

Evaluación de métodos de injertación en cacao *Theobroma cacao* L. bajo condiciones del patrón en etapa de vivero

Evaluation of grafting methods in cocoa *Theobroma cacao* L. under rootstock conditions in the nursery stage

Eliseo Polanco Díaz^{1*} ; Dexi Andrea Cruz Lara² 

Recibido para publicación: 21 de febrero de 2025 - Aceptado para publicación: 05 de mayo de 2025

RESUMEN

La producción de semilla de cacao de calidad, genética, física, fisiológica, y sanitaria, así como la reducción del tiempo en el proceso de la fase de vivero y el incremento en la producción de hojas fotosintéticamente activas, permite mejorar los ingresos a los viveristas y reduce los problemas de raíz como la cola de marrano. Este trabajo se realizó en el C.I. Nataima, Espinal Tolima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. El objetivo fue evaluar dos métodos de injertación, púa y parche en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo dos condiciones del patrón, con hojas y sin hojas en etapa de vivero. Se injertaron 112 plántulas de cacao con los genotipos ICS1, ICS95, SCC61, EET8, TSH565, TCS01, TCS06 sobre IMC67 como patrón. Las variables de respuesta evaluadas fueron: altura de patrón, diámetro de injerto, prendimiento de injerto, número de brotes y número de hojas. Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar, el primer factor el genotipo, el segundo el tipo de injerto y la condición del patrón. El porcentaje de prendimiento del injerto de parche fue 89,29% bajo la condición del patrón con hojas, 92,86% sin hojas, el injerto de púa 96,43% con hojas y 92,86% sin hojas. No hubo diferencias significativas entre los genotipos y el tipo de injerto. La emisión de nuevos brotes en los primeros 30 días presentó diferencias significativas entre los tipos de injerto, el injerto en púa bajo las dos condiciones del patrón fue muy superior con relación al injerto en parche.

Palabras clave: Cacao; Genotipos; injertos; Púa; Parche.

ABSTRACT

The production of high-quality cacao plant in terms of genetic, physical, physiological, and sanitary attributes, along with the reduction of nursery phase duration and the increase in the number of photosynthetically active leaves, improves income for nursery growers and reduces root-related issues such as "pig-tail" symptoms. This study was conducted at the Nataima Research Center (C.I. Nataima), Espinal, Tolima, operated by the Colombian Corporation for Agricultural Research (AGROSAVIA). The objective was to evaluate two grafting methods, cleft and patch, on cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings under two rootstock conditions: with leaves and without leaves, during the nursery stage. A total of 112 cacao plants were grafted using genotypes ICS1, ICS95, SCC61, EET8, TSH565, TCS01, and TCS06, with IMC67 as the rootstock. The response variables were rootstock height, graft diameter, graft success rate, number of shoots, and number of leaves. Treatments were arranged in a complete randomized design, where factors were genotype, grafting method and rootstock condition. The graft success rate for the patch method was 89.29% in rootstock with leaves and 92.86% in rootstock without leaves. For the cleft grafting method, the rates were 96.43% in rootstock with leaves and 92.86% in rootstock without leaves. No significant differences were observed among genotypes or grafting methods. For shoot emergence during the first 30 days, the cleft method, under both rootstock conditions, was statistically superior to the patch method.

Key words: Cocoa; Genotypes; Grafts; Cleft Grafting; Patch Grafting.

Cómo citar

Polanco Díaz, E. y Cruz Lara, D. A. 2025. Evaluación de métodos de injertación en cacao *Theobroma cacao* L. bajo condiciones del patrón en etapa de vivero. Temas Agrarios 30(1): 24-34. <https://doi.org/10.21897/ka049363>

^{1,2} Corporación colombiana de investigación agropecuaria-AGROSAVIA. Espinal, Tolima, Colombia.

*Autor para correspondencia: Dexi Andrea Cruz Lara.
Email: dcruz@agrosavia.co.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia es un sistema productivo con ventajas comparativas debido a las condiciones agroecológicas presentes en ciertas regiones del país, específicamente clima, humedad, temperatura, bosques secundarios asociado como estrategia conservacionista del medio ambiente, y a la clasificación que ha recibido la producción a nivel internacional como cacaos finos de sabor y aroma, aumentando la demanda a nivel internacional para la producción de chocolatería fina, (AmCham, Colombia, 2014). En 2024 las exportaciones de cacao y sus derivados sumaron US\$265,1 millones con un incremento del 106,1% respecto al año anterior (Analdex, 2025).

