

DISTRIBUCIÓN, CONCENTRACIÓN Y CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN MANZANO cv AGUA NUEVA II

DISTRIBUTION, CONCENTRATION AND CONTENT OF NUTRIENTS ON APPLE cv AGUA NUEVA II

Rafael Ángel Parra Quezada^{1*}, Alberto Enrique Becerril Román², Alberto Castillo Morales², José de Jesús Martínez Hernández², Cándido López Castañeda² y Ramón Marcos Soto Hernández²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Programa de Frutales, Hidalgo Núm. 1213, Cd. Cuauhtémoc, Chih., Tel y Fax 01 (625) 582-3110, Correo electrónico: rapq@infosel.net.mx. ² Colegio de Postgraduados, Especialidad en Fruticultura, Estadística, Hidrociencias, Genética⁵ y Botánica, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel. 01(595) 952-0200.

*Autor responsable

RESUMEN

Se estudió la distribución de materia seca, la concentración y el contenido de nutrimentos en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad en condiciones de campo, injertados en dos posiciones (22 y 5 cm), sobre los portainjertos MM.106 y MM.111. En noviembre de 1996 se extrajeron las plantas completas y se encontró que la distribución de materia seca está influenciada por la posición del injerto, pero no por el portainjerto. La mayor proporción de materia seca se presentó en el tallo del portainjerto, con 61 y 42 %, seguido por el cultivar con 18 y 31 %, y en la raíz fue de 21 y 28 %, para la injertación alta y baja respectivamente. Las máximas concentraciones de los nutrimentos estudiados (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) se presentaron en hojas y raíces jóvenes, y las menores concentraciones en los tallos del cultivar y el portainjerto.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh, altura de injertación, portainjerto, materia seca, estado nutrimental.

SUMMARY

Dry matter and nutrients distribution were studied in two years old apple trees cv. Agua Nueva II, grafted at two heights (22 and 5 cm) on MM.106 and MM.111 rootstocks. The trees were harvested and dissected on November, 1996. Dry matter distribution was affected by graft position, but not by rootstock. The highest dry matter accumulation was in the rootstock stems with 61 and 42 %, whereas the cultivar stem values were 18 and 31 %; in the roots the proportions were 21 and 28 %, at high and low grafting heights, respectively. The highest nutrient concentrations were found in leaves and roots, and the lowest in cultivar and rootstocks stems.

Index words: *Malus domestica* Borkh, graft level, rootstock, dry matter, nutrient status.

INTRODUCCIÓN

La distribución, concentración y contenido de nutrimentos en los diferentes órganos de la planta es influida por la edad del tejido (Menzel *et al.*, 1992), por la velocidad de

crecimiento, el vigor del portainjerto (Strong y Miller-Azarenko, 1991; Stuttle *et al.*, 1994) y la humedad en el suelo (Steinberg *et al.*, 1990). En manzano, el portainjerto influye en el control del vigor y en la producción de la parte aérea (Parra y Guerrero, 1994), y también en la absorción y el transporte del agua y nutrimentos del suelo hacia la parte aérea, aspecto que todavía no está totalmente entendido (Buwalda y Lenz, 1992), y menos aún en elementos como Fe, Cu, Zn y Mn.

Soumelidou *et al.* (1994) encontraron que en M.9 el transporte basípeto de auxinas fue de 8 mm h⁻¹, mientras que en MM.111 fue de 11 mm h⁻¹, lo que tal vez contribuye a un mayor efecto enanizante en M.9. Según Simons (1986), la unión del injerto puede bloquear el transporte de nutrimentos y otras sustancias del crecimiento hacia la parte aérea, bloqueo que contribuye al efecto enanizante.

En portainjertos enanizantes, la altura de la unión del injerto influye sobre el tamaño del árbol; sin embargo, es común encontrar huertos con diferente altura del injertación, aunque se recomienda una altura menor a 5 cm sobre el nivel del suelo. Al respecto, Barritt *et al.* (1993) indican que al injertar sobre M.9 a 10 cm arriba del suelo, el tamaño se reduce en un 10 %, pero si el injerto se hace a 30 cm de altura, el vigor se reduce en 30 %, en ambos casos comparados con árboles cuya unión se hizo a nivel del suelo.

