

PROPAGACION CLONAL DEL TEJOCOTE (*Crataegus* spp.) POR ESTACAS DE RAIZ

Borys, M.W.; A. Espinoza Méndez; R. Nieto Angel; J. Ortega Alcalá

Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo,
Chapingo, México. C.P. 56230. México

RESUMEN: El 28 de febrero de 1992 se tomaron estacas de raíz de varios diámetros y longitudes (alrededor de 20 cm) de árboles de tejocote, uno con espinas (Edo. de Chiapas) y otro sin ellas (Edo. de México), colocándose en camas de enraizamiento en invernadero, en tres posiciones: vertical (90°), inclinada (45°) y horizontal (180°). El sustrato utilizado fue tierra de monte mezclada con agrolita (1:1 en volumen). El experimento se concluyó el 21 de septiembre del mismo año. Las estacas de ambas procedencias y puestas en posición vertical o inclinada, formaron brotes (70-90 %) y raíces (65-85 %), originando plantas en condiciones para injertar. La longitud final de las raíces superó a la longitud final de los brotes en la mayoría de las plantas. Este método de propagación sería de mucha utilidad para el rescate de ejemplares endémicos de tejocote y de interés, considerando que la propagación por semilla es un problema.

PALABRAS CLAVE: *Crataegus*, raíces adventicias, propagación asexual.

CLONAL PROPAGATION OF HAWTHORN (*Crataegus* spp.) BY ROOT CUTTINGS

SUMMARY: Root cuttings + 20 cm of length and of various diameters were subjected to rooting without growth regulators applied. The cuttings were taken during the dormant season and placed in rooting bed (forest organic matter: perlite = 1:1 in volume) in the greenhouse. The cuttings originated from trees from states of Chiapas with thorns and Mexico free of thorns, were placed in three positions, vertical (90°), inclined (45°), and horizontal (180°). The vertical and inclined positions gave positive results with adventitious shoots formed in 70-90 % of cuttings and new roots were formed in 65-85 % of cuttings of both origin. The final length of roots was superior to the final length of shoots in most of the generated plants. This method of hawthorn propagation may be recommended for clonation of individual trees in the wild.

KEY WORDS: *Crataegus*, adventitious roots, asexual propagation.

INTRODUCCION

Disponer de portainjertos clonales de tejocote, es una de las prioridades actuales para el establecimiento de huertos, sin embargo, lograr la propagación asexual mediante el enraizamiento de estacas de vástagos vegetativos, ha sido un verdadero problema, ya que no ha sido posible el enraizamiento de estacas. Varias posibilidades han sido sugeridas y experimentalmente probadas. Los resultados positivos han sido presentados por varios autores, Garibaldi Accati (1965), Hernández (1993), Martineti (1986), Sonnenfeld (1961), Nieto-Angel y Borys (1991), en tanto que los resultados negativos lo han presentado Orozco-Sánchez y Borys (1991). Mowat (1955) y Borys (1991), han sugerido el uso de las estacas radicales aprovechando la alta capacidad radical de formar yemas y vástagos adventicios.

Las raíces del tejocote como parte del árbol y expuestas al sol, manifiestan una alta capacidad de for-

mar vástagos adventicios, independientemente del grosor de las raíces (Borys, 1991). Los tocones de la misma especie forman también fácilmente una gran cantidad de brotes (Hernández, 1993; Nieto Angel y Borys, 1991).

El objetivo del presente trabajo fue el evaluar la factibilidad del uso de estacas radicales de dos procedencias de *Crataegus pubescens* (H.B.K.) Steud. como medio de propagación clonal.

MATERIALES Y METODOS

Las estacas de raíz fueron cortadas de árboles en la fase de reposo, el 28 de febrero de 1992, con la idea de asegurar que dichas estacas tuvieran la máxima cantidad de reservas. Se utilizó un árbol por cada tipo procedencia: el genotipo de Chiapas de cuatro años de edad, poseía un diámetro promedio de tronco de 4.43 cm. fruta de color roja y con presencia de espinas; el otro árbol de procedencia del Estado de México, tam-

bién de cuatro años de edad, de 3.10 metros de altura, de diámetro promedio de tronco de 6.9 cm, de fruta color anaranjada y en ausencia de espinas.

