

## El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos

The effect of auxins on rooting of Andean blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) cuttings in different substrates

Juan Carlos Castrillón<sup>1</sup>, Edwin Carvajal<sup>2</sup>, Gustavo Ligarreto<sup>3</sup> y Stanislav Magnitskiy<sup>4</sup>

### RESUMEN

El agraz es una baya de la familia la Ericaceae que crece de forma espontánea en la zona alto andina de Colombia y presenta un alto potencial de exportación, aunque es difícil su propagación por medio de estacas. El presente trabajo tuvo el objetivo de caracterizar viabilidad y potencial de enraizamiento de estacas de agraz en dos diferentes sustratos bajo invernadero utilizando auxinas AIB (ácido indolbutírico), ANA (ácido naftalenacético) y AIA (ácido indolacético) en diferentes concentraciones. El estudio se dividió en dos fases, la primera tenía el objetivo de evaluar el efecto de tres auxinas AIA, AIB y ANA en diferentes concentraciones (1, 10, 20 mg·L<sup>-1</sup> de ANA, 50, 200 y 500 mg·L<sup>-1</sup> de ANA y AIB), sobre la viabilidad y enraizamiento de agraz en dos sustratos (suelo + turba en relación 1:1 y turba). La segunda fase tenía como objetivo evaluar AIB en distintas concentraciones (0, 50, 100, 500, 1.000 y 2.000 mg·L<sup>-1</sup>), sobre un solo sustrato (escoria + suelo en relación 1:1), para analizar el potencial de enraizamiento de la especie. Los resultados de investigación mostraron que los tratamientos con AIB y AIA aumentan la viabilidad de las estacas de agraz. Las estacas jóvenes de agraz demuestran actividad rizogénica y el uso de hormonas es viable para inducir el desarrollo de las raíces adventicias en esta especie. Los resultados sugieren que el mejor tratamiento para enraizar las estacas fue AIB 200 mg·L<sup>-1</sup> aplicado a la base de las estacas mezclado con talco, el porcentaje de enraizamiento del tratamiento después de dos meses de aplicación fue 18,7% y, a su vez, presentó el mayor número de raíces por planta, con un promedio de 3,3.

**Palabras clave:** Ericaceae, baya, ácido indolbutírico, ácido naftalenacético, ácido indolacético.

### ABSTRACT

Andean blueberry is a berry that grows in spontaneous way in the Colombian Andean region and presents a high exportation potential, while it is difficult to propagate it using cuttings. The present research was done in order to characterize the viability and rooting potential of Andean blueberry cuttings in two different substrates under greenhouse conditions using auxins indolebutyric acid (IBA), naphthaleneacetic acid (NAA) and indoleacetic acid (IAA) in three concentrations. The research was divided in two phases, the first had the objective to test the effect of IAA, IBA, NAA in different concentrations (1, 10, and 20 mg·L<sup>-1</sup> IAA, 50, 200 and 500 mg·L<sup>-1</sup> NAA and IBA) on the viability and rooting of Andean blueberry cuttings in two substrates (soil + peat moss 1:1 and peat moss only). The second phase tested IBA in different concentrations (0, 50, 100, 500, 1000 and 2000 mg·L<sup>-1</sup>) over one substrate (coal dross + soil in relation 1:1), in order to analyze the rooting of the specie. The result of the experiments showed that treatments with IAA and IBA increased the viability of cuttings. The young cuttings of Andean blueberry demonstrated the rhizogenic activity and the use of hormones is viable to induce the formation of adventitious roots. The results suggested that the best treatment to induce rooting was 200 mg·L<sup>-1</sup> IBA applied at the base of cuttings in a mixture with talc reaching 18,7% rooting after two months after application and the highest average number of adventitious roots per plant 3,3.