Al estudiar la concentración de nutrimentos en el xilema, Jones (1976) encontró que para N, P, K, Ca y Mg las concentraciones fueron hasta 100 % más altas debajo de la unión del interinjerto que arriba del mismo en los portainjertos más enanizantes como M.9, pero estos valores dis-

minuyen a medida que el portainjerto es más vigoroso como es el caso de MM.104 y M.7.

El objetivo del presente trabajo fue conocer el efecto de la posición del injerto del cv. Agua Nueva II sobre los portainjertos MM.106 y MM.111, en la distribución de materia seca y en el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn en los diferentes órganos de la planta en árboles de dos años de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en el Huerto San José, del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Méx., localizado a una altitud de 2250 m, 19° 29' LN y 98° 54' LO; la temperatura máxima promedio es de 24.7 °C, con una precipitación anual de 685 mm, 88 días con lluvia apreciable, 148 días despejados, 4 días con granizo y 22 días con heladas (Servicio Meteorológico Nacional, 1996).

Las características edáficas del lote experimental corresponden a una textura franco-arenosa, con 61 % de arena y 19 % de arcilla; pH de 6.37; conductividad eléctrica de 0.14 mmhos cm⁻¹; capacidad de intercambio catiónico de 9.41 meq 100 g⁻¹; 0.73 % de materia orgánica; 0.9 mg g⁻¹ de N; 40.42 µg g⁻¹ de P; 0.97 meq 100 g⁻¹ de K; 6.06 meq 100 g⁻¹ de Ca, y 3.12 meq 100 g⁻¹ de Mg.

Las características del agua de riego son: pH de 6.7; conductividad eléctrica de 0.34 ds m⁻¹; 2.92 meq L⁻¹ de HCO₃⁻; 0.51 meq L⁻¹ de Cl⁻; 0.04 meq L⁻¹ de SO₄²⁻; tasa de aniones solubles de 3.47 meq L⁻¹; 0.78 mg L⁻¹ de Ca²⁺; 1.21 mg L⁻¹ de Mg²⁺; 0.15 mg L⁻¹ de K⁺; 0.72 mg L⁻¹ de Na⁺; tasa de cationes solubles de 2.78 mg L⁻¹, y una relación de sodio de 0.68 meq L⁻¹.

Se utilizaron manzanos cv. Agua Nueva II, injertados en dos posiciones (alta 22 cm y baja 5 cm) sobre los portainjertos MM.106 y MM.111, de dos años de edad, plantados a una distancia de 2 x 2 m, conducidos en líder central.

En agosto de 1996 se muestrearon hojas maduras de la parte media del brote para determinar la concentración de nutrimentos. En noviembre del mismo año se cosecharon las plantas completas y se dividieron en sus diferentes órganos: hojas, tallo del cultivar de un año, tallo del cultivar de dos años, tallo del portainjerto arriba del nivel del suelo, tallo del portainjerto abajo del nivel del suelo, raíces mayores y menores de 2 mm de diámetro. Las variables evaluadas fueron peso seco, concentración y contenido de nutrimentos en cada órgano de la planta.

En ambos muestreos el material se lavó con agua corriente, se enjuagó con agua destilada y finalmente con

agua desionizada; posteriormente se puso el material en la estufa a 70 °C hasta registrar peso constante (24 a 48 horas para hojas y raíces delgadas y hasta 144 horas para tallos y raíces gruesas). El material seco se molió y se pasó por una malla # 20, y se determinó la concentración de los siguientes nutrimentos: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn, en los órganos de la planta. El N se determinó por el método de microkjeldahl. El P se determinó por el método colorimétrico de vanadato amarillo. El K se determinó por emisión atómica. El Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn se determinaron por el método de absorción atómica.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos (2 x 2), con cinco repeticiones y un árbol como unidad experimental. Los factores fueron: 1) posición del injerto (alta, 22 cm y baja, 5 cm) y 2) portainjertos (MM.106 y MM.111).

