

REMOCIÓN NUTRIMENTAL DEL FRUTO DEL AGUACATE 'HASS' EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ

Montgomery-Taboada, Luis José; Alegre-Mendoza, Javier Jorge; Castro-Cuba, Sergio Manuel

CAMPOSOL S.A. (Perú). Correo-e: lmontgomery@camposol.com.pe

Resumen

Las condiciones únicas en donde se desarrolla el aguacate 'Hass' peruano, demanda un manejo especial de la nutrición. El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad de nutrimentos removidos por el fruto del aguacate 'Hass' en un campo comercial ubicado en el clima extremadamente árido de la costa norte peruana. El estudio se realizó durante tres años y en tres distintas razas de portainjertos, en árboles seleccionados con alta productividad y un manejo nutrimental homogéneo vía Fertirriego. El muestreo se realizó en frutos maduros, donde se obtuvo el peso fresco y seco de cáscara, pulpa, testa y semilla. Con esta información, se calculó la composición en fresco por tejido y las curvas de materia seca de cada tejido correlacionadas con la materia seca de la pulpa. Con las curvas, se determinaron los niveles de materia seca resultantes a un nivel ponderado de materia seca de pulpa en una cosecha normal de la zona. En cada tejido se analizó la concentración de nutrimentos, y se calculó su remoción. El nutrimento más concentrado fue K y el tejido con mayor concentración de nutrimentos en general fue la testa. La remoción fue diferente según los portainjertos y años, entonces se encontró que la raza antillana removió mayores cantidades de K, P, B y Zn, mientras que la mexicana y guatemalteca más Cl y Na; además, el 2012 se removió mayores cantidades de K. Finalmente, la remoción total fue superior a la encontrada en estudios de México, en K, S, N y B.

Palabras clave adicionales: Materia seca, portainjertos, concentración de nutrimentos.

NUTRIENT REMOVAL BY 'HASS' AVOCADO FRUIT IN THE NORTHERN COAST OF PERU

Abstract

The unique conditions where Peruvian 'Hass' avocado develops, requires a special nutritional management. The objective of this work was to determine the amount of nutrients removed by 'Hass' avocado fruit in a commercial orchard located in the extremely arid climate of the northern Peruvian coast. This research was carried out over three years and in three different rootstocks, in selected trees with high productivity and uniform nutritional fertirrigation management. Mature fruits were sampled, in which it was determined fresh and dry weight of peel, pulp, integument and seed. With this information, it was calculated the fresh composition by tissue and the curves of dry matter of each tissue in correlation with the dry matter of the pulp. With these curves of correlation, the resulting dry matter levels were determined in function to a dry matter level of pulp in a normal harvest of the area. In each tissue, the nutrient concentration was analyzed, and the removal of each of them was calculated. The most concentrated nutrient was K and the tissue with the highest concentration of the majority of nutrients was the integument. The removal was different according to the rootstocks and years, it was found that the West Indian rootstocks removed larger amounts of K, P, B and Zn, while the Mexican and Guatemalan more Cl and Na, in addition, in 2012 it was removed more K. Finally, the total removal of the fruit was superior to that found in studies carried out in Mexico.

Additional keywords: Dry matter, rootstocks, concentration of nutrients.

Introducción

La conducción del aguacate 'Hass' requiere de la implementación de un Plan de Nutrición a medida y basados en los requerimientos nutrimentales del cultivo bajo las condiciones en donde se desarrolla. De esta forma, dicha implementación busca cubrir la demanda de nutrimentos que requiere el cultivo y para ello se debe basar en lo que ocurre bajo las condiciones de manejo en donde se cultiva (Salazar-García et al., 2013).

Existen diversas metodologías para estimar la demanda de nutrimentos y en el caso de árboles frutales lo más conveniente es determinar la concentración de todos los nutrimentos en órganos hacia donde el flujo nutrimental vaya (sumideros) y sean de fácil acceso, es decir en los frutos, cuando estos alcancen los parámetros adecuados para ser cosechados. Esta técnica se conoce como Remoción Nutrimental y se aplica a todos los componentes de los frutos: la cáscara, la pulpa (parte principal), la testa y la semilla (Salazar-García et al., 2009; Mellado-Vázquez et al., 2015). Como la demanda nutrimental es variable de acuerdo a las condiciones climáticas lo recomendable es realizar el trabajo durante un mínimo de 3 años.

