

EFICACIA DE ENRAIZANTES EN LA CLONACIÓN DE GENOTIPOS DE *Coffea canephora* Pierre, EN MANGLARALTO, SANTA ELENA

EFFECTIVENESS OF ROOTS IN THE CLONING OF GENOTYPES OF *Coffea canephora* Pierre, IN MANGLARALTO, SANTA ELENA

Ángel León Mejía ^{1*}

¹ Docente Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3599-3669>. Correo: aleon@upse.edu.ec

Mercedes Arzube Mayorga ²

² Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5304-2998>. Correo: marzube@upse.edu.ec

Clotilde Andrade Varela ³

³ Docente Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-1921>. Correo: candrade@upse.edu.ec

Carolina Campos Cuenca ⁴

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7054-4474>. Correo: Carolina_campos_13@hotmail.com

* Autor para correspondencia: aleon@upse.edu.ec

Resumen

El experimento se realizó en los meses de julio a octubre de 2019 en el Centro de Apoyo Manglaralto, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. El objetivo del trabajo fue valorar la eficacia de enraizantes químicos, vegetal y la capacidad rizogénica de la planta, en la clonación del café robusta. Los tratamientos fueron, ácido alfa-naftalenacético, ácido acetilsalicílico, Aloe vera y un testigo absoluto. El diseño estadístico utilizado fue completamente aleatorio; a los 85 días a partir de la siembra se realizaron las evaluaciones de las variables 1) Porcentaje de sobrevivencia; 2) porcentaje de mortalidad; 3) porcentaje de enraizamiento; 4) porcentaje de presencia de callos; 5) porcentaje de esquejes que presentaron dos brotes; 6) porcentajes de esquejes que presentaron 1 brote; 7) altura de brote (cm); 8) longitud de raíces (cm); 9) peso seco de raíz (g) y 10) peso fresco de raíz (g). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza con test de Tuckey ($P \leq 0.5$).

Las condiciones ambientales, factores genéticos y estado fisiológico influyen directamente en el proceso de enraizamiento; el 55% de enraizamiento del testigo absoluto se atribuye a la capacidad rizogénica del café, sin embargo, los promotores de enraizamiento influyen en las variables peso, longitud de raíz y altura de brote.

Palabras clave: Elisitores; propagación; rizogénesis.

Abstract

The experiment was carried out from July to October 2019 at the Manglaralto Support Center, at the Santa Elena Peninsula State University. This work assessed the efficacy of chemical, plant roots and the rhizogenic capacity of the plant, in the cloning of robust coffee. The treatments were, alpha-naphthalenacetic acid, acetylsalicylic acid, Aloe vera and an absolute control. The statistical design used was completely random; 85 days after sowing, the evaluations of the variables were carried out 1) Percentage of survival; 2) mortality rate; 3) percentage of rooting; 4) percentage of callus presence; 5) percentage of cuttings that presented two shoots; 6) percentages of cuttings that presented 1 outbreak; 7) shoot height (cm); 8) root length (cm); 9) root dry weight (g) and 10) root fresh weight (g). The data were subjected to an analysis of variance with the Tuckey test ($P \leq 0.5$). Environmental conditions, genetic factors, and physiological status directly influence the rooting process; 55% of rooting of the absolute control is attributed to the rhizogenic capacity of coffee, however, rooting promoters influence the variables weight, root length and shoot height.

Keywords: Elisitors; spread; rhizogenesis.

Fecha de recibido: 23/07/2022

Fecha de aceptado: 20/09/2022

Fecha de publicado: 21/09/2022

Introducción

El café robusta *C. canephora* es una planta diploide, con autoincompatibilidad, es decir su polinización es cruzada, por lo tanto, al ser reproducida por semillas genera alta variabilidad genética (Chonillo, 2017); una alternativa para la multiplicación es la propagación asexual, la cual permite replicar una planta madre, desde una parte de ella (Monroig, 2013). La propagación de plantas se fundamenta en principios biológicos (Fernandez et al., 2016) como la totipotencia celular, la cual hace posible la clonación de especies entre ellas *Coffea canephora* Pierre (Reinert, 1958).