Colombia ocupa el décimo puesto como productor de cacao a nivel mundial, con aproximadamente 259.609 hectáreas establecidas en el año 2024, (EVAS, 2024) con un incremento del 1,3% respecto al año anterior, con una producción de 143.680 toneladas y un rendimiento de 0,62 toneladas/hectárea. Según el Ministerio de agricultura y desarrollo rural el área con mayor nivel de aptitud para la producción comercial de *T. cacao* suma poco más de 4,7 millones de hectáreas y 65.341 familias cultivaron el grano durante el año 2020 (MADR, 2021). Los departamentos más productores de cacao corresponden a: Santander con un 40,6%, Arauca 11,4%, Antioquia 9,6%, Tolima 5,8%, Huila con un 5,1% y Nariño con un 5 %, (Fedecacao, 2022), esto quiere decir que el cultivo del cacao en Colombia se encuentra establecido en diversos ambientes desde muy húmedos hasta muy secos.

Desde la perspectiva de producción de semilla, reporta que para el año 2023, el área establecida en cacao a nivel nacional equivale aproximadamente a una producción de 190.800 hectáreas (USDA, 2024). El incremento en nuevas áreas de siembra y los programas de renovación en 2021

con el MADR, alcanzó las 9600 hectáreas (Fedecacao, 2022).

Debido al incremento en la demanda de clones de cacao de buena calidad, las empresas con viveros destinados a la producción de material vegetal de cacao deben proveer de clones de cacao con mayor eficiencia en su propagación, con el fin de disminuir el tiempo de permanencia del sistema radical en las bolsas ubicadas en el vivero, evitando que se afecten su desarrollo y por consiguiente evitar malformaciones (Gutiérrez *et al.*, 2010).

El cacao (*T. cacao* L.) es predominantemente de polinización cruzada, lo que hace que la propagación asexual sea fundamental para mantener la identidad genética en nuevas plantaciones (Rochel *et al.*, 2021). La semilla sexual, es genéticamente heterocigótica, los genes se combinan libremente y resultan plantas con características impredecibles y muy diferentes.

Sarmiento *et al.* (2011) evaluaron el desempeño agronómico en vivero de tres clones de cacao (ICS39, ICS95 y CCN51) injertados en parche al patrón IMC67, en este estudio muestran que las plántulas del patronaje crecieron a un ritmo de 1,97 cm cada 14 días, y para los injertos realizados o clones, no hubo diferencias estadísticas en la velocidad de crecimiento, la circunferencia o el número de hojas.

El injerto es una técnica eficaz para propagar plantas de cacao para mejorar la producción y la resistencia a las enfermedades (Peña, 2019), este tipo de propagación asexual es la más empleada en la multiplicación de plantas de cacao (Jaimes *et al.*, 2021). Un solo individuo da origen a la descendencia, y permite que todas las características de la madre sean transmitidas a sus hijos, generando poblaciones idénticas. Se han adelantado diversos estudios sobre los diferentes tipos de injertación en cacao en etapa de vivero; sin embargo, en ninguno se evalúa la respuesta del injerto a la condición foliar del patrón (con hojas y sin hojas).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar en etapa de vivero dos tipos de injertos (Púa y parche), y su efecto en el crecimiento y desarrollo de siete genotipos de cacao sobre plántulas de IMC67 utilizadas como patronaje, con hojas y sin hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Municipio del Espinal Tolima en condiciones de vivero del centro de investigación Nataima (Agrosavia) (Latitud. 4°11'27.2"N Longitud.74°57'42.5"W, altura 410 m.s.n.m) .

Se utilizó el genotipo de cacao (*T. cacao* L.) IMC67 como patrón, propagado vía sexual a partir de semillas provenientes del jardín clonal. Las semillas se pregerminaron, este proceso consistió en retirar el mucílago y colocar las almendras en aserrín húmedo en bolsa plástica por un periodo máximo de tres días hasta que las almendras evidenciaran la salida de la plúmula, y luego se sembraron de forma individual en bolsas de polietileno que contenían un sustrato homogéneo compuesto por suelo, cascarilla de arroz quemada al 85% y lombricompost, en relación 3:1:1.

El sustrato contó con las condiciones favorables de pH (6,1) para el buen desarrollo de las plántulas de cacao. La semilla asexual o ramas porta yemas, también fueron obtenidas del jardín clonal del centro de investigación Nataima, de plantas madre que cumplieron con las condiciones de sanidad, vigor, e hidratación para garantizar un buen prendimiento de los injertos.

