

## **ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS COMO PORTAINJERTOS (CITRICOS CITRANGE CARRIZO Y TROYER), UNA ALTERNATIVA DE PROPAGACIÓN\***

**Jaén, Melvin <sup>1</sup>; Villegas M. Angel <sup>2</sup>; Arellano, G.<sup>3</sup>**

### **RESUMEN**

Para evaluar los promotores de enraizamiento en estacas de citrange Carrizo y Troyer, portainjertos cítricos tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (VTC), se utilizaron estacas foliadas provenientes de plantas madres de 39 meses de edad, cortadas antes del flujo de verano. Se evaluaron tres productos enraizadores, dos a nivel reactivo: ácido naftalen-acético (ANA) y ácido indol-3-butírico (AIB) a tres niveles: 0, 5000 y 7500 mg/lit y el producto comercial Radix 10000 (ácido indol-3-butírico) (0, 50 y 75%). Se utilizó un diseño factorial 2 x 3 x 3, con arreglo de tratamiento completamente al azar. Después de 56 días de aplicados los tratamientos, las estacas se mantuvieron en un ambiente controlado, con humedad relativa entre 95 y 100%, temperatura promedio dentro de la cámara de 24°C (mínima) y de 35.8°C (máxima) y en el sustrato a 10 cm de profundidad una temperatura de 23.8°C, se obtuvo en promedio general, 73% de estacas enraizadas, con un enraizamiento total de 67% para Carrizo y 79% para Troyer. Se observó una efectividad de enraizamiento de 82% para ANA, 73.6% con AIB y 63.3% para Radix. Los mejores tratamientos fueron: ANA 7500 y 5000 mg/lit, con 100% de enraizamiento, con 10.4 y 7.8 raíces por estacas, respectivamente, en Troyer; en Carrizo, 88 y 96% de enraizamiento, con 8.9 y 8.0 raíces por estacas. La sobrevivencia de las estacas estuvo relacionada con el mayor número de raíces.

**PALABRAS CLAVES:** Portainjertos; propagación vegetativa; propagación por esqueje; enraizamiento; citrange; México.

\* Extraído de uno de tres ensayos de la Tesis de Maestría en Fruticultura. Texcoco, Estado de México, México. 1999.

<sup>1</sup> M.Sc. Fruticultura. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). e-mail: mjaen\_31@yahoo.es

<sup>2</sup> Dr. Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México. México.

<sup>3</sup> M.Sc. Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México. México.

## ROOTING OF CARRIZO AND TROYER CITRANGE STOCKS, AN ALTERNATIVE FOR THEIR PROPAGATION

The rooting of CTV tolerant Carrizo and Troyer citrange stocks was evaluated using different growth promoters on leafed semi-hardwood stem cuttings, cut before the summer heat flux, from 39 month old plant stocks. The efficacy of three rootings promoters was evaluated: the two reagent compounds NAA - Naphthalene acetic acid and IBA - indol butyric acid (at 0, 5000 and 7500 mg/lit) and the commercial product Radix 10000 ( indol-butyric-acid) (at 0, 50 and 75%). Treatments were distributed on the field following a 2<sup>3</sup> factorial arrange within a randomized block design. The stocks were maintained within a controlled environment with relative humidity from 95 to 100%, rooting chamber temperature from 24° to 35.8°C and a substrate temperature of 23.8°C at a 10 cm depth. After 56 days from the application of treatments, a general stoke rooting mean of 73% was achieved, with means of 67 and 79% for Carrizo and Troyer citranges, respectively. The rooting efficacy was 82.0, 73.6 and 63.3% for NAA, IBA and Radix, respectively. The best rooting promotor for both citranges was NAA, at the rates of 7500 and 5000 mg/lit, respectively; 100% of rooting with means of 10.4 and 7.8 roots per stock, respectively, were obtained in Troyer; 88 and 96% of rooting with means of 8.9 and 8.0 roots per stock, respectively, in Carrizo. Stake's survival was related to the amount of roots.

**KEYWORDS:** Stock; vegetative propagation; rooting promotor; citrange; Mexico.

### INTRODUCCIÓN

Una de las enfermedades más agresivas que ataca a los cítricos es la producida por el virus de la tristeza de los cítricos (VTC), la cual es responsable de pérdidas de más de 46 millones de árboles injertados sobre el portainjerto *Citrus aurantium* L. (naranja agrio), en el período entre 1930 y 1990, en países como Argentina, Brasil, España, Venezuela, Israel y USA (California y Florida) (Rocha Peña y Peña Del Río, 1992).

En la actualidad, esta enfermedad se encuentra ampliamente diseminada en el Continente Americano, al igual

que su principal vector el *Toxoptera citricida*, Kirkaldy, conocido como pulgón negro, que, sin lugar a dudas, seguirá su diseminación, sobre todo, si se considera que puede ser favorecida por la intensidad de los vientos. Al respecto, Zeyen y Berger (1990) estiman que los áfidos pueden ser transportados hasta 320 km en cuatro horas con vientos de velocidad promedio de 80 km/h.

La medida más práctica para reducir los daños causados por el VTC, es el uso de portainjertos tolerantes como citrange Carrizo, citrange Troyer, Swingle Citrumelo, Citrus Volkameriano y otros, que se propagan por semilla.

Para suplir la demanda de semillas para el establecimiento de nuevas plantaciones, surge la posibilidad de utilizar los métodos de propagación vegetativa como alternativa para ayudar al abastecimiento de portainjertos.

Se han efectuado estudios referentes a la propagación por estacas de diferentes cítricos en varias partes del mundo, obteniéndose diversos resultados de acuerdo a la especie y/o cultivar, fuente enraizadora, concentración del enraizador, época de tratamiento, madurez del segmento vegetativo, presencia o no de hojas y condiciones ambientales.

Existen evidencias que indican que en el grupo de los cítricos hay especies y/o cultivares de fácil y difícil enraizamiento. Así, Fortes y col. (1988) mencionan que el limón Siciliano presenta los mayores niveles de enraizamiento, seguido por la lima Tahití, el cidro Diamante y la tangerina Ponca y con muy bajo nivel, las naranjas Natal, Valencia, tangerina Cravo y el tangor Murcote. Otros no enraizaron como las naranjas Pera y Baianinha.

Por otro lado, Platt y Opitz (1973) reportaron que la mandarina Cleopatra es muy difícil de enraizar y que en California se utiliza como propagador comercial el ácido-3-indol butírico en concentraciones de 3,000 a 8,000 ppm, formulado en talco, para enraizar a la mayoría de los cítricos y de 10,000

ppm, en inmersión rápida para las especies de enraizamiento difícil.

En México se han iniciado investigaciones concernientes a la propagación por estacas de algunos portainjertos tolerantes al VTC. Arellano y col. (1996), durante la época de otoño, evaluaron el enraizamiento de estacas de madera semidura de citrange Carrizo, con 6 a 8 hojas, provenientes de plantas madre de 18 meses de edad y propagadas a partir de semilla. Se aplicó como promotor de raíces el producto comercial Radix 10000 con niveles de 0, 25, 50, 75 y 100%.

A las ocho semanas, Radix a 75% fue el mejor tratamiento, al generar 75% de enraizamiento, con 6.7 raíces por estaca y longitud de 4.6 cm. Los autores concluyeron que factores como la juvenilidad de las plantas madre, los niveles endógenos de auxinas y las condiciones ambientales dentro de la cámara de enraizamiento tuvieron fuerte influencia en los resultados.

Villegas y col. (1996), durante la época de primavera-verano, aplicaron Radix 10000 a niveles de 0, 25, 50 y 75%, a estacas de los portainjertos citrange Troyer y Carrizo con 6 a 8 hojas, provenientes de plantas madre de semilla con 30 meses de edad, para obtener 74% de enraizamiento, 4.8 raíces por estacas en

Carrizo con 50% de Radix 10000 y 66% con 4.06 raíces por estacas, para la formulación de 25% en Troyer.

