

Remoción de nutrimentos por el fruto de aguacate 'Méndez' en el sur de Jalisco, México

A. Mellado-Vázquez¹; S. Salazar-García¹; A. Álvarez-Bravo¹; M.E. Ibarra-Estrada²; J. González-Valdivia²

¹. INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Correo-e: samuelsalazar@prodigy.net.mx

². Investigadores independientes. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

RESUMEN

El aguacate cv. Méndez presenta una floración anticipada en el verano-otoño cuyo fruto es cosechado en junio-julio, cuando hay baja producción de 'Hass'. Esta diferencia en fenología, respecto a 'Hass', requiere un manejo distinto de la nutrición del huerto. El objetivo de la investigación fue cuantificar la cantidad de nutrimentos removidos por el fruto de aguacate 'Méndez' en huertos comerciales del sur de Jalisco. Se seleccionaron dos huertos comerciales de 'Méndez' en clima Semicálido subhúmedo, uno en el municipio de Zapotlán el Grande y el otro en el de Zapotiltic. Los huertos estaban en suelo Feozem háplico y regados por microaspersión. En cada huerto se seleccionaron 10 árboles con una producción anual ≥ 60 kg.árbol⁻¹. Al alcanzar la madurez de corte (≥ 22.5 % materia seca en la pulpa) se colectaron 10 frutos de cada árbol y se obtuvo el peso fresco y seco de la piel (epicarpio), pulpa (mesocarpio), testa y embrión. En cada tejido se analizó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B y se calculó la remoción de cada uno de ellos. El nutrimento con mayor concentración en los cuatro tejidos fue K seguido de N. La remoción total por el fruto fresco fue (kg-t⁻¹): 4.1 K, 2.7 N, 2.4 Na, 0.33 P, 0.23 Mg, 0.23 Cl, 0.1 Ca, 0.05 S, y (g-t⁻¹): 7.5 Fe, 7.4 B, 4.0 Zn, 3.2 Cu y 2.15 Mn.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., Piel, Pulpa, Testa, Embrión, Nutrición mineral.

INTRODUCCIÓN

El estado de Jalisco cuenta con 13,500 ha de aguacate cuyo rendimiento promedio es de 9.83 t-ha⁻¹. En el sur de Jalisco se concentra más del 50% (7,347 ha) de esta superficie (SIAP, 2015). En esta región se introdujo comercialmente el cv. Hass en los 80's (Macías-Macías, 2011) y en la década pasada se incorporó 'Méndez'. Más del 90% de los huertos de aguacate del sur de Jalisco se cultivan con riego y los suelos predominantes son de origen volcánico, de textura arenosa y ligera, con una capa superficial rica en materia orgánica y nutrimentos (Rivera, 2004), aunque el cultivo continúa expandiéndose a suelos con mayor contenido de arcilla. El tipo de clima predominante es Semicálido subhúmedo.

En el clima adecuado, el cv. Méndez presenta un periodo de floración en verano-otoño cuya cosecha coincide con la época de baja producción de 'Hass'. En el sur de Jalisco, el cv. Méndez usualmente presenta dos periodos de floración, uno en verano-otoño y otro al final del invierno. Los periodos de cosecha son junio-julio para el fruto de la floración de verano-otoño y septiembre-noviembre para el de la floración de invierno.

La calidad postcosecha del fruto de aguacate es influenciada por la concentración de algunos nutrimentos al momento de la cosecha (Arpaia, 1994). En aguacate 'Hass' se reportó que el incremento de la concentración de N en la hoja incrementó el contenido de N en pulpa y el daño por frío (Arpaia, 1996). En los aguacates 'Velvick', 'Reed', 'Smerdon' y 'Toro Canyon' las aplicaciones al suelo de Ca como MicroGyp (797 kg-ha⁻¹ Ca) incrementaron la concentración de Ca en la pulpa y retrasaron la maduración de los frutos en postcosecha (Hofman et al., 2005). En Nueva Zelanda se reportó que en postcosecha frutos de 'Hass' con color desigual de la piel mostraron bajas concentraciones de Ca en la pulpa (0.025 g-100 g⁻¹) (Thorp et al., 1997).

