



IBCIENCIAS
IBCIENCIAS
IBCIENCIAS



IBCIENCIAS



www.biociencias.unach.mx/ibciencias



Volumen 3 · Número 2 · Diciembre · 2020

Revista científica electrónica

Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas, México



Volumen 3 · Número 2 · Diciembre · 2020

www.biociencias.unach.mx/ibciencias

IBCIENCIAS, volumen 3, número 2, Julio-Diciembre 2020, es una revista científica digital de publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Chiapas, a través del Instituto de Biociencias, Boulevard Príncipe Akishino sin número, Col. Solidaridad 2000, Tapachula, C.P. 30798, Chiapas, México. Tel. (962) 64 2 7972, www.biociencias.unach.mx/ibciencias, ibciencias.revista@gmail.com. Editor responsable: Dr. Alfredo Vázquez Ovando. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2019-053014202300-01, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número Dr. Alfredo Vázquez Ovando; Boulevard Príncipe Akishino sin número, Col. Solidaridad 2000, Tapachula, C.P. 30798, Chiapas, México.

CONTENIDO

Diciembre de 2020 / Vol 3 / Num 2

- 37-42** **Injertos de *Jatropha curcas* L. MAP-08: Selección de la técnica de injertación y su desarrollo en campo.** María de Lourdes Adriano-Anaya, Leydi Araceli Monzón-Ramos, Miguel Salvador-Adriano, Isidro Ovando-Medina, Miguel Salvador- Figueroa.



Volumen 3 · Número 2 · Diciembre · 2020

www.biociencias.unach.mx/ibciencias



ARTÍCULO CORTO

Injertos de *Jatropha curcas* L. MAP-08: Selección de la técnica de injertación y su desarrollo en campo

María de Lourdes Adriano-Anaya, Leydi Araceli Monzón-Ramos, Miguel Salvador-Adriano, Isidro Ovando-Medina, Miguel Salvador-Figueroa*

Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.

Resumen

La multiplicación de árboles y arbustos de interés agroalimentario o industrial es un desafío aún no resuelto para muchas especies. En este trabajo se estudió en campo, el desarrollo de plantas injertadas de *Jatropha curcas*, previa selección del método de injertación. Como porta-injerto se utilizaron plántulas, de la misma accesión, desarrolladas a partir de semillas de origen alógamo, con 2, 4 y 6 hojas verdaderas. Como injerto fueron utilizados meristemos axilares de plantas adultas (5 años) de *J. curcas* MAP-08. Las técnicas de injertación ensayadas fueron: tipo inglés, T, chip y V. Independientemente de la edad del porta-injerto, se encontró que el injertado tipo V fue 100% eficiente; el resto, no tuvieron éxito. Después de asegurar la presencia de primordios foliares, las plantas resultantes del injertado tipo V se trasladaron a campo. El crecimiento de las plantas (196 días después del trasplante a campo) mostró una relación inversa con la edad a la cual se realizó el injertado y, en todas ellas, el diámetro del porta-injerto siempre fue mayor al del injerto. La diferencia en el desarrollo de los injertos de 2 hojas verdaderas fue estadísticamente significativa al de los injertos de 4 y 6 hojas. El tiempo a florecimiento y a fructificación de los injertos también fue inverso a la edad en la que se realizó el injertado.

Palabras clave:

Meristemos
Plántulas
Porta-injerto
Semilla

Keywords:

Graft-holder
Meristems
Seed
Seedlings

Grafts of *Jatropha curcas* L. MAP-08: Selection of grafting technique and its development in the field

Abstract

The multiplication of trees and shrubs of agri-food or industrial interest is a challenge not yet solved for many species. In this work, the development of grafted plants of *Jatropha curcas* was studied, after selection of the grafting procedure. Seedlings, from the same accession, developed from seeds of allogamous origin, with 2, 4 and 6 true leaves, were used as a graft carrier. The axillary meristems of adult plants (5 years) of *J. curcas* MAP-08 were used as a graft. The grafting techniques tested were: English type, T, chip, and V. Regardless of the age of the graft carrier, the grafted type V was 100% efficient, the rest were unsuccessful. After assuring the presence of leaf primordia, the plants resulting from the type V graft were transferred to the field. The growth of the plants (196 days) showed an inverse relationship with the age at which the graft was performed, and in all of them, the diameter of the graft-holder was always more significant than that of the graft. The differences in the development of the grafts with 2 true leaves were statistically significant to that the grafts with 4 and 6 leaves. The time to flowering and fruiting of the grafts was also inverse to the age at which the grafting was performed.