Durante el crecimiento, las plantas permanecieron bajo polisombra del 65%, a una temperatura promedio de 28°C y una humedad relativa promedio del 75%. Durante el desarrollo del experimento no se presentaron problemas sanitarios. El suelo se mantuvo a capacidad de campo, con plan de fertilización hasta los tres meses.

A los 90 días después de la siembra con un grosor de 6,21 mm promedio se realizó la injertación con los 7 genotipos. La altura del injerto varió de acuerdo con el tipo de injerto. Las plantas de cada genotipo fueron injertadas bajo los dos métodos (púa y parche). Los genotipos con hojas en el patrón se injertaron con el propósito que la planta continúe el proceso fotosintético y que el injerto pueda recibir los fotoasimilados para su prendimiento y brotación. Por otra parte el patrón sin hojas, fue injertado para observar la reacción en el crecimiento y desarrollo ante esta condición.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) en un arreglo con dos factores. Cada planta constituyó una unidad experimental, para los análisis se utilizaron 112 unidades experimentales. El primer factor fue el genotipo, en donde se evaluaron siete (7) materiales de cacao (ICS1, ICS95, SCC61, EET8, TSH565, TCS01, TCS06). El segundo factor fue el tipo de injerto con cuatro condiciones experimentales que corresponden a la combinación de los tipos de injerto de parche y de púa con la condición del patrón IMC67 (con hojas o sin hojas). Los tratamientos evaluados fueron T1: genotipo EET8 púa sin hojas, T2: EET8 púa con hojas, T3: EET8 parche sin hojas, T4: EET8 parche con hojas, T5: ICS1 púa sin hojas, T6: ICS1 púa con hojas, T7: ICS1 parche sin hojas, T8: ICS1 parche con hojas, T9: ICS95 púa sin hojas, T10: ICS95 púa con hojas, T11: ICS95 parche sin hojas, T12: ICS95 parche con hojas, T13: SCC61 púa sin hojas, T14: SCC61 púa con hojas, T15: SCC61 parche sin hojas, T16: SCC61 parche con hojas, T17: TSH565 púa sin hojas, T18: TSH565 púa con hojas, T19: TSH565 parche sin hojas, T20: TSH565 parche con hojas, T21: TCS01 púa sin hojas, T22: TCS01 púa con hojas, T23: TCS01 parche sin hojas, T24: TCS01 parche con hojas, T25: TCS06 púa sin hojas, T26: TCS06 púa con hojas, T27: TCS06 parche sin hojas, T28: TCS06 parche con hojas.

Los datos del diámetro del tallo en el patrón fueron tomados durante todo el experimento. Se evaluaron las variables de altura del injerto con una regla, diámetro de tallo utilizando un pie de rey digital marca Mutitoyo®, también se evaluó el porcentaje de prendimiento de los injertos realizados, el número de brotes y el número de hojas del injerto, a los 15, 30, 60, 90 días después de la injertación (DDI).

Así mismo, los datos se analizaron con el software SAS 9.4., (2003), para realizar los análisis de varianza. En las variables evaluadas, se utilizó el procedimiento MIXED o procedimiento de modelos mixtos; la cual permite el uso de efectos fijos y aleatorios en el mismo análisis. Las pruebas de comparación múltiple fueron evaluadas con la prueba de Tukey (5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura del injerto

El promedio de altura obtenido en el experimento para el tipo de injerto de parche fue de 13,5 cm, con un rango entre 9 y 18 cm. para el tipo de injerto de púa, el promedio de altura fue de 26 cm, con un rango entre 14 y 38 cm.

Estos resultados indican que las plantas injertadas con el método de púa presentan una mayor altura desde la base de la planta, la cual disminuye la posibilidad de ser contaminado el injerto por problemas sanitarios, específicamente por *Phytophthora*, al momento de realizar el riego, debido a las salpicaduras en el suelo. Los datos de la investigación ésta muy acorde con los resultados obtenidos por Sarmiento *et al.* (2011). De acuerdo con Villalta *et al.* (2019), presento diferencias significativas en plantas de cacao injertadas en púa con un incremento en altura de 8,19 cm comparado con otro tipo de injertación.

Diámetro del patrón

El promedio del diámetro del patrón IMC-67 para todo el proceso de injertación tanto

para los injertos de tipo parche como para los injertos de tipo púa fue entre 5,3 y 6,8 mm respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Sian, (2005) y FHIA, (2005). Esto permite dar las mismas condiciones de grosor del tallo para los diferentes tratamientos de injertación dentro de la investigación. Del mismo modo que en la variable altura de acuerdo con lo obtenido por Villalta *et al.* (2019) y Vera *al.* (2022) la plantas con injerto de púa presentaron un aumento en el grosor significativo de 0,4 cm y 0,73 cm con respecto a otros tipos de injertación. A su vez, no se encontraron diferencias significativas en el diámetro del injerto entre los diferentes tipos de injertación y condición del patrón.

