

Tipos de Injerto y fitohormonas en la propagación clonal del aguacate (*Persea americana* Mill) de la variedad Hass

Types of grafting and phytohormones in the clonal propagation of avocado (*Persea Americana* Mill) of the Hass variety

Darwin Joel Cabrera Caisa¹, Jaime David Chanaguano Lusintuña¹, Eduardo Fabian Quinatoa Lozada¹, Kleber Augusto Espinosa Cunuhay¹

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador

darwin.cabrera8218@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-2513-9920>

jaime.chanaguano0902@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-4687-5615>

eduardo.quinatoa1839@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0552-1871>

kleber.espinosa@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5151-6301>

Correspondencia darwin.cabrera8218@utc.edu.ec

Recibido: 24/05/2024

Acceptado: 04/07/2024

Publicado: 05/08/2024

Resumen

El injerto es el proceso por el cual dos porciones de tejido meristemático de dos plantas son unidas y se desarrollan como una sola planta, para ello se utilizan fitohormonas. Esto permitió desarrollar los objetivos i) evaluar los injertos de púa lateral y terminal en aguacate variedad Hass sobre patrones de aguacate nacional ii) aplicar fitohormonas como giberelinas, citoquininas, la combinación de ambas y los testigos sin hormona. El estudio se desarrolló en el subtrópico ecuatoriano, en la provincia de Cotopaxi del cantón La Maná. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial 2x3+2 con tres repeticiones y 10 plantas como unidad experimental. Las variables que se evaluaron fueron: porcentaje de prendimiento, días de prendimiento, y de formación

del callo, número de brotes, longitud del brote, diámetro del tallo (mm) a los 15, 35, 55 y 75 días. Días de prendimiento a los 15 días, la hormona citoquinina (Cytokin) es la que mejor respondió a las variables evaluadas, porcentaje de prendimiento con 93,33%. El injerto por púa terminal obtiene los mayores valores en el número de brotes, longitud de brotes y diámetro de tallo hasta los 55 días. La combinación del injerto de púa terminal y la hormona citoquinina son los que mejores resultados presentan para la multiplicación de aguacate variedad Hass en patrones nacionales.

Palabras clave: Fitohormonas, injerto, multiplicación.

Abstract

Grafting is the process by which two portions of meristematic tissue from two plants are joined and developed as a single plant, using phytohormones for this. This allowed us to develop the objectives i) to evaluate the lateral and terminal grafts in Hass variety avocado on national avocado rootstocks ii) to apply phytohormones such as gibberellins, cytokinins, the combination of both and the controls without hormone. The study was developed in the Ecuadorian subtropics, in the province of Cotopaxi in the canton of La Maná. A randomized complete block design (DBCA) was used in a 2x3+2 factorial arrangement with three repetitions and 10 plants as the experimental unit. The variables that were evaluated were: percentage of take-up, days of take-up, and callus formation, number of shoots, shoot length, stem diameter (mm) at 15, 35, 55 and 75 days. Days of seeding at 15 days, the cytokinin hormone (Cytokin) is the one that best responded to the variables evaluated, percentage of seeding with 93.33%. The grafting by terminal shoot obtains the highest values in the number of shoots, shoot length and stem diameter up to 55 days. The combination of the terminal shoot graft and the cytokinin hormone are those that present the best results for the multiplication of Hass variety avocado in national patterns.

Keywords: Grafting, phytohormones, multiplication.

Introducción

El aguacate ha ganado popularidad en los mercados internacionales. En el año 2018, se importaron 2,5 millones de toneladas de aguacates valorados en 6100 millones de dólares,

Estados Unidos, los Países Bajos y Francia representando más del 55% de estas importaciones. México y Perú lideran la producción en Hispanoamérica, y en donde Ecuador, gracias a su ubicación geográfica y microclimas únicos, es ideal para la producción y exportación del aguacate. (Álvarez-Flores *et al.*, 2021). Así, en el año 2019, se contaba con 5738 hectáreas de aguacate como cultivo principal y 1338 hectáreas como cultivo asociado, destacando las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Azuay y Loja. Las variedades más comercializadas son Hass, Fuerte y Naval. La variedad Hass, ha crecido significativamente en los últimos cinco años, sobresale por sus propiedades nutritivas, sabor único y aptitud para la comercialización. (Vásquez-Aguilar y García-Hevia, 2021)

