

Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina

Asexual propagation of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) using different substrates and auxin levels

Nelson Hernán Moreno¹, Javier Giovanni Álvarez-Herrera^{1,3}, Helber Enrique Balaguera-López¹ y Gerhard Fischer²

RESUMEN

La uchuva es el fruto exótico de mayor exportación en Colombia. Se propaga comercialmente mediante semillas, pero presenta alta variabilidad genética, lo cual determina que tanto el crecimiento y vigor de la planta como el rendimiento y la calidad del fruto sean igualmente heterogéneos. La propagación asexual mediante esquejes puede ser una alternativa viable, pero se debe garantizar un buen prendimiento y la formación de un sistema radical vigoroso. Para ello, durante un periodo de 90 días se evaluó el efecto de cinco concentraciones de ácido indolbutírico (AIB; 0, 200, 400, 600, 800 mg L⁻¹) y dos sustratos (mezcla de cascarilla de arroz con suelo negro en relación 1:1 v/v, y turba canadiense), sobre el enraizamiento y crecimiento de esquejes terminales de plantas adultas de uchuva. Con la aplicación de 800 mg L⁻¹ de AIB a esquejes sembrados en turba se obtuvieron los mejores resultados, en términos del porcentaje de enraizamiento, la longitud de raíz, la masa fresca y seca de la raíz, el número de hojas y el área foliar.

Palabras clave: esquejes, enraizamiento, AIB, sistema radical, crecimiento inicial.

ABSTRACT

Cape gooseberry, which is the most exported Colombian exotic fruit, is commercially propagated by seed, but its high genetic variability causes growth, vigor, yield and fruit quality heterogeneity. Asexual propagation by cuttings can be a viable alternative but it is necessary to ensure adequate rhizogenesis and the formation of a strong root system. For a period of 90 days, the present study evaluated the effect of five concentrations of Indole Butyric Acid (IBA; 0, 200, 400, 600 and 800 mg L⁻¹) and two substrates (peat moss, and a 1:1 v/v mixture of black soil and rice husks) on the rooting and growth of terminal cuttings from adult plants. The best results were observed when applying 800 mg L⁻¹ IBA to cuttings planted in peat moss. This treatment combination determined the highest rooting percentage and the largest root length, roots fresh and dry mass, leaf number and leaf area scores.

Key words: cuttings, rooting, IBA, root system, initial growth.

Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) se propaga comercialmente por vía sexual mediante semillas; no obstante, este tipo de reproducción origina plantas con alta variabilidad genética. Sandhu *et al.* (1989) mencionan que uchuvas propagadas por semillas varían en crecimiento, vigor, rendimiento y calidad del fruto. Según Angarita y Santana (1997), *P. peruviana*, por ser una planta alógama y de propagación sexual, muestra gran variabilidad fenotípica en la población, por lo que en las plantas obtenidas, el crecimiento, la calidad de los frutos y la productividad son muy variables. De este modo, la propagación asexual mediante esquejes se convierte en una alternativa viable con el propósito de obtener material homogéneo de cultivares con características deseables en la

producción. Klinac (1986) encontró que plantas de uchuva propagadas mediante esquejes son más precoces y presentan frutos de mayor tamaño. Por su parte Griesbach (1992) menciona que las estacas son un método importante para la multiplicación de variedades sobresalientes en la uchuva.

Sin embargo, López *et al.* (2008) reportan que en Colombia los estudios dedicados a la propagación de la uchuva son poco conocidos. Así mismo, las investigaciones se deben enfocar en asegurar un alto porcentaje de enraizamiento que genere plantas de uchuva con alto vigor, mediante técnicas como la aplicación de fitohormonas y sustratos apropiados de propagación.

Fecha de recepción: 16 de julio de 2009. Aceptado para publicación: 6 de noviembre de 2009

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

² Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

³ Autor de correspondencia. jgalvarezh@gmail.com

La propagación de esquejes es un método muy utilizado en diversos cultivos, teniendo en cuenta que a pesar de su delicadeza, las estacas de tallo son de enraizamiento fácil y rápido (Campana y Ochoa, 2007). En muchas especies herbáceas y semileñosas, los esquejes de la parte apical han mostrado un mejor enraizamiento que los de otras partes de la planta (Da Silva y Mendes, 2004; López *et al.*, 2008.). Su viabilidad depende de la capacidad de formación de raíces, calidad del sistema radicular formado y posterior desarrollo de la planta en el área de producción (Fachinello *et al.*, 1994).

Para el enraizamiento es necesario un balance hormonal entre promotores e inhibidores de iniciación radicular (Pasqual *et al.*, 2001), lo cual se puede lograr con la aplicación exógena de promotores como ácido indolbutírico (AIB) que elevan la concentración de auxinas en el tejido (Hinojosa, 2000), en este caso, del esqueje.