En cada variable se realizó un análisis de varianza que permitió comparar el efecto de los tratamientos; cuando las diferencias fueron significativas, se compararon las medias utilizando la prueba de Tukey (0.05). La información se analizó utilizando el paquete COSTAT (1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de materia seca

Esta variable fue afectada por la posición del injerto pero no por el tipo de portainjerto, con diferencias significativas en la parte aérea y bajo el suelo para el tallo del portainjerto. La mayor cantidad de materia seca se encontró en el tallo; le siguieron en menor proporción las raíces (> y < de 2 mm de diámetro) y finalmente las hojas (Figura 1), resultados que concuerdan con los de Strong y Miller-Azarenko (1991). Cabe indicar que hubo un balance más equitativo de materia seca en plantas injertadas en la posición baja (42 % portainjerto, 31 % cultivar y hojas, y 28 % raíces). En comparación con plantas injertadas en posición alta (61 % portainjerto, 18 % cultivar y hoja, y 21 % raíces). Además, la posición baja de injertación tiene el doble de materia seca en hojas que la posición alta, lo que sugiere una mayor capacidad para realizar fotosíntesis, y en consecuencia, mayor disponibilidad de carbohidratos. Similarmente, Barritt *et al.* (1993) observaron que a mayor altura de injertación en portainjertos enanizantes, el vigor de la planta (cultivar) es menor.

Concentración de nutrimentos en los órganos de la planta

Muestreo de agosto (hojas). Se encontraron diferencias significativas entre portainjertos para Fe y Cu, donde des-

taca MM.106 en ambos nutrientes, con concentraciones satisfactorias para Fe pero no para Cu (Faust, 1989). Para el efecto altura del injerto se encontraron diferencias significativas en Mn y Cu, donde destaca en Mn la posición alta de injertación y para Cu la posición baja del mismo (Cuadro 1).

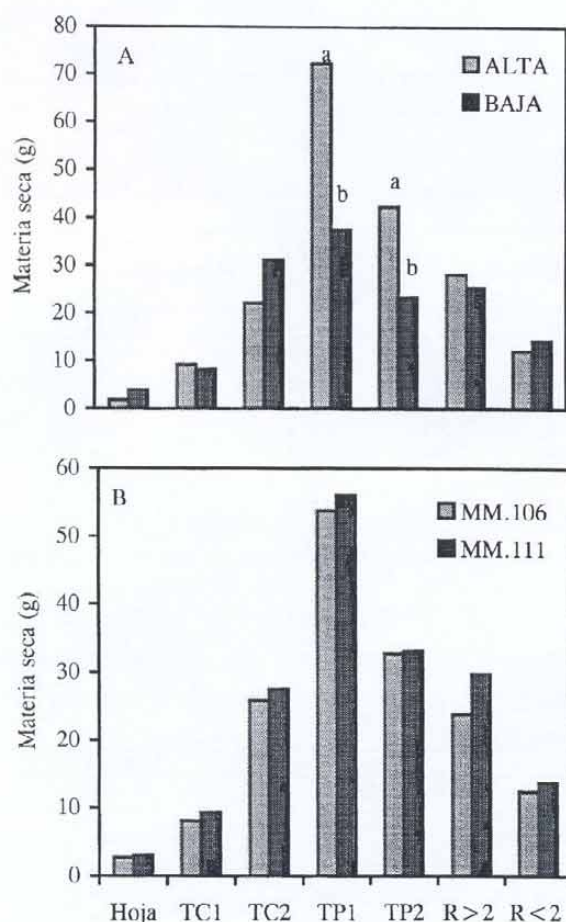


Figura 1. Distribución de materia seca en el cv. Agua Nueva II afectada por la posición del injerto (A) y el portainjerto (B) en Montecillo, México. (Barras sin letras en cada órgano de la planta son estadísticamente iguales, de acuerdo con Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del Portainjerto parte aérea; TP2=Tallo del Portainjerto bajo el suelo; R>2=Raíces mayores de 2 mm; R<2=Raíces menores de 2 mm.