**Keywords:** Ericaceae, berry, indolebutyric acid, naphthaleneacetic acid, indoleacetic acid.

### Introducción

El agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) es una de las especies productoras de frutos comestibles de la familia Ericaceae que crece de forma espontánea en la zona alto andina de Colombia, Ecuador, Perú, en Venezuela y Ja-

maica. El género *Vaccinium* comprende diferentes especies de alto interés comercial a nivel nacional e internacional, tales como *Vaccinium corymbosum* L. (mora azul, arándano azul, *highbush*) y *Vaccinium ashei* Reade (arándano, ojo de conejo, *rabbiteye*) (Schick, 1993; Salinas y Betancur, 2007). El agraz, conocido además por sus nombres locales como

Fecha de recepción: diciembre 13 de 2007. Aceptado para publicación: abril 9 de 2008

<sup>1</sup> Estudiante, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. jccastrillonf@unal.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. ecarvajalt@unal.edu.co

<sup>3</sup> Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. galigarretom@unal.edu.co

<sup>4</sup> Profesor asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. svmagnitskiy@unal.edu.co

mortiño, agrás, uvito de monte, arándano azul o *Jamaican bilberry* presenta un alto potencial de exportación y actualmente ha sido admitida en la lista de especies con mercado a los Estados Unidos, aunque la ausencia de protocolos viables para su propagación (Vallejo, 2000; Arjona, 2001) dificulta la introducción de esta especie en cultivo. Entre sus usos más frecuentes se encuentra el consumo como fruta fresca o en jugos, mermeladas, tortas, helados y la novedosa producción de vinos caseros (Schick, 1993; Arjona, 2001; Medina y Lobo, 2004).

La propagación sexual de esta especie se encuentra con varios problemas asociados con la dificultad del manejo y germinación de las semillas, incluyendo su diminuto tamaño, variación en el tamaño, número y forma de las semillas, bajos porcentajes de germinación, posibles características fotoblásticas de las semillas –dependencia de luz para la germinación (Giba *et al.*, 1995; Medina y Lobo, 2004)– u otros casos de latencia (Magnitskiy y Ligarreto, 2007). Se sugiere que las semillas de agraz son ortodoxas (Medina y Lobo, 2004) y se reportan altos (60%-65%) y bajos (20%-25%) porcentajes de germinación en semillas grandes y pequeñas, respectivamente (Valencia y Ramírez, 1993). Las plántulas producidas de semillas pequeñas tienen menor porte y raíces cortas (Valencia y Ramírez, 1993), aunque en la literatura no se encuentra información sobre el vigor de las semillas de agraz o las tasas de supervivencia de plántulas producidas de semillas.

El agraz es un arbusto ramificado que alcanza 1 ó 2 m de altura en el periodo de su plena producción, y su propagación asexual, tal como por estacas, es viable desde de un punto de vista práctico, porque podría ser un método económico y simple que le permite al productor evitar los problemas de incompatibilidad y bajo vigor de la planta y obtener mayor uniformidad y calidad en la producción por la ausencia de variación del efecto patrón (Hartmann *et al.*, 2002). Además, en su hábitat natural, las plantas de la familia Ericaceae se propagan asexualmente por rizomas (Luby *et al.*, 1991). Las desventajas de propagación asexual de agrás incluyen el bajo potencial de enraizamiento de las estacas en condiciones controladas. Existen las técnicas de propagación de *Vaccinium sp.* in vitro (Morrison *et al.*, 2000; Litwinczuk *et al.*, 2005; Debnath, 2007), aunque hasta ahora este método no es accesible para los productores de este fruto.

Los factores más relevantes a tener en cuenta para realizar el enraizamiento por estacas son: fuentes del material vegetativo, medios para enraizamiento, tratamientos con estimuladores de enraizamiento y condiciones ambientales