Las auxinas son importantes reguladores en la formación de raíces laterales (Öpik y Rolfe, 2005). Así, en la propagación por esquejes, las auxinas son esenciales para la formación de raíces adventicias, sobre todo en su fase juvenil, por lo que tratamientos con auxinas pueden aumentar la tasa de iniciación radical y el número y la masa de raíces formadas (Hackett, 1988).

El AIB es la auxina más utilizada para promover el enraizamiento, principalmente porque no es tóxico, en un amplio rango de concentraciones, para un gran número de especies, y es más estable químicamente que el ácido indolacético (AIA), al contacto con el sustrato de propagación (Hartmann *et al.*, 2002). Además, es una sustancia fotoesta-

ble, de acción localizada y menos sensible a la degradación biológica en comparación a las demás auxinas sintéticas (Fachinello *et al.*, 1995).

El sustrato puede influir en la calidad de las raíces formadas y en el porcentaje de enraizamiento (Fachinello *et al.*, 1994). Un buen sustrato debe estar acorde con las exigencias de nutrientes, agua y aire de la especie por enraizar, y así garantizar un buen soporte a las plantas, suministrar humedad y aireación adecuadas, ser de bajo costo, fácil obtención y que no libere sustancias tóxicas (Hartmann *et al.*, 2002).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ácido indolbutírico en el enraizamiento de estacas apicales de uchuva sembradas en dos sustratos, con el fin de implementar la propagación asexual de esta especie como alternativa para aumentar la precocidad, producción y calidad de los frutos del ecotipo Colombia.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la casa de mallas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la ciudad de Tunja (Boyacá), que se encuentra a una altura de 2.690 msnm. Durante el experimento se presentó una humedad relativa del 75% y una temperatura promedio de 18°C.

Se utilizó un diseño completamente al azar con un factorial de 5 x 2, para un total de 10 tratamientos. El primer factor correspondió a la aplicación de auxinas (ácido indol 3-butírico, AIB) en diferentes concentraciones (0, 200, 400, 600,

TABLA 1. Propiedades fisicoquímicas del suelo y la turba utilizados en la propagación asexual de uchuva bajo AIB y dos sustratos.

Propiedad	Suelo negro	Turba Canadiense	Unidades
Densidad real	2,30	-	g cm ⁻³
Densidad aparente	1,20	0,08	g cm ⁻³
Porosidad	48,00	90,00	%
θg (cc)	35,00	60,00	%
pH	4,80	6,70	escala
MO	4,80	85,00	%
Ca	1,58	6,40	cmol kg ⁻¹ de suelo
Mg	0,27	4,30	cmol kg ⁻¹ de suelo
K	0,16	3,50	cmol kg ⁻¹ de suelo
Na	0,88	11,00	cmol kg ⁻¹ de suelo
P	9,25	-	mg kg ⁻¹ de suelo

θg (cc), contenido de humedad gravimétrico a capacidad de campo.

800 mg L⁻¹) y el segundo factor fue turba canadiense y la mezcla de cascarilla de arroz con suelo negro (relación 1:1 en volumen), cuyas propiedades fisicoquímicas se reportan en la Tab. 1. Se utilizaron seis repeticiones por tratamiento, cada una compuesta por 10 esquejes de uchuva.

Se emplearon esquejes de 25 cm de longitud tomados de la parte apical de plantas adultas del ecotipo Colombia con alto vigor y de aproximadamente 13 meses de edad, de la finca Las Violetas, vereda Bosigas Norte, del municipio de Sotaquirá (Boyacá). A los esquejes se les dejó un par de hojas, ya que desde las hojas se traslocan auxinas y carbohidratos hasta la base de las estacas (Hartmann y Kester, 1998), siendo la presencia de yemas y de hojas en las estacas de tallo determinantes para la rizogénesis (Campana y Ochoa, 2007). Los esquejes fueron sometidos a inmersión en las soluciones de auxinas durante 5 min y luego fueron sembrados en bolsas de polietileno con capacidad para 2 L de sustrato.