Esta metodología se ha realizado en diversas zonas productoras de Aguacate 'Hass' y si bien es cierto pueden utilizarse como referencia para la implementación de un Plan Nutricional, lo mejor es realizar esta técnica en la zona de producción específica, ya que las condiciones siempre son distintas unas de otras (Salazar-García et al., 2013). El presente trabajo tiene por objetivo determinar la Remoción Nutrimental de los frutos de Aguacate 'Hass' en las condiciones edafoclimáticas de la Costa Norte del Perú.

Materiales y Métodos

Muestreo y análisis de fruto. En la zona edafoclimática de la Costa Norte del Perú se seleccionó al Fundo (finca) "Frusol" por ser el más antiguo y de mayor extensión cultivado con aguacate 'Hass'. El fundo Frusol está ubicado en Chao, provincia de Virú, departamento de La Libertad, Perú. En el 2011 (primer año) los árboles tenían 13 años de edad, el marco de plantación es de 6 x 4 m y se utilizaba el fertirriego a goteo como técnica de aplicación nutrimental.

Dentro del fundo, con base a un historial de rendimiento, se seleccionó la parcela más productiva y dentro de ella a los lotes más productivos durante tres años (2011, 2012 y 2013) de 'Hass' sobre tres tipos de portainjerto: Antillano (varios); Mexicano (varios) y Guatemalteco (Lula). De esta forma se seleccionaron los lotes 2104 y 2105 (portainjerto Mexicano), 2106, 2107, 2108 y 2124 (portainjerto Antillano) y 2123 (portainjerto Guatemalteco), todos ellos en la Parcela 100.

Se seleccionaron 10 árboles, eligiendo sólo los más productivos. (>70 kg por árbol) y que tuvieran un vigor similar. En cada uno de estos árboles fueron colectados entre 40 y 50 frutos con un contenido de materia seca en la pulpa $\geq 21.5\%$. Después de obtener su peso total, los frutos fueron lavados rápidamente con agua destilada y se separaron en sus cuatro tejidos: cáscara (epicarpio), pulpa (mesocarpio), testa y semilla y se obtuvo su peso fresco. Los tejidos fueron cortados en cuadritos y deshidratados en hornos microondas a mínima potencia aproximadamente a 70°C hasta peso constante (peso seco final). Las muestras secas de los 40 a 50 frutos se mezclaron y se formaron muestras compuestas de cada árbol. Se enviaron las muestras correctamente rotuladas a un laboratorio comercial en donde se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Cl y Na.

La remoción de nutrimentos por t de fruto fresco (R_F) se calculó con la siguiente fórmula:

$$R_F = \frac{(CN_C \times PS_C) + (CN_P \times PS_P) + (CN_T \times PS_T) + (CN_S \times PS_S)}{PF_{TOTAL}} \times 1000$$

Dónde: CN_C = concentración del nutrimento en la cáscara, PS_C = peso seco de la cáscara, CN_P = concentración del nutrimento en la pulpa, PS_P = peso seco de la pulpa, CN_T = concentración del nutrimento en la testa, PS_T = peso seco de la testa, CN_S = concentración del nutrimento en la semilla, PS_S = peso seco de la semilla, PF_{TOTAL} = Peso fresco del fruto ponderado. En el caso de macronutrimentos (N, P, K, Ca, Mg y S), la R_F se expresó en kilogramos de nutrimento por t de fruto fresco (kg t^{-1}); mientras que en el caso de los micronutrimentos y otros elementos (B, Fe, Mn, Cu, Zn, Cl y Na), la R_F se expresó en gramos de nutrimento por t de fruto fresco (g t^{-1}).