adecuadas para el enraizamiento (Couvillon, 1988; Hartmann *et al.*, 2002). El uso de reguladores de crecimiento es una de las prácticas más comunes para inducir la formación de raíces adventicias (Couvillon, 1988), y los más usados son las auxinas, tal como los ácidos indol-3-acético (AIA), naftalenacético (ANA) e indolbutírico (AIB). Además se reporta el uso de citoquininas para inducir la formación de rizomas en las especies *Vaccinium* (Gates, 1985; Morrison *et al.*, 2000). Entre las auxinas, el AIB es más utilizado, ya que no es tóxico en un amplio rango de concentraciones para un gran número de especies y químicamente más estable que el AIA, al contacto con el sustrato de propagación (Couvillon, 1988; Hartmann *et al.*, 2002). Los métodos más comunes de aplicación de auxinas para enraizar las estacas son: remojo prolongado por dos horas en la solución, inmersión rápida por cinco segundos en una solución concentrada del producto –concentración que varía entre 500 y 10.000 mg·L<sup>-1</sup>– o tratando la base de la estaca con una hormona mezclada con un portador inerte, como talco, que mantiene la sustancia enraizadora por más tiempo en contacto con la estaca (Hartmann *et al.*, 2002).

Las estacas de muchas especies enraízan con facilidad en una gran diversidad de medios, como suelo, arena, turba, vermiculita, piedra pómez, perlita, agregados de plástico sintéticos y corteza desmenuzada como aserrín o virutas de madera (Richards *et al.*, 1964; Bures, 1997), pero en aquellas que lo hacen con dificultad, como las de la familia Ericaceae, el tipo de medio de enraizamiento puede tener una gran influencia no solamente en el porcentaje de estacas enraizadas, sino también en la calidad del sistema radical formado (Long, 1932; Pokorny y Austin, 1982). Para el enraizamiento de estacas de agraz no se reporta el sustrato óptimo. En su hábitat natural las plantas de este fruto, tal como las otras de esta familia (Luby *et al.*, 1991), crecen en suelos ácidos con niveles de pH 4,5-5,0 y los bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio (Juan David Muñoz, 2006, datos no publicados). Las plantas del género *Vaccinium* se caracterizan por la baja tolerancia de salinidad (Luby *et al.*, 1991), aunque se reporta el crecimiento adecuado de agraz en suelos que contienen los contenidos elevados de cloruros y sulfatos (Juan David Muñoz, 2006, datos no publicados). En la zona alto andina de Colombia, este fruto se encuentra frecuentemente bajo la sombra de robles (*Quercus sp.*) y se caracteriza por tener alta presencia de micorrizas en el suelo.

En Colombia, existe una gran demanda para un protocolo de propagación de agraz que sea rápido, efectivo, simple y accesible para los pequeños productores, aunque no se conocen las condiciones óptimas de su propagación asexual,

incluyendo los sustratos, condiciones de iluminación y tratamientos con sustancias enraizadoras. En el presente trabajo se realizó una primera aproximación para determinar la viabilidad y enraizamiento de estacas de agraz al tratarlas con auxinas AIB, ANA y AIA en dos sustratos bajo las condiciones de invernadero.

## Materiales y métodos

Los estudios se realizaron en los bancos de enraizamiento de los invernaderos de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El estudio fue dividido en dos experimentos: el primero tenía el fin de evaluar el efecto de tres hormonas en diferentes concentraciones sobre el porcentaje de estacas enraizadas en dos sustratos, el segundo tenía el objetivo de evaluar la mejor hormona del primer experimento en diferentes concentraciones y sobre un solo sustrato.

Para el primer experimento, el material de agraz se obtuvo de ramas de árboles establecidos en el municipio de Mache-tá (Cundinamarca, Colombia, 2.094 msnm, temperatura anual promedio de 17 °C) y fue trasladado al laboratorio de Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, en donde se seleccionaron 400 estacas jóvenes con características homogéneas, en el estado turgente de hojas y de buen vigor. Las plantas madres eran plantas adultas de 5 a 10 años y no presentaban síntomas visuales de deficiencias nutricionales o problemas fitosanitarios. Se seleccionaron ramas vegetativas; las estacas herbáceas contaron con una longitud promedio de 8 cm y con promedio de 4 pares de hojas, ya que se ha demostrado que en especies difíciles de enraizar, tales como las de la familia Ericaceae, es necesario recurrir a estacas con hojas (Hoffmann *et al.*, 1995), las cuales sirven como una fuente de auxinas endógenas y ejercen una acción estimulante sobre la inducción de formación de las raíces adventicias (Davis, 2004).