Las variables de respuesta medidas al cabo de 90 d después de la siembra (dds) fueron: porcentaje de enraizamiento, expresado como el cociente entre los esquejes enraizados y los esquejes sembrados multiplicado por 100; masa fresca de raíz (mediante balanza electrónica de precisión 0,01);

masa seca de raíz (se secaron en mufla a 85°C durante 48 h); longitud de raíz (se midió la longitud de la raíz más larga mediante flexómetro); área foliar (medidor de área foliar LI-COR 3000A (LI-COR, Lincoln, NE). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y a prueba de comparación de promedios de Tukey al 5%. Los análisis se realizaron con el software estadístico SAS® v. 8.1e (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Resultados y discusión

El enraizamiento de esquejes de uchuva presentó diferencias significativas entre tratamientos. Se observó un mayor prendimiento con la inmersión de los esquejes en 600 y 800 mg L⁻¹ de AIB y posteriormente sembrados en el sustrato turba (Tab. 2). Respecto al factor auxinas, hubo un aumento lineal del prendimiento de esquejes a medida que se incrementó la concentración de AIB ($P \leq 0,01$) (Fig. 1). Entre sustratos, la turba tuvo mejor comportamiento que el sustrato mezcla, aunque sin diferencias estadísticas (Tab. 3). Los tratamientos sin aplicación de auxinas no promovieron la emisión de raíces (Tab. 2), confirmando que las auxinas son las principales fitohormonas promotoras de la formación de raíces adventicias en muchas especies (Campana y Ochoa, 2007).

TABLA 2. Efecto de diferentes niveles de auxina y sustratos sobre variables fisiológicas en la propagación asexual de uchuva

Tratamiento	Enraizamiento (%)	Longitud de raíz principal (cm)	Masa fresca de raíz (g)	Masa seca de raíz (g)	Número de hojas	Área foliar (cm ²)
Turba AIB 0 mg L ⁻¹	0 b	0 d	0 b	0 b	0 c	0 b
Turba AIB 200 mg L ⁻¹	33,33 ab	3,5 cd	0,03 b	0,004 b	63 c	32,61 b
Turba AIB 400 mg L ⁻¹	66,66 ab	17,33 abcd	3,90 b	0,37 b	127 abc	224,46 ab
Turba AIB 600 mg L ⁻¹	100,00 a	36,16 ab	6,98 ab	0,83 ab	180 a	487,65 a
Turba AIB 800 mg L ⁻¹	100,00 a	37,38 a	12,98 a	1,30 a	207 a	599,80 a
Suelo + Cascarilla de arroz AIB 0 mg L ⁻¹	0 b	0 d	0 b	0 b	0 c	0 b
Suelo + Cascarilla de arroz AIB 200 mg L ⁻¹	33,33 ab	10,5 cd	0,45 b	0,13 b	36 c	19,69 b
Suelo + Cascarilla de arroz AIB 400 mg L ⁻¹	83,33 a	13,83 bcd	0,60 b	0,15 b	26 c	12,26 b
Suelo + Cascarilla de arroz AIB 600 mg L ⁻¹	83,33 a	26,38 abc	1,166 b	0,3 b	43 c	23,20 b
Suelo + Cascarilla de arroz AIB 800 mg L ⁻¹	83,33 a	28,16 ab	1,133 b	0,85 b	51 c	48,70 b

Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

TABLA 3. Efecto del sustrato utilizado sobre variables fisiológicas en la propagación asexual de uchuva.

Sustrato	Enraizamiento (%)	Longitud de raíz principal (cm)	Masa fresca de raíz (g)	Masa seca de raíz (g)	Número de hojas	Área foliar (cm ²)
Turba	60,00 a	18,87 a	4,78 a	0,50 a	20,30 a	274,28 a
Suelo + Cascarilla de arroz	56,66 a	15,77 a	0,67 b	0,28 b	5,26 b	20,96 b

Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

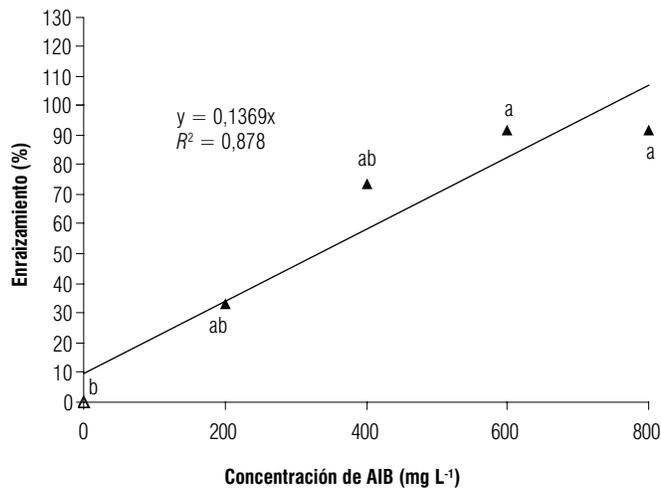


FIGURA 1. Efecto de diferentes concentraciones de AIB sobre el porcentaje de enraizamiento de esquejes de uchuva. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En la propagación por esquejes solo es necesario que se forme un nuevo sistema de raíces adventicias, ya que existe un sistema caulinar en potencia y una yema (López *et al.*, 2008). Según Hartmann *et al.* (2002), la capacidad para regenerar la estructura entera de la planta depende de dos características: la primera es la totipotencia celular y la segunda es la desdiferenciación celular. Aunque la iniciación de raíces no requiere la producción actual de fotoasimilados, sí necesita de las reservas almacenadas y de una acumulación de hormonas de enraizamiento, transportadas de forma basípeta (Ryugo, 1993), por lo cual se deduce que las estacas de uchuva presentaron baja cantidad de auxinas endógenas, y que sin la aplicación exógena no se genera emisión de raíces adventicias. Además, considerables concentraciones de AIB generan muy buena respuesta en las raíces de uchuva, pues según Davies (2004), las auxinas cumplen importante función sobre la promoción de raíces.

