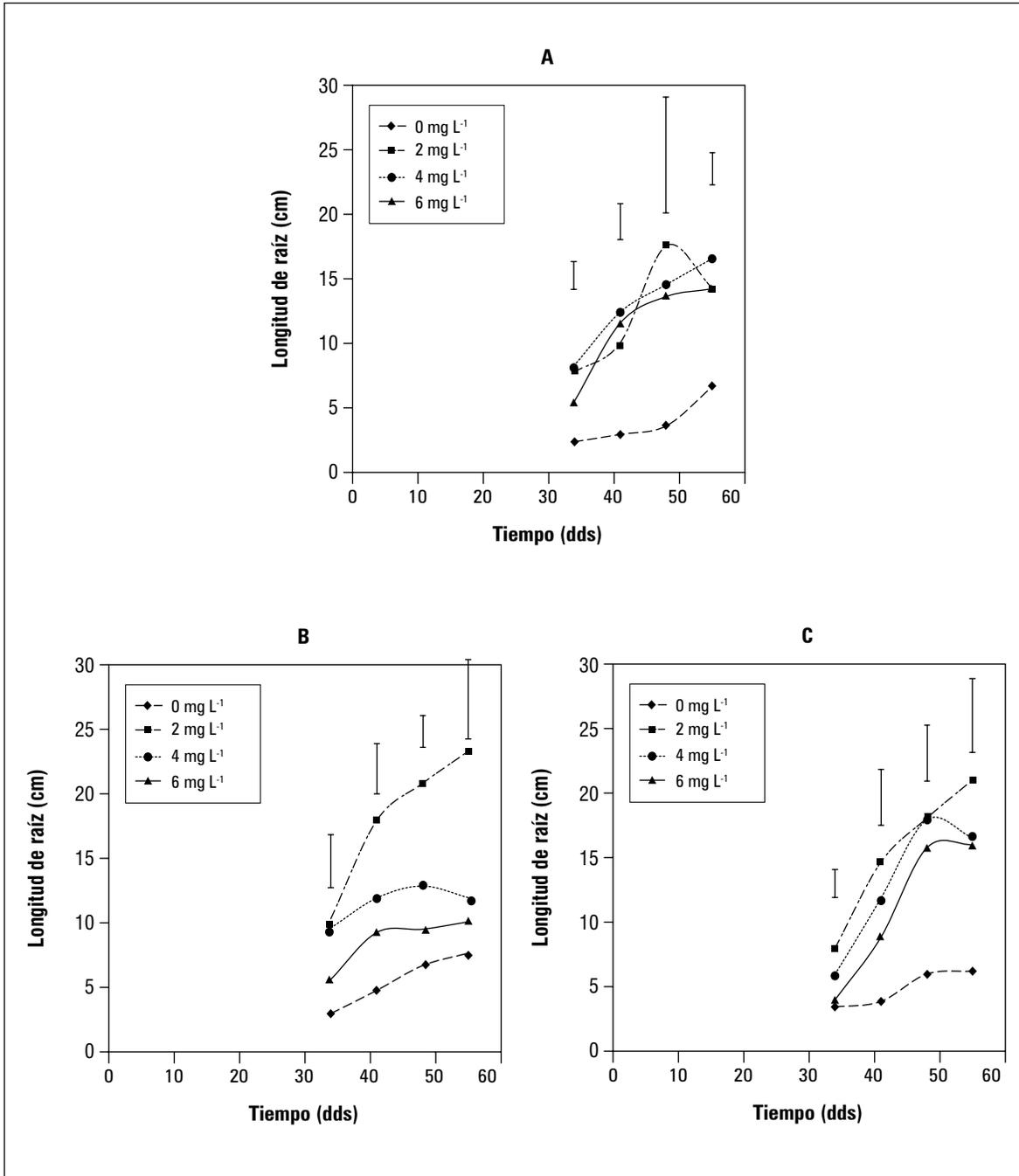


Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de ANA en la longitud de raíces de plantas de arracacha provenientes de colinos de los materiales: A. Palirrusia, B. Paliverde y C. Yema de huevo. La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