Se utilizaron estacas jóvenes porque los resultados preliminares mostraron que las estacas de agraz caracterizadas con consistencia leñosa en sus tallos no exhiben actividad rizogénica después del tratamiento con AIB o AIA (Ligarreto *et al.*, 2006). Este material se mantuvo durante tres días en condiciones adecuadas de humedad y temperatura (10-15 °C) del ambiente. Como medio de enraizamiento se utilizaron los sustratos A): suelo recolectado de la zona de origen del material de propagación mezclado en una proporción 1:1 con la turba fina ((Fa. Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste-Alemania) y el sustrato B): la turba base fina (Fa. Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste-Alemania). El sustrato A se utilizó debido a los requerimientos de pH

ácidos, además de una posible asociación con micorrizas ericoides; la mezcla con turba tendría que presentar las condiciones físicas óptimas para mantener la aireación y la retención del agua en el sustrato.

Las soluciones de hormonas se prepararon tomando 20 mg de AIA (ácido indolacético), 500 mg de AIB (ácido indolbutírico) y 500 mg de ANA (ácido naftalenacético), diluyendo en 10 mL de alcohol etílico y completando 1 L con agua destilada, obteniéndose una solución de 20 mg·L<sup>-1</sup> de AIA, 500 mg·L<sup>-1</sup> de AIB y 500 mg·L<sup>-1</sup> de ANA, a partir de la cuales se hicieron las respectivas diluciones con agua destilada para preparar las soluciones de 1 y 10 mg·L<sup>-1</sup> de AIA, 50 y 200 mg·L<sup>-1</sup> de AIB, y 50 y 200 mg·L<sup>-1</sup> de ANA. El método de aplicación de las hormonas consistió en inmersión del extremo basal de las estacas en las soluciones de hormonas a cada concentración, durante un tiempo prolongado de dos horas; posteriormente, se sembraron en el sustrato dentro del invernadero de propagación. Se utilizó un banco de propagación de 30 m de largo por 1,20 m de ancho y 0,40 m de profundidad, de la cual se tomaron 8,4 m<sup>2</sup>. Se instaló un sistema de riego con nebulización, producido por una boquilla de deflexión y alimentada con tubo central instalado por debajo de la cama, y el riego se realizó dos veces al día (en la mañana y en la tarde), con una duración de cinco minutos por riego.

Para el segundo experimento, las plantas enteras con un promedio de altura de 0,50 a 0,80 m fueron colectadas en marzo de 2007, en el municipio de Guachetá (Cundinamarca, Colombia, 2.750 msnm, temperatura anual promedio de 14 °C) y trasladadas al laboratorio de Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, donde se seleccionaron con el fin de sacar estacas provenientes de primordios apicales jóvenes. Las estacas presentaban características homogéneas y de buen vigor. Se seleccionaron ramas vegetativas con características homogéneas, una longitud promedio de 4 cm y un promedio de dos pares de hojas. Para el medio de enraizamiento se utilizó escoria de carbón mezclada con suelo de origen de la especie en proporción 1:1. La escoria eran residuos de alto horno de estructura media, cuyas características granulométricas evitaban problemas de baja retención de agua en el sustrato de la escoria fina o su mal drenaje en la escoria gruesa.