En vista de que no se formaron raíces sin la aplicación del promotor, se puede clasificar la uchuva según su capacidad de enraizamiento en el grupo de las plantas en el que se presenta suficiencia de cofactores, pero la auxina es limitante, manifestando una fuerte respuesta a la aplicación del regulador (Hartmann *et al.*, 2002).

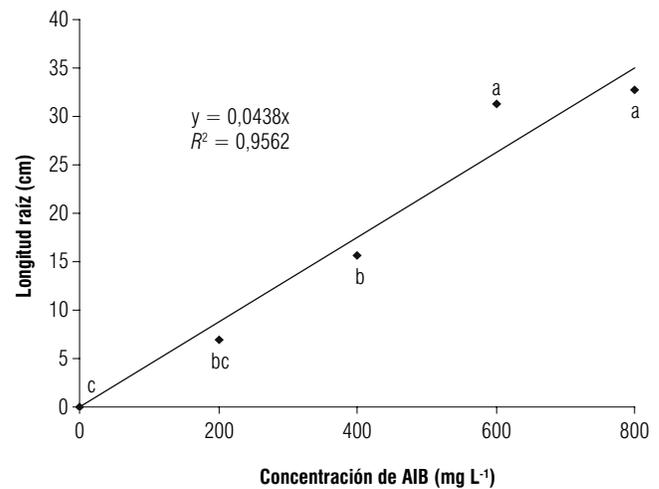


FIGURA 2. Efecto de diferentes concentraciones de AIB sobre la longitud de raíz principal de plantas de uchuva propagadas mediante esquejes. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En estacas de agraz (*Vaccinium meridionales*) con las auxinas AIA, AIB y ANA, se estableció que el AIB y el AIA aumentaron la viabilidad de las estacas, obteniendo con 200 mg L⁻¹ de AIB el mayor porcentaje de enraizamiento después de dos meses (Castrillón *et al.*, 2008). Resultados diferentes a los encontrados en uchuva reportaron Lemes *et al.* (2001) en esquejes de romero, en los cuales concentraciones de 0, 50 y 100 mg L⁻¹ de AIA, AIB y ANA no mostraron respuesta a estos reguladores de crecimiento.

En la Fig. 2 se observa que hubo un incremento lineal de la longitud de raíz conforme la concentración de AIB aumentó ($P \leq 0,01$). Los sustratos generaron una respuesta estadísticamente similar en el crecimiento de la raíz, a pesar de esto, la turba fue levemente superior (Tab. 3). En tratamientos se presentaron diferencias significativas; con la inmersión de los esquejes en 800 mg L⁻¹ de AIB y la siembra en turba se obtuvo la mayor longitud de raíz principal (Tab. 2).

Santelices (2007) encontró mayor enraizamiento en estacas de *Nothofagus glauca* a medida que aumentó la concentración de AIB de 0,5 a 1,5%; sin embargo, no se apreció un efecto claro de la auxina en la longitud de las raíces. Este último resultado difiere con lo encontrado para uchuva.

De otro lado, Sandhu *et al.* (1989) utilizaron esquejes de uchuva de dos a cinco yemas, con aplicación de auxinas, y midieron que la mayor longitud de raíz a los tres meses fue de 6,52 cm con una concentración de 250 mg L⁻¹ de AIB frente al testigo (máximo 5,18 cm), valores similares a los encontrados en este experimento para 200 mg L⁻¹ de AIB; sin embargo, los esquejes de uchuva siguen respondiendo de forma lineal a mayores aplicaciones de AIB alcanzando valores cercanos a 35 cm con 800 mg L⁻¹ de AIB (Fig. 2).

De otra parte, López *et al.* (2008) encontraron que se obtiene mayor longitud de raíz con esquejes de uchuva procedentes del tercio superior, respecto a los procedentes del tercio medio o bajo, sin aplicación de fitohormonas, pero la longitud de raíz encontrada fue inferior a 4 cm. Pese a lo observado, se puede inferir que la aplicación de AIB es una práctica adecuada para generar la emisión de raíces y aumentar su longitud. Debido a esto, se resalta la importancia de la aplicación exógena de las auxinas sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, con la estimulación del enraizamiento adventicio de estacas, lo cual ha sido constatado por Hartmann *et al.* (2002).