En ambos trabajos se utilizó una cámara de enraizamiento de 6 x 3 x 1.5 m de largo, ancho y altura, respectivamente, cubierta con polietileno PF800 y un humidificador automático, creando un ambiente con 90% de humedad relativa, temperatura ambiental media de  $32^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ , temperatura máxima de  $34^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  y temperatura mínima de  $18^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ , mientras que en el sustrato a 10 cm de profundidad la temperatura promedio fue de  $23^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Sin embargo, Danos y col. (1992) obtuvieron con Carrizo y Troyer, más de 90% de enraizamiento con 6.6 y 6.7 raíces por estaca, respectivamente, con la aplicación de 1.25 ppm de ácido-naftalen acético (ANA) aplicado al sustrato con el riego.

Por lo anterior, se presenta la necesidad de evaluar la respuesta de ambos portainjertos promisorios (Troyer y Carrizo) y la aplicación de diferentes concentraciones de los productos enraizadores.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar tres promotores de enraizamiento en estacas de los portainjertos cítricos citranges Carrizo y Troyer.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la época de primavera-verano, bajo condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México, México, 1999.

Se utilizó una cámara de enraizamiento de 4.0 m de largo, 3.0 m de ancho y 1.5 m de altura, con una cobertura de polietileno transparente PF800. Como soporte del sustrato se utilizaron cajoneras de madera con dimensiones de 0.70 m de largo y de ancho, y 0.15 m de alto, alambre de malla como fondo, para facilitar el drenaje.

El sustrato estuvo compuesto en un 50% por una mezcla de tierra, consistente en tierra de monte, tierra de hojarasca y arena de río, en proporción de volumen de 1:1:1, con 25% de agrolita y 25% de germinasa (fibra molida de coco), presentándose 63.40% de espacios porosos (EPT), 13.62% de espacios ocupados por aire (EA), 49.78% de capacidad de retención de humedad (RH), 0.65 g/ml de densidad, pH 6.8, 0.19 de conductividad eléctrica, 59% de materia orgánica y 8.5 meq/lt de P- $\text{P}0_4$ .

Con el auxilio de un humidificador eléctrico manual, se mantuvo la humedad relativa entre 95 y 100%. La

temperatura ambiente dentro de la cámara, en promedio de los 56 días del experimento, registró una temperatura mínima de 24°C, temperatura máxima de 35.8°C y el sustrato de 23.8°C a 10 cm de profundidad.

Como material vegetativo se utilizaron estacas de ramas con crecimiento del año, de madera semidura, con una longitud de 15-20 cm, un grosor de 5-8 mm, 3-4 pares de hojas, de los portainjertos citrange Carrizo y Troyer (híbridos producto del cruce de *Citrus sinensis* L., Osbeck cv. Washington Navel x *Poncirus trifoliata* L., Raf.), tomadas de plantas madres, propagadas a partir de semilla y con cuatro años de edad. Morfológicamente, estos híbridos son prácticamente iguales, pero presentan diferencias en cuanto a comportamiento agronómico. Las varetas se sometieron a inmersión rápida en una solución con captan y colocadas en recipientes térmicos, cubriéndose con un paño de algodón para evitar su deshidratación.

Se determinó el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK), calcio (Ca) y magnesio (Mg) de las plantas madres, a través del análisis foliar de muestras obtenidas de las estacas al momento de prepararlas. Para determinar el contenido de N foliar se utilizó el método de microkjeldahl, para el P se usó el método colorimétrico de vanadato-molibdeno amarillo (Chapman, 1973), para el Ca y Mg el espectrofotómetro de absorción

atómica y para el K un flamómetro (Bradfield y Spencer, 1965).

Los resultados de los análisis foliares indican que las estacas de Carrizo y Troyer para la época de primavera presentaron niveles altos de K y N y el P, Ca y Mg marcaron un punto óptimo. En cambio, para los materiales recolectados en otoño ambos portainjertos presentaron N, P y Mg en un nivel óptimo, Ca bajo y K en exceso en Carrizo, en tanto que en Troyer fue alto.

Los tratamientos consistieron en dos promotores del enraizamiento a nivel reactivo: ácido indol-3-butírico (AIB) y ácido naftalén-acético (ANA) en concentraciones de 0, 5000, 7500 mg/lit y el producto comercial Radix 10000 (ácido indol-3-butírico) al 0, 50 y 75%. Para la preparación de los tratamientos con ANA y AIB, se utilizó como disolvente el alcohol y el agua, mientras que para el Radix 10000 se utilizó talco blanco inoloro como agente dispersor del ingrediente activo. Se aplicó por inmersión rápida de la base de la estaca, a la cual se le hicieron tres cortes longitudinales de 2.5 cm de largo.

El diseño experimental utilizado fue un factorial 2x3x3, con arreglo de tratamientos completamente al azar, 18 combinaciones de tratamiento y 25 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Número de estacas enrai-

zadas, número de estacas enraizadas con raíces de primer orden, número de raíces de primer orden con raíces de segundo orden, número de raíces de primer orden con raíces de tercer orden, longitud del sistema radical, amplitud del sistema radical, sobrevivencia. La toma de datos se realizó una sola vez al final del experimento.

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el paquete estadístico SAS, ejecutando un análisis de varianza para cada variable en estudio a través del procedimiento ANOVA y procediendo a realizar una comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ , en los análisis que presentaron diferencias significativas entre tratamientos mediante la prueba de F.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 56 días, se observó un promedio general de 73% de estacas enraizadas, con un 67% de enraizamiento para Carrizo y 79% para Troyer, con una efectividad de 82% para ANA, 73.6% para AIB y 63.3% en Radix, presentándose ANA como el enraizador más efectivo para ambos portainjertos, obteniéndose un 77.3% en Carrizo y 86.6% en Troyer.

Se destacaron los tratamientos de 5000 y 7500 mg/lt de ANA con 100%

de enraizamiento en Troyer y 96 y 88% en Carrizo, respectivamente (Cuadro 1, Figuras 1 y 2).

Con respecto al AIB y Radix 10000, se destacan los tratamientos de AIB 5,000 mg/lt y Radix al 75% aplicados a Troyer, con un buen enraizamiento del 96 y 92%, respectivamente, pero no así al ser aplicados a Carrizo, donde se obtuvo tan sólo un 68 y 44% de enraizamiento, respectivamente (Cuadro 2, Figuras 3, 4, 5 y 6).

En general, se obtiene con Troyer una mejor respuesta para cada uno de los productos estimuladores del enraizamiento utilizado, lo cual puede estar influenciado por diferencias varietales y responde al criterio de Ferguson y col. (1985) y Padró y Mulas (1987), quienes estiman que la respuesta al enraizamiento depende de las características genéticas del cultivar.

### *Raíces de primer orden*

Para la variable número de raíces de primer orden por estacas, el análisis de varianza indicó que hay diferencia significativa entre los portainjertos, con una mejor respuesta para Troyer, con relación a Carrizo, los cuales presentaron una media de 4.72 y 4.08 raíces por estaca, respectivamente (Cuadro 1).