En Michoacán, la época de floración del cv. Hass determinó la cantidad de nutrimentos que fueron removidos por el fruto (Salazar-García et al., 2011). En otro estudio realizado en esta región se encontró que los frutos de 'Hass' producidos por tres diferentes épocas de floración presentaron menor concentración de Na y Cl en la piel, pulpa, testa y embrión que 'Méndez', el cual tuvo mayor concentración de Ca en piel, de K, Ca, Mn y Zn en pulpa, de Mg, Mn y B testa y de Ca, Cu, Mn y Zn en el embrión; asimismo, los frutos del cv. Méndez removieron más Ca, Na, Cl, Mn y Zn que los de 'Hass', independientemente del periodo de floración de 'Hass' (Salazar-García et al., 2013b).

El manejo adecuado de la fertilización del aguacate para obtener frutos de calidad debe considerar la remoción de nutrimentos por la cosecha. Por ejemplo, en Michoacán la nutrición del cv. Méndez debe considerar un mayor aporte de Ca, Mn y Zn que en el caso de 'Hass' cultivado en la misma región (Salazar-García et al., 2013b). Las condiciones de clima y suelo donde se cultiva 'Méndez' en el sur de Jalisco difieren de las de Michoacán y los programas de fertilización se basan en las experiencias con 'Hass' por lo que fue objetivo de la presente investigación el cuantificar la remoción de nutrimentos por el fruto en huertos comerciales de aguacate 'Méndez' en el Sur de Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de suelo. En cada huerto y en la zona de goteo de cada uno de los 10 árboles seleccionados se tomaron dos muestras de suelo a las profundidades de 0 a 30 cm y 31 a 60 cm. Se preparó una muestra compuesta por el suelo de las 10 submuestras de cada profundidad y se envió a un laboratorio comercial acreditado por el programa NAPT-The Soil Science Society of America para su análisis físico y químico.

Muestreo y análisis de fruto. En el clima Semicálido subhúmedo del sur de Jalisco fueron seleccionados dos huertos comerciales de 'Méndez' cultivados en suelo Feozem háplico y regados por microaspersión. El huerto El Colorín estuvo ubicado en Atequizayan, municipio de Zapotlán el Grande, tenía 4 años de edad y plantado a 7x3.5 m; el huerto El Ocote Cuate 2 estuvo ubicado en Zapotiltic, municipio de Zapotiltic, de 6

años de edad y plantado a 5x5 m. En cada huerto fueron elegidos 10 árboles con una altura promedio de 3 m, sin entrecruzamiento de copas y con historial de producción anual ≥ 60 kg.árbol⁻¹. En cada uno de estos árboles fueron colectados 10 frutos con un contenido de materia seca en la pulpa ≥ 22.5 %. Después de obtener su peso fresco, los frutos fueron lavados rápidamente con agua destilada; después se separaron en piel (epicarpio), pulpa (mesocarpio), testa y embrión y se obtuvo su peso fresco. Los tejidos fueron cortados en rebanadas delgadas y deshidratados en un horno digital con aire forzado (Lab-line Imperial 5, 3488M USA.) a 70 °C hasta peso constante. Las muestras secas se pulverizaron en un micro molino de acero inoxidable (IKA MF10 basic) y con tamiz 40 (luz de malla 1 mm). Posteriormente, se formaron muestras compuestas mezclando los tejidos de los 10 frutos deshidratados de cada árbol. Se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Na y Cl en el laboratorio arriba mencionado.

La remoción de nutrimentos por tonelada de fruto fresco (Rt) se calculó según lo descrito por Mellado-Vázquez et al. (2012):

$$R_t = \frac{(CNp \times PSp) + (CNpu \times PSp_u) + (CNT \times PSt) + (CNem \times PSem)}{100} \times Ft.$$

donde: CNp= concentración del nutrimento en la piel, PSp= peso seco de la piel, CNpu= concentración del nutrimento en la pulpa, PSp_u= peso seco de la pulpa, CNT= concentración del nutrimento en la testa, PSt= peso seco de la testa, CNem= concentración del nutrimento en el embrión, PSem= peso seco del embrión, Ft=número de frutos en una tonelada (obtenidos del cociente 1000 kg entre el peso fresco del fruto completo).

Análisis estadístico. Se usó un diseño experimental completamente al azar con veinte repeticiones (árboles). Los datos de la concentración nutrimental se sometieron a control de calidad con el procedimiento Box-plot del programa computacional Minitab 15. Se realizó análisis de varianza de la concentración nutrimental y de la remoción de nutrimentos con el paquete estadístico SAS para Windows V9, la separación de medias se realizó con la prueba de Waller-Duncan ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Análisis de suelo. Las características físicas y químicas del suelo fueron semejantes para los dos huertos (Cuadro 1). Ambos huertos presentaron pH neutro, textura media, bajo contenido de materia orgánica y sin problemas de sales. En el suelo del huerto El Ocote Cuate 2 hubo mayor contenido de K, Mg, Fe y Cu que en el huerto El Colorín 1.