En el Ecuador, el aguacate se cultiva en los valles interandinos, experimentando un notable incremento de áreas cultivada. Las principales variedades cultivadas son “Fuerte” y “Hass” injertadas en patrones denominados “Criollos”. Las plantas de aguacate requieren de un período de crecimiento en vivero previo al trasplante a campo abierto, siendo la fase de vivero determinante en la calidad de plantas. En el caso de aguacate es indispensable partir con un patrón de buena calidad, es decir; diámetro de tallo superior a 0,5 cm, altura superior a 30 cm, sistema radicular abundante, follaje color verde oscuro y estar libre de enfermedades. (Sotomayor *et al.*, 2022)

El aguacatero es una planta multiplicada tradicionalmente de forma sexual (semilla) y en forma asexual por injertos (Suatunce-Chiliquina *et al.*, 2024), En México la principal forma de propagación del aguacate es la injertación de cultivares comerciales sobre portainjertos francos (originados por semilla), mismos que presentan una alta heterocigosis que resulta en huertos heterogéneos en cuanto a comportamiento y productividad. (Ayala-Arreola *et al.*, 2010)

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en el vivero Hawaii en la provincia de Cotopaxi cantón La Maná, sector el Roció – La Playita cuya ubicación es WGS 84: Latitud S 0° 56'21" Longitud W 79° 13' 25" a una altura de 214 metros sobre el nivel del mar. Se emplearon dos tipos de injerto: púa lateral y púa terminal con las fitohormonas Giberelinas, Citoquininas y la combinación de ambas fitohormonas más dos testigos de los injertos,

se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), en arreglo factorial 2 x 3 +2 dando un total de ocho tratamientos con tres repeticiones y 10 plantas como unidad experimental, para la diferencia entre medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05 de probabilidad el análisis se lo realizó en el programa estadístico Infostat Di Rienzo et al 2020.

Para realizar los injertos, se utilizaron plantas de aguacate nacional (patrón) de aproximadamente cinco meses de edad, injertadas con aguacate Hass según la metodología de Sotomayor *et al.* (2019). En el injerto de púa terminal, se hizo un corte biselado de 3 cm en la vareta, formando una cuña, y se decapitó el patrón a 20 cm de altura con un corte vertical de 3 cm donde se insertó la púa, asegurando que la corteza lateral coincida en al menos un lado para promover la unión celular. En el injerto de púa lateral, se dejaron las hojas apicales del portainjerto y se hizo un corte lateral de 3 cm en el patrón a 30 cm de altura para insertar la púa, asegurando la unión con cinta plástica flexible para la cicatrización.

Las fitohormonas se aplicaron fueron Cytokin en dosis de 2 cm³/L de agua, giberelina 1 g/L de agua, en la combinación se utilizó Cytokin 0.50 cm³/L más giberelina 1 g/L de agua, la aplicación fue de forma foliar. Las variables que se evaluaron fueron: porcentaje de prendimiento, días de prendimiento y de formación del callo, número de brotes, longitud de brotes, diámetro del tallo a los 15, 35, 55 y 75 días,

Resultados y Discusión

El injerto de púa terminal obtuvo el mayor porcentaje de prendimiento con 93,33% y la hormona citoquinina (Cytokin) con 90,83% valores inferiores a los reportados por Ambicho-Alminco (2022) quien al evaluar dos variedades comerciales de palto (*Persea americana*) y fitohormonas en patrones Duke y Topa obtuvieron el 100% de prendimiento sin embargo los valores son superiores a los reportados por Amaguaya-Colcha (2019) quienes obtienen porcentajes de prendimiento de 63,13 a 76,74% al evaluar las variedades de aguacate antillano, guatemalteco, fuerte y Hass en diferentes fases lunares y con tres tipos de injerto (púa terminal, yema y púa lateral). Salazar *et al* (2004) obtiene un prendimiento de 96% luego de evaluar 1549 injertos (Ver Tabla 1).