**CUADRO 1. PROMEDIO GENERAL DE RAÍCES DE PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ORDEN POR ESTACAS DE ACUERDO A LA INFLUENCIA DEL PORTAINJERTO.**

Portainjerto	Promedio de emisión de raíces		
	Primer orden	Segundo orden	Tercer orden
Troyer	4.72 a	3.70 a	1.25 a
Carrizo	4.08 b	2.93 b	0.70 b
DMSH: 0.6185			DMSH: 0.5538
			DMSH: 0.2283

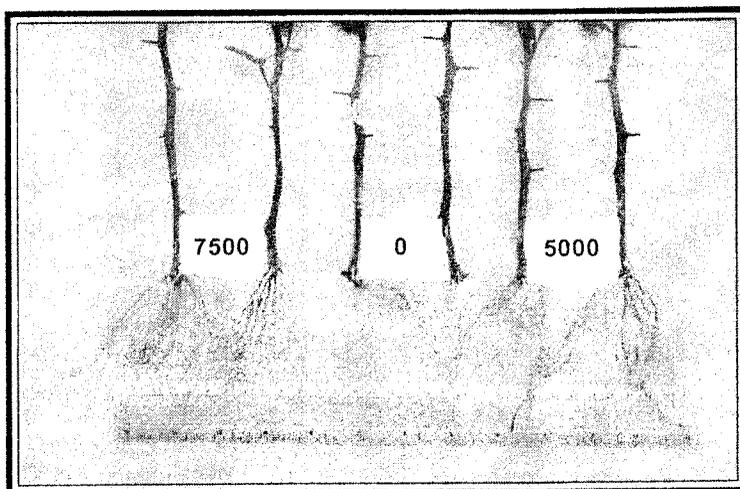
Medias con las misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P > 0.05$ .

**CUADRO 2. EFECTO DE ANA, AIB Y RADIX 10000 EN EL ENRAIZAMIENTO TOTAL Y EN EL NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA, POR TRATAMIENTO PARA LOS PORTAINJERTOS CITRANGE CARRIZO Y TROYER. ÉPOCA PRIMAVERA – VERANO.**

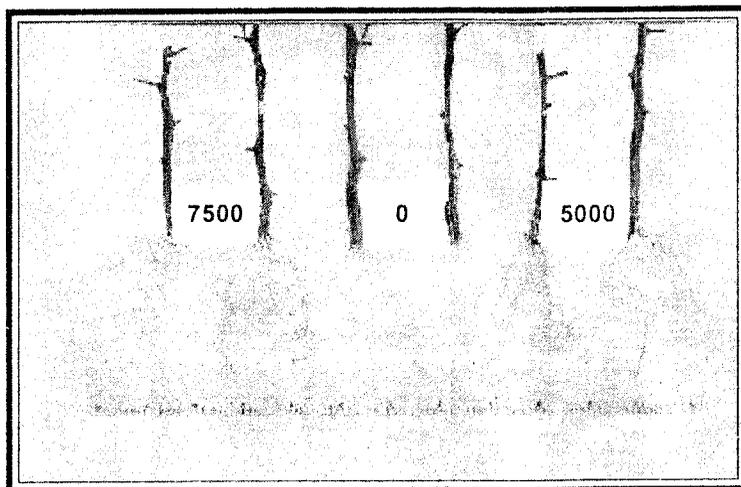
Portainjerto (citrango)	Tratamiento		Enraizamiento %	Promedio de número de raíces de primer orden
Troyer	ANA	7500 mg/lt	100	10.440 a
Carrizo	ANA	7500 mg/lt	88	8.920 ab
Carrizo	ANA	5000 mg/lt	96	8.000 abc
Troyer	ANA	5000 mg/lt	100	7.880 abc
Troyer	Radix	75%	92	5.920 bcd
Carrizo	AIB	7500 mg/lt	84	4.800 cde
Troyer	AIB	5000 mg/lt	96	4.440 de
Troyer	AIB	7500 mg/lt	88	4.080 de
Carrizo	Radix	50%	72	3.960 de
Troyer	Radix	50%	68	3.760 de
Carrizo	AIB	5000 mg/lt	68	3.160 de
Carrizo	Radix	0%	56	2.360 e
Carrizo	Radix	75%	44	2.080 e
Troyer	AIB	0%	60	2.000 e
Troyer	ANA	0%	60	2.000 e
Troyer	Radix	0%	48	1.920 e
Carrizo	ANA	0%	48	1.760 e
Carrizo	AIB	0%	48	1.760 e

DMSH: 2.9678

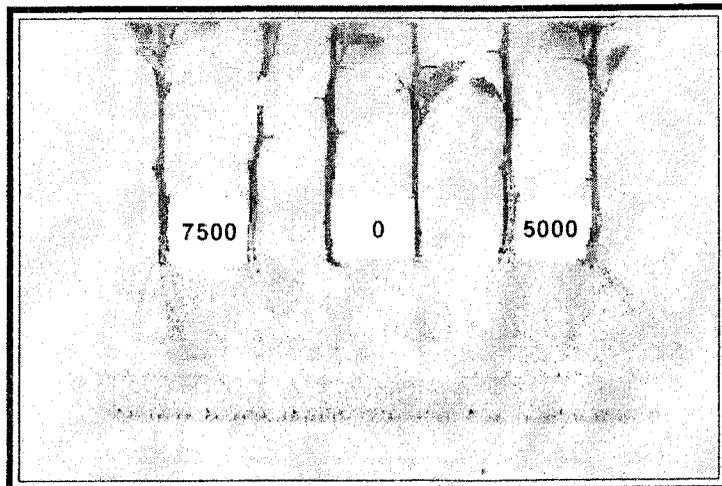
Medias con las misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P > 0.05$ .



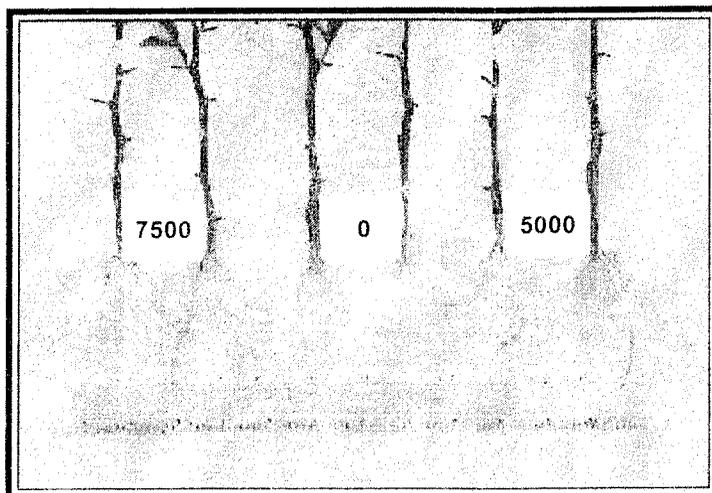
**FIGURA 1.** Efecto de la aplicación de ANA en el enraizamiento de estacas del portainjerto cítrico citrange Troyer, en dosis de 7500, 0 y 5000 mg/lt.



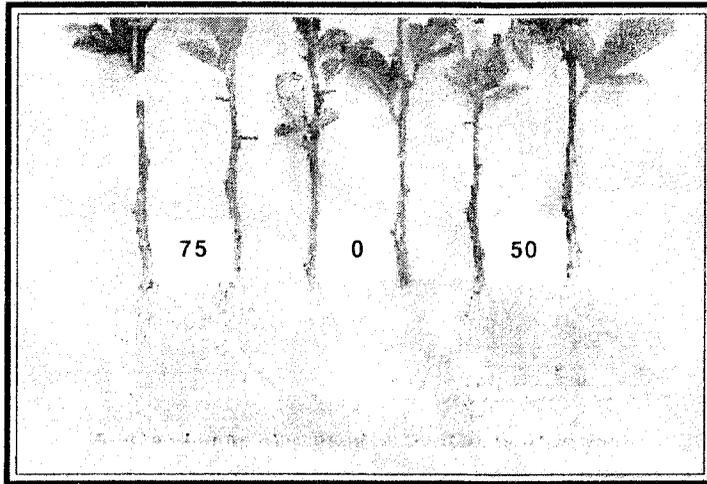
**FIGURA 2.** Efecto de la aplicación de ANA en el enraizamiento de estacas del portainjerto cítrico citrange Carrizo, en dosis de 7500, 0 y 5000 mg/lt.