Concentración de nutrimentos en los tejidos del fruto. La concentración de los distintos nutrimentos analizados mostró diferencias entre los tejidos del fruto (Cuadro 2). La testa fue el tejido que presentó un mayor número de nutrimentos con mayor concentración (1.50 N, 0.18 Ca y 0.40 Mg g-100 g-1; 58.2 Fe, 32 Cu 32.1 Mn, 26.4 Zn y 61 B mg-kg-1). Las concentraciones más altas de K y S se presentaron en la pulpa (2 y 0.03 g-100 g-1, respectivamente) y en la testa (2 y 0.02 g-100 g-1, respectivamente). La piel y el embrión presentaron los valores menores de Mg (0.08 y 0.07 g-100 g-1, respectivamente) y Zn (11 y 10 mg-kg-1, respectivamente).

Remoción de nutrimentos por el fruto. Los tejidos del fruto mostraron diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos (Cuadro 3). Los elementos mayormente removidos por los cuatro tejidos analizados fueron K, N y Na. La pulpa mostró la mayor remoción en 11 de los 12 nutrimentos analizados (kg-t-1): (1.82 N, 0.3 P, 3.03 K, 0.04 Ca, 0.16 Mg, 0.04 S, 1.50 Na), y (g-t-1): (5.04 Fe, 2 Cu, 1.24 Mn, 3 Zn y 5.20 B). Contrario a lo mostrado por la pulpa, en la testa 11 de los 12 nutrimentos analizados presentaron la menor remoción de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Cu, Mn, Zn y B. La remoción por la piel y por el embrión fue intermedia, aunque este último presentó mayor remoción de N, P, K, Mg, Na, Cl y Zn que la piel.

La remoción total de macronutrimentos por el aguacate 'Méndez' fue mayor para K (4.03 kg-t-1), N (2.70 kg-t-1) y Na (2.40 kg-t-1). Respecto a micronutrimentos, los que fueron removidos en mayor cantidad fueron Fe (7.34 g-t-1) y B (7.31 g-t-1) (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

La concentración de nutrimentos en los tejidos del fruto de 'Hass' en Michoacán difirió de los encontrados en esta investigación para el cv. Méndez en Jalisco. En el clima Semicálido subhúmedo de Michoacán los frutos de 'Hass' presentaron valores más altos de N, P, S, Fe y Cu en la piel, de P y S en la pulpa, de Fe, Mn y Zn en la testa y de P, S y Mn en el embrión (Salazar-García et al., 2011). Sin embargo, en el sur de Jalisco 'Méndez' tuvo mayor concentración de B en la pulpa y testa. Estas diferencias muestran la necesidad de un manejo específico de la nutrición del aguacate según el cultivar y la región productora.

Al comparar la remoción total de nutrimentos por el fruto de 'Méndez' en las regiones de Michoacán y Jalisco se apreciaron pocas diferencias. En ambas regiones una tonelada de fruto fresco de 'Méndez' removió cantidades semejantes de N, P, K, Mg, Cu, Mn y B (Michoacán: 2.9, 0.4, 4.4, 0.3 kg, 3.49, 2.5 y 8.3 g; Salazar-García et al., 2013a), Jalisco: (2.7, 0.3, 4.03, 0.24 kg, 3.9, 2 y 7.31 g). Aunque los frutos de 'Méndez' de Jalisco removieron más Na (2.4 kg-t-1) este valor se consideró poco relevante ya que este elemento no forma parte de la fertilización aplicada debido a que el aguacate es muy sensible al exceso de Na⁺ (Salazar-García 2002). Las variaciones encontradas, tanto en la concentración como en la remoción de nutrimentos por el fruto de 'Méndez' entre Michoacán y Jalisco eran de esperarse. Esto, porque los frutos suelen presentar diferencias en su composición nutrimental aun cuando procedan de árboles con mínimas variaciones en el aspecto, tipo de suelo y prácticas culturales, como sucedió con las concentraciones de Ca, Mg, K y B en la pulpa de 'Hass' en Australia (Marques et al., 2006). Lo anterior, confirma la necesidad de considerar estas diferencias para optimizar la nutrición del aguacate 'Méndez' en el Sur de Jalisco, especialmente para Ca, S, Fe y Zn.