Tabla 1.
Porcentaje de prendimiento en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

Factores	Porcentaje de Prendimiento
Injertos	
Púa terminal	93,33 a
Púa lateral	82,83 b
p-valor	0,0067
Hormonas	
Sin Hormona	84,00 a
Giberelina + Cytokin	88,17 a
Giberelina	89,33 a
Citoquinina (Cytokin)	90,83 a
p-valor	0,5358
CV (%)	9,39

En relación a los días de prendimiento el injerto púa terminal y púa lateral sin hormona reportan los mayores días con 22 y 25 días respectivamente lo que concuerda con Ambicho-Alminco (2022) quien obtuvo a los 25 días los mayores prendimientos, los menores días tanto en púa terminal como en púa lateral se obtuvieron con la hormona citoquina (Cytokin) a los 15 y 16 días. Figura 1

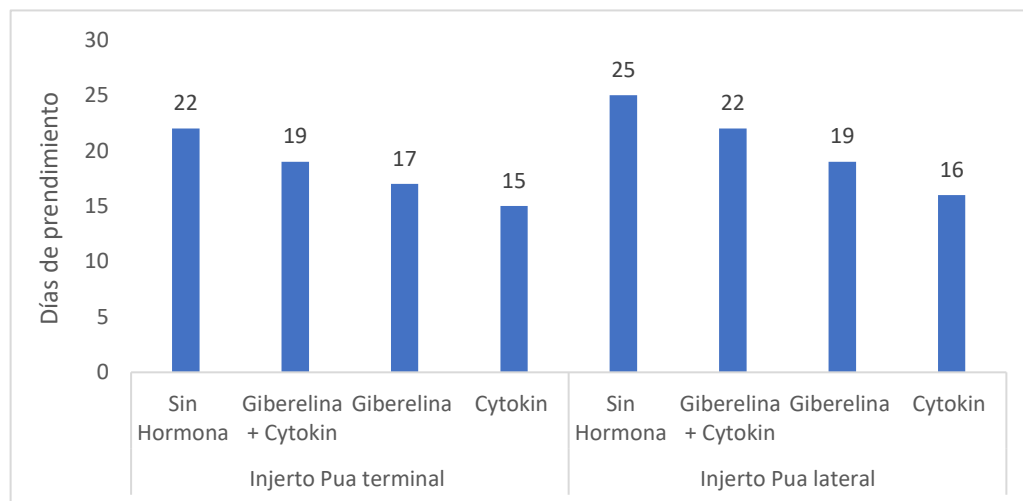


Figura 1. Días transcurridos desde la injertación al prendimiento en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

En los días a la formación del callo los mayores días se presentan en injerto de púa terminal y púa lateral sin hormona con 77 y 73 días, los menores días se presentaron en Injerto púa terminal y púa lateral más citoquinina (Cytokin) con 66 y 61 días respectivamente, Meneses-Mejía (2010), al evaluar los injertos púa terminal y lateral de

aguacate fuerte en patrones de aguacate nacional obtiene para injerto de púa lateral 76,56 días y para el injerto púa terminal 52,75 días. (Ver Figura 2)

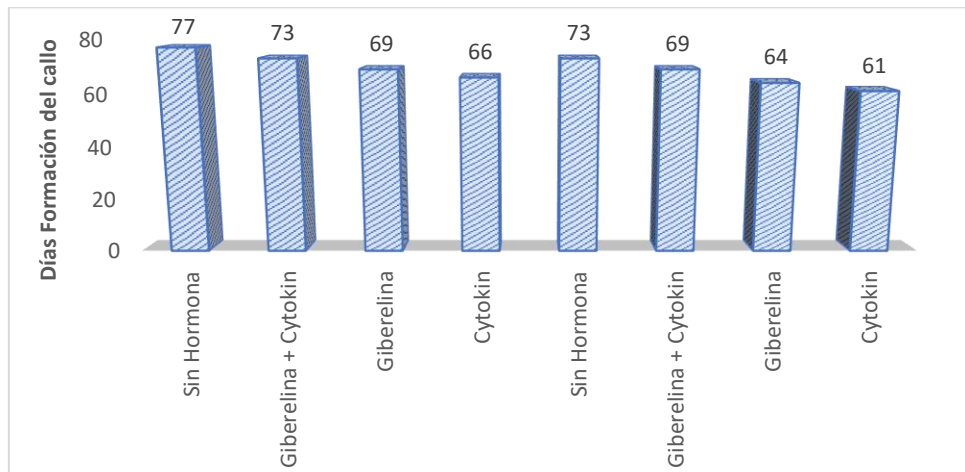


Figura 2. Días a la formación del callo en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril – julio 2024