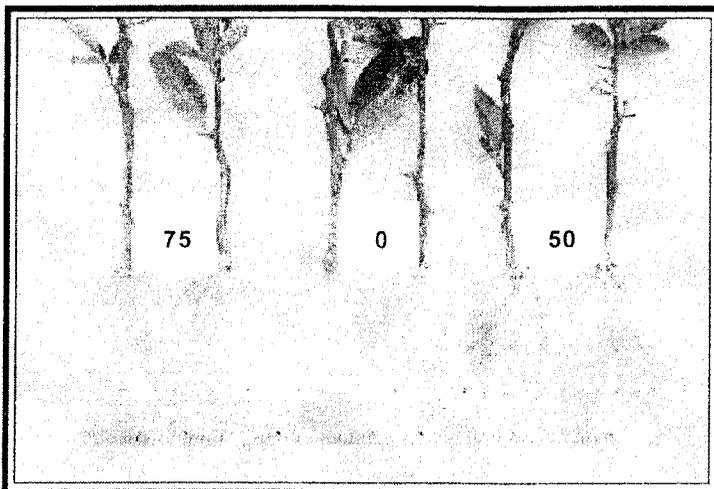
**FIGURA 3.** Efecto de la aplicación de AIB en el enraizamiento de estacas del portainjerto cítrico citrange Troyer, en dosis de 7500, 0 y 5000 mg/lt.



**FIGURA 4.** Efecto de la aplicación de AIB en el enraizamiento de estacas del portainjerto cítrico citrange Carrizo, en dosis de 7500, 0 y 5000 mg/lt.



**FIGURA 5.** Efecto de la aplicación del producto enraizador Radix 10000 sobre estacas del portainjerto cítrico citrange Troyer, en dosis de 75, 0 y 50%.



**FIGURA 6.** Efecto de la aplicación del producto enraizador Radix 10000 sobre estacas del portainjerto cítrico citrange Carrizo, en dosis de 75, 0 y 50%.

En lo relativo a los productos promotores de enraizamiento, se encontró de forma general, diferencia en el efecto de ANA con una media de 6.5 raíces por estaca y el obtenido con AIB (3.4) y Radix (3.3) (Cuadro 3), respondiendo a lo expuesto por Danos y col. (1992) de que el tipo de auxina es un factor influyente en la capacidad de enraizamiento de especies cítricas.

La prueba de comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ) indica que para la interacción portainjerto-promotor de enraizamiento-concentración, existe diferencia significativa entre las diferentes combinaciones, destacándose la aplicación de ANA 7500 mg/lit en Troyer con 10.4 raíces por estacas, el cual no presenta diferencia significativa con ANA 7500 y 5000 mg/lit en Carrizo, con 8.9 y 8.0 raíces por estacas y con ANA 5000 mg/lit en Troyer, con 7.9 raíces de primer orden por estaca (Cuadro 2).

Villegas y col. (1996), al evaluar el enraizamiento de estacas de citrangeros Carrizo y Troyer, obtuvieron 74.3% de

enraizamiento y 4.8 raíces por estaca en Carrizo al aplicar Radix 10000 al 50%, lo cual es comparable a los resultados obtenidos al aplicar Radix 50% que fue de 72% de enraizamiento y 5.5 raíces por estaca (Cuadro 2). En cambio, Arellano y col. (1996), a igual concentración, obtuvieron respuesta de 65% de enraizamiento y 5.3 raíces por estaca, pero a concentración de 75% obtuvieron una mejor respuesta con 75% de enraizamiento y 6.7 raíces por estaca.

En lo que respecta a Troyer, Villegas y col. (1996) lograron 65.8% de enraizamiento y 4.06 raíces por estaca con Radix a 25% y a 75% obtuvieron 63.6% y 4.51, respectivamente, siendo superado por los resultados obtenidos con 75% y 50%, los cuales se muestran en el Cuadro 2, con un 92 y 68% de enraizamiento, 6.4 y 5.5 raíces por estaca.

Los datos nos indican que existe diferencias en la respuesta de enraizamiento entre cultivares, lo cual está

**CUADRO 3. PROMEDIO GENERAL DE RAÍCES POR ESTACAS POR EFECTO DEL PRODUCTO ENRAIZADOR.**

Enraizador	Raíces de primer orden	Raíces de segundo orden	Raíces de tercer orden
ANA	6.5 a	4.91 a	1.07 a
AIB	3.4 b	2.44 b	0.79 a
Radix 10000	3.3 b	2.59 b	1.06 a
	DMSH:0.9065	DMSH:0.8117	DMSH:0.3346

Medias con las misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P > 0.05$ .

de acuerdo a la observación de Danos y col. (1992) quienes reportan que el enraizamiento de estacas depende de la especie, así como del cultivar, y está influenciado por el tratamiento hormonal (Ferguson y col. 1985) y la concentración (Danos y col., 1992) lo cual se refleja en la mayor efectividad de ANA, en sus concentraciones de 7500 y 5000 mg/lit sobre el resto de los tratamientos.

Es claro que el porcentaje de enraizamiento y la producción de raíces por estaca es el resultado de la aplicación de productos estimuladores, debido a que todos los tratamientos, con excepción del Radix 75%, superan a los testigos. Debemos considerar que la diferencia encontrada con Arellano y col. (1996) posiblemente se debió a la época de adquisición de las estacas, ya que su trabajo fue realizado en otoño y el presente en primavera, pudiendo darse la influencia de los carbohidratos almacenados.

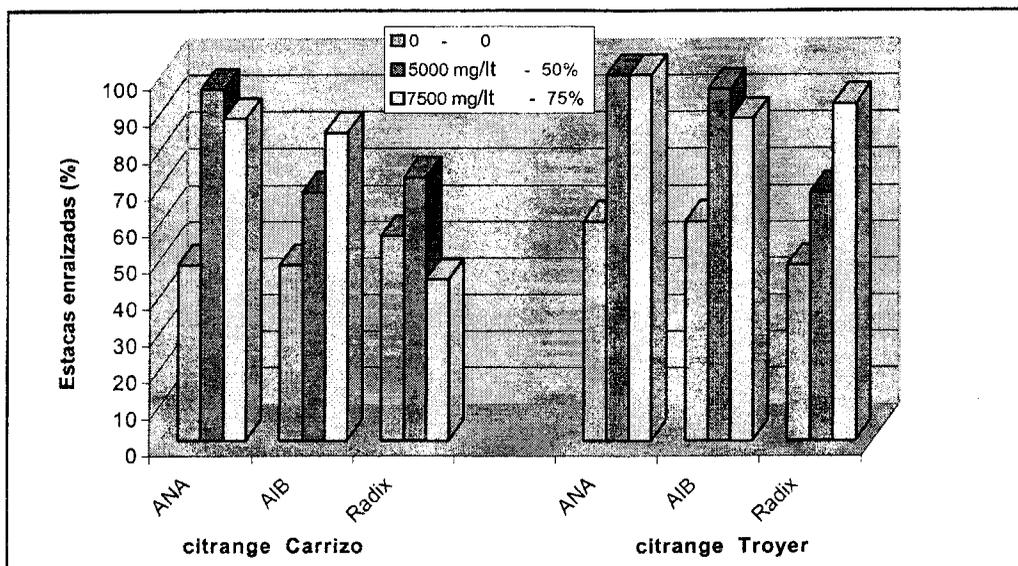
En la Figura 7 se observa que la respuesta de Carrizo al enraizamiento con la aplicación del ANA se inicia con una media de 50% de enraizamiento, alcanzando un máximo de 96% con 5000 mg/lit, para descender, aunque no significativamente, a 88% con 7500 mg/lit, lo cual indica que altas concentraciones del ANA reducen el enraizamiento en Carrizo, lo cual puede indicar efecto de toxicidad tal como lo reporta Weaver (1984).

Mientras que con AIB, la tendencia a aumentar el enraizamiento se mantiene hasta 7500 mg/lit (84), lo cual nos indica que probablemente se podría incrementar la concentración de AIB y con ello el enraizamiento. Para Radix, se observa que se alcanza un máximo de enraizamiento con el uso de una concentración de 50%, bajando drásticamente su respuesta cuando se emplea al 75%.