Porcentaje de prendimiento del injerto

El porcentaje de prendimiento de los injertos de parche fue 89,29% con hojas y 92,86% sin hojas y el injerto de púa 96,43% con hojas y 92,86% sin hojas, sin diferencias significativas entre los genotipos evaluados y el tipo de injerto realizado. Este porcentaje de prendimiento está por encima de lo referenciado por Sian (2005) y Vera *et al.* (2022) quienes obtuvieron 80% de prendimiento en injertos de parche y 88% en injertos de púa, realizados a los 90 días en patrón con hojas. Estos resultados se pudieron presentar debido a varios factores como la experticia del injertador, la buena hidratación tanto del patrón como de la planta madre donde se sacaron las ramas porta yemas y al corto tiempo empleado entre el corte de las ramas porta yemas de la planta madre y la injertación.

En la técnica de parche, Bhattacharjee *et al.* (2022) reportan 70 % de éxito en otras especies, mientras que Villalta *et al.* (2019) en injertos de púa en cacao presentó un prendimiento del 70%, variación atribuida a factores como las condiciones ambientales del sitio y el genotipo.

Es importante resaltar, la capacidad fisiológica que presentaron las plantas que se injertaron sin hojas y mantuvieron un porcentaje de prendimiento del 92,85% independiente del tipo de injertación. Según Tchoundjeu *et al.* (2010), la cantidad de carbohidratos disponibles en la plántula podría ser uno de los factores nutricionales que podría explicar la diferencia obtenida entre los tipos de injerto frente a la condición del patrón. El porcentaje de mayor prendimiento del injerto lo obtuvo el tratamiento Púa con hojas (96,42%) este comportamiento puede atribuirse a que la generación de puntos de conexión entre patrón e injerto requiere una energía considerable que es suministrada por las hojas del patrón con la producción de fotosintatos que se utilizaran para la formación de nuevo tejido en la zona de conexión (Zaubin y Zuryadi 2002, Ningsih *et al.*, 2024).

Número de brotes

Los resultados del análisis de varianza realizado para determinar el efecto del genotipo, el tipo de injerto y la interacción en

el número de brotes no fue significativa, por lo tanto, se interpreta que no hay un efecto principal del tipo de injerto, mientras que en el factor genotipo el efecto es no significativo luego del día 45 después del injerto.

El efecto del genotipo fue significativo hasta el día 30 después de efectuado el injerto, luego no se evidenciaron diferencias significativas entre los clones evaluados. La figura 1, muestra que los genotipos ICS95 y TCS06, fueron los que mayor número de brotes expresaron durante el primer mes de seguimiento. Mientras que los genotipos EET8 y TSH565 fueron los que menor número de brotes presentaron, siendo estadísticamente diferentes a los materiales con mejor desempeño es este parámetro. De acuerdo con Ningsih *et al.* (2024) existe relación entre la defoliación del patrón realizada en un tiempo determinado y la cantidad de yemas de conexión en los brotes de plántulas de cacao, una defoliación temprana disminuye la cantidad de yemas al igual que una defoliación tardía. La defoliación del patrón no afectó la conexión vascular, ni el crecimiento y desarrollo del injerto.