El mayor número de brotes se presentó en el injerto de púa terminal con 2,21 a los 15 días y 4,98 a los 75 días para el factor hormonas los mayores valores se reportaron en cytokin con 2,00; 3,00 y 4,04 a los 15, 30 y 45 días respectivamente, a los 75 días se obtiene 4,63 para giberelina valores que son superiores a los encontrados por Morales –Minalla (2019) quien obtiene número de brotes de 1,50 a 2,75 al emplear 2500; 3000; 3500 y 4000 mg/kg de ANA más 2500; 3000; 3500 y 4000 mg/kg de AIB estos compuestos modifican los procesos fisiológicos de las plantas, regulando de esta forma el crecimiento y metabolismo, capaces de estimular o acelerar la formación de las raíces. Las citoquininas tienen la capacidad de estimular e inducir una alta proliferación y división celular, suelen inducir a la iniciación y elongación de las raíces, permitiendo estimular el desarrollo fotomorfogénico vegetal y jugar un rol importante en el aumento y generación de la producción de brotes a nivel vegetal Alcantara-Cotes *et al.*, (2019). (Ver Tabla 2 y Figura 3)

Tabla 2. Número de brotes en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

Factores	Número de brotes			
	15 días	35 días	55 días	75 días
Injertos				
Púa terminal	2,21 a	3,21 a	4,23 a	4,98 a
Púa lateral	1,44 b	2,44 b	3,44 b	4,08 b
p-valor	0,0002	0,0002	0,0001	<0,0001

Hormonas

Sin Hormona	1,79 a	2,79 a	3,79 a	4,63 a
Giberelina + Cytokin	1,71 a	2,71 a	3,71 a	4,58 a
Giberelina	1,79 a	2,79 a	3,79 a	4,63 a
Citoquinina (Cytokin)	2,00 a	3,00 a	4,04 a	4,29 a
p-valor	0,7478	0,7478	0,6430	0,5071
CV (%)	52,36	33,81	24,56	19,67

