

CONTENIDO DE MACRO Y MICROELEMENTOS EN FRUTOS DE AGUACATE CV. HASS COSECHADOS EN DIVERSOS AMBIENTES EN EL TRÓPICO ANDINO DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, COLOMBIA.

J. Bernal Estrada ¹, J. Cartagena Valenzuela ²

¹ Agrosavia. Rionegro, Antioquia, Colombia.

² Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia.

Resumen

El fruto del aguacate cv. Hass en la mayoría de las zonas productoras del país, procede de una diversidad de condiciones de cultivo y provienen de múltiples flujos vegetativos que resultan en varios flujos de floración y épocas de cosecha. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de las condiciones climáticas en siete localidades del departamento de Antioquia (Támesis a 1.340 msnm, Venecia PB a 1.510 msnm, Venecia SC a 1.770 msnm, Jericó a 1.900 msnm, Marinilla a 2.087 msnm, Rionegro a 2.140 msnm y Entrerriós a 2.420 msnm, sobre el contenido de macro y microelementos en frutos de aguacate cv. Hass. Se seleccionaron nueve árboles en cada uno de siete huertos comerciales y de cada árbol se tomaron cuatro frutos (24 a 33,28 % materia seca de la pulpa), por época de cosecha. Extraída la pulpa del fruto, se le determinó el contenido de elementos mayores y menores presentes. En términos generales, el clima afectó la composición nutrimental del fruto; especialmente P, K, Mg, Na, S, Zn y B, aumentaron cuando la altura donde se encontraban los huertos era mayor; contrariamente Ca, Cu y Mn, disminuyeron; N no mostró una tendencia en particular. El fruto de este estudio mostró niveles bajos en N, P, K, Mn Zn y B; medios en Mg, Cu y Fe y altos en Ca, Na y S, comparados con estándares establecidos a nivel internacional.

Palabras clave: *Persea americana*, nutrición, pulpa, minerales, frutales.

Abstract

The fruit of the avocado cv. Hass in most of the producing areas of the country comes from a variety of growing conditions and multiple vegetative flows that result in various flowering and harvest seasons. The objective of this study was to evaluate the influence of climatic conditions in seven localities of the department of Antioquia (Tamesis at 1,340 masl, Venecia PB at 1,510 masl, Venecia SC at 1,770 masl, Jericó at 1,900 masl, Marinilla at 2,087 masl, Rionegro a 2,140 masl and Entrerriós at 2,420 masl), on the content of macro and microelements in avocado fruits cv. Hass. Nine trees were selected in each of seven commercial orchards and from each tree four fruits were taken (24 to 33.28% dry matter of the pulp), by harvest season. After extracting the pulp of the fruit, the content of major and minor elements present was determined. In general, the climate affected the nutritional composition of the fruit; especially P, K, Mg, Na, S, Zn and B, increased when the height where the orchards were found was higher; conversely Ca, Cu and Mn, decreased; N did not show a particular trend. The fruit of this study showed low levels in N, P, K, Mn Zn and B; media in Mg, Cu and Fe and high in Ca, Na and S, compared with internationally established standards.

Introducción

Las condiciones agroambientales prevalecientes en la región productora de aguacate de Colombia, como en México (Anguiano *et al.*, 2007), propician un desarrollo del árbol y la obtención de fruto en prácticamente todo el año, así como un traslape continuo de las diferentes fases fenológicas del árbol, ello principalmente determinado por el estrato altitudinal así como el arreglo topológico de las plantaciones con respecto a su exposición al sol, la pendiente y la dirección prevaleciente del viento. La productividad del cultivo en esta amplia gama de ambientes, depende de un conjunto de factores, algunos más o menos ligados con las características agroambientales de los huertos.

La baja fertilidad natural de los suelos derivados de cenizas volcánicas en los cuales se desarrolla más del 85 % de los huertos de aguacate, se compensa con el uso constante y sistemático de fertilizantes químicos y orgánicos, los cuales proveen los nutrimentos esenciales para el frutal. Sin embargo, factores incontrolables del clima como heladas, granizo y vientos fuertes, pueden ser tan limitantes de la producción como factores de manejo controlables tan importantes como la nutrición y el agua (Anguiano *et al.*, 2007).

La materia seca está formada de carbono y de todos los nutrimentos empleados durante el crecimiento y desarrollo del fruto. Así se forman las proteínas y aceites, ambos de alto contenido en los frutos de aguacate (Salazar-García, 2002). Los frutos con mayor contenido de materia seca y aceite utilizan mayor cantidad de nutrimentos. Para calcular la cantidad de nutrimentos que deben aplicarse a los huertos, ya sea en forma orgánica o inorgánica, es necesario conocer la cantidad de nutrimentos removidos por el fruto (Salazar-García, 2002). Estudios hechos por Maldonado *et al.* (2007) indicaron una acumulación diferencial de nutrimentos en el fruto, siendo el K el más concentrado, seguido de N, P, Mg, Ca, Fe, B, Zn, Cu y Mn.

La condición nutrimental, tanto del árbol como del fruto, es un aspecto clave para que el fruto cosechado sea de la máxima calidad comercial. Resulta claro que la calidad del fruto depende de las condiciones climáticas, manejo del huerto, cultivar, etc. Wolstenholme (1987) indica que el fruto de aguacate es muy demandante de energía y tiene una gran dependencia de las reservas del árbol. Esto hace que la estrategia del árbol sea de alta eficiencia para captar, almacenar, conservar y reciclar carbohidratos y reservas minerales, haciéndolo parecer como un árbol cuya producción es barata en cuanto al gasto de nutrimentos.

Existen varias referencias sobre la creciente preocupación acerca de la importancia de las interacciones pre y poscosecha en los productos hortícolas (Monselise y Goren, 1987; Beverly *et al.*, 1993; Arpaia, 1994; Hofman y Smith, 1994). Dichas interacciones han sido estudiadas detalladamente para frutos de zonas templadas, pero solo recientemente han sido objeto de atención para los frutos tropicales y subtropicales (Hofman *et al.*, 2007). No se dispone de resultados para Colombia relacionados con el contenido de macro y micro nutrientes en aguacate, producto de estar plantado en ambientes diversos. El objetivo de este estudio fue conocer la composición mineral de frutos de aguacate cv. Hass y determinar si hubo cambios en su contenido según el ambiente de donde proceden.