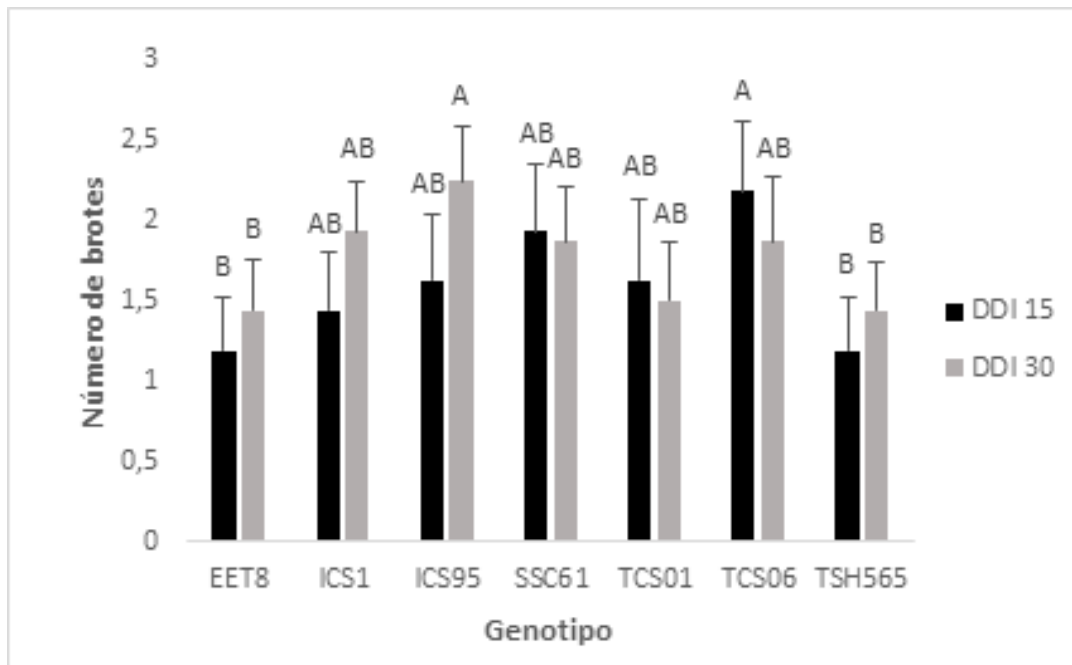


Figura 1. Evaluación del número de brotes por genotipo a los días 15 y 30 después del injerto. Letras diferentes en cada periodo de evaluación presenta diferencia significativa Tukey P=0.05.

La evaluación de los tipos de injertos en cada una de las condiciones del patrón mostró diferencias significativas entre los tipos de injerto durante todo el proceso de la investigación. El método de parche bajo la condición del patrón con hoja y sin hoja presentaron la menor cantidad de brotes y estadísticamente diferentes a los injertos de púa bajo la condición del patrón con y sin hojas (Tabla 1). Esto concuerda con lo obtenido por Kouassi *et al.* (2018), en donde se encontraron diferencias significativas entre las dos técnicas de injerto en vivero durante

las primeras cuatro semanas después de efectuado el injerto. La respuesta del injerto de púa puede atribuirse al mayor número de yemas activas disponibles con relación al injerto de parche, esto concuerda con lo descrito por Zakariyya y Yuliasmara (2015); donde manifiestan que el injerto de púa es altamente compatible con los portainjertos y permite una buena unión del injerto con el patrón y favorece la translocación de agua, nutrientes, hormonas y enzimas a todas las plántulas.

Tabla 1. Número de brotes emergentes entre 15 y 90 días después de la enjertación DDI según el tipo de injerto y la condición del patrón

Tipo de injerto	DDI					
	15	30	45	60	75	90
Púa sin hojas	2,89±1,22 a	2,96±0,87 a	2,79±1,00 a	2,71±0,97 a	2,75±0,96 a	2,75±0,96 a
Púa con hojas	2,93±0,83 a	2,71±0,76 a	2,68±0,86 a	2,64±0,99 a	2,71±0,88 a	2,64±0,91 a
Parche sin hojas	0,29±0,33 b	0,61±0,32 b	0,86±0,22 b	0,88±0,22 b	0,93±0,14 b	0,93±0,14 b
Parche con hojas	0,29±0,36 b	0,75±0,44 b	0,86±0,40 b	0,86±0,28 b	0,89±0,21 b	0,89±0,21 b

* Medias seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes al 5% según la prueba de comparación múltiple de Tukey

En la tabla 1 se observa que, en injertos de púa, sobresale la condición del patrón con hojas, ya que mostró una ligera ventaja respecto a la condición del patrón sin hojas, sin embargo, esa diferencia no fue estadísticamente significativa.

Número de hojas

Los resultados del análisis de varianza realizado para determinar el efecto del genotipo, el tipo de injerto y la interacción en el número de hojas demuestran que la interacción entre los factores no fue significativa, esto indica que tanto el genotipo y el tipo de injerto son independientes. En términos de los efectos principales, se evidencia que hay una afectación del tipo de injerto, mientras que en el factor genotipo el efecto es nulo sobre el número de hojas.

Como se observa en la figura 2 las plantas con injerto de parche indiferente a la condición del patrón (con o sin hojas) presentó menor número de hojas en comparación con las plantas injertadas en púa. En el injerto de parche la cantidad de hojas producidas dependerá del éxito de la unión y el vigor del brote de una yema (Agudelo *et al.*, (2021), mientras que en el injerto de púa se utiliza una vara porta yemas con varias yemas que puede resultar en un mayor número de hojas, si todas las yemas brotan correctamente (Figura 2). Villalta *et al.* (2019) demostró que existe una alta correlación positiva entre el número de hojas y el número de brotes ($r=0.87$) en la evaluación de técnicas de injertación en fase de vivero.