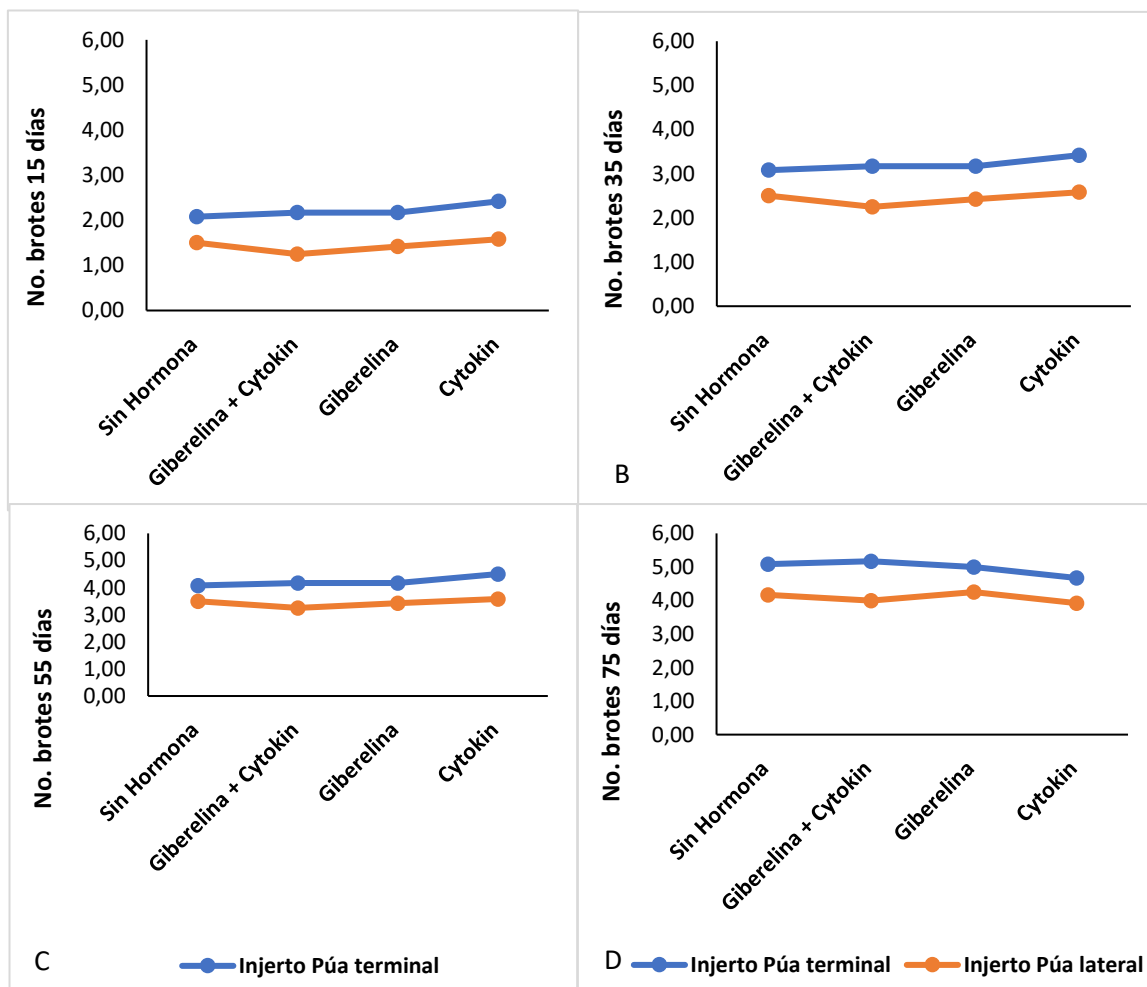


Figura 3. Número de brotes a los 15 (A), 35 (B), 55 (C) y 75 días (D) en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

Dentro de la longitud de brotes se presentó diferencias estadísticas siendo el injerto de púa terminal donde se registraron los valores más altos desde 8,83 cm a los 15 días hasta los 18,08 cm a los 75 días. Para el factor hormonas los mayores se reportaron en giberelina con 8,58; 10,58 y 12,50 cm a desde los 15 a 55 días, mientras a los 75 días se obtuvo 20,92 cm con Cytokin lo que concuerda con Melgarejo (2010) que menciona que las giberelinas biológicamente activas, actúan como reguladores esenciales del desarrollo de las plantas, modulando varias respuestas del crecimiento como la germinación de semillas, crecimiento del tallo, la expansión foliar, la partenocarpia, la elongación de la

raíz, la floración y la liberación de enzimas hidrolíticas en algunos tejidos. (Ver Tabla 3 y Figura 4)

Tabla 3.
Longitud de brotes (cm) en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

Factores	Longitud de brotes (cm)			
	15 días	35 días	55 días	75 días
Injertos				
Púa terminal	8,83 a	10,75 a	12,63 a	18,08 b
Púa lateral	6,25 b	8,33 b	10,35 b	20,83 a
p-valor	0,0001	0,0003	0,0006	0,0014
Hormonas				
Sin Hormona	6,21 a	8,04 b	10,17 a	17,75 b
Giberelina + Cytokin	7,17 a	9,17 ab	10,92 a	19,46 ab
Giberelina	8,58 a	10,58 a	12,50 a	19,71 a
Citoquinina (Cytokin)	8,21 a	10,38 ab	12,38 a	20,92 a
p-valor	0,0482	0,0200	0,029	0,0681
CV (%)	42,07	32,57	27,33	20,94