* Autor para correspondencia:

Instituto de Biociencias,
Universidad Autónoma de
Chiapas.
Boulevard Príncipe Akishino
sin número. Colonia
Solidaridad 2000, CP.
30798.
Tapachula, Chiapas, México.
Teléfono: + 52 9626427972.
Correo-electrónico:
miguel.salvador@unach.mx

1. Introducción

La homogeneidad y estabilidad genética del material de siembra es condición para garantizar la productividad en los procesos agrícolas. Aunque la biotecnología vegetal ha contribuido a que semillas y plántulas de una amplia gama de especies cultivadas se acerquen a los preceptos mencionados, en aquellas especies poco estudiadas y/o recalcitrantes, los métodos convencionales de selección de semilla y/o de multiplicación vegetativa tradicional, como el injerto, se siguen empleando.

La multiplicación vegetativa tradicional es el método alterno aplicable a aquellas especies cuyas semillas tienen baja tasa de sobrevivencia, dificultad para germinar, limitada producción de semillas o alta variabilidad (Sánchez et al., 2009). El acodo (Villalobos-Ramos et al., 2008), la estaca (Rojas et al., 2004), el estolón (Kessel, 2012) y el injerto (Venturini y López, 2010; Espiau et al., 2012) son algunos métodos tradicionales que permiten obtener material de siembra homogéneo (clones). Independientemente de que todos los métodos mencionados tienen la limitante de la disponibilidad inicial del material (generalmente proviene de una planta con características deseadas), el injerto es el método más utilizado para propagar árboles y arbustos de interés alimentario o forestal (Gil-Izquierdo et al., 2004). Además de mantener la identidad genética de la parte aérea de la planta, la propagación por injerto cumple otras funciones; entre ellas, mejorar el vigor vegetativo y la producción (Clearwater et al., 2004), disminuir el tamaño de la planta (Cohen y Naor, 2002), mejorar la calidad (Gil-Izquierdo et al., 2004), mejorar la resistencia a patógenos del suelo (Jurado et al., 2013), a la salinidad (Rivero et al., 2003), a suelos calizos (Moreno et al., 1995), entre otros. La injertación de la planta seleccionada se realiza, generalmente, en plantas de la misma especie, o de alguna compatible, desarrolladas a partir de semillas o de estacas (Espiau et al., 2012). Aunque hay diversas variantes de los métodos de injertación, estos se agrupan en injerto de púa (Venturini y López, 2010) e injerto de yema (Espiau et al., 2012).

El reciente descubrimiento de que las semillas de *Jatropha curcas* L.; un arbusto de origen mesoamericano (Ovando-Medina et al., 2011b), poseen aceite en cantidad y composición adecuada para su transformación a biocombustibles (biodiesel y bioturposina), generó un amplio marco de expectativas respecto al potencial de uso de esta planta. Sin embargo, el limitado conocimiento sobre muchos aspectos de la biología y del manejo de *J. curcas* no ha permitido establecer un paquete tecnológico transferible a los agricultores. Los aspectos genéticos, fisiológicos, reproductivos y agronómicos de *J. curcas* son objetos de la investigación actual. Por la facilidad con que una estaca de *J. curcas* sobrevive, en Mesoamérica esta planta se ha empleado preponderantemente, como cerco vivo. A pesar de lo anterior, la población actual de *J. curcas* ubicada en el estado de Chiapas, México tiene alta diversidad genética, de producción de frutos y de contenido de aceite en las semillas (Ovando-Medina et al., 2011a; 2011b; Adriano-Anaya et al.,

2014; Salvador-Figueroa et al., 2014). Además, la polinización es cruzada, razón por la cual sus semillas no deben ser empleadas como material de siembra. Se piensa que el injerto es una alternativa para multiplicar plantas de *J. curcas* con características sobresalientes; así que, el objetivo de este trabajo fue determinar el tipo de injerto que permita desarrollar clones de una accesión de *Jatropha curcas* productora de semillas con alto contenido de aceite.

2. Materiales y métodos

2.1. Material biológico

Como porta-injertos se emplearon plántulas de *J. curcas* desarrolladas a partir de semillas de la accesión MAP-08 (Ovando-Medina et al., 2011b). Como injertos se emplearon los meristemos axilares 3 y 4 de ramas secundarias y terciarias, de plantas adultas (5 años) desarrolladas a partir de varetas de la misma accesión.