Análisis estadístico. Se usó un diseño experimental completamente al azar, trifactorial (año de cosecha, portainjerto, tejido), con diez repeticiones (árboles). Los datos de la concentración nutrimental se sometieron a control de calidad con el procedimiento Box-plot del programa computacional Excel. Se realizó análisis de varianza y separación de medias de la concentración y de la remoción de nutrimentos con la prueba de Waller-Duncan ($P \leq 0.05$).

Resultados

Antes de calcular la remoción de nutrimentos por t de fruto fresco (R_F) se calcularon parámetros fijos: peso fresco total de los frutos, composición en fresco, porcentaje de materia seca y peso seco de cada tejido.

Peso fresco total de los frutos. Los datos de los pesos de los 40 a 50 frutos se registraron y se calculó el peso promedio para cada árbol, en cada portainjerto y año (Cuadro 1). Para los

finés de este estudio, se determinó el peso promedio de los tres años y de todos los frutos de los 30 árboles (10 por año), esta variable quedó definida como Peso fresco total (PF_{TOTAL}).

Cuadro 1. Peso fresco promedio de los frutos de 'Hass' colectados en 2011, 2012 y 2013.

	Peso fresco (g)		
	Antillano	Mexicano	Guatemalteco
	275.4	269.2	273.7

Composición en fresco. Se colectaron los datos de pesos frescos de cada componente de los frutos de cada árbol, luego se determinó el porcentaje de representación de cada tejido en base a su peso fresco individual. Todos estos datos fueron promediados en cada año. Finalmente se obtuvo la mediana de los datos de los años 2011, 2012 y 2013, quedando establecida la composición en fresco de la siguiente manera (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de peso fresco de los tejidos (cáscara, pulpa, testa y semilla) del fruto de 'Hass'.

Tejido	Peso fresco (%)		
	Antillano	Mexicano	Guatemalteco
Cáscara	9.0	10.0	9.1
Pulpa	77.4	76.3	76.2
Testa	0.7	0.7	0.7
Semilla	13.0	13.1	14.0

Porcentaje de materia seca. Cada tejido de cada fruto fue deshidratado y se obtuvo el peso seco final de cada uno. Al dividir este dato entre el peso fresco de cada tejido se obtuvo el porcentaje de materia seca de los mismos. La materia seca de los tejidos cáscara, testa y semilla se correlacionaron en función a la materia seca de la pulpa de cada fruto, de cada árbol con los datos de los tres años. De esta forma se determinaron fórmulas de regresión para las siguientes variables: materia seca de la cáscara (MS_C), materia seca de la testa (MS_T) y materia seca de la semilla (MS_S) basados en el nivel de materia seca de la pulpa (MS_P). Las Figuras 1, 2 y 3 muestran la correlación de cada variable y la fórmula correspondiente.

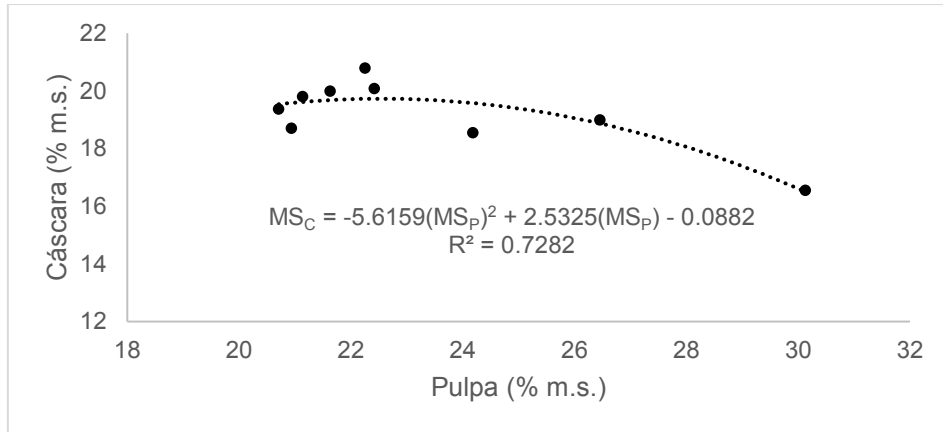


Figura 1. Correlación entre la materia seca de la cáscara y la materia seca de la pulpa. MS_C = materia seca de la cáscara; MS_P = materia seca de la pulpa.

