

DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA Y NUTRIMENTOS EN ÁRBOLES DE LIMÓN 'PERSA' (*Citrus latifolia* Tan.) EN VERACRUZ, MÉXICO

E. Contreras-Morales¹; G. Almaguer-Vargas^{2¶};
J. R. Espinoza-Espinoza²; R. Maldonado-Torres³;
E. Álvarez-Sánchez³

¹Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario de Mizantla, Veracruz. MÉXICO.

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

Correo-e: almaguervargas@hotmail.com ([¶]Autor responsable)

³Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en dos huertas de limón 'Persa' cada una en diferente tipo de suelo, con la finalidad de conocer la distribución de materia seca y nutrientes en los órganos de cítricos y determinar su estado nutricional. La huerta 1 de 12 años de edad estaba creciendo en suelo arcillo-migajón arenoso y la huerta 2, de 9 años de edad, en suelo arcilloso. El método de estudio consistió en extraer completamente cuatro árboles por huerta y fraccionarlos en sus diferentes órganos: hoja, flor, fruto, ramas, tronco y raíces. Las variables determinadas fueron: peso fresco y peso seco de cada órgano. Se determinó la concentración de nutrientes por análisis químicos: N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn y Zn. Los datos de ambas huertas fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparación de medias por separado. Las raíces fibrosas (< 1 mm de diámetro) para ambas huertas presentaron concentraciones altas de micronutrientes destacando Fe y Mn. Para ambas huertas los nutrientes extraídos en mayor cantidad por el fruto fueron K y Ca; y en menor cantidad Zn y Cu. Con relación a la distribución de biomasa, el tronco y ramas aportaron el 60.32 %; el conjunto de raíces el 26.93 % y las hojas el 9.41 % de la materia seca total del árbol, mientras que el N en hojas representó el 17.5 % del total de la planta, en la huerta 1. Esto representó 1.85 veces más de nitrógeno, con relación al peso seco de las hojas. Datos similares se tuvieron en la huerta 2. Para ambas huertas el Cu y el N fueron los nutrientes más requeridos.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: biomasa, distribución nutricional, DRIS, hojas, ramas, raíces, fruto.

DRY MATTER AND NUTRIENT DISTRIBUTION IN 'PERSA' LEMON TREES (*Citrus latifolia* Tan.) IN VERACRUZ, MEXICO

ABSTRACT

The present study was carried out in two 'Persa' lemon orchards, each one with a different soil type, with the objective of understanding dry matter and nutrient distribution in citrus organs and determining their nutritional value. Orchard 1, 12-years-old, was growing in a clay-sandy soil; and Orchard 2, 9-years-old, in a clay soil. The method of study consisted of extracting four whole trees per orchard to divide each one of them into its different organs: leaves, flowers, fruits, branches, trunk, and roots. The variables measured included fresh and dry weight of each organ. We determined nutrient concentration using chemical analysis: N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, and Zn. Data from both orchards underwent analysis of variance and mean comparison tests separately. Fibrous roots (< 1 mm diameter) for both orchards presented high micronutrient concentrations, particularly Fe and Mn. For both orchards, nutrients extracted in higher quantity by the fruit were K and Ca; and Zn and Cu in less quantity. Regarding biomass distribution, trunk and stems provided 60.32 %, roots represented 26.93 %, and leaves 9.41 % of tree total dry matter; while leaf N represented 17.5 % of the total plant in Orchard 1. This represented 1.85 times more nitrogen in relation to leaf dry weight. Similar data were obtained from Orchard 2. Cu and N were the most required nutrients in both orchards.

ADDITIONAL KEY WORDS: biomass, nutrient distribution, DRIS, leaves, branches, roots, fruit.

INTRODUCCIÓN

Para tener información científica del requerimiento nutricional de los árboles frutales y generar dosis de fertilización más adecuadas, es necesario conocer la distribución de la materia seca y la extracción de nutrimentos por los diferentes órganos. Al respecto, se han propuesto relaciones para estimar las dosis de fertilizantes requeridas por un cultivo, considerando la demanda de nutrimentos de los diferentes órganos de la planta menos el suministro del suelo, entre la eficiencia del fertilizante, en las condiciones específicas de manejo del cultivo. Estas relaciones establecen que cuando la cantidad de nutrimentos suministrada por el suelo es inferior a la demandada por el cultivo para alcanzar un rendimiento dado, se precisa aplicar fertilizantes (Etchevers, 1987; Szucs, 1997). Ambos autores establecen que la cantidad de nutrimentos extraídos por las plantas para producir el fruto, follaje, tallos y raíces, son valores indispensables para conocer la cantidad de nutrimentos retirados de las reservas del suelo y por lo tanto, la cantidad de fertilizante que debe suministrarse.

Smith (1966) y Chapman (1968) presentaron resultados de varios análisis químicos de componentes de la biomasa de árboles de cítricos, indicando las cantidades, proporciones y distribución de nutrimentos en las fracciones que componen la planta. Determinaron que existe una concentración nutricional diferencial para macro y micronutrimentos de acuerdo al órgano del cual se trate, destacando que las raíces presentan altos contenidos de micronutrimentos, excepto de B, en comparación de otros órganos. Respecto a macronutrimentos, las mayores concentraciones para Ca están en ramas y tallos; N, P y K en frutos, y Mg en hojas. Marchal y Lacoevilhe (1969) determinaron la cantidad de 10 nutrimentos en diferentes órganos de *Citrus sinensis*, con una producción de 80 kg de fruta por árbol así como el porcentaje de materia seca que presentaba cada órgano. El contenido de N total en la planta fue de 438 g y los órganos que presentaron mayor cantidad de N fueron los tallos y ramas, con 157 g; ellos representaron el 48.98 % de materia seca, con relación al total del árbol. Los frutos sólo representaron el 15.80 % de la materia total del árbol, pero tuvieron 156 g de N. En este caso, las raíces representaron sólo un 15.85 % de la materia seca total del cítrico.