CONCLUSIONES

El tejido con mayor concentración de nutrimentos fue la testa. El nutrimento con mayor concentración en los cuatro tejidos fue K, seguido de N. La mayor cantidad de nutrimentos removidos correspondió a la pulpa, seguida por el embrión, la piel y la testa. En orden de magnitud, la remoción total de nutrimentos por tonelada de fruto fresco fue: K>N>Mg>P>Ca>S>B>Fe>Cu>Zn>Mn. La remoción de N, P, K, Mg, Cu, Mn y B por la cosecha de 'Méndez' en el sur de Jalisco fue similar a la mencionada para este mismo cultivar en Michoacán.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce el financiamiento del INIFAP y la empresa Agro González S.P.R. de R.L.

LITERATURA CITADA

- Arpaia, M. L., J. L. Meyer, G. W. Witney, G. S. Bender, D. S. Stottley, and P. R. Robinson. 1996. The Cashin Creek nitrogen fertilizer trial – what did we learn? California Avocado Soc. Yrbk. 80:85-98.
- Hofman, P., R. Marques, C. Searle, B. Stubbings and P. Moody. 2005. Improving avocado fruit quality through tree nutrition - Present knowledge. New Zealand and Australia Avocado Grower's Conference '05. 20-22 September 2005. Tauranga, New Zealand. Session 6. Postharvest quality, outturn. 15 p.
- Illsey-Granich, C., R. Brokaw and S. Ochoa-Asencio. 2011. Hass Carmen®, a precocious flowering avocado tree. Proc. VII World Avocado Congr. Cairns, Australia. 5-9 September 2011.
- Macías-Macías, A. 2011. Reconversión productiva, agronegocios y viabilidad regional en el sur de Jalisco, México. Universidad de Guadalajara. <http://www.alasru.org/wp-content/uploads/2011/09/GT28-Alejandro-Mac%23U00edas-Mac%23U00edas.pdf>. Consultada el 15 de abril 2015.
- Marques, J. R., P. J. Hofman and A. H. Wearing. 2006. Between-tree variation in fruit quality and fruit mineral concentrations of Hass avocados. Aust. J. Experimental Agr. 46:1195-1201.
- Mellado-Vázquez, A., S. Salazar-García, C.A. Treviño-de la Fuente, I.J.L. González-Durán y A. López-Jiménez. 2012. Composición y remoción nutricional de frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins' bajo producción forzada. México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(5):925-941.
- Rivera, J. 2004. Plan rector de producción y conservación de Juanacatlán, Municipio de Tapalpa, Jalisco. Tapalpa, Jalisco, SAGARPA, FIRCO. 39 p.
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México. 165 p.
- Salazar-García, S., I.J.L. González-Durán y L.M. Tapia-Vargas. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutricional de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17(2):183-194.
- Salazar-García, S., J.A. Herrera-González, A. Álvarez-Bravo y A. Mellado-Vázquez. 2013a. Cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha de aguacate 'Méndez' en Michoacán, México. <http://cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/remocionmendez.php>. Consultada el 30 de abril 2015.
- Salazar-García S., Mellado-Vázquez A, Herrera-González J.A., Álvarez-Bravo A. 2013b. Remoción de nutrimentos por el fruto de los aguacates 'Hass' y 'Méndez'. J. Interam. Soc. Trop. Hort. Vol. 57 (en prensa).
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultada el 21 de abril 2015.
- Thorp, T. G., D. Hutching, T. Owe and K.B. Marsh. 1997. Survey of fruit mineral concentrations and postharvest quality of New Zealand-grown 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). New Zealand J. Crop & Hort. Sci. 25:251-260.

Tabla 1. Características de fertilidad del suelo de los huertos incluidos en el estudio.

Huerto	Profundidad (cm)	Textura	pH (1:2 H ₂ O)	mg·kg ⁻¹												
				%												
				MO	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	
Ocote Cuate 2	0 - 30	Franco arcillo arenoso	6.61	1.69	66.4	491	859	183	49.1	491	859	183	49.1	0.32	17.6	
Ocote Cuate 2	31 - 60	Franco arcillo arenoso	7.15	1.49	11.3	395	1150	259	65.1	395	1150	259	65.1	0.22	11.2	
Colorín 1	0 - 30	Franco arcillo arenoso	6.81	1.55	70.4	268	1029	84.3	52.6	268	1029	84.3	52.6	0.20	17.6	
Colorín 1	31 - 60	Franco arcillo arenoso	7.11	0.82	22.8	180	1273	96.3	74.0	180	1273	96.3	74.0	0.22	12.8	