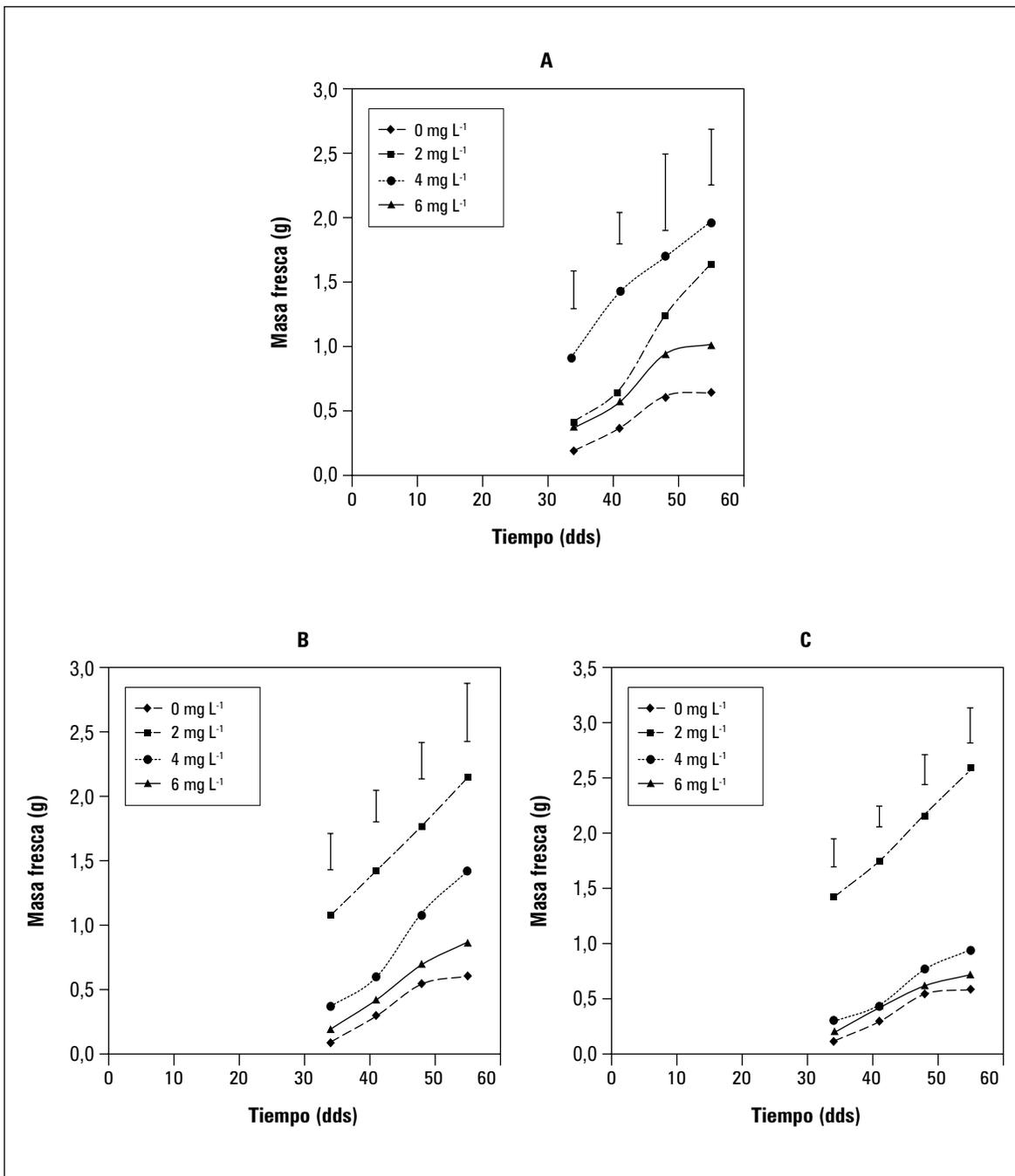


Figura 4. Efecto de diferentes concentraciones de ANA en la masa fresca de raíces de plantas de arracacha provenientes de colinos de los materiales: A. Palirrusia, B. Paliverde y C. Yema de huevo. La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