Alva *et al.* (1999), para árboles no fructificantes de naranja 'Hamlin', indicaron que la porción leñosa del árbol (tronco y ramas) representó más del 60 % del total del peso de la materia seca, mientras que las hojas contribuyeron con menos del 20 %, y el N en las hojas representa más del 40 % del nitrógeno total del árbol. Esto representó una relación de dos veces más de nitrógeno con relación al peso seco de las hojas. Morgan *et al.* (2006), encontraron de N con relación al peso seco de hojas provenientes de árboles de diferentes edades (No hubo diferencias significativas por efecto de la edad de los árboles), también para naranja 'Hamlin'; Mattos *et al.* (2003a), encontraron una relación de

2.5 de nitrógeno con relación al peso seco de hojas de naranja 'Hamlin' de seis años de edad. Sin embargo, Legaz y Primo-Millo (1998), encontraron 1.3 de nitrógeno, con relación al peso seco de hojas de naranja 'Valencia' de cuatro años de edad.

Por su parte, Feigenbaum *et al.* (1987) encontraron que el tronco y ramas aportaban el 55.4 % de la materia seca total del cítrico, mientras que las raíces, el 24.0 %, los frutos 13.3 % y las hojas 7.3 %. Para árboles no fructificantes, Alva *et al.* (1999) encontraron que las raíces, el tronco, ramas grandes, hojas y ramas pequeñas representan un 28.1, 26.1, 21.2, 18.0 y 7.8 %, respectivamente de la biomasa del árbol. Al respecto, Kato (1986) indicó que el crecimiento vegetativo anual y el rendimiento de frutos cítricos contenían una proporción variable del nutrimento aplicado durante el período de crecimiento; sin embargo, también encontró que una gran cantidad de N en el nuevo crecimiento puede ser removido desde la biomasa más vieja del árbol. Por lo tanto, las reservas de N en hojas y componentes estructurales del árbol juegan un papel importante en el desarrollo de nuevos flujos de crecimiento y flores. La distribución de la materia seca en árboles cítricos varía con el nivel de N en todo el árbol y con el desarrollo del fruto lo cual genera competencia entre los componentes del árbol (Lea-Cox *et al.*, 2001).

Bataglia *et al.* (1978) indicaron que la extracción de nutrimentos (expresada en g·t⁻¹ de fruta fresca) para varios cítricos fue: N 1906, P 173, K 1513, Ca 526, Mg 127, S 137, B 2.2, Cl 24.7, Fe 6.6, Mn 2.8, Mo 0.008, Zn 0.9, Ca 0.003, Na 43.5 y Al 7.6.

Maldonado (1999) menciona, que por cada tonelada de fruta de limón mexicano producida en Michoacán, se extraen 1.86 kg de N, 0.17 kg de P, 2.25 kg de K, 1.05 kg de Ca, 0.13 kg de Mg, 0.17 g de S, 1.34 g de Mn, 4.47 g de Fe, 2.82 g de Zn, 3.44 g de Cu y 3.3 g de B.

Por otra parte, y con la finalidad de interpretar los análisis nutricionales con una base científica para mejorar la recomendación de fertilizantes, se han propuesto índices de balances, entre los que destaca el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), que es un método que utiliza relaciones entre nutrimentos para la interpretación del análisis del tejido en lugar de concentraciones absolutas e individuales (Walworth y Sumner, 1987). Expresa los resultados del diagnóstico nutricional en índices representados en una escala numérica continua, positivos o negativos, que indican el nivel de exceso o deficiencia, respectivamente y el más cercano a cero indica un estado de mayor equilibrio o balance (Walworth y Sumner, 1987).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución de la materia seca y nutrimentos en los órganos de árboles de limón 'Persa' de dos huertas y obtener su estado nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en dos huertas de árboles de limón 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan.) típicas de la región, injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.), que fueron analizados de manera separada.

Huerta 1. Se ubicó en suelo arcillo-migajón arenoso en el ejido 'La Palma' situado a 15 km al norte de Martínez de la Torre, Ver., México, a una altitud de 151 m. Su clima es cálido húmedo con lluvias todo el año, con influencia de monzón, con alta oscilación térmica, una precipitación anual de 1,743 mm y la temperatura media anual es de 24 °C. (García, 1981). Los árboles empleados tenían 12 años de edad y estaban plantados a 6 x 6 m en marco real.

Huerta 2. Se ubicó en suelo arcilloso en el ejido 'La Peña' municipio de Nautla, Ver., México, a una altitud de 10 m y a 40 km al este de Martínez de la Torre, Ver. Tiene un clima cálido húmedo, con una temperatura media anual de 25.5 °C y una precipitación media anual de 1,338 mm (García, 1981). Se emplearon árboles de nueve años de edad plantados a 5 x 5 m en marco real.

