

Propagación asexual del Cacao Porcelana (*Theobroma cacao* L.) mediante la técnica de acodo aéreo

Asexual propagation of Porcelana cocoa (*Theobroma cacao* L.) through air layering technique

Gerardo M. Moreno Ávila¹, Zuleika M. Sánchez Vera¹, Elvis A. Portillo Páez¹, Maribel del C. Ramírez Villalobos^{2*} y Ángel Gómez³

¹Departamento de Agronomía, ²Departamento de Botánica, ³Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Resumen

Esta investigación presentó como objetivo evaluar el efecto de tratamientos auxínicos sobre el enraizamiento de acodos aéreos del Cacao Porcelana, empleándose las auxinas ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) a razón de 0, 2000, 4000 y 6000 mg.kg⁻¹ para un total de ocho tratamientos. El diseño experimental fue totalmente al azar con 15 repeticiones. A la sexta semana de realizada la técnica, se registró el número de acodos vivos (NAV), con callo (NAC) y enraizados (NAE). Para todas las variables, se encontró que los tratamientos mostraron igual proporción ($X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{tabulado}(n-1)0,05}$). Se logró la propagación asexual del cacao Porcelana a través del acodo aéreo con o sin la aplicación de auxina, obteniéndose 7,7-21,4% de acodos enraizados y 100% de acodos con callo. Se recomienda continuar estudios con tiempos de enraizamiento iguales y mayores al de seis semanas y concentraciones de auxinas iguales y menores a 2000 mg.kg⁻¹.

Palabras clave: ácido indolbutírico, ácido naftalenacético, enraizamiento.

Abstract

This research aimed to evaluate the effect of auxinic treatments on rooting of air layering of the Porcelana cocoa, using the auxins indolebutyric acid (AIB) and naphthaleneacetic acid (ANA) at 0, 2000, 4000 and 6000 mg.kg⁻¹, for a total of seven

Recibido el 06-02-2017 • Aceptado el 27-05-2018

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: mcramire@fa.luz.edu.ve.

treatments. The experimental design was completely randomized with fifteen replicates. At the sixth week of the technique, the number of live layers (NAV), with callus (NAC) and rooted layers (NAE) were recorded. For all the variables, it was found that the treatments showed the same proportion ($X^2_{\text{calculated}} < X^2_{\text{established}(n-1)_{0.05}}$). The asexual propagation of the Porcelana cocoa was achieved through the air layering with or without the application of auxin, obtaining 7.7-21.4% of rooted layers and 100% of layers with callus. It is recommended to continue studies with rooting times equal to and greater than six weeks and auxin concentrations equal to and less than 2000 mg.kg⁻¹.

Keywords: indolebutyric acid, naphthaleneacetic acid, rooting.

Introducción

Desde finales del siglo XVI hasta inicios del XIX, el cacao (*Theobroma cacao* L.) constituyó el primer rubro de producción y exportación en Venezuela, con notable apreciación en el mercado internacional (Quintero *et al.*, 2010). En la actualidad, del 5 al 10% de la producción mundial se origina de cacaos criollos y se estima que mundialmente alrededor del 30% son seleccionados. De allí que los programas de mejoramiento genético están dirigidos hacia el aumento de los rendimientos y a una mayor tolerancia a plagas y enfermedades (Dostert *et al.*, 2012).

En la zona Sur del Lago de Maracaibo, estado Zulia, se cultiva el Criollo Porcelana por su excelente aroma y calidad para la chocolatería, así como su atractivo precio en el mercado. Para el año 2015, la superficie cosechada fue de 75.450 ha con una producción de 22.368 t y un rendimiento de 296 kg.ha⁻¹ (Fedegro, 2017). Estos rendimientos son considerados muy bajos, y están asociados principalmente al

abandono de las plantaciones, la baja densidad de siembra y la escasa aplicación de prácticas de manejo agronómico (Quintero y García, 2010). Los productores propagan sus plantas a través de semillas, lo que ha determinado la existencia de una gran variabilidad genética en las plantaciones, y ésta a su vez, influye también en los bajos rendimientos.