2.2. Crecimiento del porta-injerto

Las semillas se sembraron (1 cm bajo superficie) en suelo franco-arenoso no estéril (300 g) contenido en recipientes individuales de 370 mL y se regaron con agua corriente a capacidad de campo cada 72 h. Después de la emergencia (~7 días), las plántulas se colocaron bajo malla sombra (~20% de la luz solar) hasta alcanzar el desarrollo requerido por el diseño de tratamientos.

2.3. Diseño de tratamientos para seleccionar la técnica de injertado

Se estableció un diseño bifactorial 4 x 3 (12 tratamientos en total) y 30 plantas por tratamiento (360 plantas en total), siendo el primer factor el tipo de corte para realizar el injerto (Inglés, T, Chip y V) y el segundo factor fue el número de hojas del porta injerto (2, 4 y 6 hojas verdaderas).

2.4. Métodos de injertación

Independientemente del tipo de corte y del número de hojas del porta-injerto, en todos los casos el injerto (por complementariedad) se realizó a la altura de las hojas cotiledonales de la planta porta-injerto usando, para ello, hojas de bisturí estériles y, en todos los casos, el ensamble entre el porta-injerto y el injerto se aseguró con cinta Micropore®.

2.4.1. Injerto con corte tipo inglés

Para el establecimiento del injerto con corte tipo inglés, en el tallo del porta-injerto se realizó un corte perpendicular, teniendo el cuidado de no afectar el xilema. De igual forma, en la planta donadora de la yema axilar, se realizó el mismo tipo de corte. Posteriormente ambas partes se ensamblaron y la estabilidad de la unión fue asegurada.

2.4.2. Injerto con corte tipo T

Sin desprender la epidermis, en un costado del tallo del porta-injerto se realizó un corte en forma de T donde se colocó la

yema axilar. Finalmente, el ensamble de los tejidos fue asegurado.

2.4.3. Injerto con corte tipo chip

En un costado del tallo del porta-injerto se retiró la epidermis (0.5 cm x 0.5 cm) y se sustituyó por el tejido a injertar (yema axilar) el cual mantuvo el peciolo. Finalmente, el ensamble de los tejidos fue asegurado.

2.4.4. Injerto con corte tipo V

Sobre el plano ecuatorial del tallo del porta-injerto, y a la altura de las hojas cotiledonales, se realizó un corte en forma de V donde se colocó la yema axilar a injertar. Finalmente, el ensamble de los tejidos fue asegurado.

2.5. Variables estudiadas

El porcentaje de injertos exitosos se evaluó 7 días después de realizada la injertación. Para ello, se retiró la cinta Micropore®, se inspeccionó el nivel de cicatrización de la herida y se contabilizó el número de porta-injertos con injertado exitoso (tejido injertado turgente, ausencia de necrosis y de color verde).

2.6. Desarrollo en campo

Las plantas injertadas con brotes desarrollados, se trasladaron a la Estancia Agroecológica “Ayol” (14.4976° N, 92.4774° O, 58 msnm); donde se sembraron con una distancia de 2 m entre planta. Las plantas se mantuvieron con riego a capacidad de campo y la fertilización se realizó con diferentes abonos orgánicos (se aplicó de forma foliar, 50 mL de lixiviado de lombricompost cada 14 días, al suelo 2 L de biol por planta injertada cada 14 días, 2 kg de lombricompost por planta cada 3 meses), hasta la fructificación. La distribución de las plantas en el campo se realizó completamente al azar.

2.7. Variables determinadas en campo

Cada 28 días se midió el desarrollo del injerto, evaluando la altura del injerto, perímetro del porta-injerto (tallo), perímetro del injerto (tallo), días a florecimiento, tiempo a fructificación, proporción de plantas con flores, proporción de plantas con frutos y contenido de aceite en la semilla (método de Soxhlet).

2.8. Análisis de datos

Los datos colectados se presentan como medidas de tendencia central y de dispersión (desviación estándar). A partir de los datos de desarrollo de las plantas se calcularon las velocidades de crecimiento longitudinal y de desarrollo radial. Adicionalmente, se calcularon las ecuaciones descriptivas para las dinámicas de florecimiento y de fructificación.