El efecto que causa la aplicación de auxinas en la formación de un sistema radical es mayor cuando los esquejes de uchuva son sembrados en el sustrato turba, pues este le proporciona una mayor aireación a las raíces para que aumenten su crecimiento; además, la captación de agua y nutrientes es mayor y el crecimiento de toda la planta se ve favorecido, lo que conlleva a la formación de nuevos

tejidos y a la biosíntesis de auxinas que van a promover mayor crecimiento de las plantas de uchuva. Según Taiz y Zeiger (2006), las auxinas se sintetizan en los meristemos; de allí que la acción conjunta del sustrato turba y el AIB generará un mayor sistema radicular. Resultados similares fueron hallados por Westervelt (2003) en la propagación de esquejes de romero con los mejores resultados en cuanto a la masa seca cuando se utilizó la turba como sustrato.

Sin embargo, los resultados encontrados en otros estudios son diversos, pues al evaluar el efecto de los sustratos arena, suelo y cascarilla de arroz y la mezcla de los anteriores en la propagación de uchuva mediante esquejes, López *et al.* (2008) observaron diferencias estadísticas en la longitud de raíz, donde el sustrato arena permitió el mayor crecimiento de ésta. En otro estudio, donde se evaluó la propagación asexual de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.), Forero y Becerra (2008) encontraron diferencias entre sustratos, siendo suelo:cascarilla de arroz (1:1 v/v) el mejor sustrato.

La acumulación de masa fresca y seca de raíces de esquejes de uchuva aumentó con la aplicación de AIB ($P \leq 0,01$) (Fig. 3), comportamiento representado con una función lineal, que demuestra que con las mayores dosis de AIB, la acumulación de masa es mayor. La turba fue el sustrato más favorable al generar mayor ganancia de masa fresca y seca (Tab. 3). Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,01$), tanto en la masa fresca como en la seca; el mejor efecto se debió al tratamiento de turba y 800 mg L⁻¹ de AIB (Tab. 2).

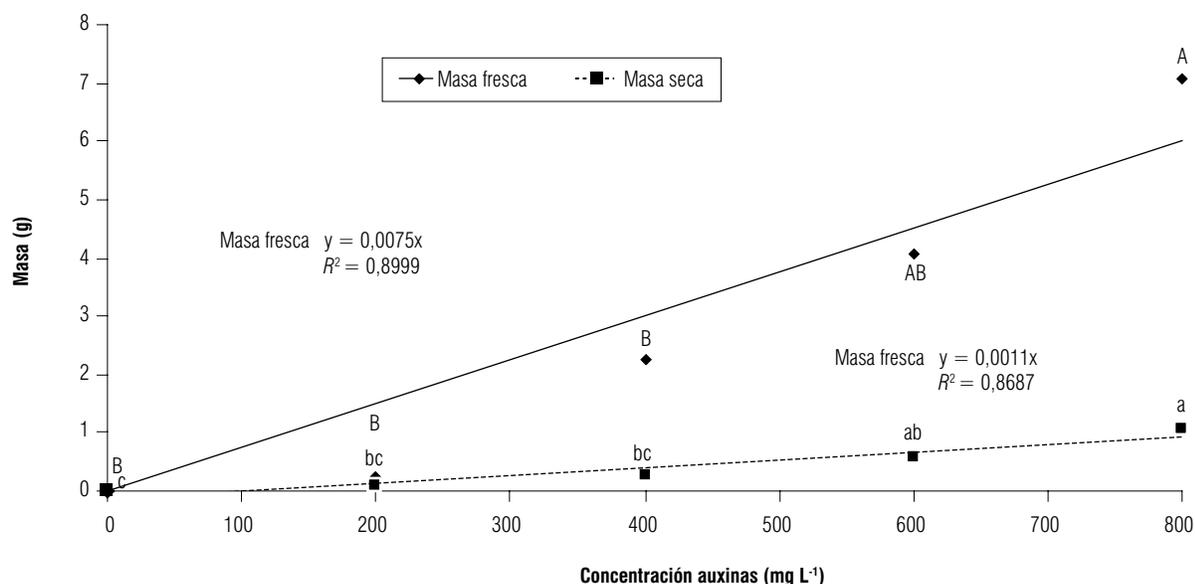


FIGURA 3. Efecto de diferentes concentraciones de AIB sobre la masa fresca y seca de raíces de plantas de uchuva propagadas mediante esquejes. Promedios con letras distintas en la misma serie indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Una mayor acumulación de masa fresca en la raíces depende, entre otros factores, de un sistema radical de gran tamaño (mayor número y longitud de raíces) capaz de acumular reservas y agua en mayor proporción, respuesta encontrada con el sustrato turba y la aplicación de 800 mg L⁻¹ de AIB. Con un mayor contenido de auxinas en las plantas de uchuva se aumenta la elongación celular, la cual se da porque las auxinas acidifican la pared celular, lo que genera la pérdida de rigidez por acción de las expansinas, proteínas que provocan la distensión de las paredes celulares por debilitamiento de los puentes de hidrógeno entre los polisacáridos y los componentes de la pared celular; posteriormente la célula se expande por la entrada de agua (Taiz y Zeiger, 2006), lo cual se traduce en mayor contenido hídrico de la planta y también en mayor masa fresca.