Las raíces fueron extraídas de una capa de 40 cm de profundidad del suelo alrededor del tronco y se cortaron en trozos de 20 cm de longitud. A cada estaca de raíz se le midió el diámetro y se le cuantificó el número de raíces laterales, sumergiéndolas en una solución de fungicida (Captán) de 1 g-litro⁻¹ y posteriormente se introdujeron en aserrín húmedo con la idea de conservarlas y evitar la deshidratación, hasta que éstas fueron establecidas en el experimento. El ensayo se estableció en un sustrato de tierra de monte y agrolita (1:1 en volumen) en una cama de propagación dentro de un invernadero (Fig. 1), y las estacas fueron colocadas en tres posiciones verticales (90°), inclinadas (45°) y horizontales, utilizando 20 estacas de raíz por tratamiento, concluyéndose el experimento el 21 de septiembre del mismo año. Las variables que se evaluaron

fueron: sobrevivencia de las estacas de raíz, porcentaje de estacas con brotes vegetativos y raíces, longitud final de los vástagos y raíces, y dinámica de desarrollo de los vástagos emitidos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para el número de vástagos adventicios desarrollados de las estacas de raíz, el análisis de varianza indicó que hay diferencias significativas en la procedencia del material y el ángulo de establecimiento de las estacas en la "cama" de propagación (Cuadro 1 y 2) y no se manifestó efecto significativo en la interacción de ambos caracteres. El número de brotes vegetativos emitidos en estacas de raíz en ambas procedencias, no manifestaron diferencias entre ellas (Cuadros 3 y 4). La capacidad de sobrevivencia de brotes de todo el material vegetal en evaluación fue buena (Cuadro 5).

CUADRO 1. Nivel de significancia de los tratamientos en la brotación de vástagos, emisión de raíces y su relación entre raíz/vástago, de estacas de raíz de tejocote. Chapingo, México. 1992.

Tratamiento	Número de brotes	Número de raíces generadas	Relación raíz/vástago
Procedencia (P)	14.87**	15.32**	8.99*
Posición de las estacas en el suelo (PS)	17.94**	3.61**	0.26 n.s.
P x PS	2.76 n.s.	0.34 n.s.	1.11 n.s.

** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; n.s. = no significativo.

CUADRO 2. Efecto de la procedencia de los genotipos y posición de las estacas de raíz en el número de brotes vegetativos generados en tejocote.

Procedencia	Número de brotes	Posición de las estacas de raíz	Número de brotes vegetativos
Estado de Chiapas	1.15 b ²	Vertical	1.42 a ²
Estado de México	1.42 a	Inclinada	1.36 a
		Horizontal	1.07 b

² Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente según la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

CUADRO 3. Porcentaje de estacas radicales de tejocote con brotes vegetativos y raíces, como efecto de la propagación asexual de estacas de raíz. Chapingo, Méx. 1992.

Procedencia	Posición de las estacas de raíz en el sustrato					
	Vertical		Inclinada		Horizontal	
	Brotadas	Enraizadas	Brotadas	Enraizadas	Brotadas	Enraizadas
Estado de México	70 %	65 %	85 %	70 %	90 %	15 %
Estado de Chiapas	80 %	70 %	90 %	85 %	20 %	15 %

Propagación...

CUADRO 4. Longitud final de los brotes vegetativos y de las raíces generadas por estaca de raíz propagada asexualmente en tejocote. Chapingo, México. 1992.

