

Influencia del sistema radical de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884, obtenidas por embriogénesis somática, durante la fase de conversión

Raul Barbón¹ <https://orcid.org/0000-0002-4284-0281>

Nosleiby Ortiz^{1,2} <https://orcid.org/0000-0003-4990-4521>

Alina Capote¹ <https://orcid.org/0000-0003-1095-9664>

Anabel Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-3689-0792>

¹Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuani km 5,5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54 830.

²Estación Experimental Agro-forestal de Jibacoa. Rincón Naranja, Jibacoa. Manicaragua. Villa Clara. Cuba. CP 54 590.

*Autor para correspondencia e-mail: raulb@ibp.co.cu

RESUMEN

El manejo del sistema radical de las plantas obtenidas por embriogénesis somática aumenta la eficiencia de su adaptación en condiciones de vivero. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la influencia de las características del sistema radical de plantas de café obtenidas por embriogénesis somática en la supervivencia y adaptación *ex vitro* de las plantas en vivero. Se utilizaron plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884. Se conformaron dos tratamientos de manejo: plantas con poda total de la raíz y plantas con poda parcial de la raíz a una longitud de 1.5 cm. A los 180 días de cultivo se evaluaron diferentes variables morfo-fisiológicas. Se encontró que la presencia o no del sistema radical influyó en el desarrollo morfológico de plantas durante la fase de conversión en vivero. La supervivencia fue mayor en las plantas con poda parcial de sus raíces (91.8%) con respecto a las plantas con una poda total del sistema radical (76.8%). De igual forma, los valores en las variables morfológicas y fisiológicas evaluadas fueron mayores significativamente. Este manejo permite que no se desechen plantas obtenidas durante la fase de germinación que presenten alguna deformación provocada por el efecto físico del frasco de cultivo.

Palabras clave: adaptación *ex vitro*, embrión somático, índices fisiológicos, vivero

Influence of the root system of *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 plants obtained by somatic embryogenesis, during the conversion phase

ABSTRACT

The management of the root system of the plants obtained by somatic embryogenesis increases the efficiency of their adaptation under nursery conditions. This work aimed to determine the influence of the characteristics of the root system of coffee plants obtained by somatic embryogenesis on the survival and *ex vitro* adaptation of plants in the nursery. Plants of *Coffea arabica* L. cv. Caturra Rojo J-884 were used. Two management treatments were established: plants with total root pruning and plants with partial root pruning to a length of 1.5 cm. At 180 days of culture, different morpho-physiological variables were evaluated. It was found that the presence or not of the root system influenced the morphological development of plants during the conversion phase in the nursery. Survival was higher in plants with partial pruning of their roots (91.8%) compared to plants with a total pruning of the root system (76.8%). Similarly, the values in the morphological and physiological variables evaluated were significantly higher. This management allows that plants obtained during the germination phase that show some deformation caused by the physical effect of the culture bottle are not discarded.

Keywords: *ex vitro* adaptation, morphology, nursery, physiological indices, somatic embryo

INTRODUCCIÓN

Entre las fases del proceso de la embriogénesis somática, la fase de conversión es una de las más importantes. Consiste en la supervivencia y desarrollo de propágulos en condiciones ambientales *ex vitro* en un determinado sustrato (Morales *et al.*, 2009).

La adaptación de las plantas *in vitro* a condiciones ambientales *ex vitro* es uno de los puntos críticos del proceso para la obtención de plantas. Por ello, constituye una de las fases más importantes del proceso de embriogénesis somática. Esta es la fase final, de ahí que sea trascendental para la propagación comercial de plantas. Depende en gran medida de la eficiencia total del proceso durante la propagación *in vitro* que garantiza la adaptación de las plantas antes de ser llevadas a campo (Rodríguez *et al.*, 2005). Especialmente, una adecuada fase de enraizamiento y mantener una buena humedad relativa en los primeros días de adaptación son clave para lograrla (Morales *et al.*, 2009).