3. Resultados

3.1. Éxito del injertado en los diferentes tipos de corte

De los diferentes tipos de cortes utilizados para realizar el injertado, el corte en V fue 100% exitoso; en los restantes

tipos de corte, inglés, T y chip, no se observó sobrevivencia de los meristemos axilares injertados.

3.2. Desarrollo de los injertos exitosos (corte tipo V)

Los primordios foliares desarrollados a partir del tejido injertado (TI), fueron visibles a los 19, 28 y 35 días post-injerto (DPI) para los porta-injertos de 2, 4 y 6 hojas, respectivamente. Independientemente de lo anterior, la longitud del tallo desarrollado a partir del meristemo injertado (TMI) en todos los porta-injertos de 2 hojas fue medible hasta los 84 DPI, mientras que en los de 4 y 6 hojas fue hasta los 112 DPI. En dichos días, el tamaño del TI fue de 30.80 ± 6.64 cm, 16.40 ± 6.84 cm y 15.79 ± 5.18 cm, respectivamente (Figura 1b).

Durante el tiempo que duró el seguimiento del desarrollo de las plantas injertadas, el crecimiento longitudinal del TMI fue sostenido (Figura 1b). La velocidad de crecimiento longitudinal promedio, para todos los TI, fue de 0.431 ± 0.03 cm día⁻¹ (0.421, 0.470 y 0.403 cm día⁻¹ para los injertos en 2, 4 y 6 hojas, respectivamente). La velocidad de crecimiento longitudinal fue calculada mediante el modelo lineal y cuyos coeficientes de regresión fueron 0.959, 0.985 y 0.963, respectivamente. Al finalizar el trabajo la longitud del TMI fue 2.6, 3.3 y 3.0 veces la longitud inicial de los injertos en 2, 4 y 6 hojas, respectivamente. La longitud final del TMI de los injertos en 2 hojas fue estadísticamente diferente a las de los otros dos tratamientos ($P < 0.05$).

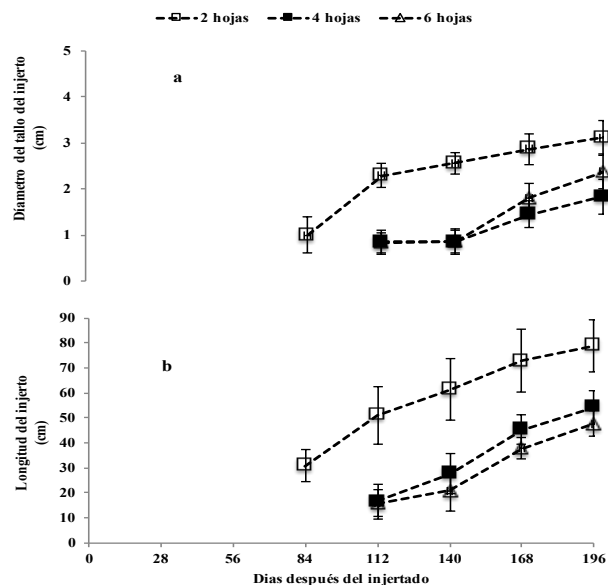


Figura 1. Dinámica del crecimiento radial (a) y longitudinal (b) de injertos tipo V de *Jatropha curcas* MAP-08 desarrollados en porta-injertos, de la misma variedad, con 2, 4 y 6 hojas.

Por su parte el desarrollo del diámetro del TMI (Figura 1a) mostró un comportamiento diferencial ya que, para los injertos con 2 hojas el inicio (hasta el DPI 112) fue más rápido (0.05 cm día⁻¹) respecto al periodo comprendido entre

los 112-196 DPI (0.01 cm día^{-1}). En los injertos de 4 y 6 hojas, la velocidad inicial fue lenta hasta el 140 DPI (promedio $0.0008 \text{ cm día}^{-1}$); posteriormente en el periodo 140-196 DPI la velocidad fue mayor (promedio $0.022 \text{ cm día}^{-1}$). Las diferencias en el desarrollo radial del TMI fueron significativas ($P < 0.05$) entre los de 2 hojas y los de 4 hojas, aunque entre estos y los de 6 hojas no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