Las restricciones que se llega a tener al momento de considerar la propagación mediante esquejes, es el bajo porcentaje de prendimiento a nivel de vivero, por lo cual se emplea enraizadores de origen vegetal o sintéticos que desarrollen condiciones nutricionales óptimas y aumenten el nivel de prendimiento en plantas clonales de robusta (Mesén & Jiménez, 2019).

Las auxinas generan elongación de células y formación de raíces adventicias mientras que las citoquininas son sintetizadas en las raíces y embrión que estimulan la división celular y la síntesis de clorofila.

El gel de *Aloe Vera* por otra parte, está conformado por auxinas naturales que estimulan el enraizamiento. Además posee alrededor de 14 proteínas con propiedades antioxidantes, fungicidas, bactericidas y cicatrizantes de utilidad en la prevención fitosanitaria en el enraizamiento (Domínguez-Fernández et al., 2012).

El ácido Acetil-salicílico (AS) además de favorecer el crecimiento vegetal, está involucrado en diversos procesos fisiológicos como termogénesis, resistencia a patógenos, inducción a la floración, al mismo tiempo, el crecimiento de raíces y absorción de nutrimentos (Guzmán-Antonio et al., 2012).

La península de Santa Elena cuenta con característica de suelo y clima donde se está desarrollando la caficultura, y en especial el café robusta, donde uno de los mayores problemas es la adquisición de plantas adaptadas a las condiciones del edafoclimáticas de la península de Santa Elena, en este sentido y atendiendo a las particularidades del ambiente peninsular se plantea determinar la eficacia de enraizante en la clonación de genotipos de café robusta

Materiales y métodos

El experimento se realizó en los meses de julio a octubre de 2019 en el Centro de Apoyo Manglaralto, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, situada en el municipio de Santa Elena, Ecuador; latitud: 2,226°, longitud 80,859 y elevación de 9 msnm, la temperatura en los meses en que se desarrolló el experimento variaron de 22 a 17 grados Celsius, humedad relativa máxima fue de 96% y la mínima de 88% (Diebel et al., 2019).

Material genético empleado, *Coffea canephora* Pierre clon CSE 1, especie introducida desde el oriente ecuatoriano y adaptado a las condiciones de clima y suelo de la zona norte de la Península de Santa Elena, en un periodo de 5 años, con producción promedio de 1.9 t/ha café oro y tolerante a la salinidad (Arzube et al., 2017).

Sustrato utilizado constituido por 50% mantillo y 50% arena, el análisis físico y químico se realizó en el laboratorio de Suelo, Tejidos Vegetales y Agua de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP en las que muestran el Ph 7.5, M.O. 2.1, macronutriente: $\text{NH}_4 = 16$ ppm, $\text{P} = 35$ ppm, $\text{K} = 0.74$ meq/100 ml y micronutrientes: $\text{Ca} = 15$ meq/100 ml, $\text{Mg} = 3.5$ meq/100 ml, $\text{S} = 26$ meq/100 ml, $\text{Zn} = 3.1$ meq/100 ml $\text{Cu} = 4.6$ ppm, $\text{Fe} = 93$ ppm, $\text{Mn} = 16.2$ ppm, $\text{B} = 0.91$ ppm y $\Sigma\text{Bases} = 19.24$ meq/100ml datos. En los que se aprecia que el pH se acerca a ligeramente alcalino, los contenidos bajos de materia orgánica y nitrógeno, macro y micro elementos se encuentran en niveles altos a excepción de zinc y boro que se encuentran en valores medios, siendo necesario realizar un plan de fertilización luego del prendimiento de los esquejes.