Materiales y Métodos

El estudio se hizo durante los años 2012 y 2013, en huertos de aguacate cv. Hass, plantados en el oriente, altiplano norte y suroeste de Antioquia, Colombia (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones ambientales de los sitios de procedencia en el departamento de Antioquia, de los frutos de aguacate cv. Hass, utilizados para determinar el contenido de macro y microelementos en la pulpa.

Municipio	Finca	Altura (msnm)	Temp. (°C)	H.R. (%)	Precipitación promedio año (mm)	Brillo solar (horas año ⁻¹)
Támesis	La María	1.340	22,5	81	1.917	1.726
Venecia	Piedras Blancas (PB)	1.510	20,1	74	2.504	2.090
Venecia	Santa Cruz (SC)	1.770	19,5	75	2.300	2.164
Jericó	El Encanto	1.900	19,0	82	1.917	2.430
Marinilla	La Persea	2.087	17,0	81	1.800	1.876
Rionegro	La Escondida	2.140	17,0	78	1.900	1.861
Entrerriós	Guacamayas	2.420	14,7	82,7	1.917	1.684

Material biológico

Se utilizaron árboles adultos de aguacate cv. Hass, de cinco años de edad, injertados sobre portainjertos de raza antillana. Al inicio del estudio, se hicieron en todos los huertos, análisis de suelo y foliar, con el fin de conocer sus condiciones fisicoquímicas. Con base en los resultados se generaron las recomendaciones para el manejo nutricional de los árboles. En todas las localidades los suelos eran de textura franco o franco arenosos.

Procedimiento experimental

La investigación en curso analizó el contenido de macro y micronutrientes en el fruto de siete localidades del departamento de Antioquia, con miras a determinar su calidad interna. En cada huerto se realizaron dos cosechas, una al final de 2013 y otra al principio de 2014. Como todos los huertos, presentaban pendientes o estratos diferentes, dentro la parcela se consideraron 3 niveles de muestreo: alto (S1), medio (S2) y bajo (S3). A su vez, para cada sector de muestreo se seleccionaron 3 árboles elegidos al azar, con un nivel de carga frutal normal a alta y que correspondieran a un sector o bloque homogéneo además que no pertenecieran a hileras límites del huerto. De cada árbol, se tomaron 4 frutos, siempre a una misma altura. Éstos fueron cosechados de diferentes sectores del árbol, en la dirección de los cuatro puntos cardinales, prefiriendo los de tamaño medio. Se seleccionaron frutos con madurez fisiológica (21,5 % de materia seca) y libres de daños físicos. El criterio para la cosecha consistió en seleccionar frutos que presentaran, en su aspecto físico, pérdida de brillo en su parte externa (opaco) y todavía con algo de brillo hacia la parte interna del árbol. Cuando el fruto alcanzó la madurez de consumo, se tomó una submuestra de 200 g la cual fue enviada al laboratorio para el análisis de minerales. Antes de realizar los análisis del contenido de minerales, se determinó la materia seca, mediante el secado de tajadas de pulpa de aguacate, en un horno de convección L-Coven M3516 M[®], a 70 °C, hasta obtener peso

constante. La diferencia entre el peso final y el peso inicial, fue usado para la determinar del porcentaje de materia seca.

Análisis Estadístico

El estudio se realizó en las siete localidades descritas anteriormente, a fin de contar con un rango amplio de exploración de las condiciones ambientales en que suele cultivarse el aguacate cv. Hass en el departamento de Antioquia, sin la pretensión de aplicar técnicas inferenciales para la comparación de localidades (modelos de clasificación de una vía: análisis de varianza), dado que los árboles evaluados dentro de cada una de ellas no constituyen repeticiones válidas de las mismas, siendo, por el contrario, pseudo-repeticiones, en el sentido del término acuñado por Hurlbert (1984). En este contexto, los resultados se analizan con base en técnicas de regresión, adicionadas con herramientas descriptivas y solo se muestran los casos en los que se encontraron diferencias significativas.

Resultados y Discusión

Entre los elementos mayores se analizaron los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, Na y S y entre los elementos menores los de Fe, Cu, Mn, Zn y B (Tabla 2). Al respecto, la materia seca está formada de carbono y de todos los nutrimentos empleados durante el desarrollo y crecimiento del fruto. Así se forman las proteínas y aceites, ambos de alto contenido en los frutos de aguacate (Salazar-García, 2002).

En la Tabla 2 se relaciona el resultado de los análisis de laboratorio sobre el contenido, en % y mg kg⁻¹, de los macro y micro elementos encontrados en pulpa de aguacate cv. Hass, procedente de siete localidades del departamento de Antioquia. En general, las necesidades de N y Ca en el aguacate son menores, mientras que las de P, K y Mg son mayores comparado con otros frutales como los cítricos (Chirinos, 1999).

Tabla 2. Contenido de macro y micro elementos encontrados en pulpa comestible, de aguacate cv. Hass, proveniente de distintas localidades del departamento de Antioquia.