La respectiva solución de hormonas se preparó tomando 2.000 mg de AIB, diluyendo en 10 mL alcohol etílico y completando un litro con agua destilada. A partir de esta solución se diluyeron con agua destilada las respectivas soluciones de 100, 200, 500 y 1.000 mg·L<sup>-1</sup> AIB; dosis que fueron mezcladas con un talco industrial. El método de

aplicación de AIB consistió en realizar una mezcla de la solución de la hormona con un material inerte (talco) en una proporción tal que produjera una mezcla de consistencia pastosa. Posteriormente, se introdujeron las estacas en la mezcla y, al recubrir la base de la estaca, estas se sembraron en el sustrato, en recipientes de polietileno con cubierta transparente de plástico, lo que permite, en estacas de especies que se enraízan con dificultad, mantener la temperatura en el banco de enraizamiento, reducir las pérdidas de agua por las hojas y mantener viva la estaca hasta que forme raíces (Loach, 1977). En ambos experimentos se instaló una polisombra de maya negra sintética que soportó al 50% sobre el banco, para disminuir la intensidad solar sobre las estacas y mantener una humedad relativa elevada.

Las variables a evaluar en el primer experimento fueron: (a) el tiempo promedio de la viabilidad de las estacas, estimada por la presencia de por lo menos dos hojas, (b) la falta de clorosis en las hojas y (c) porcentaje de estacas enraizadas después de ocho semanas al iniciar el experimento. Se utilizó un diseño completo al azar con 20 tratamientos, compuesto por tres hormonas (AIA, AIB, ANA), tres concentraciones por hormona y dos sustratos. Por cada tratamiento se hicieron 20 repeticiones, con el fin de tener material de evaluación en caso de la muerte de estacas. El diseño del segundo experimento se realizó completamente al azar, con 6 tratamientos y 16 repeticiones. Dentro de las variables se evaluaron el tiempo promedio de la viabilidad de las estacas, porcentaje de aquellas que estaban enraizadas, número de raíces y longitud de estas, después de ocho semanas de iniciado el experimento. Se realizó un Anova para el análisis de los tratamientos y se utilizó el paquete estadístico SAS.

## Resultados y discusión

Al inicio y durante el primer experimento se observó marchitamiento de las hojas y presencia de clorosis en las mismas, seguido por necrosis de las hojas y del tallo, razón por la cual se decidió evaluar el periodo en que las estacas permanecen vivas después de la aplicación de las hormonas, esto con el fin de obtener información acerca del efecto que estas producen sobre la longevidad de las estacas. Para la evaluación de este ensayo se tomó en cuenta la variable de mortalidad de las estacas a través del tiempo. El enraizamiento en el primer experimento fue nulo, ya que todas las estacas murieron gradualmente a lo largo de casi un mes. La defoliación de las estacas en este experimento se puede relacionar con la falta de enraizamiento de las mismas, ya que en *Vaccinium sp.* una correlación negativa directa fue establecida entre la permanencia de hojas en las estacas y

su capacidad de producir raíces adventicias (Hoffmann *et al.*, 1995). Las hojas en las estacas aumentan la pérdida de agua por la transpiración, pero sirven como una fuente de auxinas endógenas o carbohidratos para el enraizamiento de las estacas (Hartmann *et al.*, 2002).

Al observar la duración de las estacas vivas en el sustrato A (suelo con turba), el promedio de estas en el control fue de 20,6 días, mientras que los promedios para los tratamientos con AIA, ANA y AIB fueron de 25,1, 25,0 y 36,3 días, respectivamente. Se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, en los que los mayores promedios de estacas vivas fueron registrados, en su orden, en 30,7, 43,3 y 35,4 días. Estos valores corresponden a los tratamientos con la misma hormona AIB en concentraciones 50, 200 y 500 mg·L<sup>-1</sup>, donde el tratamiento con 200 mg·L<sup>-1</sup> AIB fue el mejor, al soportar la viabilidad de las estacas por el mayor tiempo, esto es, 43,3 días (tabla 1). Para el sustrato B (solo turba) y sus respectivos tratamientos se detectaron diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados, en donde el prerremojado de las estacas con una solución de 200 mg·L<sup>-1</sup> AIB fue el mejor (tabla 1).