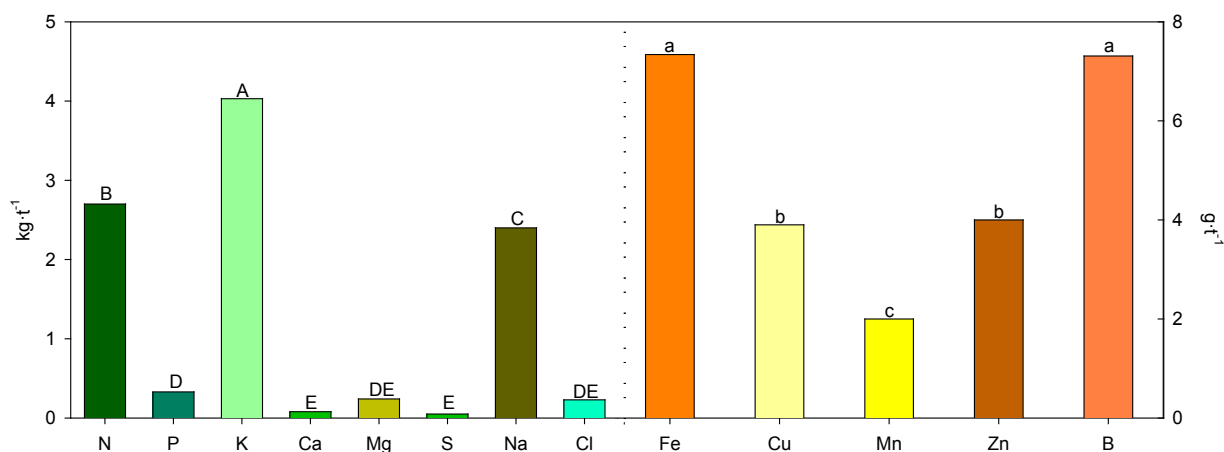
MO= materia orgánica.

Tabla 2. Concentración de nutrimentos en tejidos del fruto de aguacate 'Méndez' procedentes de la floración de verano-otoño 2014.

Tejido	g·100 g ⁻¹								mg·kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Piel	0.96 c ^z	0.07 c	1.10 b	0.05 b	0.08 c	0.01 b	0.85 b	0.22 a	28.00 b	16.00 b	9.00 b	11.00 c	29.30 b
Pulpa	1.20 b	0.17 a	2.00 a	0.03 c	0.10 b	0.03 a	1.00 a	0.03 c	33.10 b	13.00 bc	8.10 b	19.31 b	34.00 b
Testa	1.50 a	0.12 b	2.00 a	0.18 a	0.40 a	0.02 a	0.91 ab	0.20 ab	58.20 a	32.00 a	32.11 a	26.40 a	61.00 a
Embrión	0.80 d	0.09 c	1.00 b	0.02 c	0.07 c	0.01 b	0.90 b	0.16 b	19.10 c	10.00 c	7.00 b	10.00 c	16.13 c
Pr < F	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0004	0.0084	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

^z Medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, $P \leq 0.05$).**Tabla 3. Cantidad de nutrimentos removidos por los tejidos y remoción total por el fruto fresco de aguacate 'Méndez' procedente de la floración de verano-otoño 2014.**

	kg·t ⁻¹								g·t ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Piel	0.33 c ^z	0.02 c	0.40 c	0.02 b	0.03 c	0.003 b	0.30 c	0.08 b	0.96 b	0.56 b	0.30 b	0.40 c	1.02 b
Pulpa	1.82 a	0.30 a	3.03 a	0.04 a	0.16 a	0.04 a	1.50 a	0.04 c	5.04 a	2.00 a	1.24 a	3.00 a	5.20 a
Testa	0.03 d	0.002 d	0.04 d	0.003 c	0.01 d	0.0004 b	0.02 d	0.004 d	0.11 c	0.06 c	0.10 c	0.05 d	0.12 c
Embrión	0.50 b	0.05 b	0.60 b	0.01 b	0.04 b	0.006 b	0.60 b	0.10 a	1.22 b	0.61 b	0.41 b	0.63 b	1.01 b
Pr < F	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

^z Medias con diferente letra minúscula en la misma columna (entre tejidos) son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, $P \leq 0.05$).**Figura 1. Remoción total por el fruto fresco de aguacate 'Méndez' procedente de la floración de verano-otoño 2014. Medias con diferente letra mayúscula (macronutrimentos) o minúscula (micronutrimentos) son estadísticamente diferentes (Waller- Duncan, $P \leq 0.05$).**