Elemento	Unidad	Támesis	Ven PB	Ven SC	Jericó	Marinilla	Rionegro	Entrerríos
N	%	0,955	1,035	0,85	0,785	0,875	0,74	0,86
P	%	0,13	0,13	0,115	0,135	0,14	0,125	0,19
K	%	0,695	0,785	0,935	0,64	1,285	0,875	1,105
Ca	%	0,07	0,085	0,045	0,045	0,04	0,055	0,05
Mg	%	0,115	0,135	0,085	0,09	0,115	0,12	0,125
Na	%	0,045	0,05	0,04	0,05	0,095	0,07	0,08
S	%	0,265	0,62	1,465	1,225	0,92	2,115	0,39
Fe	mg kg ⁻¹	97,135	67,275	44,88	28,15	30,625	49,195	31,735
Cu	mg kg ⁻¹	14,75	9,525	12,41	8,66	6,875	8,83	9,49
Mn	mg kg ⁻¹	7,505	5,91	4,82	4,185	3,51	5,185	4,285
Zn	mg kg ⁻¹	7,195	8,975	14,04	10,135	10,49	11,415	16,02
B	mg kg ⁻¹	10,73	8,205	30,125	14,665	25,845	11,55	38,805

La Tabla 3, resume los contenidos de macro y micro elementos (mg) encontrados en 100 g de pulpa comestible en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de distintas localidades del

departamento de Antioquia, ubicadas en varias alturas sobre el nivel del mar, de acuerdo a los siguientes porcentajes de materia seca obtenidos: Támesis (27,70 %); Venecia PB (24,0 %); Venecia SC (24,67 %); Jericó (26,83 %); Marinilla (26,03 %); Rionegro (33,28 %) y Entrerriós (32,78 %)

Tabla 3. Contenido de macro y microelementos encontrados en pulpa comestible, de frutos de aguacate cv. Hass, proveniente de distintas localidades del departamento de Antioquia (24 a 32,78 % de ms).

Elemento	Támesis	Venecia PB	Venecia SC	Jericó	Marinilla	Rionegro	Entrerriós
(mg/100 g)							
N	264,54	248,40	209,70	210,62	227,76	246,27	281,91
P	36,01	31,20	28,37	36,22	36,44	41,60	62,28
K	192,52	188,40	230,66	171,71	334,49	291,20	362,22
Ca	19,39	20,40	11,10	12,07	10,41	18,30	16,39
Mg	31,86	32,40	20,97	24,15	29,93	39,94	40,98
Na	12,47	12,00	9,87	13,42	24,73	23,30	26,22
S	73,41	148,80	361,42	328,67	239,48	703,87	127,84
Fe	2,69	1,61	1,11	0,76	0,80	1,64	1,04
Cu	0,41	0,23	0,31	0,23	0,18	0,29	0,31
Mn	0,21	0,14	0,12	0,11	0,09	0,17	0,14
Zn	0,20	0,22	0,35	0,27	0,27	0,38	0,53
B	0,30	0,20	0,74	0,39	0,67	0,38	1,27

Nitrógeno

En el reporte de resultados de laboratorio de N encontrado en el fruto, están consignados en la Tabla 4, donde se observa que la localidad con frutos de mayor concentración de N en su pulpa, fue Venecia PB (1,035 %), seguido de Támesis (0,955 %) Marinilla (0,875 %) Entrerriós (0,86 %) Venecia SC (0,85 %) Jericó (0,785 %) y Rionegro (0,74 %) (Tabla 2); sin embargo, cuando se observan estos contenidos en 100 g de fruto comestible, los valores no siguen esta misma tendencia, debido a que los porcentajes de materia seca son variables, puesto que es en Entrerriós donde se obtienen frutos con los mayores contenidos de N, con 281,91 mg, seguido de Támesis con 264,54 mg, Venecia PB con 248,4 mg, Rionegro con 246,27 mg, Marinilla con 227,76, Jericó con 210,62 mg y finalmente Venecia SC con 209,7 mg. Estos valores son bajos si se comparan con los porcentajes de N, encontrados por Granados (2013) en frutos de aguacate cv. Lorena, en la zona de Mariquita Tolima, con 1,11 % y por Bárcenas *et al.* (2003), en Uruapan, México en aguacate cv. Hass con 2,17 %; sin embargo, Herrera-Basurto *et al.* (2008) reportan concentraciones de N entre 0,95 a 1,07 % en pulpa de aguacate cv. Fuerte, en México, encontrándose en este estudio valores similares en Venecia PB y Támesis. Los valores inferiores, probablemente se deben a que las condiciones de fertilidad del suelo no son las más adecuadas, por sus contenidos medios a bajos de N; además, por el hecho de que existen interacciones entre los nutrientes del suelo, propiciando o inhibiendo la disponibilidad entre éstos. Se sabe que un alto contenido de N, causa una disminución del contenido de Ca y se incrementa la sensibilidad a enfermedades y las paredes son más delgadas con lo que se aumenta la susceptibilidad a daños mecánicos (Cerdas *et al.*, 2006).

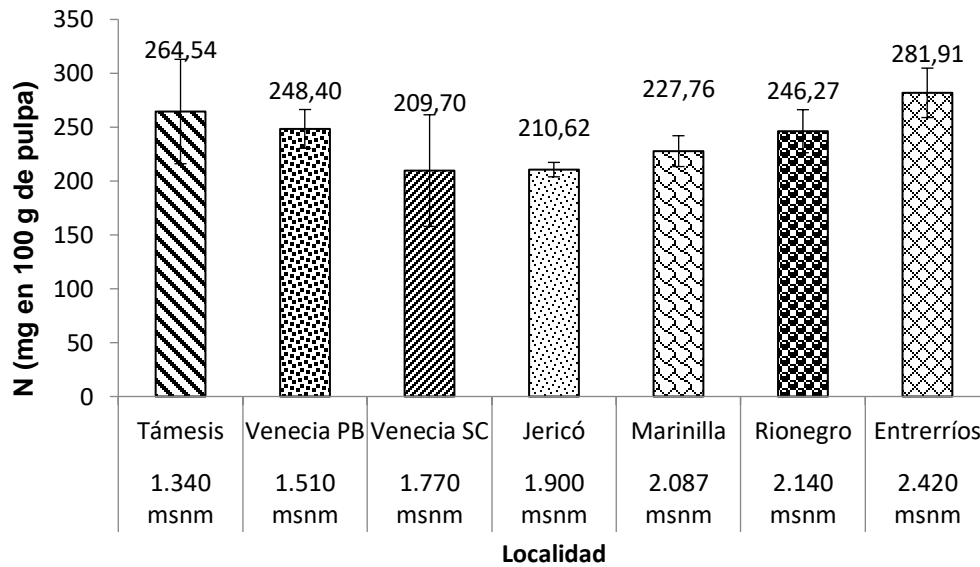


Figura 1. Contenido de Nitrógeno en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Fósforo