3.3. Desarrollo de los porta-injertos

En la Figura 2 se muestra la dinámica del desarrollo radial de los porta-injertos. Durante el tiempo de estudio el diámetro de los porta-injertos siempre se incrementó. Sin embargo, en los porta-injertos con 2 hojas verdaderas la respuesta de desarrollo inició más tempranamente. En este sentido, cuando los porta-injertos fueron de 2 hojas la respuesta se observó a partir de 56 DPI mientras que para los porta-injertos de 4 y 6 hojas verdaderas la respuesta se observó a partir de los 140 DPI. Tomando en consideración lo anterior, la velocidad de desarrollo radial de los porta-injertos con 2, 4 y 6 hojas verdaderas fue 0.035 , 0.031 y $0.032 \text{ cm día}^{-1}$, respectivamente (con valores R^2 de 0.971 , 0.988 y 0.957 , respectivamente). El incremento en el diámetro de los porta-injertos (diferencias significativas entre los de 2 hojas con los de 4 y 6 hojas; $P < 0.05$), de 2, 4 y 6 hojas fue de 7.72 , 4.95 y 4.55 veces respecto al diámetro inicial.

Para todos los tratamientos, la relación diámetro del injerto/diámetro del porta-injerto siempre fue < 1 ; el valor promedio de dicha relación, para los de 2, 4 y 6 hojas, fue de 0.87 ± 0.12 , 0.66 ± 0.05 y 0.79 ± 0.07 , respectivamente.

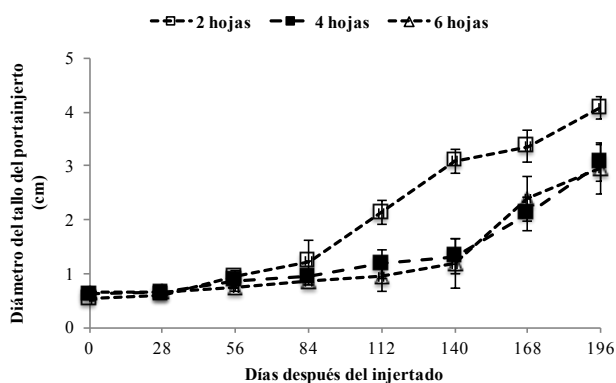


Figura 2. Dinámica del desarrollo radial de los porta-injertos con de *Jatropha curcas* de 2, 4 y 6 hojas verdaderas, utilizadas para injertar la accesión MAP-08 de la misma especie.

3.4. Florecimiento y fructificación de injertos

En la Figura 3 se muestra la proporción de plantas con inflorescencia (a) y con frutos (b) de los injertos en 2, 4 y 6 hojas verdaderas. La presencia de inflorescencias y frutos en los injertos en 4 y 6 hojas inicio 112 DPI; mientras que en los injertos con 2 hojas las inflorescencias se observaron hasta los 168 DPI y los frutos hasta los 196 DPI.

A los 196 DPI, 88% de los injertos realizados en porta-injertos con 6 hojas tuvieron inflorescencias, mientras que, en los injertos con 4 y 2 hojas, el porcentaje de plantas con inflorescencia fue de 81% y 16%, respectivamente. La dinámica de florecimiento en los injertos con 6 y 4 hojas se ajustó al modelo potencial de orden 2, con ecuaciones descriptivas $Z = 3E-06x^{2.4}$ y $Z = 4E-09x^{3.6151}$, con R^2 de 0.985 y 0.998 , respectivamente.

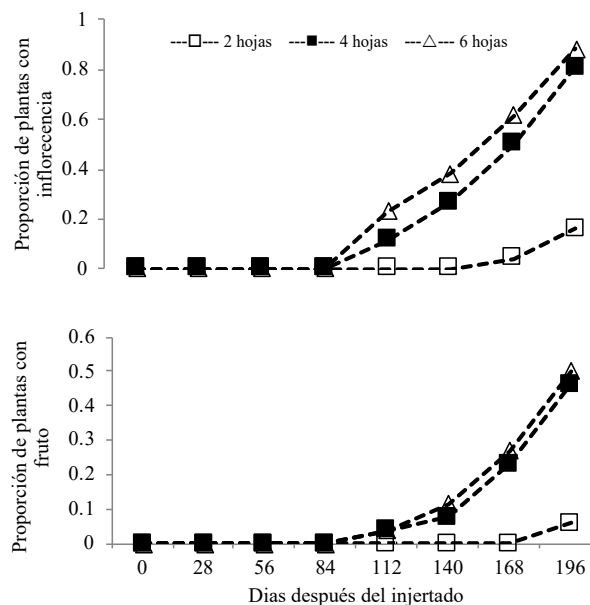


Figura 3. Dinámica del florecimiento (a) y fructificación (b) de los injertos de *Jatropha curcas* MAP-08 en porta-injertos de 2, 4 y 6 hojas de la misma especie.