Para el caso de Cu los niveles encontrados son deficientes, con concentraciones menores de $4 \mu\text{g g}^{-1}$ de materia seca (ms), no así para Mn (Faust, 1989), nutriente que generalmente se encuentra en concentraciones de toxicidad donde el pH es bajo y en portainjertos enanizantes con los cultivares del grupo Delicious. En el caso de Cu, el portainjerto MM.106 en la posición baja del injerto, aunque presentó las concentraciones mas altas, fueron en el intervalo de deficiencia, en concordancia con la sintomatología visual presentada en campo, donde los brotes mas jóvenes

se doblaron y marchitaron y las hojas se enrollaron hacia arriba. Para el resto de los nutrientes y para las interacciones no se encontraron diferencias significativas.

Muestreo de noviembre (planta completa). La máxima concentración de N, K, Mg, Fe, Cu y Mn ocurrió en hojas y raíces menores de 2 mm de diámetro. En órganos más leñosos, como tallo del cultivar del año en curso y raíces mayores de 2 mm de diámetro, la concentración fue más baja; los niveles mínimos alcanzados se presentaron en el tallo del cultivar de dos años, y en el tallo del portainjerto que está arriba y abajo del nivel del suelo (Cuadros 2 a 6), en concordancia con Menzel *et al.* (1992) y Harvey y van Den Driessche (1997). Esta distribución de los nutrientes no fue afectada por la posición del injerto, ni por el tipo de portainjerto, ya que sólo en algunos órganos de la planta se presentaron diferencias significativas entre los niveles de los factores estudiados.

Los nutrientes que no siguieron una distribución similar fueron P, Ca y Zn. La concentración de P en los diferentes órganos de la planta fueron similares entre sí, en los dos factores estudiados; sólo en las hojas se encontraron diferencias significativas entre portainjertos a favor de MM.106 (Cuadro 2). La concentración de Ca en los diferentes órganos de la planta siguió una distribución ascendente de la raíz a la hoja, con una acumulación en el órgano que está debajo de la unión del injerto (tallo del portainjerto), ya que después de ella hay una menor concentración, para luego ascender y alcanzar los máximos valores en la hoja (Cuadro 4). Las mayores concentraciones de Zn se presentaron en las raíces, las menores en órganos leñosos (tallo del cultivar de dos años y del portainjerto) y una concentración intermedia en tallo del cultivar de un año y hojas (Cuadro 6), lo que indica que la absorción es buena, pero la translocación de este nutriente a la hoja es deficiente, como afirma Jones (1976).

Contenido de nutrientes en los órganos de la planta

El contenido de los nutrientes estudiados está en función de la materia seca acumulada en cada órgano de la planta (Cuadros 7 a 11). En la mayoría de los casos el contenido de los nutrientes en los tallos del portainjerto de la parte aérea fue mucho mayor que en el tallo del cultivar de dos años, lo que indica que hay una fuerte influencia de la unión del injerto y la posición del mismo en la acumulación de nutrientes. Además, en todos los nutrientes hubo un mayor porcentaje de contenido en tallo del portainjerto de la parte aérea que en el tallo del cultivar de dos años, lo que está asociado a una reducción del vigor, posiblemente por obstrucción en el transporte nutricional a

Cuadro 1. Concentración de micronutrientes en la hoja afectada por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad. Agosto de 1996^a.

Factor	Nivel	Concentración ($\mu\text{g g}^{-1}$ de ms)			
		Fe	Cu	Zn	Mn
Posición del injerto	Alta	128.6a [†]	2.1b	12.1a	112.9a
	Baja	127.5a	3.1a	13.7a	74.2b
Portainjerto	MM.106	159.8a	3.6a	10.8a	81.2a
	MM.111	96.3b	1.7b	14.9a	105.9a

^aPromedio de concentración en hojas de cinco plantas.[†]Medias de niveles y factores para cada nutriente con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Concentración de N y P en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	N (mg g^{-1})				P (mg g^{-1})			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	16.07a [†]	15.43a	15.78a	15.72a	2.54a	2.53a	2.58a	2.50b
TC1	10.19a	11.37a	10.24a	11.31a	2.52a	2.55a	2.55a	2.52a
TC2	5.66a	5.54a	5.66a	5.54a	2.61a	2.51a	2.62a	2.60a
TP1	6.00a	5.94a	6.44a	5.99a	2.59a	2.59a	2.61a	2.57a
TP2	9.07a	9.74a	10.02a	8.79a	2.59a	2.54a	2.58a	2.55a
R > 2 mm	10.98a	9.07b	10.52a	9.52a	2.53a	2.57a	2.53a	2.57a
R < 2 mm	12.82a	12.32a	13.55a	11.59b	2.53a	2.59a	2.57a	2.55a