De acuerdo con Agudelo *et al.* (2021), una planta injertada con mínimo 4 hojas verdaderas

independiente del método de injertación se encuentra lista para trasplante a sitio definitivo. Según Müller (1992), el crecimiento foliar en plantas de cacao se desarrolla en 5 estados, este periodo de formación es de 31 días desde que emerge hasta su madurez fisiológica. Con los resultados obtenidos en la figura 2, el injerto de púa con hojas y sin hojas

en los 7 genotipos evaluados presentaron entre 6,3 y 14,5 hojas en la evaluación a los 30 días después de la injertación, lo cual puede sugerir una disminución significativa en la etapa de vivero, de plantas injertadas en púa. Este tiempo puede reducirse hasta más de 30 días.

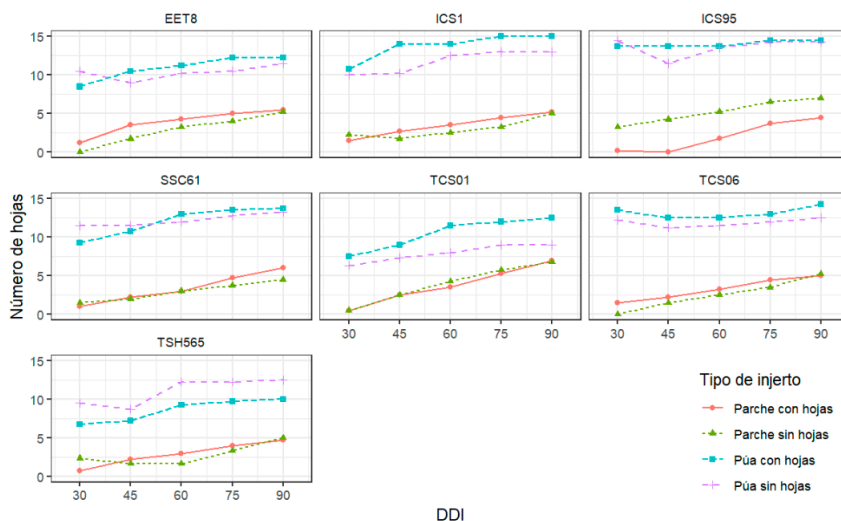


Figura 2. Producción de hojas según el tipo de injerto, en siete materiales de cacao evaluados entre los 30 y 90 días después de la injertación DDI.

Tabla 2. Efecto del clon sobre el número de hojas emitidas entre los 30 y 90 días después de la injertación DDI. * Medias seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes al 5% de significancia según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Genotipo	DDI				
	30	45	60	75	90
EET8	5,06±3,19 a	6,19±2,87 a	7,25±2,75 a	7,94±2,85 a	8,63±3,34 a
ICS1	6,13±3,24 a	7,19±2,35 a	8,13±2,93 a	8,94±2,83 a	9,56±2,51 a
ICS95	7,94±2,16 a	7,38±1,31 a	8,56±1,04 a	9,75±0,86 a	10,06±0,90 a
SSC61	5,81±3,34 a	6,63±2,85 a	7,75±2,98 a	8,69±2,87 a	9,38±2,74 a
TCS01	3,71± 3,41 a	5,33± 3,32 a	6,81± 3,20 a	8,00± 3,19 a	8,81± 3,05 a
TCS06	6,81 ± 2,70 a	6,88± 2,91 a	7,44± 2,95 a	8,25± 2,97 a	9,25± 2,70 a

A pesar, que no hay diferencias significativas entre los clones evaluados, se destacan los genotipos ICS1 e ICS95 en cuanto a su desarrollo vegetativo, lo que contrasta con lo obtenido por el genotipo TSH565 dado que logró los valores más bajos (tabla 2). A los 90 días de evaluación presentaron 9,56 y 10,06 hojas respectivamente, valor superior a lo reportado por Ningsih *et al.* (2024), que obtuvo

7,33 hojas promedio, este valor inferior el autor lo atribuye a condiciones climáticas del experimento específicamente a la humedad relativa. Por otra parte, Layme *et al.* (2023), presentó 9,67 en número de hojas del clon ICS 95.

En la tabla 3 se observa que el efecto del tipo de injerto fue consistente en el tiempo (DDI).

El seguimiento desde 30 DDI hasta 90 DDI en los dos tipos de injertos en cada una de las condiciones del patrón presentó un efecto

del tipo de injerto, aunque no se evidenciaron contrastes significativos entre las condiciones del patrón.