En Troyer, la aplicación de ANA en 5000 mg/lit y 7500 mg/lit produce 100% de enraizamiento en comparación con 60% obtenido en el testigo. Con el AIB la mejor respuesta (96%) se logra con 5000 mg/lit y después baja a 88% con 7500 mg/lit. En cambio, con Radix el enraizamiento se inicia con un 50% en el testigo, elevándose a 68% al 50% y a 92% con una concentración de 75% (Figura 7). Presenta una tendencia a elevarse proporcionalmente con la concentración, lo cual hace suponer que en este porta-injerto y la época se puede utilizar el Radix al 100%.

### ***Número de raíces de primer orden con raíces de segundo y tercer orden***

Un factor poco considerado en el enraizamiento de estacas es la calidad de las raíces, que podría ser cuantificado por el número de raíces de primer orden y las derivadas que presenten.



**FIGURA 7. Estacas de citrange Carrizo y Troyer enraizadas por efecto de la aplicación de ANA, AIB y Radix 10000.**

El análisis de varianza nos indica que para el factor portainjerto existe diferencia significativa entre la respuesta de Troyer con una media de 3.7 raíces con raíces de segundo orden, en relación a Carrizo (media de 3.0 raíces con raíces de segundo orden). Se obtuvo diferencia significativa para el factor enraizador, estableciéndose que de manera general la mayor efectividad es presentada por ANA con una media de 4.9 raíces con raíces de segundo orden, con relación a AIB que presenta 2.4 y Radix con 2.6 (Cuadro 3).

Con respecto a la interacción de los factores portainjerto-producto enraizador-concentración, se observa en el

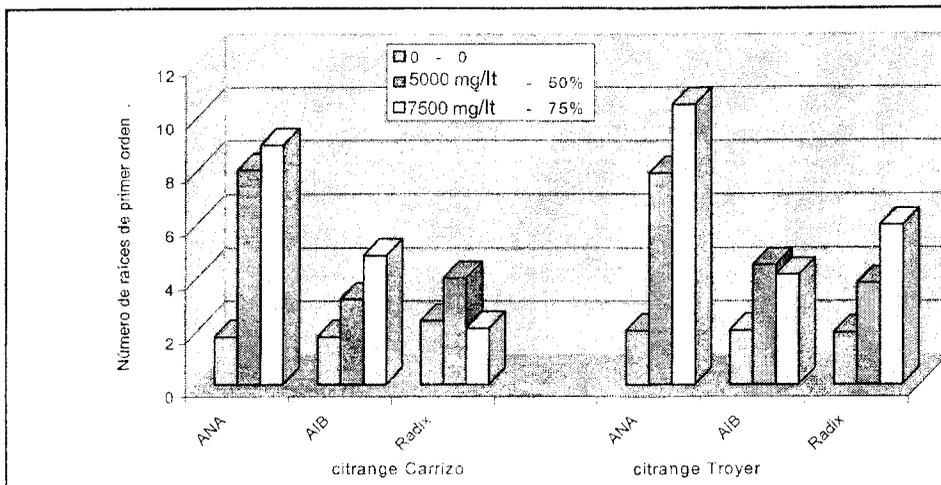
Cuadro 4, que existe diferencia significativa entre la respuesta presentada por las diversas combinaciones, obteniéndose los mejores resultados en los dos portainjertos, con la aplicación de ANA en ambas concentraciones, sobresaliendo ANA a 7500 mg/l en Troyer con 9.28 y en Carrizo con 6.7 raíces de segundo orden.

En las Figuras 8 y 9 se observa que Carrizo y Troyer presentan un comportamiento similar en la producción de raíces de primer y segundo orden, con mejor respuesta de Troyer. En Carrizo, con ANA y AIB, se presenta la tendencia de au-

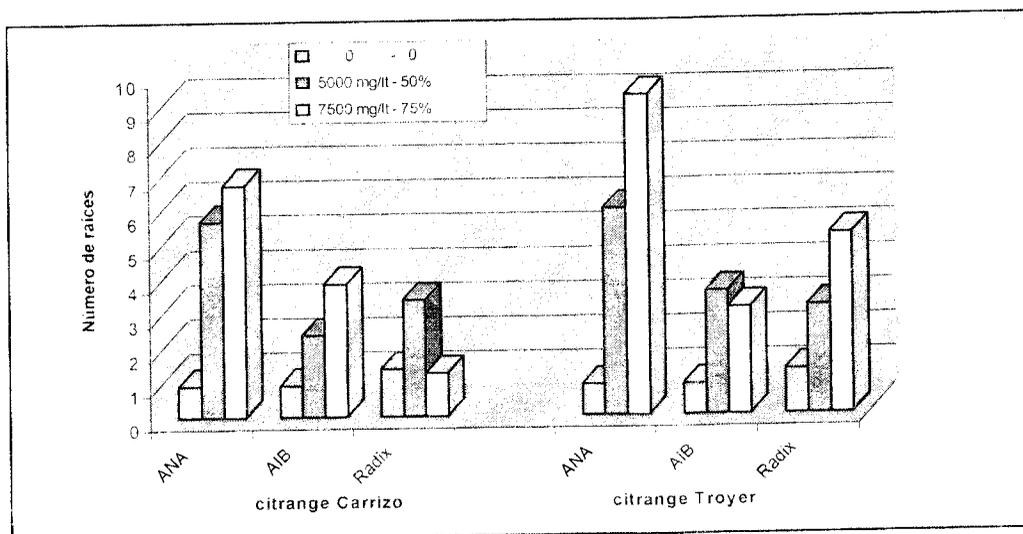
**CUADRO 4. EFECTO DE ANA, AIB Y RADIX 10000 EN EL NÚMERO DE RAÍCES CON RAÍCES DE SEGUNDO ORDEN EN ESTACAS DE CITRANGE CARRIZO Y TROYER. ÉPOCA PRIMAVERA-VERANO.**

Portainjerto (citrange)	Producto enraizador	Concentración	Promedio de raíces
Troyer	ANA	7500 mg/lt	9.28 a
Carrizo	ANA	7500 mg/lt	6.72 a
Troyer	ANA	5000 mg/lt	6.00 b
Carrizo	ANA	5000 mg/lt	5.68 bc
Troyer	Radix	75%	5.20 bcd
Carrizo	AIB	7500 mg/lt	3.84 bcde
Troyer	AIB	5000 mg/lt	3.56 bcde
Carrizo	Radix	50%	3.36 cde
Troyer	Radix	50%	3.12 cde
Troyer	AIB	7500 mg/lt	3.08 cde
Carrizo	AIB	5000 mg/lt	2.36 cde
Carrizo	Radix	0	1.36 de
Troyer	Radix	0	1.28 e
Carrizo	Radix	75%	1.24 e
Carrizo	ANA	0	0.92 e
Carrizo	AIB	0	0.92 e
Troyer	AIB	0	0.88 e
Troyer	ANA	0	0.88 e

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P>0.05$ .



**FIGURA 8. Número de raíces de primer orden en estacas de citrange Carrizo.**



**FIGURA 9. Número de raíces de primer orden con raíces de segundo orden en estacas de citrange Carrizo y Troyer, enraizadas por efecto de la aplicación de ANA, AIB y Radix 10000.**

mentar el número de raíces al aumentar la concentración de 0 a 7500 mg/lit. En el caso de Troyer, la tendencia es clara para el ANA y Radix, mientras que en el AIB el número de raíces se aumenta con 5000 mg/lit y se disminuye ligeramente con 7500 mg/lit. Lo anterior pone en evidencia el efecto de la concentración de auxina tal como lo señala Danos y col. (1992) y la diferencia que existe entre tipos de auxina y cultivares indicado por Ferguson y col. (1985).