[†]Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 3. Concentración de K en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	K (mg g^{-1})			
	Posición del injerto		Portainjerto	
	Alta	Baja	MM.106	MM.111
Hoja	13.55a [†]	14.25a	14.13a	13.66a
Tallo cultivar de un año	7.66a	7.89a	7.66a	7.78a
Tallo cultivar de dos años	5.32a	5.43a	5.36a	5.38a
Tallo Portainjerto parte aérea	4.30a	4.46a	4.27a	4.48a
Tallo Portainjerto raíz	4.18a	4.02a	4.04a	4.16a
Raíz mayor de 2 mm de diámetro	6.92a	6.29a	6.74a	6.48a
Raíz menor de 2 mm de diámetro	7.95a	7.62a	8.07a	7.50a

[†]Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 4. Concentración de Ca y Mg en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	Ca (mg g^{-1})				Mg (mg g^{-1})			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	11.91a [†]	11.59a	11.88a	11.63	5.00a	4.63a	4.94a	4.69a
TC1	10.13a	10.18a	9.76a	10.54	2.24a	2.24a	2.06a	2.41a
TC2	4.95b	6.09a	5.39a	5.65	1.30a	1.21a	1.24a	1.28a
TP1	5.90a	6.74a	6.26a	6.38	1.79a	1.73a	1.73a	1.79a
TP2	5.75b	7.40a	6.56a	6.59	1.38a	1.60a	1.40a	1.78a
R > 2 mm	5.65a	5.27a	4.91a	6.00	1.79a	1.73a	1.73a	1.79a
R < 2 mm	4.21a	4.69a	4.29a	4.61	2.01a	1.96a	2.04a	1.94a