Por otra parte, la mayoría de trabajos de investigación se han basado en incrementar el número de embriones somáticos formados, el porcentaje de germinación y la conversión en plantas, pero faltan esfuerzos de investigación en los aspectos fisiológicos y los procesos moleculares durante la fase de conversión (Yang *et al.*, 2013).

Entre los desafíos que impiden la aplicación más amplia de la embriogénesis somática para la propagación clonal y la obtención de plantas de calidad están los bajos porcentajes de germinación de embriones somáticos y la conversión de las plantas en casa de cultivo y viveros (Afreen *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2006; Barbón *et al.*, 2014). Se ha logrado en café hasta un 65% de conversión de embriones en plantas (Ducos *et al.*, 2007) y es dependiente de factores como los sustratos utilizados, el genotipo y las condiciones ambientales.

En adición a lo anterior, durante la germinación de los embriones somáticos existe heterogeneidad en la longitud del sistema radical de las plantas así como malformaciones producidas durante el crecimiento de las raíces en el espacio reducido de los frascos de cultivo, lo cual puede influir en la fase de conversión. En este sentido, investigaciones realizadas por Echeverría *et al.* (2014) demostraron la

presencia de anomalías en la fase de conversión, especialmente del sistema radical, en plantas de café obtenidas mediante embriogénesis somática indirecta. Estas fueron evidentes después de la fase de germinación en sistemas de inmersión temporal tipo RITA[®], en el cual se generaron deformaciones en la raíz principal y secundarias. Se constató una disminución de 70% en su masa fresca y 30% en la longitud del tallo, con respecto a las que mantenían una buena rectitud radical.

El éxito final de la propagación *in vitro* a escala comercial depende de la capacidad de regenerar plantas a bajo costo y con altas tasas de supervivencia (Chandra *et al.*, 2010). A pesar de la factibilidad de reproducción clonal y vegetativa de los cultivares de café a través de embriogénesis somática es necesario el perfeccionamiento de los procesos de selección y manejo para el adecuado desarrollo de las plántulas desde la fase de conversión o adaptación *ex vitro*, debido a que en condiciones de campo se ha observado mortalidad que se presume está asociada a problemas del sistema radical. La causa de este problema es el largo sistema radical de estas plantas que dificulta su correcto trasplante y desarrollo (Echeverría *et al.*, 2014). Es por ello que el objetivo del siguiente trabajo fue determinar la influencia de las características del sistema radical de plantas de café obtenidas por embriogénesis somática en la supervivencia y adaptación *ex vitro* en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un vivero, ubicado en la zona del macizo de Guamuhaya (Villa Clara, Cuba).

Material vegetal

Plantas obtenidas por embriogénesis somática (Barbón *et al.*, 2003) de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 y con las características morfológicas según describieron Ortiz *et al.* (2017).

Caracterización morfofisiológica de las plantas según características del sistema radical

Se conformaron dos tratamientos de manejo: plantas con poda total de las raíces y plantas con poda parcial de las raíces a una longitud de 1.5 cm (Figura 1).



Figura 1. Plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática con poda total y parcial del sistema radical.

A las plantas sin presencia de raíces se les aplicó una mezcla compuesta por talco industrial y una solución inductora de la formación de raíces que contenía una mezcla de ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) a una concentración de 1.0 g l⁻¹ cada uno. Todas las plantas seleccionadas de los diferentes tratamientos presentaban como mínimo de tres a cuatro pares de hojas.

Por cada tratamiento se emplearon 120 plantas. Para la adaptación *ex vitro* de las plantas se utilizaron tubetes (Propileno atóxico con AntiUV) de un volumen total de 180 cm³. El sustrato estuvo conformado por suelo Fersialítico pardo (categoría 2) y humus de lombriz en una relación 1:1.

Las condiciones del vivero durante el ensayo fueron de una temperatura promedio durante el día de 24.5±3.0 °C, 85% de humedad relativa y 224-457 μmol m⁻²s⁻¹ de intensidad luminosa determinada con un luxómetro (EXTECH Light meter, R.P. China). Durante los primeros 15 días de cultivo, en el vivero, se empleó una malla de color negro para obtener un 70% de sombreado y se retiró posteriormente para incrementar la luminosidad.