Se seleccionaron cuatro árboles por cada huerta, cada árbol fue una unidad experimental y se procuró que fueran iguales en parámetros como la edad, tamaño, vigor, perímetro de tallo, sanidad y carga de fruta. Con relación al manejo agronómico, en ambas huertas se aplicó glifosato dos veces por año para el control de malezas y se realizaron dos fertilizaciones al año, la primera en febrero-marzo y la segunda en julio-agosto (inicio de lluvias) empleando 2 kg de urea al suelo por árbol. Para el control de antracnosis se aplicaron fungicidas a base de cobre y acaricidas (Ethión®) en contra de la araña roja y ácaro blanco. La poda se realizó una vez al año. En el caso de la huerta 1, se aplicaron a fines del mes de octubre de 2002 sustancias promotoras de la brotación (tidiazurón a 300 mg·l⁻¹) para incrementar la producción invernal. Las huertas no contaban con riego.

Para el caso de los órganos, se tomaron completos, por lo que no hubo tamaño de muestra para ellos. Se fraccionaron las plantas en los siguientes órganos:

Tronco o tallo leñoso (muy duro o lignificado), es el que sostenía a las ramas primarias o estructurales.

Rama 1 (R1), ramas primarias que emergían del tronco; se caracterizaron porque no tenían hojas y eran leñosas (muy duras o lignificadas) con un diámetro promedio de 5.58 cm.

Rama 2 (R2), ramas secundarias que emergían de las primarias; se caracterizaban por no presentar hojas y ser leñosas con un diámetro promedio de 3.24 cm.

Rama 3 (R3). Ramas terciarias foliadas que generalmente no presentaban mucho leño; con un diámetro promedio de 2.22 cm.

Rama 4 (R4). Ramas cuaternarias foliadas de consistencia muy flexible, no leñosas; con un diámetro promedio de 1.03 cm.

También se consideró el conjunto de raíces. Los órganos se fraccionaron con tijera, serrucho de poda o motosierra, según su dureza. Asimismo, se separaron manualmente las hojas, flores y frutos. Las raíces se clasificaron en totales, raíz R1 (mayor de 15 mm de diámetro); raíz R2 (con diámetros de 5 a 15 mm); raíz R3, con diámetro de 1 a 5 mm) y raíz R4 (menor a 1 mm de diámetro). Las raíces de cada árbol se obtuvieron de cepas o trincheras de 4 m de largo, 1 m de profundidad y se fueron agrandando en anchura, de acuerdo al tamaño del árbol. Para extraer todas las raíces, al momento de sacar la tierra, se colaba en un cernidor y se separaban las raíces, para posteriormente organizarlas en las cuatro categorías referidas. Se tomaron muestras representativas de cada órgano y se guardaron en refrigeración en bolsas de plástico debidamente etiquetadas. Para su traslado al laboratorio se colocaron en una hielera a aproximadamente 5 °C. Ya en el laboratorio se lavaron con agua de la llave y posteriormente con agua destilada para pasarlas después a la estufa secadora.

Las variables evaluadas para cada órgano, fueron:

a) Peso fresco, que se tomó directamente en campo, conforme se iba fragmentando el árbol, utilizando una balanza comercial.

b) Materia seca. Se determinó colocando cada órgano, previamente pesado en fresco, en una estufa secadora ELISA modelo 293A a 70 °C hasta obtener peso constante. Se empleó una balanza eléctrica OHAUS E4000D de 610 g de capacidad.

c) Materia seca promedio. Se calculó con la materia seca individual de cada órgano y en conjunto para raíces, tallos y tronco, hojas, frutos y flores.

d) Concentración de nutrimentos. Una vez secadas las muestras de los órganos, se prepararon para el análisis fraccionándose y moliéndose en un molino de cuchillas de acero inoxidable Thomas Willey Mill modelo ED-5. Se tomaron 0.5 g del tejido seco y molido, pesados en balanza eléctrica Sartorius modelo BL610; luego se colocaron en un matraz de digestión adicionándole 4 ml de mezcla diácida (4:1 de ácido sulfúrico y ácido perclórico), más 2 ml de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada al 30 %) para acelerar la reacción y después el matraz se colocó en una estufa de digestión Lindenberg SB a 260 °C, hasta que se obtuvo un extracto (digestado) transparente y cristalino que

se aforó con agua a 50 ml, quedando listo para los análisis posteriores de nutrimentos por órgano, por los métodos siguientes (Alcántar y Sandoval, 1999). Nitrógeno se determinó por el método Khejdahl. Para obtener el N total por planta, se obtuvo el promedio de N de los órganos y se multiplicó por el peso seco total promedio de las plantas. Fósforo se determinó por fotolorimetría de vanadato-molibdato (amarillo) leído en espectrofotómetro Spectronic 20. Potasio se determinó por flamometría leído en flamómetro Corning modelo 410. Calcio, magnesio, cobre, hierro, zinc y manganeso se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica. Boro por el método de la azometina-H. Se analizaron muestras de suelo en cada huerta considerando tres estratos de profundidad (0-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm) y se determinaron las siguientes características (Etchevers, 2001): La textura se determinó por el método de Bouyoucos. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black. El pH se determinó en una mezcla relación 1:2 suelo-agua con potenciómetro. La conductividad eléctrica se midió en el extracto para pH con un aparato Hanna Modelo 991201. La capacidad de intercambio catiónico se determinó mediante la técnica de acetato de amonio. El N se determinó por el método Kjeldahl. El P se evaluó por el método Bray. El K se determinó por espectrofotometría de emisión de flama. El Ca y el Mg, por volumetría (EDTA 0.01 N). Fe, Cu, Zn y Mn fueron extraídos y determinados en espectrofotómetro de absorción atómica. El B fue determinado por el método

de la azometina-H. Asimismo, en cada una de las huertas, se determinó a todos los árboles la altura, diámetro de copa y el perímetro del tronco.