Carácter	PROCEDENCIA					
	CHIAPAS			MEXICO		
	Vertical ^z	Inclinada ^c	Horizontal ^z	Vertical	Inclinada	Horizontal
Diámetro de la estaca (cm ²)	0.74	0.51	0.67	0.52	0.84	0.42
Volumen de la estaca (cm ²)	8.31	4.93	9.68	4.79	13.30	2.93
Número de brotes generados por estaca	1.69	1.80	1.00	3.00	3.7	1.44
Largo total de vástagos generados (cm)	117.1	133.5	30.8	233.4	191.2	28.2
Largo de vástagos principales (cm)	81.2	102.33	30.8	72.5	42.2	12.0
Número de raíces generadas	19.5	178	10.3	18.7	18.7	8.7
Longitud de raíces generadas (cm)	19.8	19.2	11.3	18.27	16.5	17.4
Relación raíz/vástago	3.05	2.95	2.86	1.66	2.22	1.69
Número de estacas sólo brotadas	16	18	4	14	17	18
Número de estacas sólo enraizadas	14	17	3	13	14	3

^z Posición de las estacas en el sustrato

CUADRO 5. Comportamiento de la brotación vegetativa de la propagación asexual de estacas de raíz de tejocote. Chapingo, México. 1992.

Carácter	NUMERO DE BROTES					
	MEXICO ^z			CHIAPAS ^z		
	Vertical ^y	Inclinada ^y	Horizontal ^y	Vertical	Inclinada	Horizontal
Iniciales	44	62	26	27	32	4
Muertos	13	12	17	2	9	1
Final	31	44	4	26	26	3
Sobrevivencia (%)	70.45	70.96	15.39	96.30	75.00	75.0

^z Procedencia.

^y Posición de las estacas de raíz en el sustrato.



Fig. 1. Las estacas radicales del tejocote han generado los brotes adventicios bastante bien. La foto representa plantas generadas de estacas colocadas en las "camas" de propagación en una posición vertical, inclinada (de árboles procedentes del estado de Chiapas) y vertical (de brotes procedentes de Chiapas), respectivamente.

La incapacidad de producir raíces nuevas en las raíces descubiertas pero que estaban adheridas a los árboles en la posición horizontal en los dos materiales en estudio, y la falta total de producir brotes vegetativos en las estacas de raíz del material procedente de Chiapas, sorprende parcialmente. Las estacas de raíces colocadas verticalmente, en comparación con las raíces de posición horizontal, formaron un número menor de vástagos adventicios (Borys, 1991), mientras que las estacas radicales puestas en posición horizontal de procedencia del estado de Chiapas, prácticamente no emitieron vástagos vegetativos y en las estacas procedentes del Estado de México, indujeron vástagos pero con un atraso muy significativo. Los vástagos fueron pequeños y dichas estacas de raíz no emitieron raíces; entonces las raíces descubiertas y expuestas al aire pero adheridas al árbol (Borys, 1991) supone un abastecimiento continuo de compuestos que se utilizan en la formación de yemas adventicias, mientras que las estacas puestas horizontalmente no tuvieron tal condición y la respuesta fue diferente. Lo observado sobre la formación de vástago de las raíces adheridas a los árboles en posición vertical (Borys, 1991) coincide con

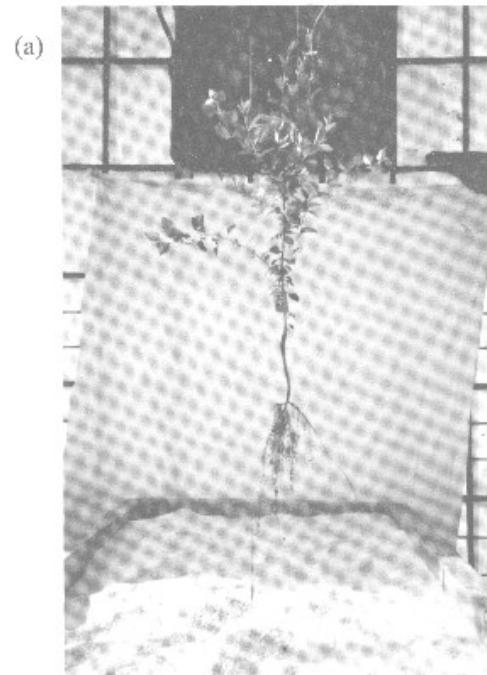


Fig. 2. Regeneración de los vástagos y de las raíces de estacas en posición vertical. a) Plántulas de tejocote de propagación por estacas colocadas en posición vertical. Excelente desarrollo del sistema radical y de la copa. b) Procedencia del Estado de México, altura de la copa de 80 cm, longitud total de raíces 124.5 cm, número de brotes 7. Desde el punto de vista del injertador (viverista) la estaca ha generado demasiados vástagos.