Según Hartmann *et al.* (2002), las auxinas son consideradas las sustancias más importantes en el proceso de enraizamiento de estacas. Entre las principales funciones biológicas se destaca el crecimiento de órganos, principalmente raíces por división y elongación celular. Por esta razón, con la aplicación de AIB hubo mayor acumulación de masa seca de raíces en los esquejes de uchuva; además, esta respuesta es aún mayor con la utilización del sustrato turba, porque este garantiza que las propiedades fisicoquímicas (nutrientes, agua y aire) sean favorables para un desarrollo radical adecuado.

En la propagación asexual de uchuva estudiada por López *et al.* (2008) no se encontraron diferencias significativas entre

los sustratos para la masa fresca de raíz; sin embargo, el sustrato arena:suelo:cascarilla (1:1:1 v/v/v) permitió mayor acumulación de masa fresca frente a los sustratos arena y la mezcla de suelo:cascarilla (1:1 v/v). De otra parte, en la propagación sexual de pino bajo seis sustratos, se determinó que con los sustratos a base de turba se logró una mayor masa fresca total, masa seca de la parte radical y masa seca de las raíces secundarias, pero su combinación con vermiculita generó plantas más vigorosas (Olivo y Buduba, 2006).

En la propagación de plantas de romero por esquejes, la turba fue un medio favorable para la producción de masa fresca, lo que atribuyeron Álvarez-Herrera *et al.* (2007) a un alto contenido inicial de nutrientes, alta retención de humedad y una adecuada aireación y porosidad de este sustrato, lo que concuerda con lo encontrado para uchuva.

Respecto a la formación de masa de raíces, Zietemann y Roberto (2007) hallaron en estacas enraizadas de guayaba ‘Paluma’ y ‘Século XXI’ mayor masa seca radical con la aplicación de 800 mg L⁻¹ de AIB respecto a dosis menores. Igual tendencia observaron Castillo *et al.* (2005) en el enraizamiento de estacas de *Malpighia glabra*, aunque la mayor masa seca radical se logró con 2.800 mg L⁻¹ de AIB, mientras que en acodos de *Murraya paniculata* se obtuvo mayor masa seca, fresca y longitud total de raíces con solo 4 mg L⁻¹ de AIB, lo que ratifica la importancia biológica de la aplicación exógena de AIB en la propagación asexual de diferentes especies, aunque los requerimientos sean distintos.

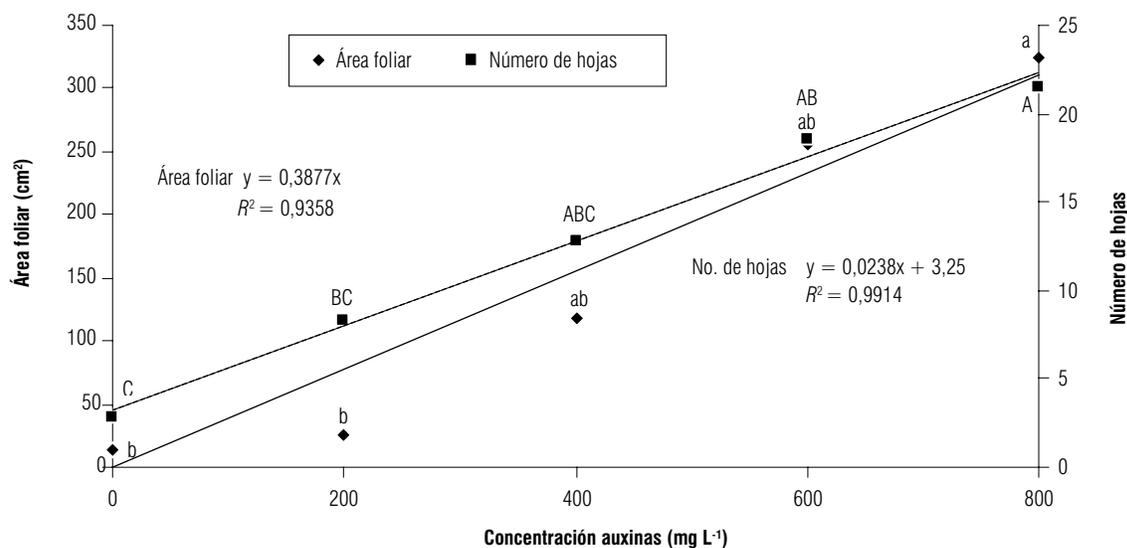


FIGURA 4. Efecto de diferentes concentraciones de AIB sobre el número de hojas y área foliar de plantas de uchuva propagadas mediante esquejes. Promedios con letras distintas en la misma serie indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