e) Análisis estadístico. La información se analizó empleando un análisis de varianza (SAS INSTITUTE, 1988), considerando en cada huerta a cada árbol como un bloque y comparando estadísticamente entre sí los órganos obtenidos respecto a las diferentes variables evaluadas, con respectivas pruebas de comparación múltiple de medias por el método de Tukey, con $P \leq 0.05$. Asimismo, para determinar el balance nutrimental de cada huerta, con los datos de concentración de nutrimentos en hojas se ejecutó un programa de análisis DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación); para ello se emplearon las normas DRIS para cítricos (Alves y Azevedo, 2003). La clasificación de los suelos por sus características, se hizo con base en la metodología de Alcántar y Sandoval (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Huerta 1 (Suelo migajón-arcillo-arenoso de Martínez de la Torre, Veracruz)

La huerta 1, ubicada en Martínez de la Torre, Ver., presentó baja fertilidad y pH bajo en los tres estratos de profundidad (Cuadro 1).

CUADRO 1. Resultados del análisis del suelo y características generales de los árboles de dos huertas de limón 'Persa', en Martínez de la Torre y Nautla, Veracruz.

Característica Profundidad (cm)	Huerta 1			Huerta 2		
	0-30	30-60	60-100	0-30	30-60	60-100
Pendiente (%)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
pH	5.66	5.76	6.53	6.16	6.41	6.58
Clasificación del pH	Med. Ácido	Med. ácido	Lig. Ácido	Med. Ácido	Lig. Ácido	Lig. Ácido
Conductividad eléctrica (mS·cm ⁻¹)	0.27	0.04	0.02	0.62	0.34	0.31
Clasificación	No salino	No salino	No salino	No salino	No salino	No salino
Capacidad de intercambio catiónico (cmoles·100·g ⁻¹)	10.07	11.13	4.77	30.21	28.09	25.44
Clasificación (por fertilidad)	Media	Media	Baja	Alta	Alta	Alta
Textura						
Arena (%)	55.12	51.12	47.12	32.76	32.76	26.76
Limo (%)	14.00	20.00	18.00	28.00	22.00	15.64
Arcilla (%)	30.88	28.88	34.88	39.24	45.24	57.60
Clasificación (por textura)	Mig. Arc. Arenoso	Mig. Arc. Arenoso	Mig. Arc. Arenoso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Materia orgánica (%)	2.08	2.55	0.74	4.30	1.68	1.08
Clasificación	Medio	Medio	Muy pobre	Rico	Pobre	Pobre
Macronutrimentos						
Nitrógeno (%)	0.012	0.007	0.004	0.007	0.004	0.006
Clasificación (por N)	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Fósforo (mg·kg ⁻¹)	21.26	2.41	0.00	43.36	0.46	0.00
Clasificación (por P)	Normal	Muy bajo	ND	Muy alto	Muy bajo	ND
Potasio (mg·kg ⁻¹)	191.93	56.47	93.98	316.97	116.90	150.25

Continuación...

Característica Profundidad (cm)	Huerta 1			Huerta 2		
	0-30	30-60	60-100	0-30	30-60	60-100
Clasificación (por K)	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Normal	Muy bajo	Muy bajo
Calcio (mg·kg ⁻¹)	36.07	40.08	96.19	216.43	200.40	204.41
Clasificación (por Ca)	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Magnesio (mg·kg ⁻¹)	12.16	19.46	19.46	26.75	26.75	36.48
Clasificación (por Mg)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Micronutrientes						
Boro (mg·kg ⁻¹)	58.32	25.14	21.46	28.83	19.61	6.71
Cobre (mg·kg ⁻¹)	0.17	0.18	0.00	4.98	1.78	1.17
Hierro (mg·kg ⁻¹)	65.84	103.56	19.12	233.22	74.88	40.68
Manganeso (mg·kg ⁻¹)	37.52	7.64	4.17	47.82	30.28	59.2
Zinc (mg·kg ⁻¹)	1.24	0.96	0.24	5.05	0.87	0.50
Árboles						
Edad (años)		12			9	
Altura (m)		3.01			2.32	
Diámetro de copa (m)		5.30			4.85	
Perímetro del tronco (cm)		41.53			44.67	

Med.: medianamente; Lig.: ligeramente; Mig.: migajón; Arc.: arcillo; ND: no determinado.

El peso promedio en fresco obtenido por árbol fue de 251.962 kg para este tipo de suelo y edad del árbol, mientras que la materia seca total fue de 114.132 kg. Con relación a la distribución de la biomasa del árbol, se encontró que el tronco y todas las ramas representaron el 60.32 %; el conjunto de raíces, el 26.93 %, y las hojas el 9.41 % de la materia seca total del árbol (Cuadro 2); Feigenbaum *et al.* (1987) encontraron datos similares, ya que en su caso, el tronco y ramas representaron el 55.4 % de la materia seca total del cítrico, las raíces 24.0 %, y hojas, 7.3 %.