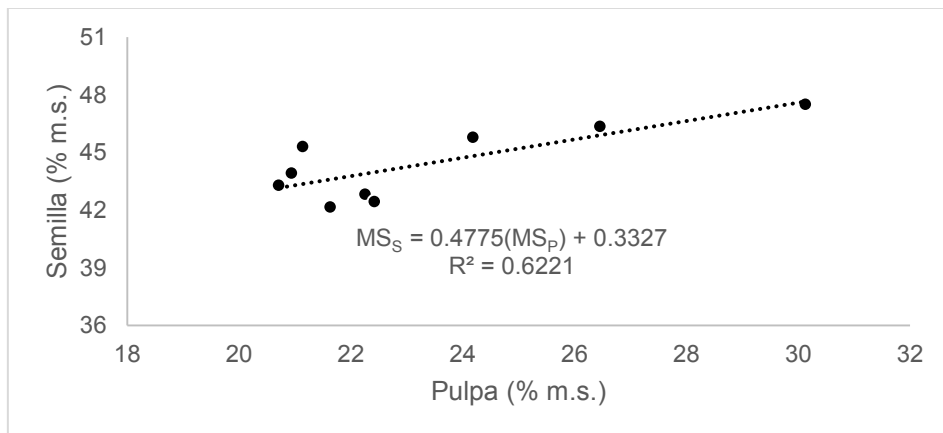


Figura 2. Correlación entre la materia seca de la semilla y la materia seca de la pulpa. MS_S = materia seca de la semilla; MS_P = materia seca de la pulpa.

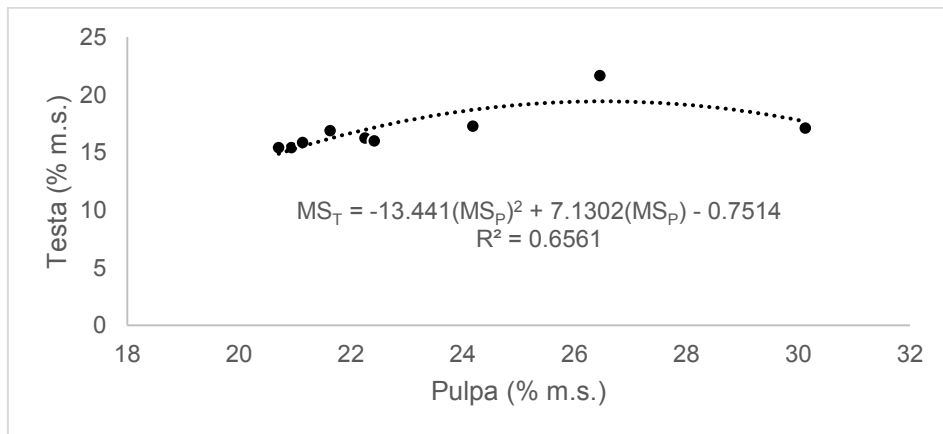


Figura 3. Correlación entre la materia seca de la testa y la materia seca de la pulpa. MS_T = materia seca de la testa; MS_P = materia seca de la pulpa.

En paralelo se colectó la información del nivel de materia seca de la pulpa a la cual se cosecharon los lotes de cada portainjerto en los tres años; es decir, la materia seca ponderada a la cual normalmente se realiza la cosecha de todos los árboles del fundo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nivel ponderado de materia seca de la pulpa en cada portainjerto entre los años 2011 y 2013.