En general, la tendencia observada con los contenidos de P, muestran que a medida que se asciende sobre el nivel del mar se aumenta el contenido de este elemento en el fruto (Figura 2). De acuerdo con el contenido nutricional del aguacate, propuesto por USDA (2011), lo aceptado para P en aguacate cv. Hass, es de 54 mg en 100 g de parte comestible; sin embargo, Ortega (2003), para el mismo cultivar reporta un contenido de 40 mg, similar a lo mencionado por Hulme (1971) de 41 mg, lo cual supondría que comparados con los valores encontrados en este estudio la mayoría de las localidades evaluadas tendrían valores muy bajos; sin embargo, Slater *et al.* (1975), menciona que los contenidos de P en pulpa de aguacate, presentan valores entre los 20 y los 80 mg por 100 g de fruto fresco, rango en el cual se encuentran los contenidos de P, en todas las localidades. En este estudio, en general, el contenido de P mostró una tendencia ascendente a medida que el cultivo aumentaba en altura sobre el nivel del mar (Figura 2), diferente a lo mencionado por Salazar-García *et al.* (2011), donde los valores de P en la pulpa, no mostraron diferencias significativas entre cultivos ubicados en tres zonas productivas de Michoacán, México, desde los 1.200 hasta los 2.300 msnm.

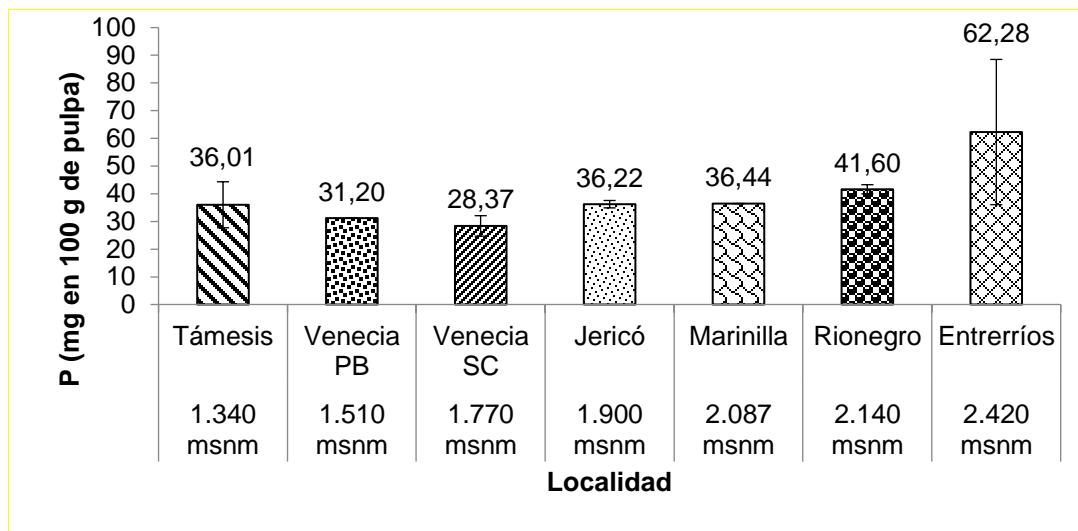


Figura 2. Contenido de P en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Potasio

De acuerdo con Dreher y Davenport (2013), el aguacate contiene cerca de 152 y 345 mg de K por 30 y 68 g (medio fruto), respectivamente; esto corresponde a 507 mg en 100 g de fruto comestible; de otra parte Hulme (1971) reporta para K en aguacate cv. Hass valores de 600 mg y Téliz *et al.* (2000) y Calabrese (1992), mencionan cantidades de 604 mg, mientras que Ortega (2003) para México indica 463 mg; Slater *et al.* (1975), señalan que los niveles de K en frutos de aguacate fluctúan entre los 340 a 723 mg. Lo anterior muestra que en este estudio los valores de K en todas las localidades (Figura 3), estuvieron por debajo de los reportes anteriores sugiriendo un déficit de este mineral con respecto a los estándares en otros países, lo que puede explicarse por el hecho de tener suelos con niveles medios a bajos de K y además por la baja disponibilidad de este macroelemento bajo las condiciones locales del suelo.

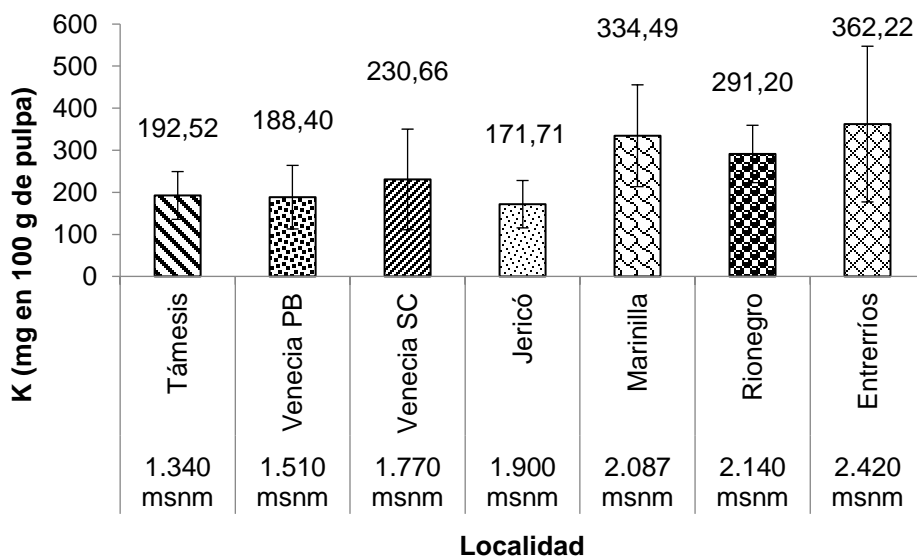


Figura 3. Contenido de K en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Calcio