Los árboles de limón 'Persa' de la huerta 1, tuvieron 262 g de nitrógeno por planta y los órganos que presentaron mayor contenido de este elemento fueron las ramas y el tronco, con 106.71 g, que representó el 40.72 % del total de la planta; cabe mencionar que su peso seco representaba más del 60 %. En cambio, las hojas no alcanzaron ni el 10 % del peso seco total de la planta, pero su contenido de nitrógeno era de 62.21 g, por lo que tuvieron más del doble de nitrógeno con relación a su peso seco, mientras que los troncos y ramas solo tuvieron de 0.67. El conjunto de raíces tuvo 60.51 g de nitrógeno, que representó el 23 % del total; su peso seco era el 26.93 % de la planta.

Las proporciones anteriores coinciden con las encontradas por Marchal y Lacoevilhe (1969), que determinaron en naranja que las ramas y tallos tuvieron el 35.84 % del nitrógeno total del árbol; ellos representaron el 48.98 % de materia seca, con relación al total del árbol. Los frutos sólo representaron el 15.80 % de la materia total del árbol, pero tuvieron el 35.66 % del N. Por su parte, Alva *et al.* (1999) encontraron que la porción leñosa del árbol (tronco y ramas)

CUADRO 2. Peso fresco y materia seca de órganos de limón 'Persa' injertados sobre naranjo agrio en la huerta 1. Martínez de la Torre, Veracruz.

Órgano	Peso fresco (kg)	Materia seca (kg)	Materia seca en relación al árbol (%)
Fruto	29.500 ab ²	3.695 cd	3.24
Flor	0.815 e	0.120 d	0.11
Hoja	29.773 ab	10.745 bc	9.41
Tronco	10.040 de	5.995 cd	5.25
Rama 1	16.368 bcd	9.880 bc	8.66
Rama 2	34.928 a	21.368 a	18.72
Rama 3	28.023 abc	15.993 ab	14.01
Rama 4	33.110 a	15.610 ab	13.68
Raíz 4 (< 1mm)	23.745 abcd	9.450 bc	8.28
Raíz 3 (1-5mm)	10.575 de	4.415 cd	3.87
Raíz 2 (5-15mm)	14.430 cde	6.628 cd	5.81
Raíz 1 (> 15mm)	20.655 abcd	10.233 bc	8.97
Suma de raíces	69.405	30.726	26.93
TOTAL	251.962		114.132
DMS	14.587		8.195
C.V. (%)	27.982		34.707

²Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una P≤0.05.

DMS: diferencia mínima significativa; C. V.: coeficiente de variación.

representó más del 60 % del total del peso de la materia seca, mientras que las hojas contribuyeron con menos del 20 %, y el N en las hojas representa más del 40 % del nitrógeno total del árbol. Lo que no coincide fue el total de N por árbol en la huerta 1, que fue muy inferior a los 438 cuantificados

por Marchal y Lacoevilhe (1969), pero se puede deber a que los naranjos son árboles más grandes que los limones 'Persa', sobre todo si crecen en clima subtropical.

En el Cuadro 3 también se observa que en la huerta 1, los órganos que presentaron los valores superiores para N, P, K y Mg, fueron la hoja y flor. Por su parte, el Ca presentó menor acumulación en fruto, con relación a otros órganos de la planta, mientras que no hubo una mayor concentración de este elemento en tejidos leñosos (tronco), tal y como lo encontraron Marchal y Lacoevilhe (1969) y Mattos *et al.* (2003b).

Respecto a micronutrientos (Cuadro 4), en la huerta 1 (suelo arcillo-migajón arenoso), para B y Cu no hubo diferencias estadísticas entre órganos; sin embargo, el Fe, Mn y Zn (baja movilidad) presentaron valores excesivos para las raíces fibrosas (<1mm), lo que coincide con lo encontrado por Smith *et al.* (1954) y Mattos *et al.* (2003b), por ser las que absorben directamente esos nutrientes.

Un factor que pudo afectar la concentración de nutrientes, sobre todo en fruto, fue la práctica de producción forzada aplicada a estos árboles. Se aplicó un producto promotor de la brotación, pero que causa defoliación, que en

CUADRO 3. Concentración de macronutrientos en órganos de árboles de limón 'Persa' injertados sobre naranjo agrio en la huerta 1. Martínez de la Torre, Veracruz.

Órgano	N	P	K	Ca	Mg
	%				
Fruto	0.144 b ^z	0.277 bc	1.314 bc	0.549 c	0.120 bcd
Flor	0.504 a	0.511 a	1.953 a	1.621 abc	0.312 a
Hoja	0.579 a	0.474 ab	1.931 ab	1.862 abc	0.310 a
Tronco	0.189 b	0.108 c	0.468 d	2.624 a	0.045 e
Rama 1	0.141 b	0.131 c	0.695 cd	2.259 ab	0.100 bcde
Rama 2	0.152 b	0.120 c	0.632 d	1.759 abc	0.122 bcd
Rama 3	0.122 b	0.139 c	0.633 d	1.242 abc	0.097 bcde
Rama 4	0.174 b	0.219 c	0.680 d	1.315 abc	0.150 bc
Raíz 4 (<1mm)	0.163 b	0.163 c	0.352 d	0.669 c	0.165 b
Raíz 3 (1-5mm)	0.278 b	0.156 c	0.515 d	1.147 abc	0.115 bcde
Raíz 2 (5-15mm)	0.181 b	0.127 c	0.442 d	1.033 bc	0.092 cde
Raíz 1 (>15mm)	0.167 b	0.131 c	0.495 d	1.157 abc	0.075 de
DMS	0.196	0.220	0.621	1.581	0.070
C.V. (%)	33.92	41.57	29.70	44.33	19.87

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa; C. V.: coeficiente de variación.