El éxito de una plantación depende en gran parte de la selección de plantas vigorosas y sanas. El acodado aéreo es un tipo de propagación asexual conveniente para asegurar las características deseables de un cultivar, permitiendo la obtención de ejemplares iguales a la planta original y la uniformidad genética. Los bajos rendimientos y problemas fitosanitarios del cultivo en el Sur del Lago, y otras zonas del país, están determinando el cambio de uso de la reproducción sexual por la asexual con el fin de obtener las ventajas de este tipo de propagación. En el cacao, el enraizamiento de estacas (Hernández y Leal, 1997; Cordero *et al.*, 2014; Essola *et al.*, 2017) o acodos (Palacios, 1951) no siempre es alto y ha sido poco

estudiado en Venezuela (Hernández y Leal, 1997), por lo que se requieren esfuerzos en la propagación clonal de plantas selectas de cacao para mejorar la producción. La aplicación de auxinas es una práctica que permite uniformidad, mejorar y adelantar el enraizamiento, las más utilizadas son el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA) (Hartmann y Kester, 2001). Por ello, esta investigación presentó como objetivo evaluar el efecto de tratamientos auxínicos sobre el enraizamiento de acodos aéreos de cacao Porcelana.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Fundo Los Aguacates, ubicado en el sector Changleto II, parroquia Rómulo Gallegos, municipio Sucre, estado Zulia, entre las coordenadas 9°09'32" N y 71°05'49" O, a 6 msnm, en una zona de vida de bosque húmedo tropical con promedios anuales de 1738 mm, 29 °C y 83% de precipitación, temperatura y humedad relativa, respectivamente. Los suelos corresponden a Fluventic Ustropepts de textura franca a franca arcillosa, presentando una mesa de agua a un metro de profundidad.

De 15 plantas de Cacao Porcelana de dos años de edad, de tamaño y copa homogénea, se seleccionaron ocho ramas por planta con una longitud mínima de 100 cm, sin flores ni frutos, para efectuarles la técnica del acodo aéreo, que consistió en retirar un anillo de corteza de 2-2,5 cm de largo con la ayuda del dorso de la punta de una navaja (Hartmann y Kester, 2001; Ramírez *et al.*, 2004) en una zona

intermodal de 1,5-2 cm de diámetro, ubicada a unos 70-75 cm del ápice de la rama.

Posteriormente, en la parte basal de la rama acodada por encima del anillado se aplicaron las auxinas en forma de pasta (petrolato 100%) sobre la corteza, 1 cm aproximadamente (con 0,5 mL de la respectiva fitohormona). Luego, se colocó el sustrato bien húmedo sobre un trozo de polietileno transparente (15 cm x 22 cm), con mucho cuidado se llevó a la zona anillada para cubrirla o envolverla con el plástico de manera tal que no se removiera la auxina, posteriormente, se amarró firmemente en los extremos con cordel plástico (Ramírez y Urdaneta, 2004), de 25 cm de largo, y finalmente, se envolvió todo el acodo con papel plástico transparente (Envoplast) para evitar la pérdida de humedad.

Se empleó un sustrato liviano que consistió de una mezcla de aserrín, vermicompost sólido y tierra perteneciente a la unidad de producción en proporción 7:1:2, con la finalidad de evitar el quiebre de las ramas en la zona anillada, el cual ocurre cuando se coloca un sustrato pesado. El quiebre de acodos en cacao también ha sido indicado por Palacios (1951). Durante el desarrollo del experimento, desde finales de julio a mediados de septiembre del año 2015, hubo incidencia de varias precipitaciones por lo que se realizó solo un riego de 60 mL por acodo.

Los tratamientos auxínicos consistieron en la aplicación de AIB y ANA a razón de 0, 2000, 4000 y 6000 mg.kg⁻¹ (Hernández y Leal,

1997; Faria y Do Sacramento, 2003; Ramírez y Urdaneta, 2004) para un total de ocho tratamientos, obtenidos de la combinación de dos tipos de auxina y cuatro concentraciones. El diseño experimental fue totalmente al azar con quince repeticiones. A las seis semanas, se contó el número de acodos vivos (NAV), enraizados (NAE) y con callo (NAC). En cada tratamiento, se calculó el porcentaje de acodos vivos (PAV), enraizados (PAE) y con formación de callo (PAC). El PAV se hizo mediante la relación del NAV entre el número total de acodos, multiplicada por cien. Para PAE y PAC, se dividió NAE y NAC, respectivamente, entre el número total de acodos vivos, y se multiplicó por cien. Para NAV y NAE, se hizo un análisis no paramétrico mediante el procedimiento de Ji-cuadrado (χ^2) utilizando el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) ver. 24.