#### ***Raíces de primer orden con raíces de tercer orden***

Para la variable número de raíces de primer orden con raíces de tercer orden el análisis de varianza nos indica que existe diferencia significativa para el

factor portainjerto, presentando de igual manera a Troyer como el portainjerto con mejor respuesta, al tener una media general de 1.25, con relación a Carrizo con 0.70 raíces, de raíces de tercer orden (Cuadro 1).

La combinación portainjerto-producto enraizador-concentración, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ), se presenta diferencia significativa con las mejores respuestas al aplicar Radix al 75%, ANA a 7500 y AIB a 5000 mg/lit, con 2.84, 2.48 y 1.64 (Cuadro 5). Los mejores resultados son obtenidos en las estacas de Troyer y al igual que en la variable raíces de primer orden con raíces de segundo orden, se observa que a excepción de Radix al 75% en

**CUADRO 5. EFECTO DE ANA, AIB Y RADIX 10000 EN EL NÚMERO DE RAÍCES DE PRIMER ORDEN CON RAÍCES DE TERCER ORDEN EN ESTACAS DE CITRANGE CARRIZO Y TROYER.**

Portainjerto citrange	Producto	Concentración	Promedio de raíces
Troyer	Radix	75%	2.84 a
Troyer	ANA	7500 mg/lt	2.48 ab
Troyer	AIB	5000 mg/lt	1.64 abc
Troyer	Radix	50%	1.40 bcd
Carrizo	ANA	5000 mg/lt	1.20 cd
Carrizo	AIB	7500 mg/lt	1.16 cd
Troyer	ANA	5000 mg/lt	1.12 cd
Carrizo	Radix	50%	1.04 cd
Carrizo	ANA	7500 mg/lt	1.00 cd
Carrizo	AIB	5000 mg/lt	0.72 cd
Troyer	AIB	7500 mg/lt	0.60 cd
Troyer	AIB	0	0.40 d
Troyer	ANA	0	0.40 d
Carrizo	Radix	75%	0.36 d
Carrizo	Radix	0	0.36 d
Troyer	Radix	0	0.36 d
Carrizo	ANA	0	0.24 d
Carrizo	AIB	0	0.24 d

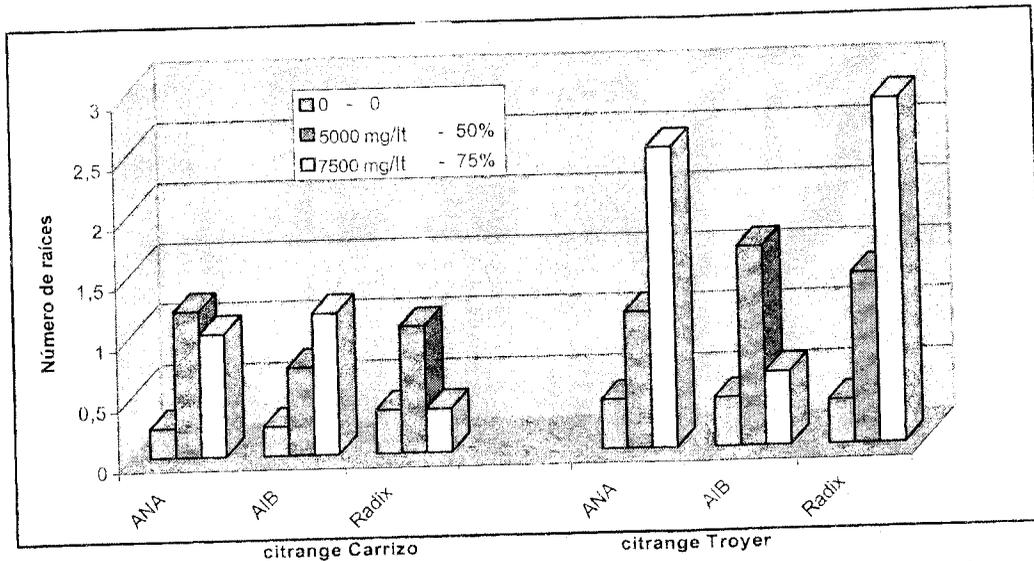
Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P>0.05$ .

Carrizo todas las combinaciones superan a los testigos, quedando establecido el efecto de la diferencia varietal y la aplicación de auxinas en la respuesta a la producción de raíces de segundo y tercer orden.

En la Figura 10 se presenta la tendencia de Carrizo y Troyer a la aplicación de ANA, AIB y Radix, para la variable raíces de primer orden con raíces de tercer orden, se establece que las mejores respuestas de forma general corresponden al portainjerto Troyer y que es Radix el que induce un mejor resultado en citrange Troyer.

En Carrizo para AIB se presenta una respuesta de forma ascendente con el aumento de la concentración y para el ANA a 5000 mg/lt y Radix al 50% se alcanza un máximo rendimiento, disminuyendo a una mayor concentración.

Para Troyer, la respuesta con ANA y Radix presenta un comportamiento similar, en ascendencia con la concentración y con el AIB. En cambio, la máxima respuesta se logra con la aplicación de 5000 mg/lt, bajando con 7500 mg/lt y no presenta diferencia significativa con la respuesta del tes-



**FIGURA 10.** Número de raíces de primer orden con raíces de tercer orden en estacas de citrange Carrizo y Troyer, enraizadas por efecto de la aplicación de ANA, AIB y Radix 10000.

tigo. En todo caso, la respuesta va a estar en función del tiempo transcurrido entre la emergencia de las raíces y la cosecha de las estacas enraizadas, de tal forma que, a mayor tiempo se espera obtener mayor cantidad de raíces de tercer orden. Además, influyen el tipo y concentración de auxina.

### ***Longitud y amplitud del sistema radical***

La importancia de las variables longitud y amplitud del sistema radical en la calidad del enraizamiento, se debe a que brindarán a la planta la oportunidad de tener mayor área de exploración de las capas fértiles del suelo, un sostén más equilibrado y, al estar más sepa-

radas las raíces, se evitan posibles problemas de atrofiamiento del sistema radical en la etapa de vivero.

Como producto del análisis de varianza de los datos obtenidos para la variable longitud de raíces, se notó que existe diferencia significativa entre la respuesta de los portainjertos, con una mejor respuesta de Troyer y una media de 5.22 cm en comparación con Carrizo, de 3.59 cm, quedando establecida la influencia de la diferencia varietal sobre la respuesta a la variable longitud de raíces (Cuadro 6).

En cuanto a la influencia del factor producto enraizador, se pre-

**CUADRO 6. PROMEDIO GENERAL EN LONGITUD Y AMPLITUD DEL SISTEMA RADICAL DE ACUERDO A LA RESPUESTA DEL PORTAINJETO.**

Portainjerto	Longitud (cm)	Amplitud (cm)
Troyer	5.22 a	5.36 a
Carrizo	3.59 b	3.89 b
DMSH:0.5663		DMSH:0.6340

Medias con las misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P > 0.05$ .

sentó diferencia significativa entre la respuesta a la aplicación de ANA con un promedio de raíces de 5.2 cm de longitud, en relación a la obtenida con AIB de 4.3 cm y Radix con 3.7 cm (Cuadro 7), quedando también establecida la diferencia en la influencia entre los productos promotores de enraizamiento utilizados en esta prueba.

Para la combinación de los factores portainjerto-producto enraizador-concentración, se presentó diferencia significativa, con una mejor respuesta de 9.3 cm en promedio, obtenida con la aplicación de ANA 7500

mg/lt en Troyer, sin presentar diferencia con la respuesta de las aplicaciones de Radix a 75% (7.59) y AIB a 5000 mg/lt (6.49) en Troyer, pero sí con el resto de las combinaciones (Cuadro 8).

Queda establecido que es Troyer el portainjerto de mejor respuesta y ANA el producto enraizador con mayor efecto y que el nivel de auxina que se utilizó no inhibió la elongación de las raíces favoreciendo su desarrollo. Villegas y col. (1996) y Arellano y col. (1996) trabajaron con la aplicación de Radix al 50% y 75% en Carrizo, obtuvieron una mejor respuesta, pero sin superar la presentada por Troyer.