CUADRO 4. Concentración de micronutrientos en órganos de árboles de limón 'Persa' injertados sobre naranjo agrio en la huerta 1 (suelo migajón-arcillo-arenoso). Martínez de la Torre, Veracruz.

Órgano	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g·g ⁻¹				
Fruto	27.58 a ^z	4.00 a	33.3 b	12.10 b	6.025 bc
Flor	38.01 a	8.05 a	82.1 b	26.13 b	18.800 bc
Hoja	29.91 a	7.15 a	96.6 b	29.18 b	17.825 bc
Tronco	24.37 a	4.27 a	72.1 b	12.83 b	6.525 bc
Rama 1	39.44 a	3.95 a	47.5 b	11.33 b	3.675 c
Rama 2	36.89 a	4.00 a	47.6 b	11.33 b	4.050 c
Rama 3	39.28 a	4.02 a	44.8 b	9.53 b	4.575 c
Rama 4	25.27 a	3.92 a	51.8 b	9.83 b	8.650 bc
Raíz 4 (< 1mm)	38.89 a	7.47 a	1,008.7 a	1,726.98 a	93.325 a
Raíz 3 (1-5mm)	43.64 a	5.20 a	196.2 b	219.38 b	33.150 b
Raíz 2 (5-15mm)	40.05 a	3.62 a	77.5 b	30.53 b	9.800 bc
Raíz 1 (> 15mm)	36.84 a	5.27 a	63.8 b	16.10 b	2.850 c
DMS	36.039	4.69	406.29	327.22	28.328
C.V. (%)	41.45	37.20	107.78	74.77	65.43

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa; C. V.: coeficiente de variación.

este año fue de aproximadamente de 25 %, por lo que se pudieron perder nutrimentos.

Huerta 2 (Suelo arenoso de Nautla, Veracruz)

La huerta 2 tiene suelo con textura pesada, pH adecuado, pero también baja fertilidad (Cuadro 1). El peso promedio en fresco obtenido por árbol fue de 113,954 y 59,956 kg para la materia seca (Cuadro 5), que son valores muy inferiores con relación a los que crecieron en el suelo arcilloso-migajón-arenoso (Cuadro 2), debido muy

probablemente a la diferencia en edad, manejo y ambiente en general que recibieron, lo que repercutió para que estos árboles fueran más pequeños, tuvieran menos hojas y menos rendimiento.

Con relación a la distribución de la biomasa del árbol, se encontró que el tronco y todas las ramas representaron el 68.91 %; el conjunto de raíces, el 22.42 %, y las hojas el 7.59 % del peso seco total del árbol (Cuadro 5); no se encontraron datos similares en la literatura consultada, ya que las ramas y tronco tuvieron pesos secos muy altos en estos árboles; esto, a pesar de que esta huerta se desarrolla en un suelo con adecuada cantidad de materia orgánica y con pH adecuado, pero la precipitación fue determinante, sobre todo porque es de temporal (Cuadro 1).

En el caso de la huerta 2, que tiene suelo arcilloso, las hojas presentaron los mayores valores para N, P, K, Ca y Mg (Cuadro 6). En el caso del contenido de Ca, se mantiene la tendencia presentada en la huerta 1 (suelo arcilloso-migajón-arenoso), donde los tejidos más leñosos (tronco) presentan mayor concentración de Ca, seguidos por las hojas.

Los árboles de limón 'Persa' desarrollados en suelo arcilloso (huerta 2), tenían en promedio sólo 162.98 g de N (Cuadro 6); en cambio, Marchal y Lacoëuilhe (1969) mencionan que sus naranjos en promedio tenían 438 g de N por planta, aunque las plantas creciendo en climas subtropicales tienden a tener mayor tamaño. Las ramas y tronco tenían 100 g de N, que representó el 61.35 % del total de la planta; cabe mencionar que la materia seca de estos órganos representó el 68.91 % del total, que fue una proporción de 0.89 veces. En cambio, las hojas no alcanzaron ni el 8 % de la materia seca total de la planta, pero su

CUADRO 5. Materia seca y peso fresco de órganos de árboles de limón 'Persa' injertados sobre naranjo agrio en la huerta 2 (suelo arcilloso). Nautla, Veracruz.

Órgano	Peso fresco (kg)	Materia seca (kg)	Materia seca (%)
Fruto	4.465 c ^z	0.645 d	1.08
Hoja	12.780 abc	4.550 bcd	7.59
Tronco	6.660 bc	3.953 cd	6.59
Rama 1	17.193 a	10.110 a	16.86
Rama 2	15.083 ab	9.073 ab	15.13
Rama 3	13.610 abc	9.045 abc	15.08
Rama 4	14.925 ab	9.143 ab	15.25
Raíz 4 (< 1mm)	4.338 c	1.450 d	2.42
Raíz 3 (1-5mm)	6.525 bc	2.913 d	4.86
Raíz 2 (5-15mm)	7.965 abc	3.673 d	6.13
Raíz 1 (> 15mm)	10.410 abc	5.410 abcd	9.02
DMS	10.121	5.105	
C.V.	39.740	38.099	

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa; C. V.: coeficiente de variación.