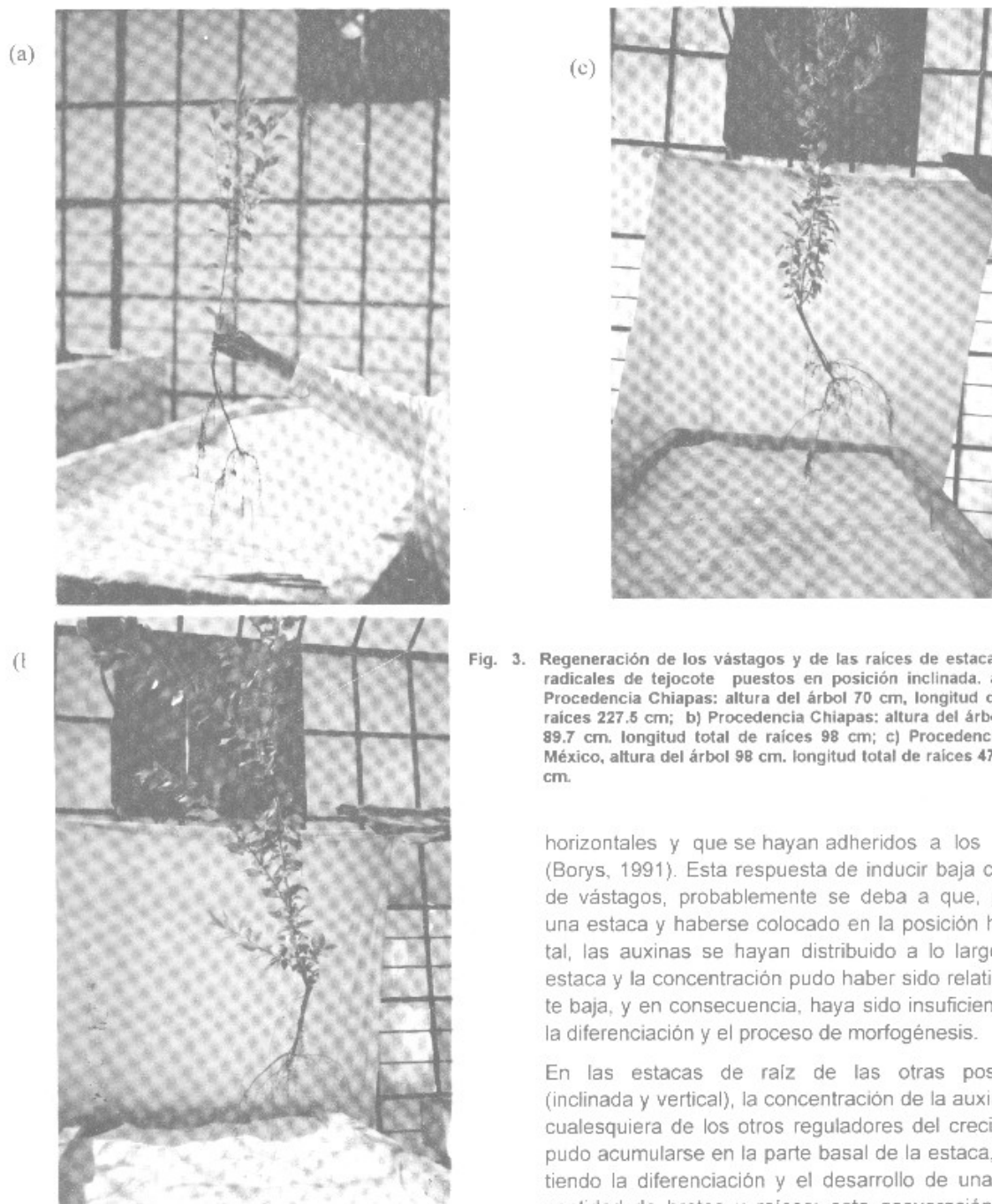


Fig. 3. Regeneración de los vástagos y de las raíces de estacas radicales de teocote puestos en posición inclinada. a) Procedencia Chiapas: altura del árbol 70 cm, longitud de raíces 227.5 cm; b) Procedencia Chiapas: altura del árbol 89.7 cm, longitud total de raíces 98 cm; c) Procedencia México, altura del árbol 98 cm, longitud total de raíces 479 cm.

lo obtenido en la regeneración de vástagos de estacas radicales de posición vertical e inclinada del presente trabajo.

Se esperaba que las estacas colocadas en la posición horizontal produjeran un mayor número de vástagos adventicios, similar a lo observado en las raíces

horizontales y que se hayan adheridos a los árboles (Borys, 1991). Esta respuesta de inducir baja cantidad de vástagos, probablemente se deba a que, por ser una estaca y haberse colocado en la posición horizontal, las auxinas se hayan distribuido a lo largo de la estaca y la concentración pudo haber sido relativamente baja, y en consecuencia, haya sido insuficiente para la diferenciación y el proceso de morfogénesis.

En las estacas de raíz de las otras posiciones (inclinada y vertical), la concentración de la auxina o de cualesquiera de los otros reguladores del crecimiento, pudo acumularse en la parte basal de la estaca, permitiendo la diferenciación y el desarrollo de una mayor cantidad de brotes y raíces; esta aseveración puede constatarse en las Figuras 5 y 6, y el Cuadro 4. Los brotes formados en estacas de raíz del teocote de procedencia del Estado de México, fueron en su gran mayoría, cortos y sólo el 30 % de las estacas indujeron brotes más largos; ninguna de las estacas de raíz que emitieron brotes cortos, formó raíz nueva, por lo que se puede pensar que en la parte superior de las estacas,