Por otra parte, a los 196 DPI solo 6% de los injertos realizados en porta-injertos con 2 hojas presentaron frutos mientras que, en los injertos con 4 y 6 hojas la fructificación se observó en 44% y 50%. La dinámica de fructificación de los injertos de 4 y 6 hojas mostró una tendencia potencial de orden 2 con ecuaciones descriptivas $Z = 2E-11x^{5.612}$ y $Z = 1E-11x^{4.6057}$ y R^2 de 0.983 y 0.9982 , respectivamente.

3.5. Contenido de aceite en semillas de los injertos

Las semillas obtenidas de los frutos de los injertos realizados en porta-injertos con 2, 4 y 6 hojas tuvieron $50.1 \pm 2.5\%$, $52.0 \pm 1.6\%$ y $53.8 \pm 1.6\%$ de contenido de aceite (promedio global de $52.0 \pm 2.0\%$).

4. Discusión

El éxito del injertado de las yemas axilares de plantas adultas (5 años) de *J. curcas* MAP-08 en plántulas, obtenidas de semillas, con 2, 4 o 6 hojas verdaderas de la misma especie (hetero-injertado inter-especie), mediante la técnica de injerto tipo V, puede estar asociado al correcto establecimiento de la continuidad del sistema vascular y el cámbium entre los tejidos involucrados, previo proceso de

formación de callo y su diferenciación, como fue propuesto por Olmstead et al. (2006), Flaishman et al. (2008) y Nisar et al. (2012). Estos resultados están de acuerdo con lo reportado por Cholid et al. (2014) quienes encontraron que la mejor técnica de injerto para *J. curcas* fue el corte hendidura o injertos en forma de V en porta-injertos de 2 meses de edad. La ausencia de éxito en los injertados de las yemas axilares de *J. curcas*, mediante las técnicas de injerto tipo inglés, T y chip, no se puede atribuir al proceso de incompatibilidad genética ya que los tejidos involucrados pertenecen a la misma especie de planta (Mudge et al., 2009) aunque, si puede atribuirse a la incompatibilidad anatómica (Ives et al., 2012) es decir, la probable ausencia o la disminución del número de haces vasculares diferenciados en la unión del injerto, lo que trajo como consecuencia disminución del transporte de nutrientes entre el patrón e injerto y la acumulación de polifenoles (Deloire y Hebant, 1982). Aunque la falta de éxito en los procesos de injertación mencionados, también pudiera atribuirse a un efecto de la edad de los componentes como fue propuesto por Johkan et al. (2009), el haber obtenido 100% de éxito en el injertado tipo V anula este factor.

Respecto a la reactivación diferencial del desarrollo del tejido injertado, es decir, que se requirió más tiempo para observar crecimiento de la yema injertada cuando se emplearon porta-injertos con 4 y 6 hojas verdaderas (Figura 1), pudiera atribuirse a la posición de la yema axial respecto al cambium vascular del porta-injerto. En este sentido se ha establecido que el éxito de la injertación está determinado por la capacidad del porta-injerto e injerto para desarrollar una unión adecuada. Para ello primero se debe formar callo, el cual dará origen a los tejidos vasculares (*cambium*), y el posterior desarrollo de los llamados puentes de parénquima, quienes posibilitan el transporte de agua del porta-injerto al injerto. Por los resultados del presente trabajo, se deduce que a mayor edad del porta-injerto es necesario mayor tiempo para que el proceso de unión se realice, efecto que parece estar acorde con lo propuesto por Yin et al. (2012) y Olmstead et al. (2006) quienes demostraron que el tiempo requerido para el establecimiento de un injerto funcional es menor en plantas herbáceas que en árboles. En este mismo sentido, Venturini y López (2010), encontraron en injertos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh que las células con actividad meristemática tardaron hasta 7 días para la formación del callo que ligó al injerto con el porta-injerto. Las células del callo se diferencian para formar los tejidos vasculares en un proceso que tardó hasta 21 días y que es promovido por la actividad de las yemas brotadas o prendidas en el injerto (Hartmann y Kester, 1998).