El riego se realizó por microaspersión con una frecuencia de cuatro veces al día (9.00, 11.00, 14.00 y 16.00 horas) y una duración de dos minutos cada riego. A las plantas también se les realizaron tres aplicaciones de fertilizante (NPK) en una proporción (7:14:7) diluido al 12%, una cada 60 días y en cada tubete se añadieron 20 ml al comienzo del cultivo.

A los 180 días de cultivo se evaluaron las siguientes variables:

- Supervivencia (%) se definió como el número de plantas vivas a los 15 días de cultivo en condiciones de vivero.

- Altura de las plantas (cm) desde la base del tallo hasta el ápice. Se realizó la medición con el empleo de una regla graduada.

- Diámetro del tallo de las plantas (cm). Se determinó la medición con el empleo de un Pie de Rey a 1 cm de altura de la base del tallo.

- Número de pares de hojas (u).

- Área foliar de las plantas (cm²). Se determinó según el método propuesto por Soto (1980) para cultivares de *C. arabica* L. basada en la fórmula siguiente:

AF (cm²)=largo de hoja x ancho de la hoja x 0.64 (referido a área foliar de todas las hojas nuevas formadas durante la adaptación *ex vitro*).

- Masa fresca (g) y seca (g) de hojas, tallo, raíz y total.

- Índices fisiológicos:

Tasa de Asimilación Neta:

$$TAN = \frac{2(P_2 - P_1)}{(A_2 + A_1)(t_2 - t_1)} (\text{g dm}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

Tasa de Crecimiento Relativa:

$$TCR = \frac{2(P_2 - P_1)}{(P_2 + P_1)(t_2 - t_1)} (\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1})$$

Tasa de Crecimiento absoluta:

$$TAC = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)} (\text{g día}^{-1})$$

Índice de Área foliar (IAF): $IAF = \frac{AF}{A}$

Relación o razón de área foliar:

$$RAF = \frac{1}{2} \left(\frac{A_1}{P_1} + \frac{A_2}{P_2} \right) (\text{dm}^2 \text{ g}^{-1})$$

Donde en la fórmula: P_1 es la masa seca total (g) al inicio del cultivo, P_2 es la masa seca total (g) a los 180 días de cultivo (t_2), A_1 es el área foliar al inicio del ensayo, A_2 es el área foliar a los 180 días de cultivo, $t_1 = 0$ días y $t_2 = 180$ días, AF es el área foliar total y A es el área ocupada por la planta.

Análisis estadísticos

Se empleó el paquete estadística InfoStat versión 1.0 (2012). La comparación de los valores de las variables se realizó mediante pruebas paramétricas o no paramétricas, con previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

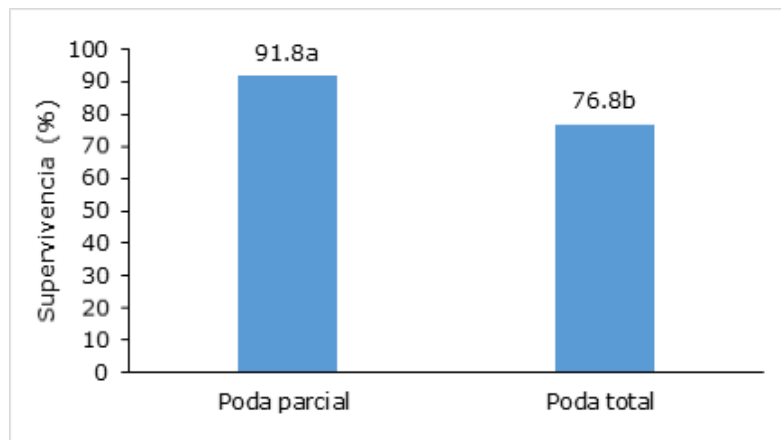
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La supervivencia de las plantas de *Coffea arabica* L. cultivar Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática, a las cuales se les realizó poda parcial de sus raíces

(1.5 cm), fue mayor con diferencias significativas con respecto a las plantas con una poda total del sistema radical (Figura 2).