En este estudio se encontraron valores de Ca en el fruto que variaron entre 10,41 a 20,4 mg en 100 mg de pulpa comestible (Figura 4), los cuales fueron similares a los reportados por Ortega (2003) con un valor de 10 mg, Hulme (1971) con 11 mg y el USDA (2011), quien menciona que este contenido es de 13 mg, en aguacate cv. Hass; sin embargo Téliz *et al.* (2000) y Calabrese (1992), en este mismo cultivar mencionan que éste, posee 24 mg en 100 g de fruto. Los resultados aquí obtenidos están dentro del rango reportado. La localidad con frutos de mayor contenido de Ca fue Venecia PB, con 29,4 mg, seguido de Marinilla con 10,41 mg, Venecia SC 11,25 mg, Jericó con 12,07 mg, Rionegro con 18,30, Entrerríos 16,39 y Támesis, con 19,39 mg en 100 g de fruto comestible (Figura 4); en este caso, sucedió lo contrario a lo hallado en P, ya que las localidades ubicadas en las zonas más bajas presentaron los mayores valores de Ca. Sin embargo, estos valores son altos comparados con los de Slater *et al.* (1975), quienes mencionan un rango para este macroelemento de 10 a 15 mg, valores superados por las siete localidades en este estudio. Cabe destacar que la localidad donde se encontró el menor nivel de Ca en el suelo al inicio del estudio (Venecia PB), fue la de mayor contenido de este elemento en el fruto, debido a que a raíz del análisis inicial del suelo, la deficiencia fue corregida con la aplicación de Ca en forma de cal dolomítica, lo cual surtió algún efecto. El hecho de encontrar los mayores valores de Ca en zonas bajas en este estudio (Támesis y Venecia SC), pueden deberse a la baja adaptación de este cultivar en esas condiciones, pues ambas localidades fueron las de menor producción y calidad de fruto obtenidos.

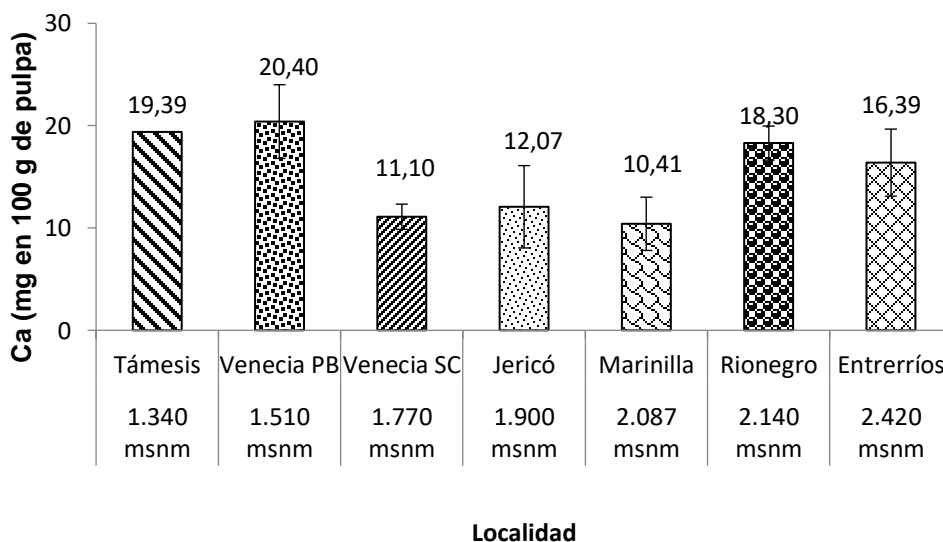


Figura 4. Contenido de Ca en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Magnesio

Los contenidos de Mg encontrados en este estudio variaron entre los 20,97 a los 40,98 mg en 100 de pulpa comestible (Figura 5), valores similares a los mencionados por USDA (2011) de 29 mg; sin embargo, otros autores señalan valores más altos, Hulme (1971) de 39 mg, Ortega (2003) de 41 mg, Téliz *et al.* (2000); Calabrese (1992), 45 mg y Slater *et al.* (1975),

40 a 60 mg. En general, se observó un contenido de Mg en el fruto, acorde con lo reportado, excepto para Venecia SC (20,97 mg) y Jericó (14,15 mg); las localidades con mayores contenidos fueron Entrerríos (40,98 mg) y Rionegro (39,94 mg), las cuales tuvieron valores similares a los registrados por Hulme (1971) y Ortega (2003); los frutos de las demás localidades como Venecia PB (32,40 mg), Támesis (31,86 mg), Marinilla (29,93 mg), Jericó (24,15 mg) y Venecia SC (20,97 mg), fueron en su orden, inferiores (Figura 5). En general, aunque no se observó ninguna tendencia con respecto a la altitud de los huertos y el contenido de este mineral en el fruto, es destacable que los más altos valores se dieron las localidades ubicadas por encima de los 2.100 msnm. De acuerdo con los porcentajes de Mg en la pulpa (Figura 5), los valores obtenidos en esta investigación (Tabla 5), estuvieron cercanos a los encontrados por Granados (2013), en pulpa de aguacate cv. Lorena, en la zona de Mariquita Tolima, con 0,1 %, pero muy inferiores a los de Bárcenas *et al.* (2003), en Uruapan, México en aguacate cv. Hass con 0,27 %, probablemente debido a las mejores condiciones físico-químicas de esos suelos, como fue discutido anteriormente.