El comportamiento diferencial del desarrollo vegetativo y reproductivo del injerto se puede atribuir a modificaciones en la comunicación entre los componentes del injertado. En este sentido, utilizando como portainjertos al limón var. Volkamer y al *citrage* (un híbrido entre *Citrus × sinensis* y *Poncirus trifoliata*) var. Troyer y como injertos a mandarina var. Merav y pomelo var. Star Ruby, Tzarfati et al. (2013),

demonstraron que el injertado modificó el contenido de miRNAs en el floema del peciolo de hojas maduras, particularmente la disminución de miRNA156 y miRNA157. La disminución del miRNA156 está asociado a la transición juvenil-adulto de árboles (Wang et al., 2011) y en plantas anuales (Poethig, 2009). Lo anterior aporta evidencia del porqué el injertado se ha empleado para la inducción floral (Evans, 1969). Esto último se comprobó al encontrar que las plantas donde el injerto tardó más tiempo en iniciar el desarrollo florecieron y fructificaron en menor tiempo.

La velocidad de crecimiento de los injertos encontrada en este trabajo, resultó contrario a lo reportado por Cholid et al. (2014). Dichos autores encontraron mayor velocidad de crecimiento en las plantas desarrolladas en porta-injertos de mayor edad ($3 > 2 > 1$), atribuyendo tal fenómeno a la reducción en el diámetro de los vasos conductores lo que resulta contradictorio a lo propuesto por Deloire y Hebant (1982). A pesar de lo anterior, la relación diámetro del injerto/diámetro del porta-injerto reportado por Cholid et al. (2014) 0.98, 0.84 y 0.83 para porta-injertos de 1, 2 y 3 meses, respectivamente, fue de similar tendencia a lo encontrado en el presente trabajo.

5. Conclusión

El injertado tipo V de los meristemos axilares de plantas adultas de *J. curcas* MAP-08 sobre portainjertos, a saber, plántulas de 2, 4 o 6 hojas verdaderas fue el método más eficiente para desarrollar injertos de dicha accesión. La edad de los porta-injertos afectó inversamente el desarrollo de los injertos provenientes de meristemos de plantas adultas de *J. curcas* MAP-08. Los injertos desarrollados sobre porta-injertos de 6 hojas verdaderas florecieron y fructificaron en menor tiempo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Adriano-Anaya ML, Gómez-Pérez JA, Ruiz-González S, Vázquez-Ovando JA, Salvador-Figueroa M, Ovando-Medina I. 2014. Oleosomas de semillas de *Jatropha curcas* L. como estimadores de diversidad en poblaciones del Sur de México. *Grasas y Aceites* 65(3): e031.
- Cholid M, Hariyadi, Susanto S, Djumali, Purwoko BS. 2014. Effects of grafting time and grafting methods used on scion and rootstock compatibility of physic nut (*Jatropha curcas* L.). *Asian Journal of Agricultural Research* 8: 150-163.
- Clearwater MJ, Lowe RJ, Hofstee BJ, Barclay C, Mandemaker AJ, Blattmann P. 2004. Hydraulic conductance and rootstock effects in grafted vines of kiwi fruit. *Journal of Experimental Botany* 55(401): 1371-1382.
- Cohen S, Naor A. 2002. The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance, and hydraulic parameters of apple