[†]Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz; > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 9. Contenido de Ca y Mg en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	Ca (mg)				Mg (mg)			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	32.7a ¹	45.2a	34.2a	43.6a	13.8a	17.5a	13.9a	17.3a
TC1	94.8a	87.2a	80.7a	101.3a	20.8a	18.7a	16.6a	22.9a
TC2	110.1b	192.2a	143.3a	159.0a	28.3a	37.1a	30.8a	34.5a
TP1	424.8a	258.1b	328.6a	354.2a	97.6a	51.5b	70.4a	78.8a
TP2	251.5a	172.1a	207.0a	216.6a	58.7a	36.3b	45.7a	49.2a
R > 2 mm	155.3a	123.5a	117.9a	160.9a	49.3a	41.1a	40.6a	49.8a
R < 2 mm	51.1 a	63.5a	53.9a	61.1a	24.3a	28.3a	25.5a	27.1a
Total	1121a	942b	966a	1097a	293a	231b	244b	279a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 10. Contenido de Fe y Cu en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	Fe (mg)				Cu (mg)			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	1.2a ¹	1.85a	1.44a	1.60a	0.011a	0.015a	0.011a	0.015a
TC1	1.8a	1.75a	1.79a	1.79a	0.036a	0.029a	0.029a	0.036a
TC2	2.3a	4.09a	3.58a	2.77a	0.086a	0.087a	0.068a	0.105a
TP1	8.5a	5.86a	7.53a	6.82a	0.162a	0.097b	0.123a	0.135a
TP2	9.5a	5.34b	7.18a	7.63a	0.103a	0.058b	0.078a	0.083a
R > 2 mm	10.6a	8.78a	11.43a	7.89a	0.080a	0.061a	0.059a	0.081a
R < 2 mm	5.2a	5.42a	5.66a	4.94a	0.037a	0.041a	0.037a	0.041a
Total	39.1a	33.09a	35.07a	36.99a	0.514a	0.388a	0.406a	0.496a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 11. Contenido de Zn y Mn en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	Zn (mg)				Mn (mg)			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	0.039a ¹	0.068a	0.052	0.055a	0.470a	0.413a	0.283a	0.600a
TC1	0.092a	0.153a	0.116	0.129a	0.527a	0.364a	0.341a	0.550a
TC2	0.123a	0.229a	0.189	0.163a	0.684a	0.872a	0.632a	0.924a
TP1	0.401a	0.269a	0.365	0.306a	2.279a	1.101b	1.558a	1.821a
TP2	0.292a	0.388a	0.399	0.281a	1.253a	0.540b	0.816a	0.978a
R > 2 mm	0.464a	0.466a	0.473	0.456a	0.838a	0.557a	0.559a	0.836a
R < 2 mm	0.260b	0.418a	0.334	0.344a	0.534a	0.419a	0.546a	0.408a
Total	1.672a	1.992a	1.928a	1.736a	6.586a	4.266a	4.736a	6.116a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 5. Concentración de Fe y Cu en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)				Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	451a ¹	539a	502a	489a	4.06a	4.05a	3.86a	4.25a
TC1	203a	209a	222a	190a	3.85a	3.60a	3.65a	3.80a
TC2	110a	139a	146a	102a	3.35a	2.80a	2.65a	3.50a
TP1	119a	153a	149a	123a	2.25a	2.50a	2.35a	2.40a
TP2	220a	225a	220a	225a	2.45a	2.45a	2.55a	2.35a
R > 2 mm	377a	407a	333a	425a	2.80a	2.60a	2.60a	2.80a
R < 2 mm	454a	409a	474a	488a	3.05a	3.05a	3.00a	3.10a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 6. Concentración de Zn y Mn en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)				Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	15.5a ¹	18.1a	17.9a	15.6a	144.0a	102.0b	97.0b	148.0a
TC1	9.9b	17.6a	14.5a	13.1a	53.4a	42.6a	41.5b	54.5a
TC2	5.6a	7.3a	7.5a	5.6a	31.5a	26.7a	26.6a	31.6a
TP1	5.6a	7.0a	7.0a	5.6a	32.8a	27.7a	30.9a	29.5a
TP2	6.9b	16.7a	14.7a	9.0b	30.7a	21.9b	26.1a	26.5a
R > 2 mm	18.1a	22.9a	21.3a	18.7a	28.6a	24.2a	25.5a	27.3a
R < 2 mm	21.3b	30.5a	26.0a	25.8a	46.2a	27.9b	44.1a	30.0a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 7. Contenido de N y P en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	N (mg)				P (mg)			
	Posición del injerto		Portainjerto		Posición del injerto		Portainjerto	
	Alto	Bajo	MM.106	MM.111	Alto	Bajo	MM.106	MM.111
Hoja	46.4a ¹	66.7a	50.7a	82.4a	7.1a	10.2a	7.8a	9.6a
TC1	93.1a	92.1a	81.3a	103.9a	23.5a	21.2a	20.9a	23.8a
TC2	126.8a	179.0a	146.2a	158.6a	57.9a	81.8a	66.3a	71.4a
TP1	466.8a	220.7b	341.3a	345.9a	187.1a	97.2b	140.7a	143.6a
TP2	372.4a	227.8b	306.9a	293.3a	107.7a	60.8b	84.3a	84.2a
R > 2 mm	305.7a	222.3a	235.7a	292.3a	72.2a	65.5a	60.9a	76.8a
R < 2 mm	153.8a	182.8a	174.2a	162.4a	30.7a	36.4a	31.9a	35.1a
Total	1564a	1192b	1336a	1419a	486a	373b	415a	444a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). TC1=Tallo del cultivar de un año; TC2=Tallo del cultivar de dos años; TP1=Tallo del portainjerto parte aérea; TP2=Tallo portainjerto raíz; R=Raíz > y < de 2 mm de diámetro.

Cuadro 8. Contenido de K en diferentes órganos de la planta afectados por la posición del injerto y el portainjerto en el cv. Agua Nueva II de manzano de dos años de edad.