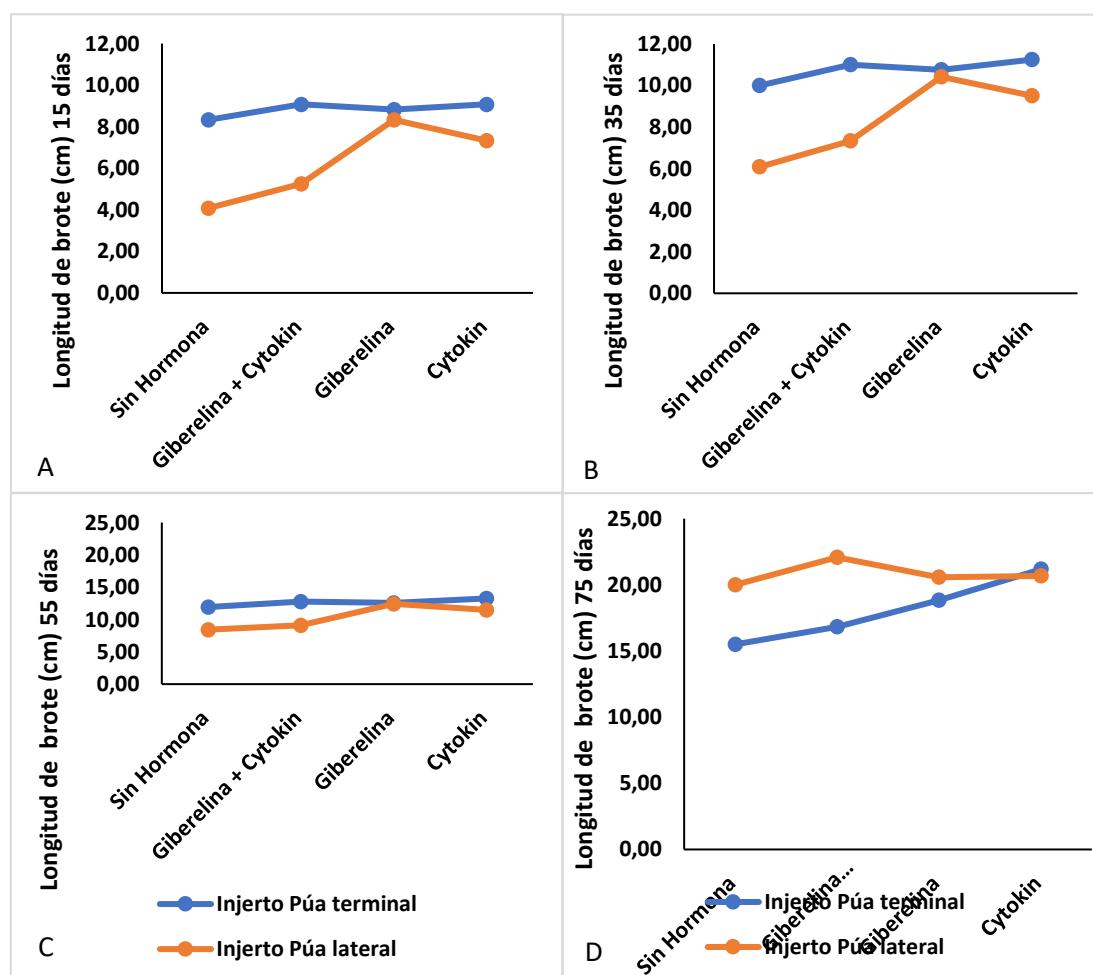


Figura 4. Longitud de brotes a los 15 (A), 35 (B), 55 (C) y 75 días (D) en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

Al evaluar el diámetro de tallo (mm) se pudo observar que los mayores valores se reportan en el injerto de púa terminal con 4,19; 5,19; 6,19 y 7,19 mm desde los 15 hasta los 75 días. Para el efecto de las hormonas los mayores valores se reportan en Cytokin con 4,63; 5,63; 6,63 y 7,33 mm durante los días evaluados, Salazar *et al* (2004) obtiene como promedio del diámetro de tallo 8,9 mm y menciona que este resultado estuvo asociado positiva y significativamente con el prendimiento de los injertos. Gaona *et al* (2020) reporta diámetros de 9,33 a 10,88 en el efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego en las variables de crecimiento de plantas de aguacate var. Hass. (Ver Tabla 4 y Figura 5)

Tabla 4.

Diámetro del tallo (mm) en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

Factores	Diámetro del tallo (mm)			
	15 días	35 días	55 días	75 días
Injertos				
Púa terminal	4,19 a	5,19 a	6,19 a	7,19 a
Púa lateral	4,08 a	5,08 a	6,08 a	6,94 a
p-valor	0,5539	0,5600	0,583	0,1174
Hormonas				
Sin Hormona	3,96 b	4,96 b	5,88 b	7,00 ab
Giberelina + Cytokin	3,79 b	4,79 b	5,88 b	6,71 b
Giberelina	4,17 ab	5,17 ab	6,17 ab	7,21 ab
Citoquinina (Cytokin)	4,63 a	5,63 a	6,63 a	7,33 a
p-valor	0,0077	0,0090	0,0186	0,0355
CV (%)	20,77	16,98	15,09	10,96