- tres and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant, Cell and Environment* 25: 17-28.
- Deloire A, Hebant C. 1982. Peroxidase activity and lignification at the interface between stock and scion of compatible and incompatible grafts of *Capsicums* on *Lycopersicum*. *Annals of Botany* 49: 887-891.
- Espiau M, Gil C, Pina A, Fustero R, Errea P. 2012. Propagación de frutales por injerto. III Jornadas de la Red de Semillas de Aragón. Ainsa (Huesca), España. Pp. 1-21.
- Evans LT. 1969. The induction of flowering: Some case histories. Ed. Mac Millan. Australia.
- Flaishman MA, Loginovsky K, Golobowich S, Lev-Yadun S. 2008. *Arabidopsis thaliana* as a model system for graft union development in homografts and heterografts. *Journal of Plant Growth Regulation* 27: 231-239.
- Gil-Izquierdo A, Riquelme M, Porras I, Ferreres F. 2004. Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (*Citrus limon* (L.) Burm.) on the flavonoid content of lemon juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 324-331.
- Hartmann T, Kester E. 1998 Propagación de plantas: Principios y prácticas. Editorial continental SA. 6a edición. México, DF. SECSA.
- Ives L, Brathwaite R, Barclay G, Isaac WA, Bowen-O'Connor C, Bekele I. 2012. Graft compatibility of Scotch Bonnet (*Capsicum chinense* Jacq) with selected salt-tolerant Solanaceous. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 2: 81-92.
- Johkan M, Mitukuri K, Yamasaki S, Mori G, Oda M. 2009. Causes of defoliation and low survival rate of grafted sweet pepper plants. *Science Hortícola* 119: 103-107.
- Jurado J, Pérez L, Lagos T, Benavides C. 2013. Comportamiento agronómico de injertos de lulo de Castilla *Solanum quitoense* Lam en patrones de *Solanum* spp. *Revista de Ciencias Agrícolas* 30(1): 54-64.
- Kessel A. 2012. Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales* 33(3): 34-41.
- Moreno MA, Tabuenca MC, Cambra R. 1995. Comportamiento de la variedad de melocotonero Catherina injertada sobre diversos híbridos almendro x melocotonero en vías de selección. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei (Zaragoza)* 21(3): 213-216.
- Mudge K, Janick J, Scofield S, Goldschmidt EE. 2009. A history of grafting. *Horticulture Review* 35: 437-493.
- Nisar N, Verma S, Pogson BJ, Cazzonelli C., 2012. Inflorescence stem grafting made easy in *Arabidopsis*. *Plant Methods* 8:1-8.
- Olmstead M, Lang NS, Ewers FW, Owens SA. 2006. Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted onto dwarfing and nondwarfing rootstocks. *Journal of American Society of Horticultural Science* 131: 577-585.
- Ovando-Medina I, Espinosa-García F, Núñez-Farfán J, Salvador-Figueroa M. 2011a. Genetic variation in Mexican *Jatropha curcas* L. estimated with seed oil fatty Acids. *Journal of Oleo Science* 60(6): 301-311.
- Ovando-Medina I, Sanchez-Gutierrez A, Adriano-Anaya L, Espinosa-Garcia F, Nunez-Farfan J, Salvador-Figueroa M. 2011b. Genetic diversity in *Jatropha curcas* populations in the State of Chiapas, Mexico. *Diversity* 3: 641-659.
- Poethig RS. 2009. Small RNAs and developmental timing in plants. *Current Opinion in Genetics & Development* 19: 374-378.
- Rivero RM, Ruiz JM, Romero L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food, Agriculture and Environment* 1(1): 70-74.
- Rojas P, Arce P, Arriagada M. 2004. Propagación vegetativa por estacas en *Eucalyptus camaldulenses* Den. *Ciencia e Investigación Forestal* 1(2): 1-8.
- Salvador-Figueroa M, Magaña-Ramos J, Vázquez-Ovando JA, Adriano-Anaya MA; Ovando-Medina I. 2014 Genetic diversity and structure of *Jatropha curcas* L. in its centre of origin. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 13(1): 9-17.
- Sánchez AB, Suárez E, González MR, Amaya Y, Colmenares CB, Ortega J. 2009. Efecto del ácido indol-butírico sobre el enraizamiento de acodos aéreos de guayabo (*Psidium guajava* L.) en el municipio Baralt, Venezuela. *Evaluación preliminar*. *UDO Agrícola* 9(1): 113-120.
- Tzarfati R, Ben-Dor S, Sela I, Goldschmidt EE. 2013. Graft-induced changes in microRNA expression patterns in *Citrus* leaf petioles. *Open Plant Science Journal* 7: 17-23.
- Venturini M, López C. 2010. Propagación de árboles selectos por injerto de púas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Ciencias Forestales – Quebracho* 18(1,2): 101-105.
- Villalobos-Ramos V, González-Lutz MI, Durán-Quirós A, Mora-Acedo D. 2008. Efecto de la técnica de acodo en *Dracaena marginata* sobre la calidad de las raíces. *Agronomía Mesoamericana* 19(2): 209-219.
- Wang JW, Park MY, Wang L-J, Koo Y, Chen X-Y, Weigel D, Poethig RS. 2011. miRNA control of vegetative phase change in trees. *PLoS Genetics* 7(2): e1002012.
- Yin H, Yan B, Sun J, Jia P, Zhang Z, Yan X, et al. 2012. Graft-union development: a delicate process that involves cell-cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. *Journal of Experimental Botany* 63: 4219-4232.