Año de estudio	2011-2013		
Portainjerto	Antillano	Mexicano	Guatemalteco
Materia seca pulpa (%)	25.0	25.1	24.7

Luego de obtenidas las fórmulas de correlación, se procedió a calcular el valor de cada una de ellas como dato único ponderado de los tres años, para cada portainjerto, basándose en el valor de materia seca de la pulpa del Cuadro 3, para trabajar con un único dato de materia seca todos los tejidos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Materia seca de los tejidos del fruto, basada en la materia seca de la pulpa de cosecha por portainjerto, obtenidos con las fórmulas de correlación determinadas previamente.

Tejido	Materia seca (%)		
	Antillano	Mexicano	Guatemalteco
Cáscara	19.4	19.4	19.5
Pulpa	25.0	25.1	24.7
Testa	19.1	19.2	19.0
Semilla	45.2	45.3	45.1

Pesos frescos y secos ponderados. Una vez obtenidos los porcentajes en fresco se procedió a multiplicar cada peso fresco promedio de los frutos (PF_{TOTAL}) por los porcentajes de composición en fresco del Cuadro 2 para obtener los Pesos frescos ponderados de cada tejido: cáscara (PF_C), pulpa (PF_P), testa (PF_T) y semilla (PF_S). Luego se obtuvieron los pesos secos ponderados al multiplicar cada peso fresco ponderado de cada tejido por su respectivo porcentaje de materia seca del Cuadro 4, de esta forma se obtuvieron las variables para cáscara (PS_C), pulpa (PS_P), testa (PS_T) y semilla (PS_S). Finalmente todos los datos calculados quedaron expresados en peso (gramos) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Pesos frescos y secos (g) por tejido y tipo de portainjerto de frutos colectados en 2011, 2012 y 2013.

Tejidos	Antillano	Mexicano	Guatemalteco
		Peso fresco (g)	
Cáscara	24.74	24.43	27.25
Pulpa	213.13	205.03	208.75
Testa	1.90	1.97	1.79
Semilla	35.68	37.80	35.94
		Peso seco (g)	
Cáscara	4.80	4.76	5.27
Pulpa	53.30	50.63	52.44
Testa	0.36	0.37	0.34
Semilla	16.13	17.03	16.27

Concentración nutrimental (Cáscara, CN_C; Pulpa, CN_P; Testa, CN_T; y Semilla, CN_S). La concentración mostró diferencias entre los tejidos. La testa es el tejido con la mayor concentración de nutrimentos en general; mientras que la semilla mostró la menor concentración de nutrimentos. Analizando nutrimentos específicos, se encontró que la pulpa tuvo la mayor concentración de K y Na; la testa la mayor concentración de N, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn y Zn, mientras que la cáscara tuvo la mayor concentración de Cl y Fe (Cuadros 6, 7 y 8).

Cuadro 6. Concentración media de nutrimentos por tejido en portainjerto Antillano entre 2011 y 2013.

Tejido	g.100g ⁻¹						mg.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Na
Cáscara	1.35	0.11	1.62	0.14	0.12	0.09	86	127	13.2	5.7	30	806	279
Pulpa	1.12	0.16	2.15	0.03	0.06	0.09	107	18	5.5	5.6	15	334	491
Testa	1.86	0.27	1.84	0.21	0.58	0.17	257	85	87.3	9.1	60	331	358
Semilla	0.71	0.15	1.25	0.05	0.09	0.06	41	27	5.6	6.7	17	332	273

Cuadro 7. Concentración media de nutrimentos por tejido en portainjerto Mexicano entre 2011 y 2013.

Tejido	g.100g ⁻¹						mg.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Na
Cáscara	1.31	0.10	1.56	0.10	0.11	0.09	75	106	9.6	5.7	20	1035	272
Pulpa	1.15	0.12	2.02	0.03	0.05	0.07	94	20	5.8	5.5	11	343	486
Testa	1.87	0.25	1.73	0.19	0.55	0.17	227	82	65.8	10.6	50	357	322
Semilla	0.71	0.14	1.22	0.04	0.09	0.06	35	25	5.5	6.3	14	325	271

Cuadro 8. Concentración media de nutrimentos por tejido en portainjerto Guatemalteco entre 2011 y 2013.