aplicación de ANA emitieron un número de hojas para los materiales Palirrusia, Yema de huevo y Paliverde de 21, 23 y 24 hojas, respectivamente (figura 6). Lo anterior se debe posiblemente a que no todos los órganos de las plantas responden de igual manera a la aplicación de auxinas, es posible que la respuesta que se produce tras la aplicación de auxinas a las plantas depende de la

concentración de la hormona así como del órgano tratado (Cleland, 2004).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Banda (1998), quien obtuvo una influencia significativa del ANA al mejorar la rizogénesis y aumentar el número de hojas de chilco (*Fuchsia magellanica*). En cuanto al número de

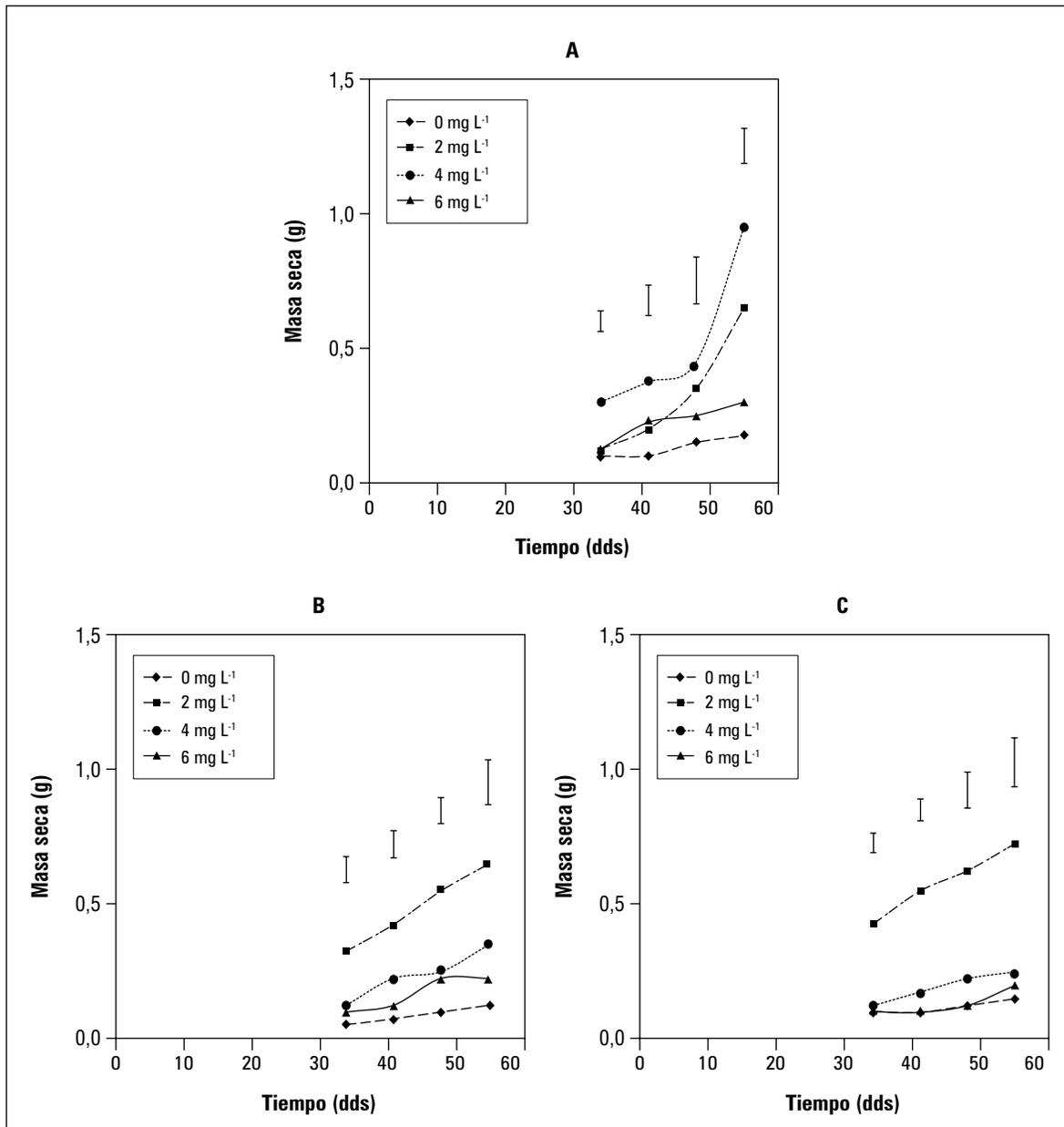


Figura 5. Efecto de diferentes concentraciones de ANA en la masa seca de raíces de plantas de arracacha provenientes de colinos de los materiales: A. Palirrusia, B. Paliverde y C. Yema de huevo. La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

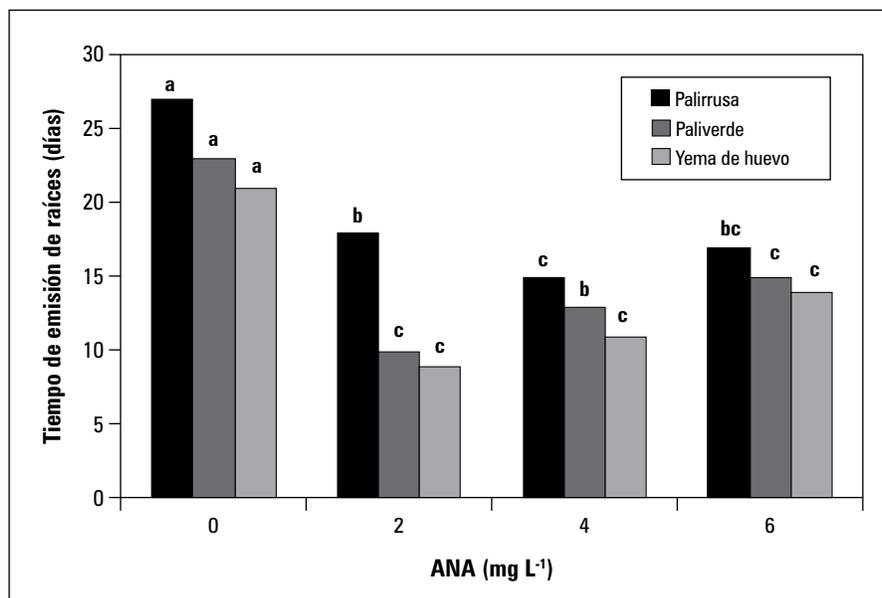


Figura 6. Efecto de diferentes concentraciones de ANA sobre el número de hojas de plantas de arracacha de los materiales Palirusia, Paliverde y Yema de huevo. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa entre dosis de ANA agrupados por materiales según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

hojas, los valores encontrados concuerdan con los estudios realizados por Rios *et al.* (2004) quienes obtuvieron los mejores resultados cuando se aplicó ANA, lo cual además permitió un mayor desarrollo de *Phragmipedium kovachii*. Aceves y Hernández (2004) afirman que en la fase de enraizamiento es conveniente utilizar sales minerales, complementando con 1,5 g L⁻¹ de carbón activado, 20 g L⁻¹ de sacarosa y auxinas (ANA) para favorecer el desarrollo de las plántulas, no obstante se debe omitir la aplicación de citoquininas (BAP). Hartmann *et al.* (2001) señalan que las hojas en las estacas aumentan la pérdida de agua por la transpiración, pero sirven como una fuente de auxinas endógenas y carbohidratos para el enraizamiento de las estacas.

CONCLUSIONES

La aplicación de 2 mg L⁻¹ de ANA en colinos de arracacha de los materiales Paliverde y Yema de huevo redujo el tiempo de emisión de raíces, estimuló el crecimiento de la planta y generó mayor masa fresca y número de hojas, también promovió la elongación de la raíz.

Las dosis de 4 y 6 mg L⁻¹ de ANA inhibieron el crecimiento de la planta en los materiales Paliverde y Yema de huevo.