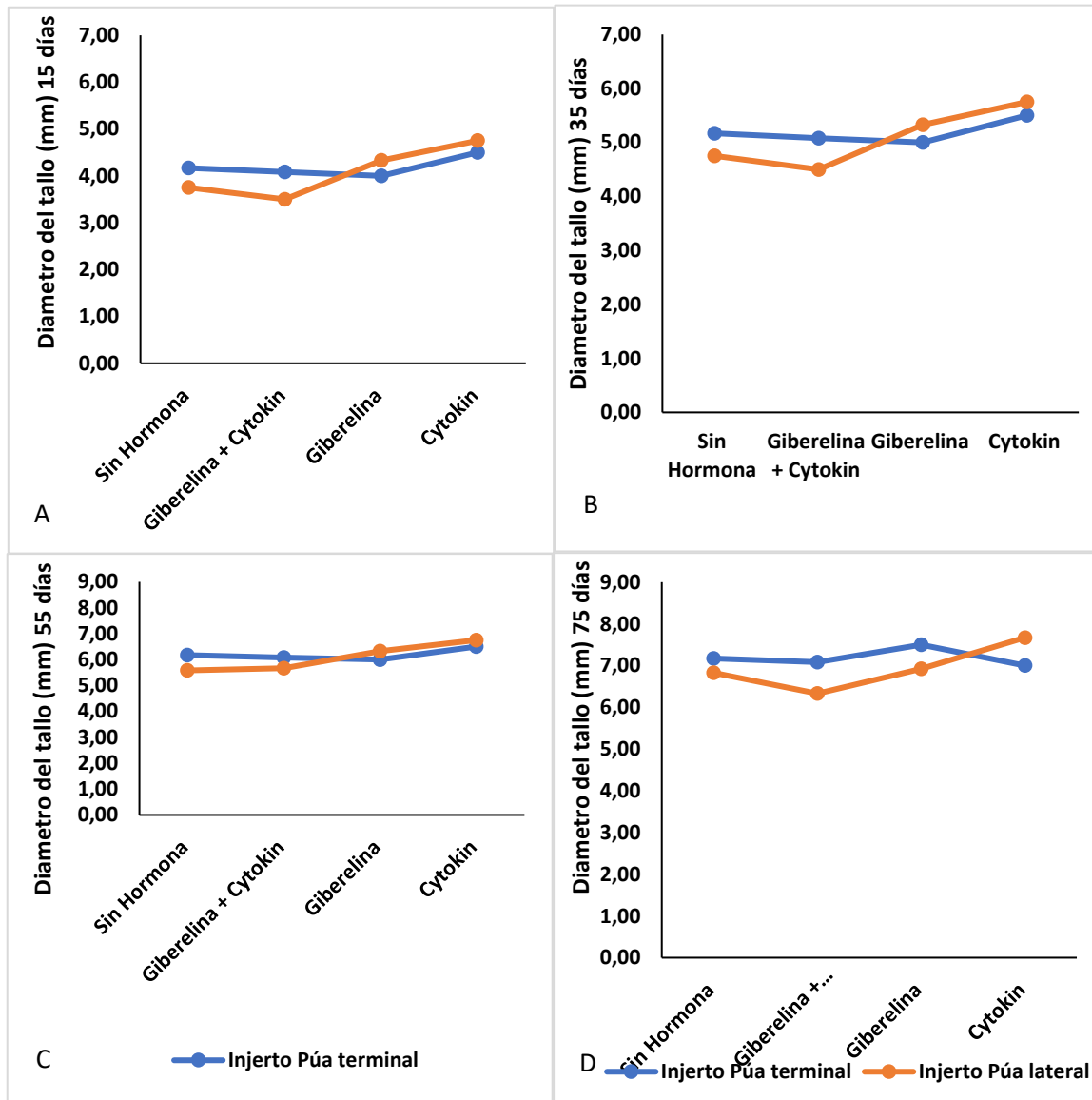


Figura 5. Diámetro del tallo (mm) a los 15 (A), 35 (B), 55 (C) y 75 días (D) en la evaluación de dos tipos de injertos en aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, sobre patrones de aguacate nacionales con diferentes fitohormonas abril –julio 2024

CONCLUSIONES

El estudio deja en evidencia que, para la multiplicación vegetativa del cultivo de aguacate Hass, el injerto de púa terminal combinado con la hormona citoquinina (Cytokin) favorece el porcentaje de prendimiento del injerto, así, como las características asociadas a la vigorosidad del brote. Esta combinación optimiza la unión de los tejidos y promueve un crecimiento vigoroso, destacándose como la estrategia más eficaz para la clonación y propagación del aguacate de la variedad Hass. Los hallazgos evidencian la importancia

de seleccionar adecuadamente el tipo de injerto y la fitohormona para mejorar la eficiencia y calidad en la producción de plantas de aguacate Hass

REFERENCIAS

Alcantara-Cotes, J., Acero-Godoy, J., & Alcántara-Cortes, J. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Revista Nova*, Vol 17(No. 32), Pp 109-129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>

Álvarez-Flores, J., Vite-Cevallos, H., Garzón -Montealegre, V., & Carvajal-Romero, H. (2021). Análisis de la producción de aguacate en el Ecuador y su exportación a mercados internacionales en el período 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, Vol 4(S1), pp 164-172. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/424>

Amaguaya-Colcha, H. (2019). Evaluación de tres tipos de injertos en cuatro variedades de aguacate (*Persea americana*) para la producción de plantas de vivero, cantón Guano, provincia de Chimborazo. Trabajo de investigación , Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Facultad de Recursos Naturales , Riobamba.