Fig. 4. Plántulas del tejacote propagadas por estacas de raíces y colocadas en posición horizontal. Regeneración del sistema radical y de la copa muy lenta y sus tamaños muy inferiores en relación con los arbolitos de estacas radicales puestas en posición vertical o inclinada. Procedencia, Chiapas: altura de la copa 30.7 cm, longitud total de raíces 543 cm.

fueron más propicias para la inducción de yemas adventicias; éstas se formaron con mucho atraso, y no así para las estacas procedentes del estado de Chiapas, concluyendo que, esta respuesta se base probablemente a la diferencia genotípica de los materiales. El adelanto de la formación de raíces nuevas, y que la cantidad de carbohidratos almacenados haya sido insuficiente para el desarrollo de los dos órganos. En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se observa la formación de ambas estructuras de la planta (vástago y raíces), en donde puede constatare que la cantidad de vástagos y raíces, y la casi nula cantidad raíces de las estacas colocadas en la posición vertical en la zona intermedia y su presencia en estacas en la posición inclinada. Estos datos indicaron que la posición de colocar las estacas radicales en la "cama" de enraizamiento y la distancia entre los centros de polarización de la estaca, pueden ser factores que deben considerarse para lograr efectos morfogénicos.

La formación de raíces adventicias de las estacas de raíz cortadas en la parte superior del sistema radical, tienen muy bien definidas su condición fisiológica y anatómica. La formación de raíces nuevas y la emisión de brotes vegetativos obtenidos de estacas radicales, es un fenómeno fisiológico de bastante interés para los fisiólogos y los propagadores de plantas que deseen

conservar el carácter genético de las plantas madre, y más importante todavía si se trata de una especie endémica, de difícil propagación y de interés.