Se encontró que la presencia o no del sistema radical influyó en el desarrollo morfológico de las plantas durante la fase de conversión en vivero (Figura 3). En las plantas con parte del sistema radical se obtuvieron los mayores valores en las diferentes variables morfológicas evaluadas, con diferencias significativas con respecto al tratamiento donde se eliminaron las raíces (Tabla 1).

A los 180 días de cultivo en las plantas con poda total y parcial del sistema radical se observó una correcta formación y desarrollo de las raíces sin presencia de malformaciones (Figura 4). Las plantas con poda total de las raíces produjeron varias raíces principales en el nuevo sistema radical formado y una de estas tomó la guía como raíz principal (Figura 4 a).



Letras distintas sobre barras indican diferencias significativas entre las medias según la prueba Tukey para $p < 0.05$

Figura 2. Supervivencia de plantas de *Coffea arabica* cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática, con poda parcial (1.5 cm de longitud) y poda total del sistema radical, durante la fase de conversión en vivero a los 15 días de cultivo.

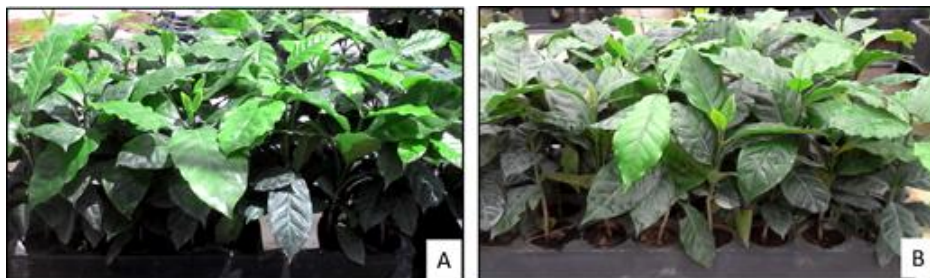


Figura 3. Plantas de *Coffea arabica* cv. Caturra rojo J-884, obtenidas por embriogénesis somática, en la fase de conversión en vivero a los 180 días de cultivo. (A) plantas con poda parcial del sistema radical (1.5 cm de longitud) y (B) plantas con poda total.

Tabla 1. Crecimiento y desarrollo de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 procedente de embriogénesis somática con poda parcial y poda total del sistema radical, a los 180 días de cultivo en vivero.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de pares de hojas (u)	Área foliar (cm ²)
Plantas con poda parcial de la raíz	15.47 a	0.44 a	8.08 a	249.0 a
Plantas con poda total de la raíz	13.20 b	0.40 a	7.42 b	220.0 b
±EE	0.24	0.01	0.07	3.70
CV (%)	11.66	8.81	5.97	10.97

Medias con letras desiguales en una misma columna difieren significativamente según prueba de Tukey para $p < 0.05$



Figura 4. Sistema radical de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática, a los 180 días de cultivo en vivero. A) Raíces de plantas con poda total B). Raíces de plantas con poda parcial (1.5 cm de longitud).

Los resultados corroboraron hallazgos previos de Georget *et al.* (2017) sobre la capacidad de enraizamiento de plantas de café obtenidas por embriogénesis somática lo cual es un indicativo de rejuvenecimiento celular y posibilita incrementar la eficiencia del proceso de propagación por esta vía. En este sentido, estas dos formas de manejo pueden ser fundamentales para lograr disminuir la aparición de malformaciones en el sistema radical de las plantas de café en el momento de la plantación en condiciones *ex vitro* (vivero o casa de cultivo).