La turba ejerció mayor acumulación de fotoasimilados y, por ende, mayor masa fresca y seca en las raíces debido a que este sustrato presenta un efecto estimulador sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, lo cual, según Abad *et al.* (2004), fue atribuido a la presencia de activadores del crecimiento. Además, la turba genera buenos resultados gracias a sus características físicas, tales como alta porosidad, gran aireación y alta retención de humedad, lo que favorece la emisión de raíces.

La mezcla de suelo y cascarilla de arroz mostró menor respuesta debido posiblemente a que el suelo utilizado tuvo una baja concentración de nutrientes necesarios para el crecimiento de raíces, como por ejemplo P y Ca y un pH ácido que limita la disponibilidad de estos elementos (Tab. 1). Además, las propiedades físicas no son adecuadas, ya que al ser un suelo disturbado, su estructura es incipiente, y, por tanto, la aireación, la retención y el movimiento del agua son limitados. Así mismo, la cascarilla de arroz, aunque favorece la aireación, no retiene la humedad necesaria para el enraizamiento y crecimiento de las plantas de uchuva.

Se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos y entre factores de forma independiente respecto al área foliar y número de hojas. Se obtuvo mayor respuesta en los dos casos con la aplicación de 800 mg L⁻¹ de AIB y la siembra en turba (Tab. 2). Así mismo, el área foliar y número de hojas se incrementó de manera lineal en función del contenido de auxinas (Fig. 4). El sustrato turba se encargó de producir plantas de uchuva con mayor follaje, dado tanto por la cantidad de hojas como por el área foliar (Tab. 3), lo que resalta la importancia de la presencia de raíces en la formación de nuevas hojas (Campana y Ochoa, 2007).

Se encontraron resultados opuestos con la aplicación de AIB en *Ficus carica*, donde 2.000 mg L⁻¹ de AIB generaron menor número de hojas respecto al testigo sin aplicación (Pio *et al.*, 2006). Esto indica que las especies presentan diferentes contenidos endógenos de auxinas, lo que hace que los requerimientos exógenos de AIB varíen.

La mayor cantidad de área foliar se debió directamente a la formación de un mayor número de hojas. No obstante, la mayor presencia de hojas fue producto de un elevado crecimiento del tallo con más cantidad de entrenudos que permitió la generación de un alto número de hojas, procesos que fueron favorecidos tanto por la acción de las concentraciones más altas de AIB como por el sustrato turba.

También en la obtención de plántulas de papaya, Gil y Miranda (2007) obtuvieron el mayor desarrollo foliar en el

sustrato turba, debido a que ofreció características físicas y químicas que permitieron un buen desarrollo de las raíces. De otra parte, con el sustrato de mezcla, posiblemente se restringió el crecimiento de la raíz de las plantas de uchuva, lo cual pudo generar acumulación de carbohidratos en las hojas, resultando en una respuesta inhibitoria de la fotosíntesis (Schaffer *et al.*, 1996) y en una menor área foliar. Además, al incrementarse el área foliar, se presentó aumento en la transpiración y en la posibilidad de que los esquejes se deshidraten; también se incrementa la respiración de mantenimiento. De esta manera, se necesita más eficiencia de los sistemas fotosintético y radical para enviar los fotoasimilados y nutrientes hacia los vertederos (Schaffer *et al.*, 1996), procesos que pueden ser más eficientes en las uchuvas propagadas en el sustrato turba.

Conclusiones

La aplicación del ácido indol 3-butírico favorece la propagación asexual de uchuva mediante esquejes.

A medida que la concentración de AIB aumenta hasta 800 mg L⁻¹, se incrementa la rizogénesis, expresada en porcentaje de enraizamiento, longitud, masa fresca y seca de la raíz, lo que, a su vez, fomenta el crecimiento del tallo con una inserción de un mayor número de hojas y formación de área foliar.

El mejor sustrato de propagación para los esquejes de uchuva fue la turba; además, este optimiza el efecto de las auxinas.