Se presentaron los modelos de regresión polinómico para el sustrato A ( $y = -10,2x^2 + 43,15x - 2,2$ ;  $R^2 = 1$ ) y el sustrato B ( $y = -6,715x^2 + 26,57x + 12,50$ ;  $R^2 = 1$ ) obtenido entre la variable de duración de la viabilidad de las estacas y las respectivas concentraciones de la hormona AIB en los dos sustratos, lo que indica una correlación directa significativa entre estas variables y muestra que la mejor concentración de AIB para los dos sustratos fue de 200 mg·L<sup>-1</sup>.

El modelo de regresión polinómico ( $y = -2,187x^2 + 13,21x + 10,71$ ;  $R^2 = 0,921$ ) obtenido entre el promedio del periodo

**TABLA 1.** Tiempo promedio (días) de viabilidad de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) tratadas con hormonas.

Tratamientos	Concentración (mg·L <sup>-1</sup> )	Sustrato A (suelo + turba)	Sustrato B (turba)
Control		20,6 a*	21,3 a
	1	20,2 a	29,7 bcd
AIA	10	25,2 ab	29,4 bcd
	20	30,0 bcd	29,0 cb
	50	30,7 bcd	32,4 cd
AIB	200	43,3 f	38,8 ef
	500	35,4 de	31,8 cd
ANA	50	28,3 cb	31,8 cd
	200	21,6 a	26,2 abc
	500	25,2 ab	31,1 bcd

\*Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes, según la prueba de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

de viabilidad de las estacas y las concentraciones de AIA muestra para el sustrato A una correlación directa altamente significativa entre estas variables, al indicar que se puede esperar que, a medida que se aumenta la concentración de AIA, el tiempo de viabilidad de las estacas también aumenta.

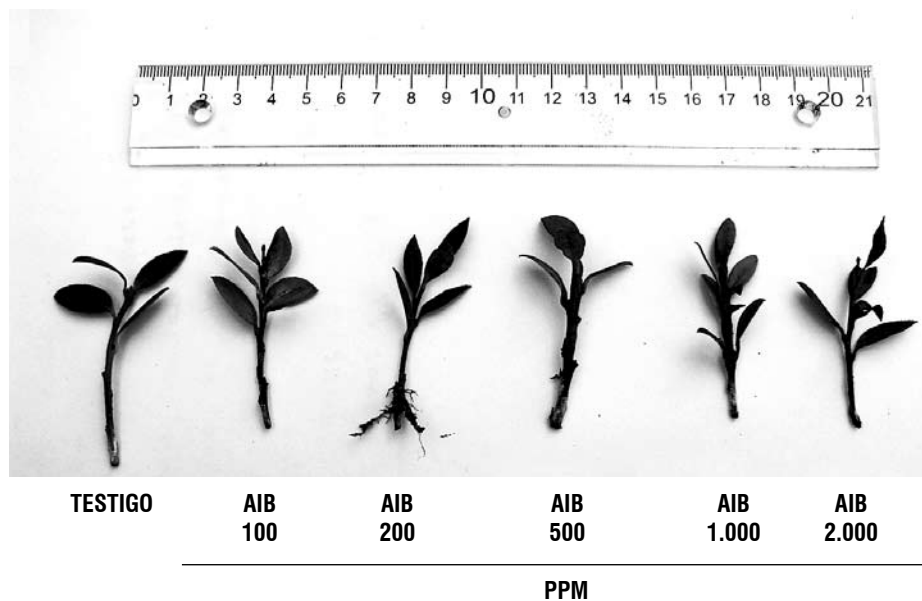
Al realizar el respectivo análisis estadístico no se presentaron diferencias significativas que permitan seleccionar uno de los dos sustratos como el mejor, ya que no registraron diferencias significativas entre las estacas sembradas en los dos sustratos, pero, por otro lado, en el sustrato con pura turba fue difícil mantener la humedad por su baja capacidad de retención de agua. Por eso, desde del punto de vista práctico, no se recomienda su uso. Se propone que los sustratos inorgánicos, a base de carbón (Black y Zimmerman, 2002) pueden ser adecuados solo para el crecimiento de plantas adultas de *Vaccinium sp.*, y los elaborados a base de vermiculita (Hoffmann *et al.*, 1995) son igualmente inadecuados para el enraizamiento de las estacas de estas plantas. Por otro lado, el uso del suelo de origen para enraizar las estacas de agraz no es factible, porque sus características físicas, tales como la estructura laminar fina, dificultan la penetración del agua al sustrato. Se puede recomendar como preparación del sustrato para enraizamiento mezclar la base orgánica con escoria (el primer experimento) o arena (Hoffmann *et al.*, 1995; Medina y Lobo, 2004).