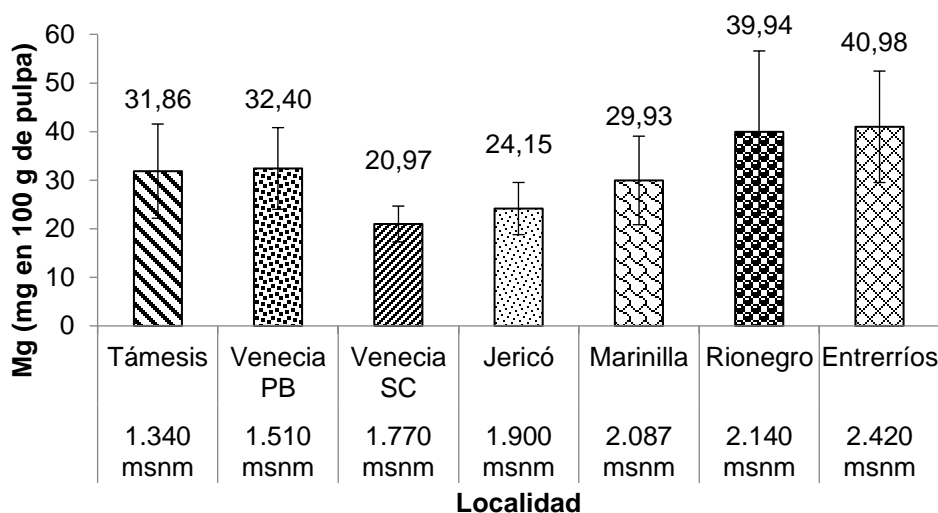


Figura 5. Contenido de Mg en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Sodio

Teniendo en cuenta los reportes sobre los niveles medios de Na presentes en el fruto de aguacate, los resultados obtenidos en este estudio, revelan que la pulpa analizada presenta una cantidad alta de este elemento. Es así como USDA (2011) menciona valores de 8 mg, Hulme (1971) de 10 mg, Ortega (2003) de 4 mg, Téliz *et al.* (2000) y Calabrese (1992), 4 mg. Sin embargo, Slater *et al.* (1975) señalan que este elemento se encuentra en pulpa fresca de aguacate, en niveles que van desde los 5 a 15 mg, estando los frutos procedentes de las localidades de Rionegro, Marinilla y Entrerríos por encima de estos valores. De acuerdo con Ortega (2003), las necesidades diarias de Na son de aproximadamente 3.450 mg, lo que significa que 100 g de pulpa aguacate aportarían aproximadamente un 0,12 % de las necesidades diarias; en este caso el fruto aquí estudiado, tendría un aporte mayor al reportado por el autor mencionado, lo cual sería entre 2,5 a 6 veces mayor a este porcentaje, es decir 0,3 a 0,72 % de las necesidades diarias. En general se observó una tendencia ascendente entre el valor del Na y la altura sobre el nivel del mar, siendo las localidades por encima de los

2.000 msnm, las de mayores contenidos y contrariamente las ubicadas debajo de este límite, las de menores contenidos (Figura 6).

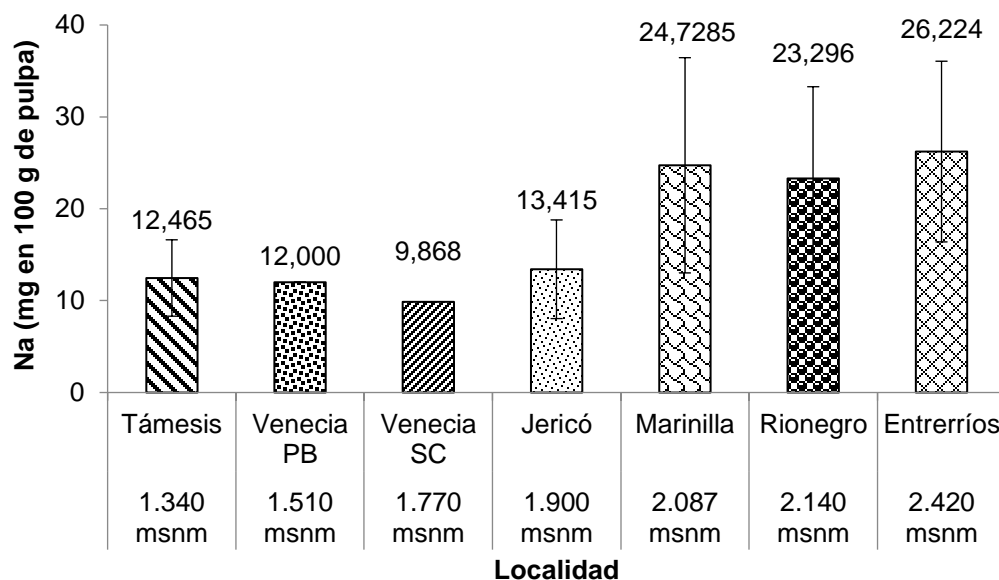


Figura 6. Contenido de Na en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Azufre

Bárcenas *et al.* (2003) en un estudio realizado en Michoacán, México encontró que frutos de cv. Hass con un 21,5 % de materia seca, aptos para ser cosechados, tenían un porcentaje de S de 0,359 %, lo que equivaldría a 90 mg por 100 g de pulpa comestible. En este estudio, cinco de las siete localidades evaluadas presentaron frutos con niveles mayores a los reportados por Bárcenas *et al.* (2003), lo que podría significar un valor agregado del fruto con estos contenidos. Niveles como los del fruto de Rionegro con contenidos de hasta casi ocho veces más de los reportados por Bárcenas *et al.* (2003), dan cuenta de la potencialidad de éste; similarmente el fruto de todas las localidades, se destaca por sus contenidos en este elemento, superior al contenido en ajo (70 mg), vegetal que se caracteriza por su alto valor en este micronutriente. El clima donde se plantaron los árboles, modificó la composición nutrimental del S en el fruto, ya que las localidades ubicadas por encima de los 1.510 msnm mostraron mayores contenidos de este elemento en el fruto, que los de Támesis, a 1.340 msnm (Figura 7). Llama la atención los valores bajos de Entrerríos (127,84 mg), lo que muestra valores muy disímiles en todos los ambientes estudiados.