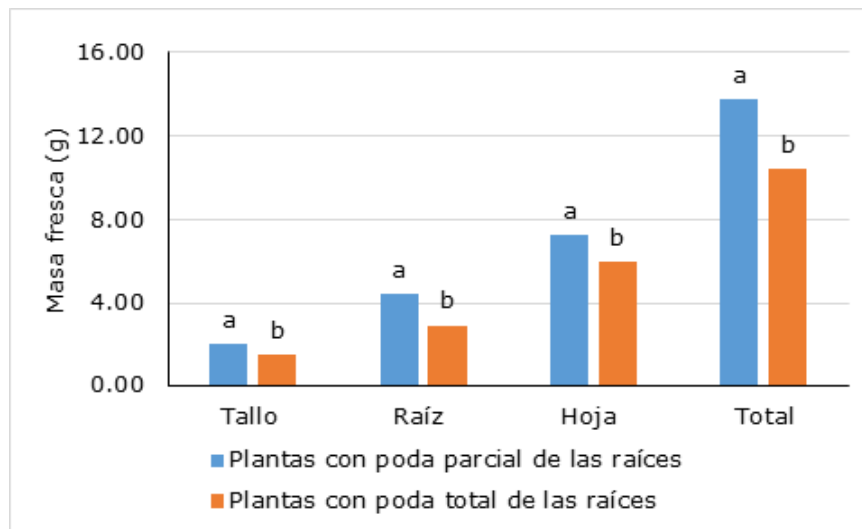
Permiten que la raíz se desarrolle de forma recta y sin malformaciones no deseadas.

De forma similar como en café, se han establecido procesos de selección y manejo del sistema radical en especies coníferas obtenidas por embriogénesis somática (Bonga, 2016). Por ejemplo, las compañías *Bosque Genetics Ltd.* y *Arbogen* en Nueva Zelanda producen anualmente más de 50 000 plántulas de *Pinus radiata* L. a las cuales le aplican manejos de cortes y enraizamientos para producir 2.5 – 3.0 millones de plantas por año.

Con la puesta en práctica de estas dos alternativas de manejo no hubo deformaciones en el sistema radical, como son las planteadas por Echeverría *et al.* (2014). Según estos autores, una de las problemáticas en vivero de las plantas de café regeneradas por embriogénesis somática son las malformaciones, principalmente por enrollamientos, dobles y engrosamientos cuando no hay poda de la raíz. Otro aspecto

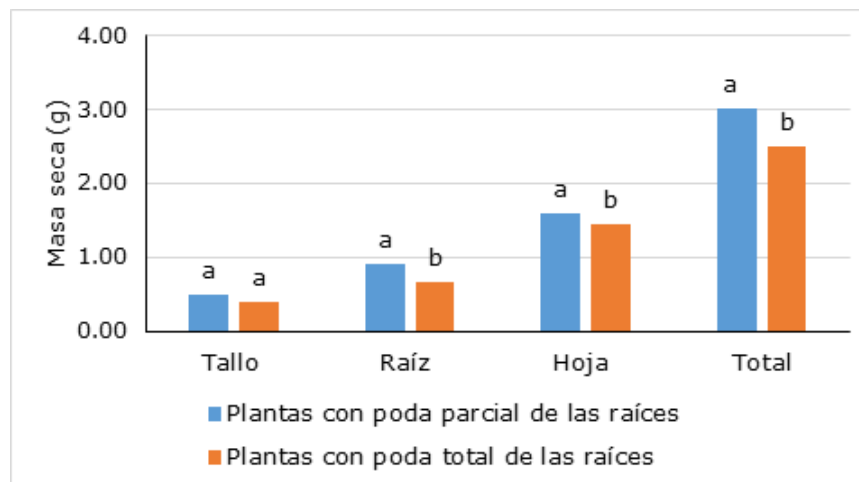
que se debe tener en cuenta es la altura de la planta para una fase de conversión exitosa (Barbón *et al.*, 2014).

El tipo de manejo del sistema radical de las plantas de *C. arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 en el momento de la plantación en condiciones de vivero también influyó en el incremento de la masa fresca y seca a los 180 días de cultivo (Figura 5, Figura 6).



Letras distintas sobre barras de cada variable indican diferencias significativas entre las medias según la prueba Tukey para $p < 0.05$

Figura 5. Influencia del manejo del sistema radical en la masa fresca de las plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática, a los 180 días de cultivo en vivero.