Las Figuras 2a, 2b, 3b y 3c, demuestran otro atributo en la propagación clonal. La excelente distribución de raíces del primer orden y alrededor del eje principal, y también la formación generosa de las raíces del segundo orden. Estas características de las raíces auguran una eficiencia de exploración de los recursos edáficos. El mayor número de brotes vegetativos de las estacas de raíz del árbol procedente del Estado de México, indicó que dicho material podría dar un mayor rendimiento de plantas clonales y con raíces propagadas por medio de acodos terrestres. Se presenta una diferencia bien marcada en la dinámica de crecimiento de los vástagos entre procedencias, siendo mayor en plantas generadas de las estacas de raíz procedentes del árbol de Chiapas (Fig. 5 y 6).

El tamaño final radical y del vástago, indicaron que el crecimiento de ambas estructuras fueron excelentes. El crecimiento de la raíz fue superior al crecimiento del vástago por 2 a 6 veces, en plantas que formaban sólo un vástago. A pesar de haberse manifestado una mayor cantidad de vástagos, en muy pocas ocasiones los vástagos fueron superiores a la formación de las raíces. En la relación de la longitud de raíz/vástago, los

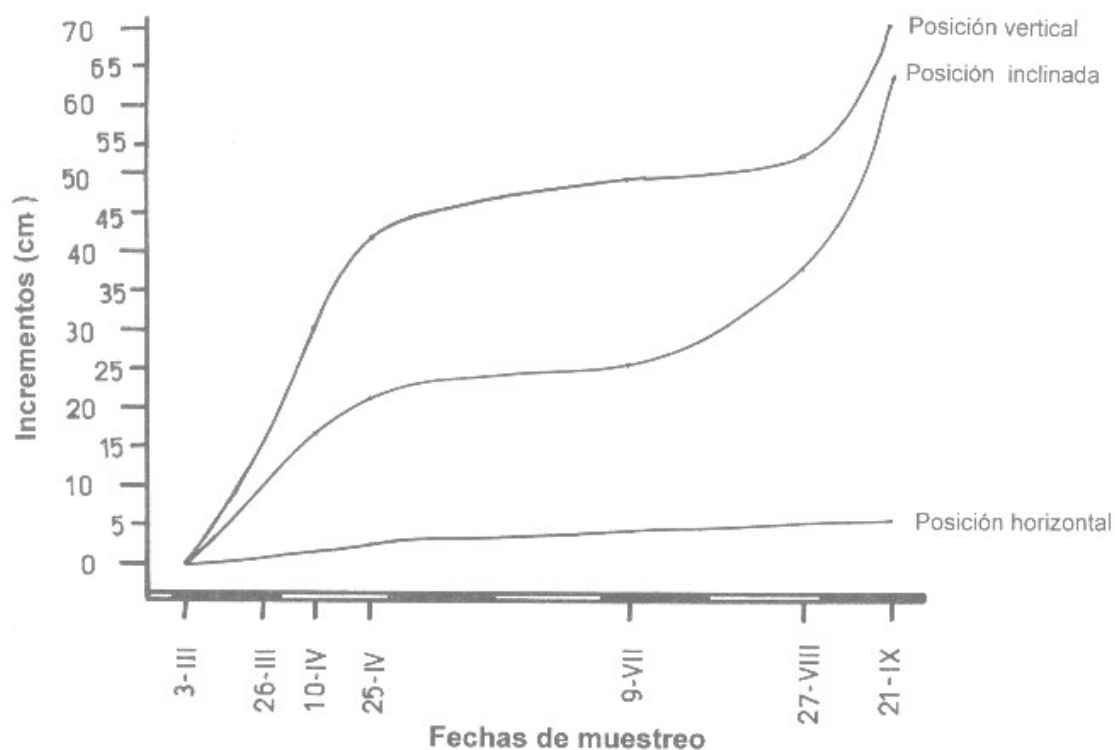


Fig.5. Incrementos de la longitud de los brotes de tejocote por posición de plantación de las estacas radicales de la procedencia Edo. de Chiapas, plantadas en condiciones de invernadero.