Resultados y discusión

A través de la prueba de χ^2 se determinó que los tratamientos presentaron la misma proporción ($\chi^2_{\text{calculado}} < \chi^2_{\text{tabulado}(n-1)0,05}$) o respuesta (cuadro 1) para el NAC y NAE, a la sexta semana de realizados los acodos aéreos en el cacao Porcelana. En la figura 1 se muestra un acodo enraizado. El NAE se ubicó entre 1 y 3, y el PAE entre 7,7 y 22,2%. Los PAE obtenidos coinciden con los señalados por Palacios (1951) para acodos aéreos de cacao adultos (30 años de edad), sin aplicación de auxinas luego de 12 semanas. Este mismo investigador

también indicó que la aplicación de 300 mg·kg⁻¹ de AIB (Hormodin No. 2 Merck) en ramas de segundo crecimiento con horqueta de chupones basales permitió 87,5% de acodos enraizados a las 12 semanas, tiempo de enraizamiento que representa el doble del usado en este trabajo de Cacao Porcelana. Essola *et al.* (2017) lograron el enraizamiento de estacas en diez semanas y obtuvieron que la concentración de AIB si afectó el número de raíces. Tee y Lamin (2014) reportaron PAE entre 10,1 y 65,4% en estacas enraizadas tratadas con 8000 ppm de AIB (Seradix®).

En otra especie, *T. grandiflorum*, se ha logrado un 94,7% de acodos enraizados a los tres meses con los tratamientos de anillado y anillado rallado (Rojas *et al.*, 2004). En estacas herbáceas de cacao, Faria y Do Sacramento (2003) no encontraron diferencias entre clones ni entre las concentraciones de AIB (0 y 6000 mg·kg⁻¹), a las 11,1 semanas, por lo que los autores concluyeron que el cacao presenta una alta capacidad de enraizamiento. Lo anterior tiene similitud con lo obtenido en este trabajo en cuanto a que no hubo diferencias entre los tratamientos auxínicos. En contraposición, el trabajo de Hernández y Leal (1997) señala que el mejor enraizamiento se obtuvo en estacas jóvenes de cacao tratadas con 6000 ppm de AIB. En cacao de 12 años, el enraizamiento de las estacas fue de 68,3% con Proroot®, 40% con ácido húmico y 11,7% en el testigo, a los 30 días (Cordero *et al.*, 2014).

En cuanto al NAC, todos los acodos vivos por tratamiento presentaron

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos auxínicos con ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de acodos vivos (NAV) y enraizados (NAE), y el porcentaje de acodos vivos (PAV) y enraizados (PAE) en cacao Porcelana, seis semanas después de realizada la técnica.

Tratamientos (mg. kg ⁻¹)	NAE			PAE (%)	NAC			NAV	PAV
	o _i	H _o	e _i		o _i	H _o	e _i		
Sin auxina	2	1	1,57	16,7	12	1	11,3	12	80
2000 ANA	1	1	1,57	9,1	11	1	11,3	11	73,3
4000 ANA	2	1	1,57	22,2	9	1	11,3	9	60
6000 ANA	1	1	1,57	8,3	12	1	11,3	12	80
2000 AIB	1	1	1,57	12,5	8	1	11,3	8	53,3
4000 AIB	1	1	1,57	7,7	13	1	11,3	13	86,7
6000 AIB	3	1	1,57	21,4	14	1	11,3	14	93,3
Total	11	7	11		79	7	79	79	
Promedio				14					75,2
χ^2 -calculado			2,364				2,430		
χ^2 -tabulado(7-1)0,05 = con gl			12,592				12,592		

e_i: frecuencia esperada. gl: grados de libertad. H_o: o_i = e_i, hipótesis o proporción teórica. o_i: frecuencia observada.

formación de callo (cuadro 1 y figura 1), 100% de PAC. Al respecto, no se encontró literatura específica en cacao, sin embargo, en *T. grandiflorum* Rojas et al. (2004) señalaron un 94,7% de formación de callo, valor que se asemeja al observado en cacao Porcelana. En *T. grandiflorum* los acodos que formaron callo posteriormente emitieron raíces adventicias.

Es importante destacar que de los 120 acodos, 79 estaban vivos (75,2% de PAV). El NAV se ubicó entre 8 y 14, de 15 acodos por tratamiento,

y el PAV entre 53,3 y 93,3%. Estos últimos se encuentran por encima de los indicados por Tee y Lamin (2014) en estacas de cacao, de 6,43 a 25,7%. La muerte de los acodos se asoció a la fragilidad de la madera de las ramas, cuyo peso ocasionó el quebrado o rotura de las mismas en la zona del anillado a pesar de haberles colocado un sustrato liviano. Se observó que la corteza de las ramas es gruesa y de consistencia algo dura. Por tanto, para evitar el quebrado se considera importante no retirar el anillo corteza,