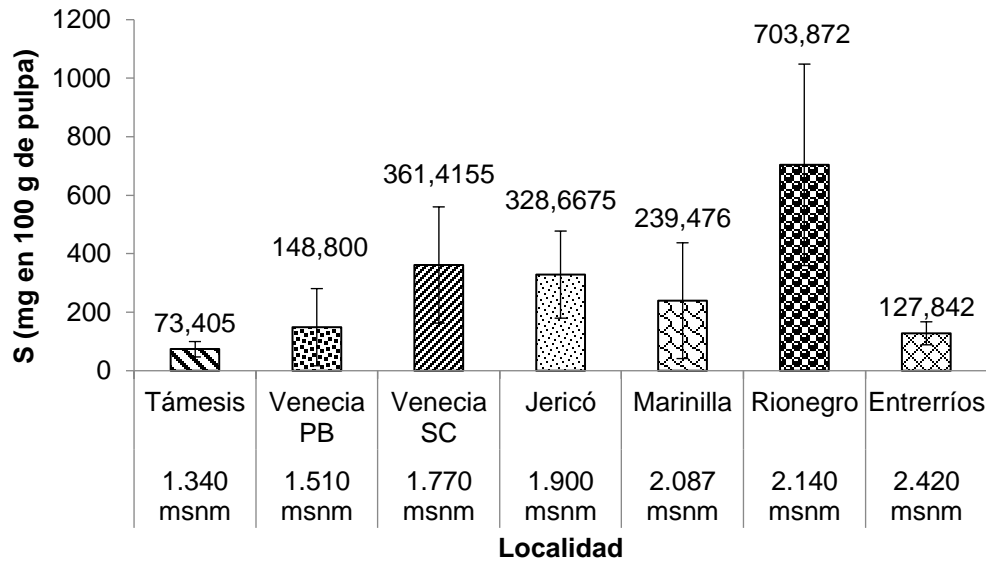


Figura 7. Contenido de S en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Hierro

En este estudio, en términos generales, se encontró que los contenidos de Fe en el fruto, disminuyeron a medida que se ascendió sobre el nivel del mar (Figura 8), mostrando una influencia del clima en la concentración de este micronutriente en el fruto. Los niveles de Fe encontrados en la pulpa estuvieron en Jericó en 0,75 mg, seguido de Marinilla con 0,79 mg, Entrerríos con 1,040 mg, Venecia SC con 1,107 mg, Venecia PB con 1,61 mg, Rionegro con 1,637 mg y Támesis con 2,691 mg y en 100 g de fruto comestible. Al respecto Hulme (1971), Téliz *et al.* (2000), Calabrese (1992) y USDA (2011) mencionan que los contenidos de este elemento en aguacate cv. Hass varían entre 0,4, y 0,61 mg; mientras que Ortega (2003) reporta valores de 1,06 mg. Al respecto, los frutos de Jericó, Marinilla y Entrerríos se mantuvieron dentro de este rango, mientras que Venecia SC y Venecia PB, Rionegro, Támesis, estuvieron por encima de dichos niveles, lo que muestra la gran potencialidad de este fruto, por sus altos contenidos de este micronutriente. Si se tienen en cuenta los trabajos de Slater *et al.* (1975), cuyos valores para este elemento presentan un rango entre los 0,5 a 2 mg de fruto fresco, todas las localidades tuvieron valores dentro de este rango, sugiriendo que poseen valores normales sobre el contenido de Fe en pulpa de aguacate.

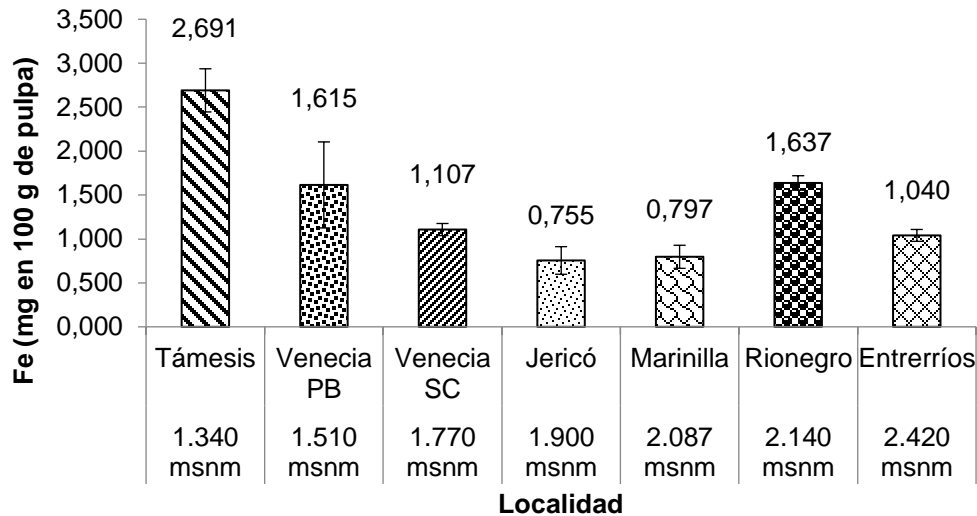


Figura 8. Contenido de Fe en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Cobre

El Cobre facilita la absorción del Hierro de los alimentos y es necesario para la construcción de los tejidos conjuntivos (Ortega, 2003). Fueron encontrados en este estudio, en pulpa de aguacate cv. Hass, contenidos de Cu desde 0,17 a 0,40 mg (Figura 6-9). El USDA (2011) indica que el contenido de este oligoelemento en fruto de aguacate cv. Hass es de 0,17 mg en 100 g de fruto comestible, Hulme (1971) revela que son 0,26 mg y Ortega (2003) menciona que son 0,35 mg. En una investigación realizada por Jiménez-Vieyra y Zambrano-Zaragoza (2011), se encontró que el aguacate poseía un contenido de $0,292 \pm 0,030$ mg de Cobre en 100 g. En este estudio se encontró que seis de las localidades evaluadas tuvieron valores dentro del rango mencionado por los estudios referenciados, solo en Támesis con un contenido de 0,409 mg, fue superior a estos valores, lo que le permitiría a este fruto destacarse como una buena fuente de este oligoelemento, pero con una desventaja por su mayor pardeamiento. En general, se observó que a medida que se ascendía sobre el nivel del mar, los niveles de cobre disminuían (Figura 9), observándose un efecto ambiental, diferente a lo señalado Salazar-García *et al.* (2011), quienes no encontraron diferencias significativas en fruto de aguacate cv. Hass, procedente de huertos plantados desde los 1.200 hasta los 2.300 msnm, en Uruapan, México.