Tabla 3. Número de hojas presentes entre 30 y 90 días después de la injertación DDI según el tipo de injerto y la condición del patrón. * Medias seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes al 5% de significancia según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Tipo de injerto	DDI				
	30	45	60	75	90
Púa sin hojas	10,65±4,94 a	9,94±4,57 a	11,43±3,89 a	11,96±3,75 a	12,29±3,66 a
Púa con hojas	10±5,27 a	11,11±3,28 a	12,18±3,29 a	12,86±3,13 a	13,18±3,07 a
Parche sin hojas	1,4±1,14 b	2,21±1,51 b	3,2±1,80 b	4,3±1,95 b	5,54±1,82 b
Parche con hojas	0,96±1,29 b	2,21±2,00 b	3,18±2,37 b	4,54±2,48 b	5,43±2,51 b

Al igual que el parámetro de número de brotes emergentes, el injerto de púa obtuvo un mayor desarrollo vegetativo, llegando a duplicar la producción obtenida mediante la técnica de parche en el 90 ddi. Este resultado es acorde con las investigaciones de (Akinnifesi *et al.* 2008; Tchoundjeu *et al.* 2010 y Kouassi *et al.* 2018), en donde además del número de hojas, el injerto de púa fue superior en varios parámetros de crecimiento vegetativo. De acuerdo con Ningsih, *et al.* (2024) el número de hojas del patrón incide en el porcentaje de prendimiento de plántulas injertadas, número de brotes, número de hojas, área foliar y peso de la plántula que se injerta en púa. De acuerdo con Ningsih *et al.* (2024) y Zacariyya y Yuliasmara (2015) la acumulación de fotosintato podría estimular el crecimiento y la diferenciación celular para la formación de nuevos tejidos en la zona del injerto, aumentando así el porcentaje de conexiones terminadas.

CONCLUSIONES

El desarrollo vegetativo obtenido por el injerto de púa fue superior en comparación con la técnica de injertación en parche, tanto en el número de brotes como en el número de hojas. Al efectuar un injerto utilizando el

método de púa, se favorece la producción vegetativa, se reduce el tiempo de la planta en vivero, hasta más de 30 días, disminuye el riesgo de problemas radicales como la cola de marrano al llegar la raíz pivotante al fondo de la bolsa y reduce la inversión por parte de los viveristas al disminuir el tiempo en vivero de las plántulas.

El clon ICS95 fue el que mejor producción de brotes y hojas obtuvo. Este material presentó ventajas vegetativas respecto a los demás genotipos en el desarrollo de brotes en el primer mes de evaluación. La producción de hojas también fue mayor durante los periodos de evaluación a pesar de no presentar diferencias significativas con los otros materiales evaluados.

Conflictos de intereses

La preparación y revisión del presente manuscrito contó con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

- Agudelo, G., Cañar, D., Pabón, M., Bello, M. y Hernández, J. 2021.** Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404586>
- AmCham Colombia, Camara de comercio Colomboamericana. 2014.** Cacao:Una apuesta colombiana al mercado internacional. <https://amchamcolombia.co/estudios/estudio-cacao/>
- Analdex, Asociación Nacional de comercio exterior. 2025.** <https://analdex.org/2025/04/09/cacao-y-sus-derivados-duplicaron-sus-exportaciones-y-llegaron-a-los-us265millones-en-2024-podra-seguir-este-ritmo-en-2025/>
- Akinnifesi, F., Sileshi, G., Mkonda, A., Ajayi, O., Mhango, J., y Chilanga, T. 2008.** Germplasm supply, propagation and nursery management of miombo fruit trees. In F. Akinnifesi, R. Leakey, O. Ajayi, G. Sileshi, Z. Tchoundjeu, P. Matakala, y F. Kwesiga (Eds.), *Indigenous Fruit Trees in the Tropics: Domestication, Utilization and Commercialization* 341–368. World Agroforestry Centre.
- Bhattacharjee, P., Sakthivel, T., Chander, S. y Nimbolkar, PK. 2022.** Estandarización de las técnicas de propagación asexual en rambután (*Nephelium lappaceum* L.) para la región tropical húmeda de la India . *Environment Conservation Journal* 23 (1 y 2): 31–38. <https://doi.org/10.36953/ECJ.021922-2168>
- Kouassi, K., N’Zi, J., Kahia, J., Diby, L., Kouassi, J., Bene, K. y Kouamé, C. 2018.** Comparison of Grafting Techniques and their Effects on some Growth Parameters of Ten Elite Cocoa Clones (*Theobroma cacao* L.). *African Journal of Agricultural Research* 13(41): 2249–2255. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9847>
- EVAS. Evaluaciones agropecuarias municipales . 2024.** Unidad de planificación rural agropecuaria, UPRA. https://upra.gov.co/es-co/Evas_Documentos/BolEVADic.pdf
- Fedecacao. 2022.** La producción cacaotera nacional sigue creciendo: en 2021 logra un nuevo récord histórico. <https://www.fedecacao.com.co/post/la-producci%C3%B3n-cacaotera-nacional-sigue-creciendo-en-2021-logra-un-nuevo-r%C3%A9cord-hist%C3%B3rico>
- FHIA. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2005.** Guía práctica: Producción de plantas de cacao por injerto. Proyecto Control de La Moniliasis. La Lima, Cortés. Honduras. FHIA, APROCACAO, PROMOSTA. p1-12.
- Gutiérrez, M., Gómez, R. y Rodríguez, N. 2010.** Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12(1): 33–41. https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num1_art:213