En el segundo experimento, el porcentaje de estacas muertas se evaluó después de dos meses del tratamiento con AIB. Dentro de los resultados se observó que los tratamientos de 100 y 200 mg·L<sup>-1</sup> AIB presentaron el menor porcentaje de estacas muertas con el mismo valor de 12,5%, mientras que los tratamientos con 0, 500, 1.000 y 2.000 mg·L<sup>-1</sup> AIB presentaron una mortalidad del 25,0; 50,0; 31,2 y 18,7%, respectivamente. Los resultados indican que el tratamiento de las estacas con AIB en una mezcla con talco (experimento 2) fue más efectivo si se compara con el prerremojado de las estacas (experimento 1), porque, posiblemente, el contacto de la estaca con la hormona por más tiempo induce el enraizamiento.

En el segundo experimento, el mejor tratamiento consistió en IBA 200 mg·L<sup>-1</sup> con el porcentaje de enraizamiento de las estacas después de dos meses de 18,7%, una longitud promedio de raíces de 10,2 mm, aunque no era uniforme, y el número de raíces por planta con un promedio de 3,3 mm (figuras 1 y 2), lo que confirma las bajas tasas del crecimiento de las raíces adventicias en las estacas de *Vaccinium sp.* (Miller *et al.*, 2006) y puede dificultar el transplante exitoso de las estacas.

## Conclusiones

Los resultados de investigación muestran que los tratamientos con AIB y AIA aumentan la viabilidad de las es-



**FIGURA 1.** El enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) tratadas con AIB en diferentes concentraciones.



**FIGURA 2.** Las raíces adventicias de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) después de 2 meses con previo tratamiento de  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  AIB.

tacas de agraz. Se concluye que las estacas jóvenes de agraz demuestran actividad rizogénica y que el uso de hormonas es viable para inducir el desarrollo de las raíces adventicias en esta especie. El estudio demostró que no hay diferencias significativas entre la viabilidad o enraizamiento de las estacas en los diferentes sustratos, aunque enraizar las estacas en turba no es práctico por la baja capacidad de retención de humedad. La propagación asexual de agraz es posible con el uso de  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  AIB aplicado a la base de las estacas, mezclado con talco, aunque será necesaria una investigación adicional para aumentar el porcentaje de enraizamiento y disminuir la duración de la rizogénesis. Se recomienda evaluar la dosis de ácido indolbutírico entre 100 a  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en estacas apicales, para determinar la concentración óptima en el enraizamiento.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Colciencias por la financiación del trabajo de investigación como parte integral del proyecto “Zonificación de especies de agraz y una aproximación a su manejo agronómico” realizado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Además, se agradece a David Muñoz la contribución en la información sobre sitios de colecta del material vegetal y su aporte en el proyecto a través de la georeferenciación de la especie agraz.