Tejido	g.100g ⁻¹						mg.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Na
Cáscara	1.36	0.11	1.54	0.13	0.12	0.10	89	140	13.5	5.5	22	831	280
Pulpa	1.08	0.15	1.97	0.03	0.06	0.08	97	18	5.4	5.4	13	323	561
Testa	1.85	0.26	1.75	0.21	0.53	0.17	250	86	81.9	7.9	56	325	385
Semilla	0.74	0.14	1.19	0.05	0.09	0.06	42	29	5.4	6.1	15	322	268

Remoción nutrimental del fruto (R_F). Los tejidos mostraron diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos. La pulpa es el tejido con la mayor remoción en todos los nutrimentos. Los nutrimentos mayormente removidos fueron K (largamente superior), N, Na y Cl. Destaca la remoción de B que es mayor a los demás micronutrimentos, cercana a la de P y superior incluso a los macronutrimentos Ca, Mg y S.

Los portainjertos mostraron diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos. El portainjerto Antillano removió significativamente más K, P, B y Zn. El portainjerto Mexicano removió más Cl y el portainjerto Guatemalteco más Na. No se apreciaron diferencias significativas en la remoción de N, Ca, Mg, S, Fe, Mn y Cu.

Los años del estudio mostraron diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos. El 2012 se removió significativamente más K. Mientras que el 2013 se removió significativamente menos P, además se removió menos N y Zn. El 2011 se removió más B, Cl y Na, así como menos Fe.

Resultados y Discusión

La concentración de nutrimentos muestra congruencia con estudios realizados en México (Salazar-García et al., 2009; Mellado-Vázquez et al., 2015), específicamente en el caso de potasio. Sin embargo, difiere en el caso de la concentración de Na en pulpa, probablemente debido a que la zona edafoclimática de la Costa Norte del Perú presenta valores más altos de Na en el suelo respecto al balance con otros cationes. Es destacable también que la cáscara muestre niveles de concentración más altos para Fe y Cl, siendo una situación no encontrada en estos otros estudios.

Al analizar la remoción total entre portainjertos se muestran diferencias interesantes propias de la adaptación de cada uno de ellos a las condiciones donde se realizó el estudio; así el portainjerto Antillano resulta ser el más demandante para el caso de los nutrimentos K, P, B y Zn, probablemente esto se deba a una mayor eficiencia de sus raíces para su asimilación

(Salazar-García et al., 2013); mientras que el portainjerto Mexicano resulta ser el mayor asimilador de Cl, situación presentada en los diversos estudios de salinidad, en donde se concluye que esta condición es precisamente la que hace a las variedades de esta raza más susceptibles al exceso de sales (Kadman, 1963).

Las diferencias encontradas entre cada uno de los años, cuando se desarrolló esta investigación, posiblemente correspondan a ligeras variaciones en los planes de fertilización ejecutados, así como a variaciones de los parámetros climáticos.

En cuanto a la remoción total promedio de los tres años y tres portainjertos (sumatoria de todos los tejidos) se encontraron interesantes diferencias respecto a la información obtenida en México (Salazar-García et al., 2009; Mellado-Vázquez et al., 2015). En el caso de los macronutrientes, se encontró que existe una mayor remoción de N, K y S, mientras que la remoción de P, Ca y Mg fue menor. En el caso de los micronutrientes, en la Costa Norte del Perú se remueven cantidades mucho más altas de B respecto a México, además se encontró mayor remoción de Fe y Mn, y menor de Cu, Cl y Na. El Zn se comportó de manera muy similar (Figuras 4 y 5).