El material Palirusia no presentó respuesta favorable a la aplicación de ANA, por lo que es recomendable evaluar la aplicación de concentraciones diferentes a las utilizadas en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves L. y J. Hernández. 2004. Propagación comercial de plantas ornamentales por cultivo in vitro de tejidos vegetales para beneficio social de la comunidad. Veracruz – México. En: <http://www.ur.mx/ilesca/revista2/aceves2.htm>; consulta: octubre de 2010.
- Acosta, M., J. Sánchez y M. Bañón. 2000. Auxinas. pp. 305-323. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill/Inte-ramericana de España, Madrid.
- Álvarez-Herrera, J.G., H.E. Balaguera, N. Moreno y G. Fischer. 2009. Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. Agron. Colomb. 27(3), 341-348.
- Arditti, J. 1990. Lewis Knudson: His science, his times and his legacy. Lindleyana 5, 1-79.
- Banda, M.J. 1998. Propagación por estacas y cultivo in vitro de chilco (*Fuchsia magellanica* Lam. var. Magellanica). Trabajo de grado. Universidad de Santo Tomás, Bogotá.
- Cleland, R. 2004. Auxin and cell elongation. pp. 204-220. En: Davies, P. (ed.). Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Dos Santos, F.F. 1998. Manejo cultural. pp. 279-281. En: Dos Santos, F.F. y C.A. Simoes do Carmo (eds.). Mandioquinha-salsa. Embrapa-SPI/Embrapa CNPH, Brasilia.
- Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Boyacá (EOT). 2003. Alcaldía Municipal de Boyacá, Departamento de Boyacá, Colombia.
- Giraldo, L., H. Ríos y M. Polanco. 2009. Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 1, 41-47.
- Hartmann, H., D. Kester, F. Davies, Jr. y R. Geneva. 2001. Principles and practices of plant propagation. 7th ed. Prentice Hall Publishers, Saddle River, NJ.
- Lemes, C., C. Rodríguez y L. Acosta. 2001. Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus Officinalis* L. (romero). Rev. Cubana Plant Med. 6(3), 79-82.
- Mantell, S.H., S. Mague y F. Chandler. 1993. Cultivo de tejidos y material de propagación libre de enfermedades en el ñame. pp. 481-483. En: Roca, W., L. Mroginski (eds.). Cultivo de tejidos en la agricultura. Fundamentos y aplicaciones. CIAT, Cali, Colombia.
- Muraro, D., H. Byrne, J. King, U. Voß, J. Kieber y M. Bennett. 2011. The influence of cytokinin-auxin cross-regulation on cell-fate determination in *Arabidopsis thaliana* root development. J. Theor. Biol. 283(1), 152-167.
- Norcini, J.G., C.W. Heuser y R.H. Hamilton. 1995. Changes in free and conjugated indole-3- cetic acid during initiation and early development of adventitious roots in mung bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110, 528-533.
- Ramos, G., R. Cruz y O. Villacis. 2004. Propagación vegetativa de *chlorophora tinctoria* (L.) Gaud con el uso de las hormonas estimuladora del enraizamiento ANA y AIB. Laboratorio de biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En: http://www.uteq.edu.ec/u_investigacion/biotecnologia/4.pdf; consulta: diciembre de 2012.
- Ríos R., W.F., M.A. León y R.A. Gálvez. 2004. Desarrollo de protocolo para la propagación in vitro de *Phragmipedium kovachii* Atwood, Dalström & Fernández (Orchidaceae) a partir de semillas. Laboratorio de Cultivos de Tejidos Vegetales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Perú.
- Salisbury F. y C. Ross. 2000. Fisiología de las plantas: bioquímica vegetal. Editorial Paraninfo, Madrid.
- Suquilanda, M. 1996. Agricultura orgánica: alternativa tecnológica del futuro. Fundagro, Quito.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Fisiología vegetal. Publicaciones de la Universitat Jaume I, Castelló de la Plana, España.
- Vilchez, J., N. Albano, J. Gadea, Z. Viloria y C. Castro. 1996. Propagación asexual de *Psidium guajava* L. mediante la técnica de acodo aéreo. pp. 4-24. En: Viloria, Z. (ed.). Aplicación de algunas técnicas de multiplicación en *Psidium guajava* L. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.