Ambicho- Alminco, D. (2022). Influencia de fitohormonas en el prendimiento y vigor de crecimiento de dos variedades comerciales de palto (*Persea americana* Mill) injertadas sobre patrón Duke y Topa en condiciones del Centro de Investigación frutícola Olerícola. Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Facultad de Ciencias Agrarias, Huánuco-Perú.

Ayala-Arreola, J., Barrientos-Priego, A., Colinas-León, M. T., Sahagún-Castellanos, J., & Reyes-Alemán, J. (2010). Relaciones Injerto-Interinjerto y características anatómicas y Fisiológicas de la hoja de cuatro genotipos de aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, Vol 16 (Núm 2), pp 147-154.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-

152X2010000200011

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L. T., & Robledo, C. (2020).

InfoStat versión 2020. Argentina : Universidad Nacional de Córdoba.

Gaona, P., Vásquez, L., Viera, W., Morales, C., Viteri, P., Sotomayor, A., . . . Cartagena,

Y. (2020). Efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego

en las variables de crecimiento y concentración de macro y micronutrientes en

plantas de aguacate (*Persea americana* Mill) var. Hass. Revista Científica

Ecuador es Calidad, Vol 7(Núm 2).

<https://doi.org/https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.114>

Melgarejo, L. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal (Vol. Primera edición).

Universidad Nacional de Colombia.

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Melgarejo-2010.pdf>

Meneses-Mejía, W. (2010). Evaluación de los injertos de púa terminal y lateral de

aguacate fuerte en patrones de aguacate nacional en macetas, con cuatro sustratos

en el vivero de San Vicente de Puzis Carchi. Tesis de grado, Universidad Técnica

del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y Ambientales, Ibarra.

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/265/2/03%20AGP%2093%2>

0TESIS.pdf

Morales-Minalla, J. (2019). Propagación vegetativa del aguacate (*Persea americana*

millier) variedad Hass, mediante el uso de hormonas enraizantes en la zona de

Quevedo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo , Quevedo.

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8632de53-14a0-4a88->

9674-6d91bb14dbd2/content

- Salazar, S., Velasco, J., Medina, R., & Gómez, J. (2004). Selecciones de aguacate con potencial de uso como portainjertos. Prendimiento y crecimiento de injertos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol 27(No. 1), Pp 23-30. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61027104>
- Sotomayor, A., Mejía, P., Morocho, D., Gaona, P., Viteri, P., Medina, L., & Viera, W. (2022). Consorcios microbianos aplicados en un sistema de producción de plántulas de aguacate cultivar "Criollo". *Revista Manglar*, Vol 19 (Num 1), pp 15-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/manglar.2022.002>
- Sotomayor, A., Viteri, W., Posso, M., Racines, M., González, A., Jin Cho, K., & Villavicencio, A. (2019). Manual Técnico para la producción de plantas injertas de aguacate (*Persea americana* Mill). Quito, Ecuador : Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Suatunce-Chiliquina, D., Quinatoa-Lozada, E., Espinosa-Cunuhay, K., & Tapia-Ramirez, C. (2024). Establecimiento in vitro de aguacate (*Persea americana* Mill) a partir de meristemas axiliares. *Revista Polo del conocimiento*, Vol 9(No. 2), 518-531. <https://doi.org/doi:10.23857/pc.v9i1>
- Vásquez-Aguilar, R., & García-Hevia, S. (2021). Estudio técnico-económico en el cultivo del aguacate, cantón Atahualpa, provincia El Oro. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol 30(núm 3), pp 91-101. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542021000300009&lng=es&tlng=es
- Viera, A., Sotomayor, A., & Viera, W. (2016). Potencial del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) en Ecuador como alternativa de comercialización en el mercado local e internacional. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, Vol III(núm 3), PP 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3>

Los autores no tienen conflicto de interés que declarar. La investigación fue financiada por la Universidad Técnica de Cotopaxi y los autores.

Copyright (2024) © Darwin Joel Cabrera Caisa, Jaime David Chanaguano Lusintuña, Eduardo Fabian Quinatoa Lozada, Kleber Augusto Espinosa Cunuhay

Este texto está protegido bajo una licencia
[Creative Commons de Atribución Internacional 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