Para la propagación de esquejes se empleó la metodología descrita en la Guía práctica de viveristas (Duicela et al., 2012) que consistió en cortar los brotes ortotrópicos de las plantas agobiadas en los “cabeza de clon” en las primeras horas de la mañana, con el uso de tijeras de podar.

El brote del cual se extrajo los esquejes, tenía una consistencia semi leñosa y color verde claro oscuro, se cortó los brotes en pequeñas secciones, cada sección se denomina esqueje el cual contó con un nudo y un par de hojas, se realizó el corte de la parte superior del esqueje por encima del nudo y en la parte inferior del esqueje, el corte fue ligeramente en bisel a 3.5 centímetros. Luego con una tijera se cortó el par de hojas del nudo se cortan 1/3 de hoja para reducir la transpiración. No se utilizó más de tres esquejes por brote, los nudos ubicados en la parte superior del brote no se emplearon debido a que son tiernos y de poca consistencia. Posteriormente a los esquejes se sumergió en una solución con fungicida por 15 minutos, para no reducir la capacidad de enraizamiento.

Se untó cada enraizante en la parte basal del esqueje, según el tratamiento. La siembra se hizo en funda, consistió en hacer un hoyo en la parte central de 3-5 centímetros, luego se colocó los esquejes en el centro del hoyo de manera vertical, hasta el nudo, presionando sutilmente alrededor para evitar queden “bolsas de aire”, se procedió a dar un riego con la finalidad de mantener alto porcentaje de humedad. Al finalizar la “siembra” de los esquejes se cubrió la cámara de enraizamiento con una lámina de plástico transparente y al día siguiente se cerró herméticamente la cámara de enraizamiento.

En cuanto a los tratamientos se probaron tres enraizantes dos químicos y uno vegetal, ácido naftalenacético, ácido acetilsalicílico, y aloe vera respectivamente y un testigo absoluto, diseño estadístico utilizado completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. La medición del porcentaje de sobrevivencia se calculó mediante la relación del número de acodos vivos entre el número total de acodos, multiplicado por 100; el porcentaje de presencia de raíces se calculó mediante la relación del número de acodos enraizados entre el número total de acodos vivos, multiplicado por 100; el porcentaje de esquejes con dos brotes por esqueje se calculó mediante la relación del número de esquejes con dos brotes entre el número total de esquejes, multiplicado por 100; la longitud del brote y longitud de raíces medidas en milímetros con ayuda del calibrador vernier electrónico y para el peso de la raíces en gramos se utilizó una balanza analítica FB 223 con un error de 0.0001 g se realizó el análisis de la varianza de las medias de los tratamientos al 5% de error estadístico y la comparación de las medias mediante la prueba de Tukey a 5% de significancia, en el software INFOSTAT.

Resultados y discusión

Las distintas concentraciones de los diferentes enraizantes no presentaron diferencias significativas en la sobrevivencia, mortalidad, enraizamiento, En general, el porcentaje de esquejes vivos fue 51.88%, EL extracto de aloe vera con un 61.25% es el que presenta mayor sobrevivencia, mientras que el Ácido naftalenacético es el de mayor mortalidad (Tabla 1). Los resultados obtenidos pueden estar vinculados con las condiciones ambientales que acontecen al momento de instalar el ensayo, los factores genéticos y estados fisiológicos del clon empleado tal como manifiestan (Castrillón et al., 2008).

En la evaluación del enraizamiento los mejores promedios son para el testigo con 55%, estos resultados probablemente se deban a la capacidad rizogénica de la planta (Hartmann et al., 2002), los bajos porcentajes de enraizamiento en los demás tratamiento guarda relacionan con el incremento de células esclerénquima, formando una barrera para la iniciación de las raíces (Méndez-Natera et al., 2004), además de la posición de

donde se extrajeron los esquejes (Ruíz et al., 2005). En cuanto al sustrato el pH neutro favorece la rizogénesis Fernández (1985), en contraste con el valor de pH reportados en la siguiente investigación que fueron de 7.5.