**CUADRO 7. PROMEDIO GENERAL EN LONGITUD Y AMPLITUD DEL SISTEMA RADICAL SEGÚN LA INFLUENCIA DEL PRODUCTO ENRAIZADOR.**

Producto enraizador	Longitud (cm)	Amplitud (cm)
ANA	5.20 a	5.39 a
AIB	4.30 b	4.68 a b
Radix	3.67 b	3.80 b
DMSH:0.8299		DMSH:0.9197

Medias con las misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P > 0.05$ .

**CUADRO 8. LONGITUD Y AMPLITUD DE RAÍCES POR TRATAMIENTO, EN EL ENRAIZAMIENTO DE LOS PORTAINJERTOS CITRANGE CARRIZO Y TROYER. ÉPOCA PRIMAVERA – VERANO.**

Portainjerto	Interacción		Longitud del sistema radical (cm)	Amplitud del sistema radical (cm)
	Producto	Concentración		
Troyer	ANA	7500 mg/lt	9.31 a	9.00 a
Troyer	Radix	75%	7.59 ab	7.68 abc
Troyer	AIB	5000 mg/lt	6.49 abc	7.77 ab
Carrizo	ANA	5000 mg/lt	5.94 bcd	6.68 abcd
Troyer	ANA	5000 mg/lt	5.73 bcd	6.62 abcd
Carrizo	ANA	7500 mg/lt	5.58 bcd	5.83 abcde
Carrizo	AIB	7500 mg/lt	5.55 bcd	6.32 abcd
Troyer	AIB	7500 mg/lt	5.03 bcde	5.40 bcdef
Troyer	Radix	50%	4.98 bcde	4.82 bcdefg
Carrizo	AIB	5000 mg/lt	4.48 cdef	4.38 cdefg
Carrizo	Radix	50%	3.87 cdefg	3.84 defg
Troyer	AIB	0	2.97 defg	2.48 efg
Troyer	ANA	0	2.97 defg	2.48 efg
Carrizo	Radix	0	2.30 efg	2.46 fg
Troyer	Radix	0	1.90 fg	1.96 g
Carrizo	ANA	0	1.57 fg	1.71 g
Carrizo	AIB	0	1.57 fg	1.71 g
Carrizo	Radix	75%	1.40 g	2.06 fg

DMSF:3.0344

DMSF:3.3629

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadísticamente significativas entre sí, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey,  $P > 0.05$ .

Con las aplicaciones del producto comercial Radix 10000, se observa que en Carrizo la mejor respuesta es de 3.9 cm obtenido con la aplicación de Radix al 50%, 2.3 cm con el testigo y 1.4 cm con la concentración al 75%. Villegas y col. (1996), al evaluar el efecto de Radix 10000 en Carrizo, obtuvieron el mismo patrón de respuesta, con un promedio de 4.36 cm en el testigo, 5.75 cm al 50% y 4.4 cm con la concentración de 75%, con la diferencia de que sus valores son

mayores. En cambio, la respuesta obtenida por Arellano y col. (1996) no presenta un patrón definido, con 4.7 cm al aplicar Radix a 75%, 2.8 cm con la concentración de 50%, pero con una mayor longitud al aplicar Radix a 25% y con el testigo. Para el portainjerto Troyer, los resultados presentan un comportamiento similar al obtenido por Villegas y col. (1996) con un valor máximo al aplicar Radix a 75% (Cuadro 8).

Para la variable amplitud del sistema radical, se observó que existe diferencia entre la respuesta presentada por Carrizo (3.89 cm) y Troyer (5.36 cm) (Cuadro 6) y no presentó diferencia entre el efecto de ANA (5.39 cm) y AIB (4.68 cm), pero sí con Radix 10000 (3.8 cm) (Cuadro 7).

Para la interacción de porta-injerto-enraizador-concentración, la diferencia es significativa, con los mejores resultados en Troyer con ANA a 7500 mg/lit (9 cm), AIB 5000 mg/lit (7.77 cm) y Radix al 75% (7.68 cm) y en Carrizo, el ANA a 5000 mg/lit (6.68 cm) (Cuadro 8).

Los datos para la variable amplitud del sistema radical presentaron una tendencia similar a la obtenida para la variable longitud. En las Figuras 11 y 12 se observa que para la aplicación del ANA la respuesta en Troyer es en sentido ascendente con la concentración y, en Carrizo, la máxima respuesta es con la aplicación del ANA a 5000 mg/lit.

Para el AIB, la situación se presenta a la inversa que con ANA, de forma tal que en Carrizo los resultados se presentan de forma ascendente con la concentración del producto y en Troyer el máximo rendimiento se observa con AIB a 5000 mg/lit (Figuras 11 y 12).

Y para las aplicaciones de Radix 10000, el patrón de respuesta obtenido en Carrizo es similar al obtenido con ANA, en el cual el máximo rendimiento es con Radix a 50%, con la diferencia de que con ANA el menor valor es con el testigo, y con Radix se presentó al aplicar una concentración de 75%. En cambio, para Troyer la respuesta es en sentido ascendente de acuerdo a la concentración del enraizador.

La mejor respuesta en Troyer y el mayor efecto de ANA, confirman la influencia que tienen en las diversas variables relacionadas con el enraizamiento de estacas de cítricos, factores como la diferencia de genotipo, el tipo de enraizador y su concentración, respondiendo a los criterios expuestos al respecto por Danos y col. (1992), Ferguson y col. (1985) y Platt y Opitz (1973).

### **Sobrevivencia**

Con respecto a la sobrevivencia de las estacas enraizadas, después de dos meses de trasplante a bolsas de polietileno, las mejores respuestas se presentaron en Troyer con ANA a 7500 y 5000 mg/lit, con 100 y 95% de sobrevivencia, respectivamente, así como Radix al 50 y 75% con 100 y 94% de las estacas trasplantadas.

En Carrizo, el resultado más sobresaliente se obtuvo con ANA a

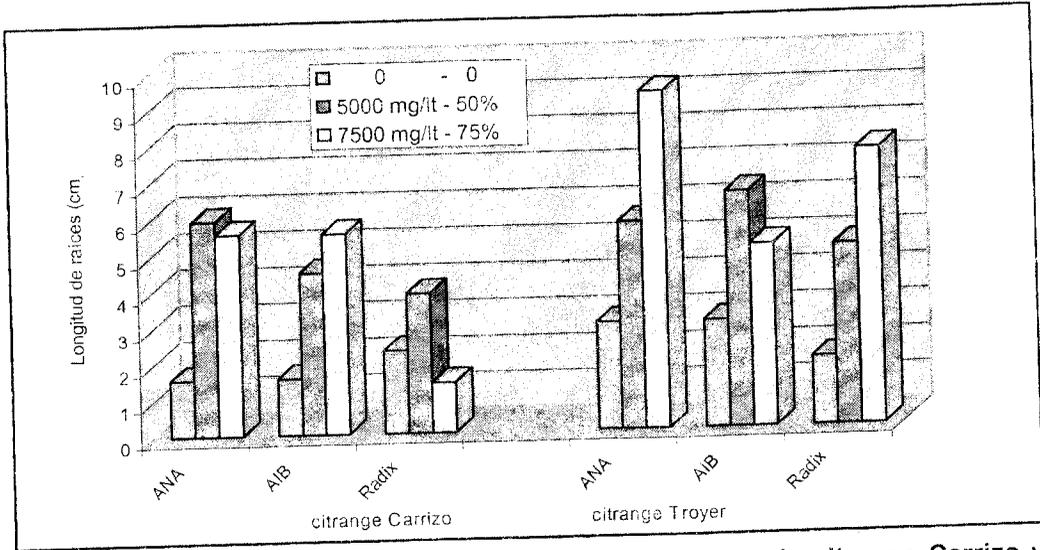


FIGURA 11. Longitud del sistema radical (cm) en estacas de citrange Carrizo y Troyer, enraizadas por efecto de la aplicación de ANA, AIB y Radix 10000.