Letras distintas sobre barras de cada variable indican diferencias significativas entre las medias según la prueba Tukey para $p < 0.05$

Figura 6. Influencia del manejo del sistema radical en la masa seca de las plantas de *Coffea arabica* L. cultivar Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática, a los 180 días de cultivo en vivero.

Tabla 2. Índices fisiológicos de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática plantada con poda parcial (1.5 cm) y con poda total del sistema radical raíz en la fase de conversión a los 180 días de cultivo.

Variables fisiológicas	Plantas con poda parcial de la raíz		Plantas con poda total de la raíz	
	Media	Rango promedio	media	Rango promedio
Tasa de asimilación neta (mg dm ⁻² día ⁻¹)	0.013	45.90 a	0.011	33.10 b
Tasa de crecimiento relativo (mg mg ⁻¹ día ⁻¹)	10.623	50.70 a	10.529	25.35 b
Tasa de crecimiento absoluta (mg día ⁻¹)	16.351	50.70 a	13.499	25.35 b
Índice de área foliar	12.74	50.02 a	11.23	26.45 b
Relación o razón de área foliar (dm ² g ⁻¹)	10.156	3.65 a	10.370	4.83 b

Rangos de las medias con letras diferentes en una misma fila difieren significativamente según la prueba U de Mann Whitney para p<0.05

Las plantas de cafeto obtenidas por embriogénesis somática que se plantaron en el vivero con poda parcial de sus raíces (1.5 cm de longitud) mostraron un mayor crecimiento reflejado en un mayor contenido de masa fresca y seca, con diferencia significativa con respecto al tratamiento con poda total del sistema radical. La masa fresca y seca de las plantas de los dos tratamientos influyó en los valores de los índices fisiológicos hasta los 180 días de cultivo. En las plantas con poda parcial de la raíz se alcanzaron los mayores valores en los índices fisiológicos con diferencias significativas con el tratamiento de poda total de las raíces (Tabla 2).

De igual forma, en las plantas con poda parcial se obtuvieron los mayores niveles de tasa de asimilación neta, como consecuencia del buen desarrollo foliar y un mayor incremento de la masa seca en el tiempo. En esta misma variante también se alcanzaron los mejores resultados en cuanto a la tasa de crecimiento relativo y absoluto por tener este tratamiento el mayor incremento en gramos de masa fresca y seca en el tiempo. Los altos valores del índice de área y razón foliar alcanzados en esta variante fueron debido a los altos valores de área foliar hasta los 180 días de cultivo en la fase de conversión. Pocos son los estudios en los cuales se combina el análisis de variables morfológicas e índices fisiológicos en plantas de cafeto obtenidas

por embriogénesis somática. El análisis de los índices fisiológicos permitió confirmar los resultados de supervivencia y adaptación *ex vitro* de las plantas de cafeto obtenidas por embriogénesis somática, independientemente del tipo de manejo de la raíz.

La aplicación de este manejo del sistema radical de las plantas obtenidas por embriogénesis somática aumenta la eficiencia para la propagación de plantas. Permite que no se desechen plantas obtenidas durante la fase de germinación que presenten alguna deformación provocada por el efecto físico del frasco de cultivo, el cual causa la curvatura del sistema radical.

CONCLUSIONES

Durante la fase de conversión en vivero de plantas obtenidas por embriogénesis somática, el sistema radical y su manejo tienen influencia en el desarrollo morfológico de las plantas. La poda parcial del sistema radical de las plantas posibilita una mejor respuesta en las variables morfológicas y fisiológicas con respecto a la eliminación del sistema radical.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada en el marco del proyecto del programa de Alimento

Humano (P131LH001315): Escalado productivo en biofábrica de la metodología de embriogénesis somática en café para la obtención de plantas *in vitro* con un óptimo crecimiento y desarrollo en condiciones de vivero y campo. Los financistas no tuvieron participación en el diseño del estudio, la investigación y el análisis de los datos, la decisión de publicar o la preparación del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: RB, NB; Conservación de datos: RB, NO, AC; Análisis formal: RB, NB; Adquisición de fondos: RB; Investigación: RB, NO, AC, AP; Metodología: RB, NO; Recursos: RB, NO, AC, AP; Supervisión: RB; Validación: RB, NO; Visualización: RB, NO; Escritura – primera redacción: RB, NO; Escritura - revisión y edición: RB