Es de notar un alto porcentaje 72.5 % de esquejes formaron callos, taza superior a la de enraizamiento; esto se debe a que el proceso de rizogénesis es independiente a la formación de callos y está directamente relacionada con las condiciones internas de la planta y el ambiente (Davies et al., 2011), sin embargo, se debe determinar que los callos encontrados fueron de color cremoso de acuerdo con son callos embriogénico (González, 2003).

Tabla 1. Porcentaje de sobrevivencia y enraizamiento.

Tratamientos	Sobrevivencia	Mortalidad	Enraizamiento	Esquejes con callos
T1 (Ácido alfa-naftalenacético)	42.5 a	57.5 a	25 a	75 ab
T2 (Ácido acetilsalicílico)	52.5 a	47.5 a	15 a	85 a
T3 (<i>Aloe vera</i>)	61.25 a	38.75 a	15 a	85 a
T4 (Testigo)	51.25 a	48.75 a	55 a	45 b

La evaluación de la brotación de los diferentes tratamientos (Tabla 2) no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.5$), sin embargo, se aprecia que en el tratamiento 1 el 100% de sus esquejes presentaron dos brotes, mientras que el tratamiento 2 obtuvo el 85% de las plántulas mostraron dos brotes. En la variable altura brote el tratamiento dos se destaca con 8.6 cm; estos resultados concuerdan con (Cob et al., 2017), quien alega la proliferación de brotes se fundamenta en altas concentraciones de citoquininas y bajas concentración de auxinas favoreciendo a la inducción y formación de puntos de crecimiento, así mismo los datos obtenidos en este experimento guardan relación con la capacidad de brotación de los esquejes apicales y medio (Ruíz et al., 2005).

Tabla2. Evaluación de la brotación.

Tratamientos	Plantas con 2brotes/planta	Plantas con 1brote/planta	Atura de brote
T1 (Ácido alfa-naftalen acético)	100 a	0 a	1.22 a
T2 (Ácido acetilsalicílico)	85 a	15 a	1.70 a
T3 (<i>Aloe vera</i>)	90 a	10 a	3.60 a
T4 (Testigo)	90 a	10 a	2.00 a

Los tratamientos en estudio en las variables longitud de raíz, diámetro de raíz y peso fresco de raíz mantienen comportamientos estadísticos semejantes (Tabla 3), el tratamiento 2 presenta mayor longitud de raíces en comparación con el tratamiento 4, mientras que el tratamiento 3 es el que mayor peso seco de raíces presentó

y el tratamiento 4 fue de menor peso. Los resultados presentados están respaldados por (Chonillo, 2017), quien determina que no existe diferencia significativa entre el peso seco de raíces.

Por otra, parte (Sampayo-Maldonado et al., 2016), alega que la longitud de la raíz decreció gradualmente con el tipo de la estaca, mayor en las apicales a menor en las basales.

Tabla 3. Evaluación de raíces.

Tratamientos	Longitud raíz cm	Peso fresco g	Peso seco g
T1 (Ácido alfa-naftalenacético)	6.494 a	0.190 b	0.040 a
T2 (Ácido acetilsalicílico)	8.638 a	0.169 a b	0.040 a
T3 (<i>Aloe vera</i>)	7.281 a	0.102 a	0.020 a
T4 (Testigo)	4.532 a	0.124 a b	0.021 a

Conclusiones

Los enraizantes naturales y sintéticos contribuyeron de manera significativa en la mejora de la capacidad rizogénica de la planta y a la formación estructural del sistema radical de los esquejes, así como en la altura de los brotes.