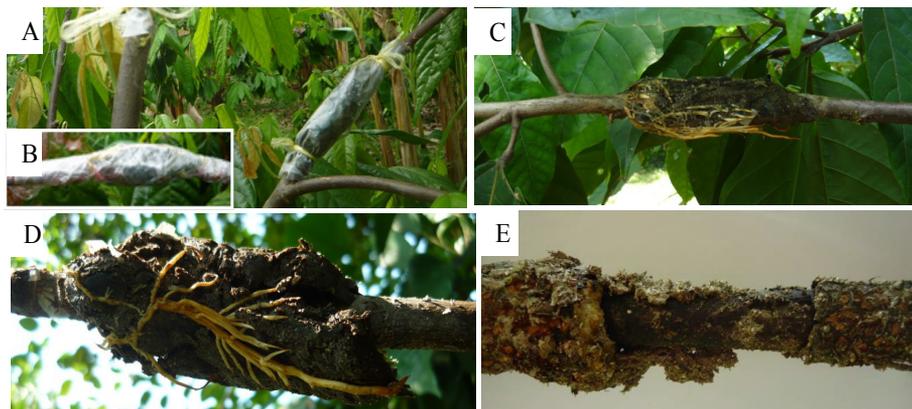


Figura 1. Acodo aéreo en Cacao Porcelana. A) Rama acodada. B) Acodo envuelto con papel plástico. C-D) Acodo con raíces adventicias, a las seis semanas. E) Acodo con callo.

en su lugar se podrían realizar heridas superficiales en el área de la rama a acodar, o bien, de esta última retirar pequeñas porciones, alternando con zonas corteza. El quebrado de las ramas también fue indicado por Palacios (1951) en cacao, quien lo atribuyó a la acción del viento.

Esta investigación representa un aporte para la propagación asexual del cacao Porcelana, ya que en Venezuela no se dispone de información relacionada con la técnica de acodado aéreo, y sienta las bases para futuras investigaciones.

Conclusiones y Recomendaciones

La propagación asexual del Cacao Porcelana se logró a través del acodo aéreo con o sin la aplicación de las

auxinas ácido indolbutírico y ácido naftalenacético. Se recomienda continuar estudios con tiempos de enraizamiento iguales y mayores al de seis semanas y concentraciones de auxinas menores e iguales a 2000 mg.kg⁻¹.

Agradecimientos

Al CONDES-LUZ por las subvenciones VAC-CC-0243-14 y 0653-15. A la Ing. Noris Terán por su colaboración y por facilitar las instalaciones del Fundo Los Aguacates.

Literatura citada

Cordero, F., O Montalván y O. Flores. 2014. Tipos de enraizadores en varetas de *Theobroma cacao*, comunidad Carao. Siuna, 2011. Ciencia e Interculturalidad 14(1): 98-105.

- Dostert, N., J. Roque, A. Cano, M. La Torre y M. Weigend. 2012. Hoja botánica: Cacao. *Theobroma cacao* L. F. Luebert (Tr.). Primera Edición. Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. Lima, Perú. 19 p.
- Essola, E., R. Caspa, D. Tchatchoua and P. Owona. 2017. Vegetative propagation of selected clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) by stem cuttings. *Journal of Horticulture and Forestry* 9(9): 80-90.
- Faria, J. e C. Do Sacramento. 2003. Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauero (clones CEPEC 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). *Rev. Bras. Frutic.* 25(1): 192-194.
- FEDEAGRO. 2017. Estadísticas Agropecuarias. Confederaciones de Asociaciones de Productores Agropecuarios. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/producción/> Fecha de consulta: 13-01-2017.
- Hartmann, H. y D. Kester. 2001. Propagación de plantas. Principios y prácticas. A. Ambrosio (Tr.). Octava reimpresión. Compañía Editorial Continental. México. 760 p.
- Hernández, S. y F. Leal. 1997. Enraizamiento de estacas de cacao. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 15(1): 1-12.
- Palacios, O. 1951. Ensayo de acodos sobre ramas de *Theobroma cacao* L., tratadas con hormonas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Tesis. Turrialba, Costa Rica, 47 p.
- Ramírez, M. y A. Urdaneta. 2004. Efecto del ácido naftalenacético y de diferentes sustratos sobre el enraizamiento de acodos aéreos del guayabo (*Psidium guajava* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 21(Supl. 1): 28-34.
- Quintero, M. y L. García. 2010. La producción de cacao en Venezuela: Hacia una nueva ruralidad. *Actualidad Contable FACES* 13(20): 114-123.
- Rojas, S., J. García y M. Alarcón. 2004. Propagación asexual de plantas, conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Primera Edición. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). PRODUMEDIOS. Bogotá, Colombia. 55 p.
- Tee, Y. and K. Lamin. 2014. Vegetative propagation in cocoa (*Theobromae cacao*): Effects of propagation environment and rooting substrates on rooting behaviour of cocoa stem cuttings. International Conference on Plant Physiology. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/269102058_Vegetative_propagation_in_cocoa-Theobromae_cacao_Effects_of_propagation_environment_and_rooting_substrates_on_rooting_behaviour_of_cocoa_stem_cuttings. Fecha de consulta: 09-11-2017.