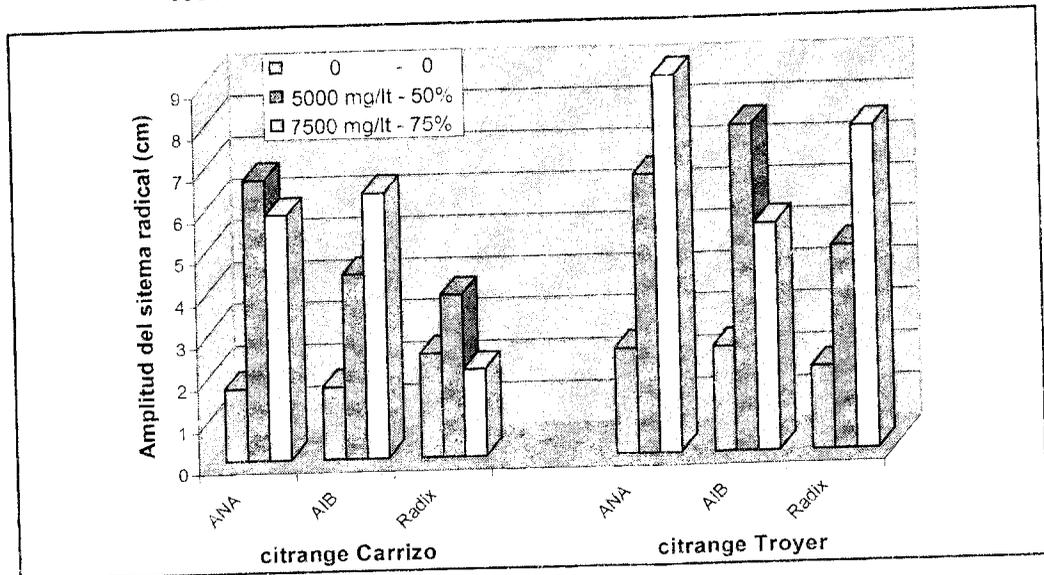


FIGURA 12. Amplitud del sistema radical (cm) en estacas de citrange Carrizo y Troyer, enraizadas por efecto de la aplicación de ANA, AIB y Radix 10000.

5000 y AIB a 7500 mg/lit, con 94 y 84%, respectivamente; por el contrario, el resultado más bajo lo presenta Radix a 75% con 33% de sobrevivencia.

Se observa de forma general que combinaciones con un buen enraizamiento, presentan buena respuesta en sobrevivencia, no así con la aplicación de Radix al 75 % en Carrizo y los testigos, que presentaron un bajo enraizamiento, lo cual puede estar relacionado con la reserva de carbohidratos y responde al criterio de Cheffins (1975) quien considera que la sobrevivencia de las estacas está relacionada con sus reservas de carbohidratos.

### CONCLUSIONES

- ◆ Los resultados indican que bajo las condiciones de la cámara de enraizamiento y el sustrato en que se realizó el experimento, citrange Troyer presentó mejor respuesta que citrange Carrizo.
- ◆ El mejor enraizador fue ANA, con una efectividad promedio de 82% de las estacas enraizadas.
- ◆ Los mejores tratamientos fueron ANA 7500 y 5000 mg/lit, con 100% de enraizamiento, 10.4 y 7.8 raíces por estaca, respectivamente en Troyer y en Carrizo, 88 y 96% de enraizamiento, 8.9 y 8.0 raíces por estaca.
- ◆ La mayor sobrevivencia en vivero correspondió a los tratamientos que tuvieron un mayor número de raíces por estaca.
- ◆ De acuerdo a los resultados obtenidos la producción de portainjertos cítricos a partir de la propagación vegetativa por enraizamiento de estacas, se constituye en una alternativa viable en una situación donde no haya disponibilidad de semilla gámica.

### RECOMENDACIONES

- ❖ De los resultados obtenidos se deriva que para el enraizamiento de estacas de los portainjertos cítricos citrange Carrizo y Troyer, se deben considerar aspectos como procedencia de las estacas, utilizar plantas madres en estado juvenil, con buen estado sanitario, adecuado nivel nutricional y buena reserva de carbohidratos en tallos y hojas. Además de prácticas como el uso de estacas con 20 cm de longitud, con 6 a 8 hojas, 2 a 3 heridas longitudinales en la base de la estaca, desinfectadas por inmersión en una solución con fungicida de contacto y aplicación basal de ANA en concentración de 7500 y 5000 mg/lit.
- ❖ Establecerlas en un sustrato con adecuadas condiciones físicas,

que permita una buena aereación y retención de humedad, y con un pH y contenido de Ca que no interfiera con el desarrollo del proceso de enraizamiento.

- ❖ Mantenerlas en una cámara de enraizamiento con 95 a 100% de humedad relativa, temperatura máxima de 35.8°C, mínima de 18 a 24°C, y en el sustrato de 23.8°C.
- ❖ Esto permitirá la obtención de una respuesta de enraizamiento y sobrevivencia superior al 95 %.

### BIBLIOGRAFÍA

- ARELLANO OSTOA, G; VILLEGAS M, A.; ARELLANO H, G. 1996. Enraizamiento de estacas con hojas de citrange Carrizo. *En XVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitogenética*. Montecillo, Edo. Méx. p. 36.
- BRADFIELD, E.G.; SPENCER, D. 1965. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops: Determination of magnesium, zinc and copper by atomic absorption spectroscopy. *J. Sci. Food. Agr.* 16: 33-38.
- CHAPMAN, H. 1973. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. México. Ed. Trillas. 195 p.
- CHEFINS, N.J. 1975. Nursery practice in relation to the carbohydrate resource of leafless hardwood cuttings. *Comb. Proc. Inter. Plant Propagators. Soc.* 25: 190-193.
- DANOS, E.; PLATA, M. I.; GAGLIANO, E. E.; MAYDANA, A. I. 1992. Vegetative propagation of citrus rootstock and scion cultivar by rooting of stem cuttings. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1: 321-322.
- FERGUSON, J.; YOUNG, M.; HALVORSON, J. 1985. The propagation of citrus rootstocks by stem cutting. *Proc. Flo. State Hort Soc.* 98: 39-42.
- FORTES, V. B.; ALVES DS., R.; SALIBE, A. 1988. Enraizamiento de estacas de diferentes especies de citros. *En IX Congreso Brasileiro de Fruticultura*. pp. 367-373.
- PADRO, A.; MULAS, P. 1987. Influencia del tratamiento con ácido 3-*indol*-butírico en el enraizamiento de estaquillas de clones de *Populus deltoides*.
- PLATT, R. G.; OPITZ, K. W. 1973. Propagation of citrus. *In W. Reuther (ed). The Citrus Industry*. Vol.III. Univ. Calif. Berkeley. pp. 1-47.
- ROCHA PEÑA, M.; PEÑA DEL RÍO, M. 1992. Situación actual del virus de la tristeza de los cítricos

- y su vector, el áfido *Toxoptera citricida*, en América. Revista Mexicana de Fitopatología 10 (2): 96-102.
- VILLEGAS, M, A.; ARELLANO, O., G.; ARELLANO, G.; ROBLES, A. 1996. Enraizamiento de estacas de los portainjertos citrange Carrizo y Troyer. Colegio de Postgraduados. En IV Simposio Internacional y Primer Taller Regional sobre Sistemas de Producción en Cítricos. Tuxpan, México. pp. 100-103.
- WEAVER, R. J. 1984. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Coutin Agustín. Ed. Trillas. México. 622 p.
- ZEYEN, R.J.; BERGER, R.H. 1990. Is the concept of short retention timer of aphid-borne non persistent plant viruses sound? Phytopathology 80: 769-771.