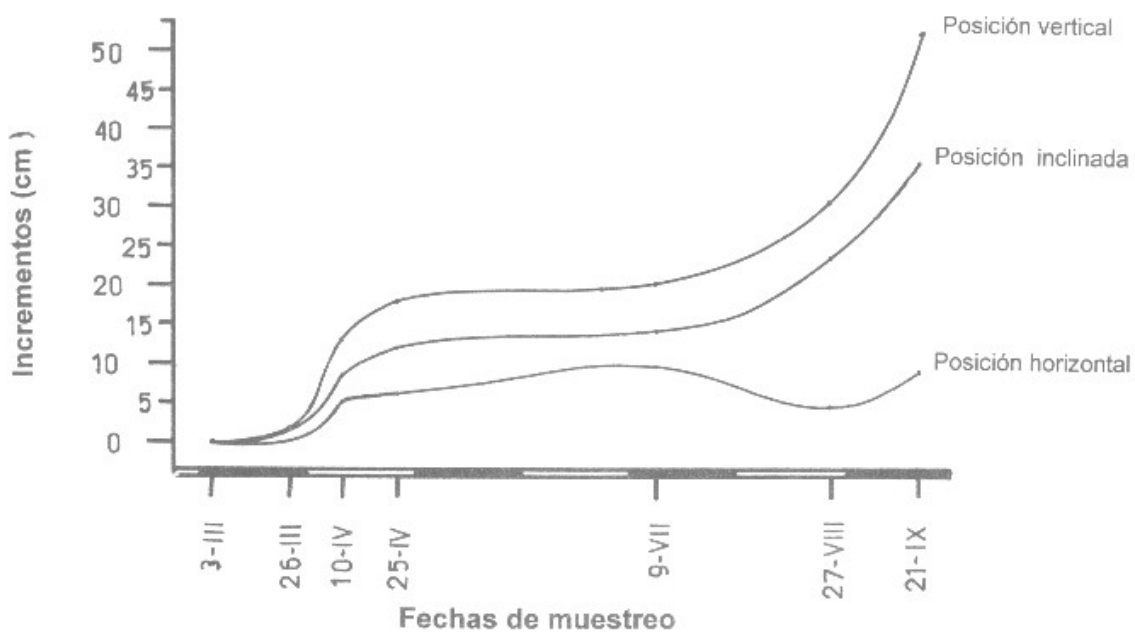


Fig. 6. Incremento de la longitud de los brotes de tejocote por posición de plantación de las estacas radicales de la procedencia Edo. de México, plantadas en condiciones de invernadero

datos fueron mayores para las plantas obtenidas de las estacas del árbol procedente del estado de Chiapas (Cuadre 4). No hubo efecto de la posición de estacado o de la interacción entre la procedencia y la posición de plantación de las estacas (Cuadro 1).

Interesantes son los datos sobre el tamaño final de los vástagos y las raíces de las plantas generadas de las estacas de raíz de las dos procedencias. El tamaño radical fue igual pero el tamaño de los vástagos fue mayor en las plantas de estacas de raíz originadas del árbol procedente de Chiapas; esto sugiere que los árboles generados del último árbol gastan más de los recursos energéticos en la formación de las raíces, lo cual podría tener repercusiones negativas en la formación de algunos componentes de la productividad.

La formación de raíces nuevas sobre las estacas radicales, confirman otro atributo del sistema radical del tejocote, referida a la alta capacidad regenerativa de su raíz (García Cárdenas *et al.*, 1997). Se ha confirmado experimentalmente la sugerencia de Borys (1991) y de Mowat (1955) sobre el posible uso de las estacas radicales en la propagación clonal del tejocote. La mayor formación de brotes adventicios se observó en estacas radicales de mayor diámetro ($r=0.583^*$) y ésta fue correlacionada con el número de raíces iniciales sobre la estaca radical ($r=0.387^{**}$). Estos datos confirman la alta capacidad radical del tejocote de formar brotes adventicios y observada anteriormente en las raíces suspendidas y adheridas al árbol (Borys, 1991).