Órgano	K (mg)			
	Posición del injerto		Portainjerto	
	Alta	Baja	MM.106	MM.111
Hoja	39.6a ¹	61.7a	45.7a	55.8a
Tallo cultivar de un año	70.9a	85.7a	83.2a	73.4a
Tallo cultivar de dos años	115.9a	166.9a	134.0a	150.1a
Tallo Portainjerto parte aérea	309.2a	168.0b	227.9a	249.2a
Tallo Portainjerto raíz	177.3a	93.4b	133.3a	137.4a
Raíz mayor de 2 mm de diámetro	191.7a	154.6a	159.4a	186.8a
Raíz menor de 2 mm de diámetro	95.2a	108.3a	100.4a	103.0a
Total	999.7a	820.5b	864.8a	955.6a

¹Medias con la misma letra para los dos niveles en cada factor, en cada órgano de la planta, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

nivel de la unión del injerto, como lo indica Jones (1976). Debe considerarse que la absorción y transporte de agua y nutrimentos hacia la parte aérea es resultado de la interacción entre portainjerto, interinjerto y cultivar (Webster, 1994).

En el contenido total de nutrimentos en la planta se encontraron diferencias significativas para N, P, K, Ca y Mg, pero no para Fe, Cu, Zn y Mn, donde destacó el efecto de la posición del injerto alto en todos los casos (Cuadros 7 a 11). Estas diferencias se atribuyen al tallo del portainjerto, que es donde se manifestaron diferencias significativas a nivel de órgano.

CONCLUSIONES

Las hojas y raíces presentaron las mayores concentraciones de N, K, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn.

Las concentraciones de Ca y Zn disminuyeron al aumentar la altura del injerto.

La mayor cantidad de materia seca se presentó en los órganos leñosos del portainjerto y del cultivar.

El contenido de los nutrimentos estudiados fue mayor abajo del injerto que arriba del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barritt, B.H., B.S. Konishi, and M.A. Dilley. 1993. Dwarfing apple rootstocks. *Good Fruit Grower* 44(3):22-25.
- Buwalda, J.G. and F. Lenz. 1992. Effects of cooping, nutrition and water supply on accumulation and distribution of biomass and nutrients for apple trees on M.9 root systems. *Physiol. Plant.* 84:21-28.
- COSTAT. 1989. CoStat 3.03, CoHort Software, P.O. Box 1149, Berkeley, CA 94701, USA.
- Faust, M. 1989. *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. John Wiley and Sons, Toronto, Canada. 338 p.
- Harvey, H.P. and R. van Den Driesscher. 1997. Nutrition, xylem cavitation and drought resistance in hybrid poplar. *Tree Physiol.* 17:647-654.
- Jones, O.P. 1976. Effect of dwarfing interstocks on xylem sap composition in apple trees: effects on nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium content. *Ann. Bot.* 40:1231-1235.
- Menzel, C.M., D.R. Simpson, and G.F. Haydon. 1992. Partition of nutrients in bearing lychee trees. *Acta Hort.* 321:535-540.
- Parra Q., R.A. y V.M. Guerrero P. 1994. Influencia de portainjertos clonales para manzano sobre comportamiento, dimensiones y producción del árbol. Folleto Científico Núm. 2. INIFAP, CIR-NOC. 21 p.
- Simons, R.K. 1986. Graft-Union characteristics as related to dwarfing in apple (*Malus domestica* Borkh). *Acta Hort.* 160:57-66.
- Soumelidou, K., D.A. Morris, N.H. Battey, J.R. Barnett and P. John. 1994. Auxin transport capacity in relation to the dwarfing effect of apple rootstocks. *J. Hort. Sci.* 69(4):719-725.
- Steinberg, S.L., J.C. Miller, and M.J. McFarland. 1990. Dry matter partitioning and vegetative growth of young peach trees under water stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 17:23-36.
- Strong, D. and A. Miller-Azarenko. 1991. Dry matter partitioning in "Starkspur Supreme Delicious" on nine rootstocks. *Fruit Var. J.* 45:238-241.
- Stutte, G.W., T.A. Baugher, S.P. Walter, D.W. Leach, D.M. Glenn and T.J. Towrski. 1994. Rootstocks and training system affect dry matter and carbohydrates distribution in "Golden Delicious" apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(3):492-497.
- Webster, T. 1994. Rootstock and interstock effects on Delicious fruit tree growth and cropping. *Compact Fruit Tree* 27:5-16.