REFERENCIAS

Afreen F, Zobayed SMA, Kozai (2002) Photoautotrophic culture of *Coffea arabusta* somatic embryos: development of a bioreactor for large scale plantlet conversion from cotyledonary embryos. *Annals of botany* 90(1): 21-29; doi: 10.1093/aob/mcf151

Barbón R, Nguyen H, Capote A, de Fera M, Pérez A, Rivero L, Leiva M, O Hurtado (2014) Efecto de mezclas de sustratos en la fase de conversión de plantas de *Coffea arabica* L. cv. 'Caturra rojo' obtenidas por embriogénesis somática. *Biotecnología Vegetal* 14(4): 205-213

Barbón R, Jiménez E, Capote A (2003) Influencia del genotipo y la densidad de inoculación sobre la diferenciación de embriones somáticos de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo y *Coffea canephora* cv. Robusta. *Biotecnología Vegetal* 3(3): 131-135

Bonga JM (2016) Conifer clonal propagation in tree improvement programs. En: Park YS, Bonga JM, Moon HK (eds). *Vegetative propagation of forest trees Part 1: Development and trends in vegetative propagation of forest trees*, pp. 3-31. NIFOS, Korea

Chandra S, Bandopadhyay R, Kumar V, Chandra R (2010) Acclimatization of tissue cultured plantlets: from laboratory to land. *Biotechnol Lett* 32: 1199-1205; doi: 10.1007/s10529-010-0290-0

Ducos JP, Lambot C, Pétiard V (2007) Bioreactors for coffee mass propagation by somatic embryogenesis. *International Journal of plant developmental biology* 1(1): 1-12; doi: 10.1007/s11627-007-9075-0

Echeverría F, Barquero M, Rodríguez D (2014) Estudio del desarrollo radical en almácigo de híbridos F1 de café obtenido por cultivo de tejidos. *Agronomía Costarricense* 38(1): 67-74

Georget F, Courtel P, Malo E, Hidalgo M, Alpizar E, Breitler JC, Bertrand B, Etienne H (2017) Somatic embryogenesis-derived coffee plantlets can be efficiently propagated by horticultural rooted mini-cuttings: A boost for somatic embryogenesis. *Scientia Horticulturae* 216: 177-185; doi: 10.1016/j.scienta.2016.12.017

Kumar V, Naidu MM, Ravishankar GA (2006) Developments in coffee biotechnology—*in vitro* plant propagation and crop improvement. *Plant cell, Tissue and organ culture* 87(1): 49-65; doi: 10.1007/s11240-006-9134-y

Morales C, De la Fe C, Corbera J, Calaña JM (2009) Estudio de la aclimatización de vitroplantas de Anturio (*Anthurium andreaeanum* Lin.). *Cultivos Tropicales* 30(4): 48-51

Ortiz N, Barbón R, Capote A, Pérez A, Robaina M (2017) Caracterización morfológica en vivero de plantas de *Coffea arabica* L. cv Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática. *Biotecnología Vegetal* 17(4): 251-257

Rodríguez A, Rodríguez A A, Nodals B, Álvarez D, Estrada J, García X, Pompa C, Hernández A, Somonte R, Sánchez A (2005) Biotecnologías hechas a la medida para el desarrollo endógeno de la agricultura urbana en tres municipios de Cuba. *Revista Agrotecnia de Cuba* 1: 1-16

Yang J, Zhao S, Yu C, Li C (2013) Large-scale plantlet conversion and *ex vitro* transplantation efficiency of siberian ginseng

by bioreactor culture. *The Scientific World Journal* 2013 (1): 1-8; doi: 0.1155/2013/829067

Recibido: 11-03-2020

Aceptado: 05-04-2020

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> Está permitido su uso, distribución o reproducción citando la fuente original y los autores.