Literatura citada

- Abad, M., P. Noguera y C. Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. pp. 13-158. En: Urrestarazu, M. (ed.). Tratado de cultivos sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Álvarez-Herrera, J.G., S.L. Rodríguez y E. Chacón. 2007. Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Agron. Colomb. 25(2), 224-230.
- Angarita, A. y G. Santana. 1997. Regeneración adventicia de somaclonales en uchuva (*Physalis peruviana*). Agron. Colomb. 14(1), 59-65.
- Angulo, R. 2005. Uchuva. El cultivo. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Campana, B.M.R. y M.J. Ochoa. 2007. Propagación vegetativa o agámica de especies frutales. pp. 133-197. En: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Castillo, M., Y.H. de Fréitez y N. Hernández de Bernal. 2005. Efecto de la auxina AIB en la propagación de azahar de la India (*Murraya paniculata* (L. Jack)) por acodo aéreo. Bioagro 17(2), 123-126.

- Castrillón, J.C., E. Carvajal, G. Ligarreto y S. Magnitskiy. 2008. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agron. Colomb.* 26(1), 16-22.
- Da Silva, J.A.A. y F. Mendes P. 2004. Enraizamiento de estacas herbáceas de nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Rev. Bras. Frutic.* 26(2), 369-371.
- Davies, P. 2004. *Plants hormones*. Kluwer Academic Publishers, New York, NY.
- Fachinello, J.C., A. Hoffmann y J.C. Nachtigal. 1994. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Ufpel, Pelotas, Brasil.
- Fachinello, J.C., A. Hoffmann, J.C. Nachtigal, E. Kersten y G.R. Fortes. 1995. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. 2a ed. Ufpel, Pelotas, Brasil.
- Forero, C. y N. Becerra. 2008. Propagación de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) por estacas. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gil, A. y D. Miranda. 2007. Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) bajo invernadero. *Rev. Colomb. Cienc. Hort.* 1(2), 142-153.
- Griesbach, J. 1992. A guide to propagation and cultivation of fruit-trees in Kenya. *Schriftenreihe der GTZ No. 230*. Technical Cooperation - Federal Republic of Germany, Eschborn, Alemania.
- Hackett, W.P. 1988. Donor plant maturation and adventitious root formation. pp. 11-28. En: Davis, T.D., B.E. Hassing y N. Sankhla (eds.). *Adventitious root formation in cuttings*. Advances in Plant Sciences Series. Dioscorides Press, Portland, OR.
- Hartmann, H. y D. Kester. 1998. Propagación de plantas, principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México D.F.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies, Jr. y R.L. Geneve. 2002. *Plant propagation: principles and practices*. 7a ed. Prentice Hall, Saddle River, NJ.
- Hinojosa, G.F. 2000. Auxinas. pp. 15-54. En: Cid, L.P.B. (ed.) *Introdução aos hormônios vegetais*. Embrapa, Brasília DF.
- Klinac, D.J. 1986. Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) production system. *New Zeal. J. Exp. Agr.* 14, 525-430.
- Lemes, C., C. Rodríguez y L. Acosta. 2001. Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus officinalis* L. (romero). *Rev. Cubana Plant Med.* 6(3), 79-82.
- López, F.J., N.R. Guío, G. Fischer y D. Miranda. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 61(1), 4347-4357.
- Olivo, V.B. y C.G. Buduba. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque* 27(3), 267-271.
- Öpik, H. y S. Rolfe. 2005. *The physiology of flowering plants*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Pasqual, M., N.N.J. Chalfun, J.D. Ramos, M.R. do Vale y C.R. de Silva. 2001. Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas. UFLA/Faep, Lavras, Brasil.
- Pio R., J.D., N.N.J. Ramos, T.A. Chalfun, V. Gontijo, E.P. Mendonça y E.A. Carrijo. 2006. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes, ácido indolbutírico e tipo de estaca. *Ciênc. Agrotec.* 30(5), 1021-1026.
- Ryugo, K. 1993. *Fruticultura - Ciencia y arte*. AGT Editor, México DF.
- Sandhu, A.S., S.N. Singh, P.P.S. Minhas y G.P. Grewal. 1989. Rhizogenesis of shoot cuttings of raspberry (*Physalis peruviana* L.). *Indian J. Hort.* 46(3), 376-378.
- Santelices, R. 2007. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y de la presencia de hojas en el arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser cosechadas en dos épocas diferentes. *Ecol. Austral* 17, 151-158.
- Schaffer, B.C., C. Searle, A.W. Whiley y R.J. Nissen. 1996. Effects of atmospheric CO₂ enrichment and root restriction on leaf gas exchange and growth of banana (*Musa*). *Physiol. Plant.* 97, 685-693.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. 4a ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.
- Westervelt, P. 2003. Effect of growing medium and irrigation rate on growth of *Rosmarinus officinalis*. Tesis de maestría. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- Zietemann, C. y S.R. Roberto. 2007. Efeito de diferentes substratos e épocas de coleta no enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira, cvs. Paluma e Século XXI. *Rev. Bras. Frutic.* 29(1), 31-36.