CUADRO 6. Concentración de macronutrimentos en diferentes órganos de árboles de limón 'Persa' injertados sobre naranjo agrio en suelo arcilloso. Nautla, Veracruz.

Órgano	N	P	K	Ca	Mg
	%				
Fruto	0.230 bc ^z	0.303 abc	1.219 a	0.536 e	0.102 bc
Hoja	0.627 a	0.410 a	1.507 a	3.563 a	0.347 a
Tronco	0.332 b	0.175 c	0.669 b	3.597 a	0.065 c
Rama 1	0.272 bc	0.199 bc	0.759 b	2.812 ab	0.112 bc
Rama 2	0.200 bc	0.200 bc	0.661 b	2.521 abc	0.127 b
Rama 3	0.202 bc	0.229 bc	0.477 b	1.704 bcd	0.137 b
Rama 4	0.205 bc	0.326 ab	0.471 b	1.538 cde	0.145 b
Raíz 4 (< 1mm)	0.282 bc	0.232 bc	0.530 b	1.694 bcd	0.132 b
Raíz 3 (1-5mm)	0.265 bc	0.253 bc	0.625 b	1.502 cde	0.120 bc
Raíz 2 (5-15mm)	0.200 bc	0.253 bc	0.503 b	1.378 de	0.097 bc
Raíz 1 (> 15mm)	0.175 c	0.249 bc	0.472 b	1.781 bcd	0.092 bc
DMS	0.147	0.134	0.348	1.127	0.059
C.V.	22.026	21.240	19.725	22.283	18.127

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa; C. V.: coeficiente de variación.

contenido de nitrógeno era del 17.5 %, o sea, 2.3 veces con relación al conjunto de los otros órganos. El conjunto de raíces tuvo 30.92 g de nitrógeno, que representó el 22.42 % del total, lo que representó una relación de 0.84 veces.

Con relación a lo anterior, Morgan *et al.* (2006), indican que la relación de nitrógeno en hojas de naranjo 'Hamlin', con relación a su peso seco, fue de 2.92, mientras que la de otros órganos, de 0.78; Mattos *et al.* (2003a), encontraron que la relación de nitrógeno con relación al peso seco de hojas, era de 2.5, pero en otros órganos, dicha relación era de 0.58; en la huerta 1 de este estudio, la relación fue de 1.86 en hojas y 0.67 en otros órganos. Estos datos confirman que las hojas son los órganos que en proporción, contienen más nitrógeno. Con relación a micronutrientes, en la huerta 2 no hubo diferencias respecto a B, pero las raíces fibrosas (Raíz R4) presentaron el valor más alto de Fe, seguido por hoja, fruto, tronco y ramas. Respecto a Mn y Zn se repitió el mismo comportamiento que en suelo arenoso y fueron las

raíces fibrosas (< 1mm) las que presentan valores superiores (Cuadro 7). Smith *et al.* (1954) y Mattos *et al.* (2003b) coinciden más con los datos del suelo arcilloso, aunque ellos no indican el tipo de suelo en donde estaba establecido su trabajo.

El Cuadro 8 presenta los índices de balance para cada nutrimento en los dos tipos de suelo empleados en este estudio, destacando que en los dos casos el nutrimento de mayor requerimiento fue el cobre que presentó los menores valores. Por otra parte los árboles del suelo arcilloso presentaron el mayor índice de balance nutricional (IBN) con un valor de 1,097 mientras que para los árboles del suelo arcillo-migajón-arenoso este valor fue de 623. Aunque ambos IBN son muy altos, se concluye que hay un mayor desbalance nutricional en los árboles del suelo arcilloso, esto a pesar que el suelo tenía más materia orgánica y con un pH más adecuado (Cuadro 1), pero tuvieron menor precipitación y menor edad.

CUADRO 7. Concentración de micronutrientes en diferentes órganos de árboles de limón 'Persa' injertados sobre naranjo agrio en suelo arcilloso. Nautla, Veracruz.

Órgano	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-i g·g ⁻¹ -				
Fruto	50.97 a ^z	3.700 ab	34.88 b	9.73 b	3.750 bc
Hoja	51.82 a	4.275 ab	123.68 b	27.78 b	14.025 b
Tronco	59.47 a	3.275 b	135.38 b	15.30 b	3.575 bc
Rama 1	60.32 a	3.200 b	78.20 b	11.10 b	6.075 bc
Rama 2	52.67 a	3.425 ab	58.45 b	9.93 b	2.750 c
Rama 3	54.37 a	3.625 ab	63.08 b	9.68 b	4.100 bc
Rama 4	43.33 a	2.350 b	70.23 b	9.40 b	6.825 bc
Raíz 4 (< 1mm)	58.62 a	6.800 a	512.55 a	154.65 a	39.575 a
Raíz 3 (1-5mm)	60.32 a	1.950 b	235.00 b	35.30 b	12.625 bc
Raíz 2 (5-15mm)	63.71 a	2.125 b	211.43 b	16.25 b	5.700 bc
Raíz 1 (> 15mm)	61.17 a	0.800 b	151.43 b	14.40 b	2.975 bc
DMS	61.674	3.522	233.59	56.498	11.051
C.V.	44.740	44.367	62.423	80.632	48.487

^aValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$.
DMS = diferencia mínima significativa; C. V. = coeficiente de variación.