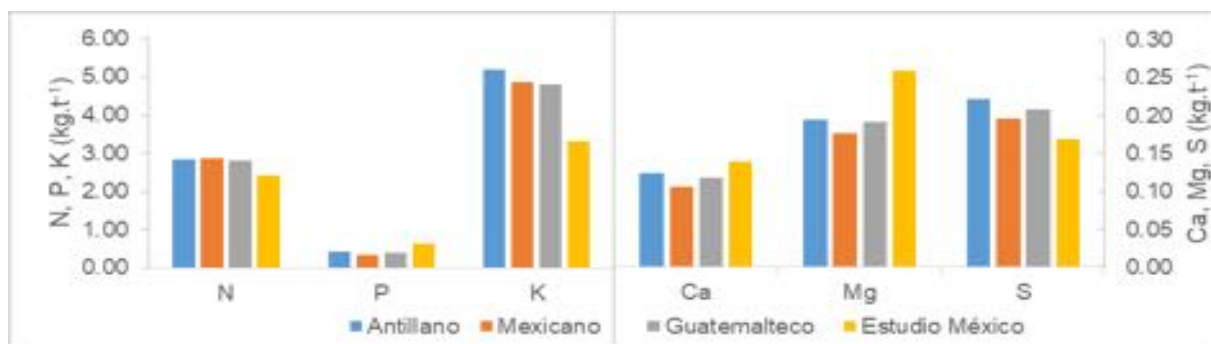


Figura 4. Remoción total de macronutrientes (kg t^{-1}) por frutos de 'Hass' sobre distintos portainjertos, comparados con un estudio de México (Salazar-García et al., 2009).

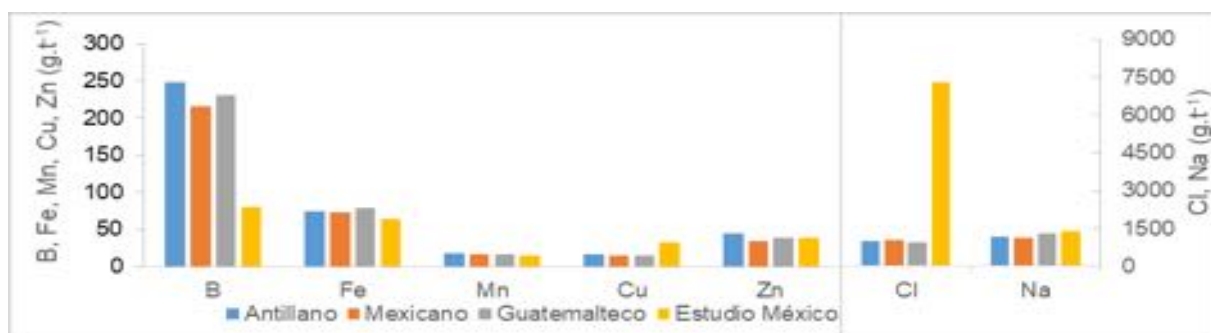


Figura 5. Remoción total de micronutrientes (g t^{-1}) por frutos de 'Hass' sobre distintos portainjertos comparados con un estudio de México (Salazar-García et al., 2009).

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo y financiamiento de la empresa CAMPOSOL S.A., para el desarrollo de esta investigación.

Literatura Citada

- Mellado-Vázquez, A., S. Salazar-García, A. Álvarez Bravo, M.E. Ibarra Estrada y J. González-Valdivia. 2015. Remoción de nutrientes por el fruto del aguacate 'Méndez' en el sur de Jalisco, México. Proceedings VIII World Avocado Congress, Lima, Peru. September 13-18, 2015. Vol.1:376-379.
- Salazar-García, S., L.C. Garner, and C.J. Lovatt. 2013. Reproductive Biology. pp. 118-167. In: Schaffer, B., B.N. Wolstenholme and A.W. Whiley (Eds.). The Avocado, 2nd Edition, Botany, Production and Uses. CABI, Oxfordshire, UK.
- Salazar-García, S., I.J.L. González-Duran, y L.E. Cossio-Vargas. 2009. Calculador de la cantidad de nutrientes removidos por el fruto del aguacate 'Hass' en Michoacán. Agosto, 2009. http://cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/remocionmich_n.php?und=Toneladas&cantre=1&OK=Calculular. Consultada el 10 de junio 2017.
- Kadman, A. 1963. The uptake and accumulation of chloride in avocado leaves and the tolerance of avocado seedlings under saline conditions. Proceedings American Society for Horticultural Science 1963 83: 280-286.