La propagación por medio de estacas radicales y por semillas, tienen como principal objetivo la de formar portainjertos adecuados para ser injertados en un tiempo relativamente corto. Para que el injertador y el viverista tengan éxito, es necesario asegurar tener material homogéneo, principalmente en los caracteres siguientes: la obtención de plantas de un solo tallo, la altura del tallo principal, el diámetro y la altura adecuada para la realización del injerto. A veces se requieren de plantas a un tallo, pero de una copa bien formada. De acuerdo a estas características, las plantas más adecuadas son las obtenidas de las estacas de raíz procedentes del estado de Chiapas, debido a que son las que más se aproximan a dichos caracteres. Los resultados del presente trabajo demuestran la necesidad de realizar la selección de tipos de tejocotes con caracteres deseados, en relación a la alta capacidad generativa de yemas adventicias y de la formación de raíces nuevas por medio de estacas de raíces.

CONCLUSIONES

Las estacas de raíces del tejocote generan fácilmente nuevas raíces y emiten vástagos adventicios. En

condiciones del invernadero las estacas radicales puestas en posición vertical o inclinada, producen en siete meses, plantas con características adecuadas para injertarlas. Las plantas generadas de las estacas de raíces presentaron una excelente distribución de raíces del primer orden, alrededor del eje principal, y también muy abundante formación de raíces del segundo orden. Se podrían utilizar las estacas de raíces para la clonación del tejocote, sobre todo, si se considera que esta especie es endémica y de difícil propagación por medio de semillas, y también porque las características de las nuevas plantas derivadas de semillas presentan una alta heterogeneidad, debido probablemente, a que la especie manifiesta cierto grado de apomixis; aun- que sería conveniente definir el límite mínimo y máximo de grosor de las raíces para este fin.

LITERATURA CITADA

- BORYS, M.W. 1991. Capacidad radical de *Crataegus pubescens* (H.B.K) Steud., de generar vástagos adventicios, -un comentario. Memoria de I Encuentro Nacional de Tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia, Michoacán. p. 127.
- GARCIA CARDENAS, C.; J. ORTEGA ALCALA; M. W. BORYS. 1997. Distribución y dinámica de regeneración radical de *Crataegus pubescens* (H.B.K.) Steud., bajo las condiciones edáficas de Chapingo. Revista Chapingo Serie Horticultura 3(1):69-74.
- GARIBALDI ACCOTI, E. 1965. Limpiego di sostanze di ocoresimento nella propagazione di specie arbustive ornamentali. Atti Giom. Stud. Prop Spec. Leng. Pisa 1964-65:145-154.
- HERNANDEZ G., P. 1993. Propagación vegetativa de *Crataegus pubescens* (H.B.K.) Steud. por medio de acodos de cepa y alar. Tesis Profesional, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx., México.
- MARTINETI, L. 1986. Rooting of some ornamentals with an anti-transpirant substance. Acta Horticulturae 156:151-158.
- MOWAT, J. L. 1955. Propagation by root cuttings. The Gardeners Chronicle 138:162.
- NIETO-ANGEL, R.; M. W. BORYS. 1991. Propagación clonal de *Crataegus pubescens* (H.B.K.) Steud. y *Malus* spp. por afrancamiento. Memoria I Encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia, Michoacán, México. p. 120.
- OROZCO SANCHEZ, M.; M. W. BORYS. 1991. Enraizamiento del tejocote (*Crataegus pubescens* (H.B.K.) Steud., y manzano (*Malus* spp.) por afrancamiento. Memoria I Encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia, Michoacán. p. 110.
- SONNENFELD, M. 1961. Effect of β -indolbutyric acid on root formation in cuttings of some trees and shrubs. Acta Agrobotanica 10:47-63.