CUADRO 8. Diagnóstico nutricional por DRIS e índices de balance por nutrimento en hojas de limón 'Persa' en dos tipos de suelos .

Huerta (tipo de suelo)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	² IBN
	-%					-i g·g ⁻¹ -					
Huerta 1 (arenoso)	0.579	0.474	1.931	1.862	0.310	96.6	29.18	17.825	7.15	29.91	
IB ^y	-177	77	87	51	25	42	54	27	-239	16	623
ORN ^x	Cu > N > B > Mg > Zn > Fe > Ca > Mn > P > K										
Huerta 2 (arcilloso)	0.627	0.410	1.507	3.563	0.347	123.68	27.78	14.025	4.275	51.82	
IB	-201	68	64	71	59	82	65	20	-480	84	1,097
ORN	Cu > N > Zn > Mg > K > Mn > P > Ca > Fe > B										

²IBN: índice de balance nutricional.

^yIB: índice de balance del nutrimento.

^xORN: orden de requerimiento nutricional.

CONCLUSIONES

El tronco y todas las ramas fueron los órganos que más aportaron al peso seco total del árbol. Por otro lado, las hojas tuvieron una doble proporción de nitrógeno, con relación a su peso seco.

Respecto a la concentración de micronutrientes en ambas huertas, las raíces fibrosas (< 1 mm) presentaron los valores más altos de Fe y Mn.

En ambas huertas de estudio, la parte aérea representó un 75 % del total de la materia seca del árbol.

El orden de requerimiento nutrimental para los árboles de la huerta 1 (de suelo arcillo-migajón arenoso) fue el siguiente: Cu > N > B > Mg > Zn > Fe > Ca > Mn > P > K. En cambio, para los árboles de la huerta 2 (de suelo arcilloso) fue el siguiente: Cu > N > Zn > Mg > K > Mn > P > Ca > Fe > B.

LITERATURA CITADA

- ALCÁNTAR, G. G.; SANDOVAL V., M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, Estado de México.
- ALVA, A. K.; FARES, A.; DOU, H. 1999. Dry matter and nitrogen, phosphorus, and potassium partitioning in citrus trees. *In*: ASA Annual Meeting, Madison, Salt Lake City, UT.
- ALVES, M. F.; AZEVEDO, J. C. 2003. DRIS norms for 'Valencia' sweet orange on three rootstocks. *Pesq. Agropec. Bras.* 38(1): 85-93.
- BATAGLIA, O. C.; RODRÍGUEZ, O.; HIROCE, R.; GALLO, J. R.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C. 1978. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. *Bragantia* 36: 215-221.
- CHAPMAN, H. D. 1968. The mineral nutrition of citrus. v.2, p.127-289. *In*: The Citrus Industry. REUTHER, W.; WEBER, H. J.; BATCHELOR, L. D. (eds.). Riverside, University of California, USA.
- ETCHEVERS B. J. 1987. Diagnóstico visual. Centro de edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Estado de México.
- ETCHEVERS, B. J. D. 2001. Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de suelos. IRENAT. Colegio de Posgraduados. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. México.
- FEIGENBAUM, S.; BIELORAI, H.; ERNER, Y.; DASBERQ, S. 1987. The fate of N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant and Soil* 97: 179-187.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Tercera Edición. UNAM. México. 252 p.
- KATO, T. 1986. Nitrogen metabolism and utilization in citrus. *Hortic. Rev.* 8: 181-216.
- LEA-COX, J. D.; SYVERTSEN, J. A.; GRAETZ, D. A. 2001. "Nitrogen uptake, partitioning, and leaching losses from young bearing *Citrus* trees of differing nitrogen status". *J. Am. Soc. Hortic.* 126: 242-251.
- MALDONADO TORRES, R. 1999. El diagnóstico nutrimental en la producción de limón mexicano. Ed. Fundación Produce Michoacán y Universidad Autónoma Chapingo. México, 82 p.
- MARCHAL, J.; LACOEUILHE J. J. 1969. Bilan mineral du mandarinier. *Fruit* 24(6): 199-218.
- MATTOS, J. D.; GRAETZ, D. A.; ALVA, A. K. 2003a. Biomass distribution and nitrogen-15 partitioning in citrus trees on a sandy Entisol. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 67: 555-563.
- MATTOS, J. D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. 2003b. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. *Scientia Horticulturae* 60(1): 155-160.
- MORGAN, K. T.; SCHOLBERG, J. M. S.; OBREZA, T. A.; WHEATON, T. A. 2006. Size, biomass, and nitrogen relationships with sweet orange tree growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131(1): 149-156.
- SAS INSTITUTE. 1988. SAS-TAT user's guide. Release 6.03. Ed. SAS Institute. U.S.A.
- SMITH, P. F.; REUTHER, W.; SPECHTA, W.; HARNCIAR, G. 1954. Effect of differential nitrogen, potassium, and magnesium supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. *Plant Physiology* 29: 349-355.
- SMITH, P. F. 1966. Leaf analysis of citrus, pp.208--228. *In*: Temperate to Tropical Fruit Nutrition. CHILDERS, N. F. (ed.). 2da. ed. Somerville: Somerset Press. USA.
- SZUCS, H. 1997. Possibilities to meet nutritional requirements of fruit trees and environmental protection. *Acta Horticulture* 448: 433-436.
- WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. D. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advances in Soil Science* 6: 149-188.