- Jaimes, Y., Agudelo, G., Báez, E., Rengifo, G. y Rojas, J. 2021.** Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Santander. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>
- Layme, P., Aparicio, J., Maldonado, C. y Peñafiel, M. 2023.** Comportamiento agronómico de plántulas de seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el norte de la Paz-Bolivia. *Cibum Scientia*, Bolivia 2(2): 55-62. ISSN línea: 2791-1217
- MADR. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. 2021.** Dirección de cadenas agrícolas y forestales. Cadena de cacao. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Müller, M., Serrano, P. y Biehl, B. 1992.** Características fotosintéticas durante el desarrollo de las hojas de *Theobroma cacao* L. *Physiol. Plant.* 85:3:105, 599.
- Ningsih, M., Syafrison, S., Fardedi, F., Oktabriana, G., Rahmah, M., Jailani, H. y Mukhlis, M. 2024.** Performance of Cocoa Graft Seedlings as a Result of Different Number of Lower Stem Leaves and Entry Defoliation Time. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3): 1451–1460. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.7176>
- Peña, J. 2019.** Propagación De Plantas De Cacao Mediante Injertos. *Kuxulkab'*. 25(51):33-40. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a25n51.2923>
- Rochel, E., Rodríguez, J., Suarez, P. y Castillo, J. 2021.** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA. Medellín. Taxonomía y material genético: propagación de material vegetal <https://doi.org/10.21930/agrosavia.Infografia.2021.26>
- Sarmiento, S., Gamboa, J. y Velásquez, J. 2011.** Desempeño agronómico de tres clones de cacao en fase de vivero en la Amazonia colombiana. *Ingenierías & Amazonia* 4(1): 39–47. Universidad de la Amazonia.
- Sian, J. 2005.** Evaluación del prendimiento de injerto de cacao (*Theobroma cacao*) Uf- 667, en cinco etapas de crecimiento del patrón Pound - 7. San Carlos, Guatemala.
- Tchoundjeu, Z., Tsobeng, A., Asaah, E. y Anebeh, P. 2010.** Domestication of *Irvingia gabonensis* (Aubry Lecomte) by air layering. *Journal of Horticulture and Forestry* 2(7): 171–179.
- USDA. U.S. Department of agricultura. Foreign Agricultural service. 2024.** Colombia: El sector cacaotero colombiano. <https://www.fas.usda.gov/data/colombia-colombian-cacao-sector-2024-update>.
- Vera, R., Castro, A., León, C. y Valverde, Y. 2022.** Evaluación de tres métodos de injertación en cacao en el Cantón Jipijapa, provincia de Manabí. *Revista científica educativa de la Provincia Granma* 18(3): 27-45
- Villalta, L., Rivas, A., Ramos, Y., Parada, F. y Molina, M. 2019.** Producción de plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), utilizando dos técnicas de injerto con modificaciones y su efecto en el éxito del prendimiento en fase de vivero. *Revista Minerva* 2(1): 5 1–62

Zakariyya, F. y Yuliasmara, F. 2015. Top Grafting Performance of Some Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Clones as Affected by Scion Budwood Number. *Pelita Perkebunan* 31: 163-174. <https://doi.org/10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v31i3.198>

Zaubin, L. y Rudy, S. 2002. Pengaruh Topping, Jumlah Daun dan Waktu Penyambungan terhadap Keberhasilan Penyambungan Mente di Lapangan. *Jurnal Litri* 8 (2): 55-59. <https://doi.org/10.21082/litri.v8n2.2002.55-60>