Referencias

- Arzube, M., Orrala, N., León, Á., & Ramírez, L. (2017). Comportamiento productivo de clones de café robusta (*Coffea Canephora* p) en Manglaralto, Ecuador. 34.38.
- Castrillón, J. C., Carvajal, E., Ligarreto, G., & Magnitskiy, S. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 16-22. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13912>
- Chonillo, M. (2017). Propagación de café robusta (*Coffea canephora*) por esquejes usando fitohormonas y mezcla de sustratos, en la zona de Vinges-Ecuador [Bachelor Thesis, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19325>
- Cob, J., Sabja, A. M., Ríos, D., Lara, A., Donoso, P. J., Arias, L., & Escobar, B. (2017). Potencial de la organogénesis como estrategia para la masificación in vitro de *Persea lingue* en la zona centro-sur de Chile. *BOSQUE*, 31(3), 202-208. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000300004>
- Davies, F. T., Geneve, R. L., Kester, D. E., & Hartmann, H. T. (2011). *Hartmann and Kester's plant propagation: Principles and practice* (8th ed). Prentice Hall.

- Diebel, J., Norda, J., & Kretchmer, O. (2019, octubre 10). El clima típico de cualquier lugar del mundo. Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/>
- Domínguez-Fernández, R. N., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J. J., Welti-Chanes, J. S., Alvarado-González, J. S., Calderón-Domínguez, G., Garibay-Febles, V., & Gutiérrez-López, G. F. (2012). El gel de Aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), 23-43. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-27382012000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Duicela, L., Corral, R., Muñoz, R., Vergara, L., & Romero, F. (2012). Multiplicación clonal de Café Robusta: Guía práctica para viveristas. Consejo Cafetalero Nacional.
- Fernandez, H. R. O., Fernandez, A. M. O., & Alvarez, A. F. (2016). Manual de propagación de plantas superiores. 91.
- González, M. (2003). Estudio del proceso de callogénesis en genotipos promisorios de cafeto (*Coffea canephora* P.). 5, 16-23. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote>
- Guambi, L. A. D., & Castillo, G. R. C. (s. f.). SELECTION OF ‘CLONE HEADS’ FROM ROBUSTA COFFEE. 13.
- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruíz-Sánchez, E., & Zúñiga-Aguilar, J. (2012). Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 247. <https://doi.org/10.15517/am.v23i2.6485>
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F., & Geneve, R. (2002). Plant propagation: Principles and practices (Séptima). <https://archive.org/details/plantpropagation00hart>
- Méndez-Natera, J. R., Salazar-Garantón, R. J., & Dautant, M. A. (2004). Efecto del medio de enraizamiento, número de hojas por estaca y lesionado de las estacas de *Ixora Enana* (*Ixora coccinea* L.) con Hormojardín Nro 4. 5.
- Mesén, F., & Jiménez, L. (2019). Producción de clones de café por miniestacas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza.
- Monroig, M. (2013). Ecos del café: Manual para la propagación del cafeto en Puerto Rico.
- Reinert, J. (1958). Morphogenese und ihre kontrolle an Gewebekulturen avs karotten. 45(14), 244-245. <https://doi.org/10.1007/BF00640240>
- Ruíz, R., Vargas, J., Cetina, V., & Villegas, Á. (2005). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/26477754_Efecto_del_acido_indolbutirico_AIB_y_tipo_de_estaca_en_el_enraizado_de_Gmelina_arborea_Roxb
- Sampayo-Maldonado, S., Jiménez-Casas, M., López-Upton, J., Sánchez-Monsalvo, V., Jasso-Mata, J., Equihua-Martínez, A., Castillo-Martínez, C. R., Sampayo-Maldonado, S., Jiménez-Casas, M., López-Upton, J., Sánchez-Monsalvo, V., Jasso-Mata, J., Equihua-Martínez, A., & Castillo-Martínez, C. R.

(2016). Enraizado de miniestacas de *Cedrela odorata* L. *Agrociencia*, 50(7), 919-929.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952016000700919&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Vlot, C., Amick, D., & Klessig, D. (2009). Salicylic Acid, a multifaceted hormone to combat disease.
<https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.050908.135202>