## Literatura citada

- Arjona, B.B. 2001. El mortiño o agraz (*Vaccinium meridionale*, Ericaceae) como planta promisoría en la región del parque Arví (Antioquia, Colombia). En: Seminario de Plantas Promisorias. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 15 p.
- Black, B.L. y R.H. Zimmerman. 2002. Mixtures of coal ash and compost as substrates for highbush blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(5), 869-877.
- Bures, S. 1997. Sustratos. Editorial Aerotécnicas, Madrid. 342 p.
- Couvillon, G.A. 1988. Rooting response to different treatments. *Acta Hort.* 227, 187-196.
- Debnath, S.C. 2007. Propagation of *Vaccinium in vitro*: A review. *Intl. J. Fruit Sci.* 6, 47-71.
- Davis, P.J. 2004. Plant hormones. Biosynthesis, signal transduction, action. Kluwer Academic Publ., Londres. 750 p.
- Gates, J.C. 1985. Effects of the cytokinin 6-( $\gamma$ , $\gamma$ -dimethylallylamino)-purine on rhizome development of lowbush blueberry. Tesis de maestría, University of Maine. 200 p.
- Giba, Z., D. Grubisic y R. Konjevic. 1995. The involvement of phytochrome in light-induced germination of blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) seeds. *Seed Sci. Technol.* 23, 11-19.
- Hartmann, H., J. Kester, F. Davies y R. Geneve. 2002. Plant propagation principles and practices. 7th Edition. Prentice Hall. 710 p.
- Hoffmann, A., J.C. Fachinello y A.M. Santos. 1995. Enraizamiento de estacas de duas cultivares de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) em diferentes sustratos. *Rev. Bras. Agrociência* 1(1), 22-30.

- Ligarreto, G.A., C.I. Medina, M.L. Arias, L.J. Martínez, H. Corredor, J.D. Muñoz y P. Patiño. 2006. Zonificación de las especies de agraz (*Vaccinium spp.*) y una aproximación de su manejo agronómico como cultivos promisorios para la zona alto andina colombiana. Segundo informe de actividades. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 26 p.
- Litwinczuk, W., G. Szczerba y D. Prona. 2005. Field performance of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. 'Herbert' propagated by cuttings and tissue culture. *Scientia Hort.* 106, 162-169.
- Loach, K. 1977. Leaf water potential and the rooting of cuttings under mist and polythene. *Physiol. Plant.* 40, 191-197.
- Long, J. 1932. The influence of rooting media on the character of roots produced by cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 29, 352-355.
- Luby, J.J., J.R. Ballington, A.D. Draper, K. Pliszka y M.E. Austin. 1991. Blueberries and cranberries (*Vaccinium*). *Acta Hort.* 290, 393-458.
- Magnitskiy, S.V. y G.M. Ligarreto. 2007. El efecto del nitrato de potasio, el ácido giberélico y ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Rev. Colomb. Sci. Hort.* 1(2) (en prensa).
- Medina, C.I. y M.A. Lobo. 2004. Colecta, conservación y caracterización de diversas poblaciones de *Vaccinium meridionale* (mortiño), presentes en los bosques alto andinos de la jurisdicción de Corantioquia para promover su utilización sostenible. Informe final técnico del proyecto. Corpoica, C.I. La Selva, Rionegro. 32 p.
- Miller, S.A., E.K. Rawnsley, J. George y N. Patel. 2006. A comparison of blueberry propagation techniques used in New Zealand. *Acta Hort.* 715, 397-402.
- Morrison, S., G.M. Smagula y W. Litten. 2000. Morphology, growth, and rhizome development of *Vaccinium angustifolium* Ait. seedlings, rooted softwood cuttings, and micropropagated plantlets. *HortScience* 4, 550-570.
- Pokorny, F.A. y M.E. Austin. 1982. Propagation of blueberry by softwood terminal cuttings in pine bark and peat media. *HortScience* 17(4), 640-642.
- Richards, S., J. Warneke y F. Aljibury. 1964. Physical properties of soil mixes used by nurseries. *Calif. Agr.* 18(5), 12-13.
- Salinas, R.N. y J. Betancur. 2007. Novedades taxonómicas de las Ericaceas del suroccidente de Colombia. *Caldasia* 29(1), 51-58.
- Schick, C. 1993. Overview of the blueberry industry in South America. *Acta Hort.* 346, 27-32.
- Valencia, M.L.C. de y F. Ramírez. 1993. Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Agron. Colomb.* 10(2), 151-159.
- Vallejo, D.A. 2000. Fomento al mortiño (*Vaccinium meridionale*) como especie promisoriosa del Parque Regional Arví. Corantioquia, Medellín.