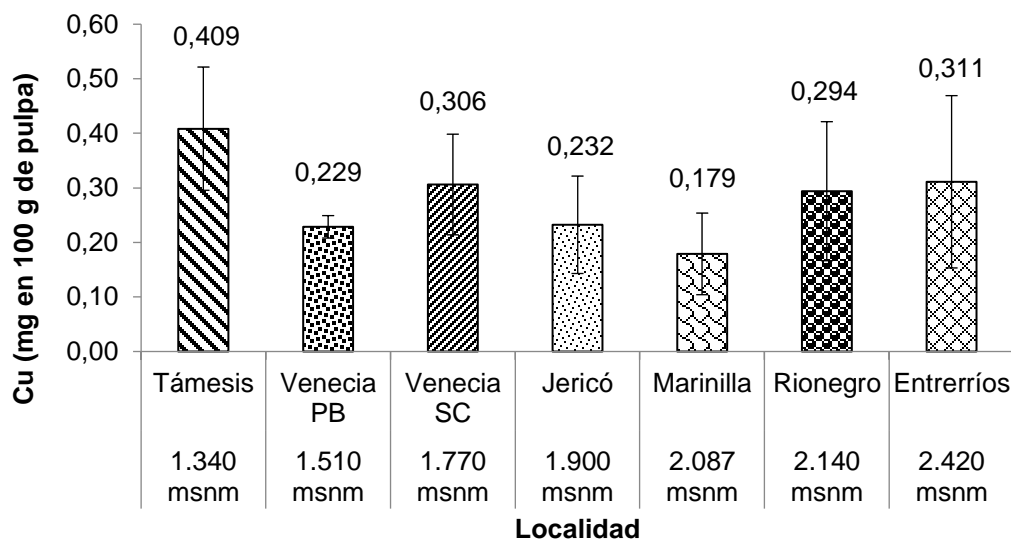


Figura 9. Contenido de Cu en 100 g pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Manganeso

De acuerdo con el USDA (2011), los valores medios de Mn encontrados en pulpa de aguacate cv. Hass son de aproximadamente 0,15 mg en 100 g de pulpa comestible; sin embargo, Ortega (2003) menciona que esos niveles son de 2,3 mg. En general, se observó que el clima donde se desarrollaron los árboles, modificó la composición del Mn del fruto, ya que a medida que los huertos se ubicaban a mayor altitud, los contenidos en el fruto disminuyeron (Figura 6-14). Salazar-García *et al.* (2011), encontraron que los niveles de este elemento estuvieron entre 0,5, 0,51 y 0,58 mg 100 g⁻¹ de pulpa, en climas semicálido subhúmedo (1.200 a 1.600 msnm), semicálido húmedo (1.600 a 1.800 msnm) y templando subhúmedo (1.900 a 2.300 msnm), respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre las zonas climáticas. En este estudio, solo los frutos de Támesis, con 0,208 mg y Rionegro con 0,173 mg, estuvieron dentro de los valores referenciados por el USDA (2011); las demás localidades estuvieron por debajo de estas cantidades y todas las localidades mostraron valores inferiores a los indicados por Ortega (2003) y Salazar-García *et al.* (2011), sugiriendo contenidos bajos de este oligoelemento. El ambiente más cálido de Támesis mostró los niveles más altos de Mn, superiores a las demás localidades; por encima de los 1.510 msnm, los valores fueron muy similares, siendo Rionegro la localidad con los frutos de mayor contenido de Mn con 0,173 mg (Figura 10).

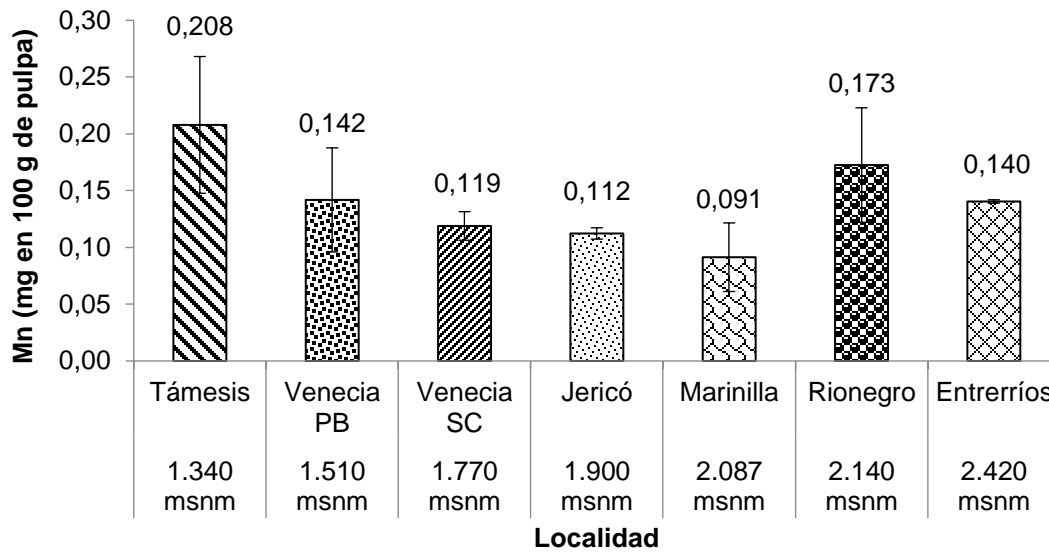


Figura 10. Contenido de Mn en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Zinc

En este estudio se encontró que los valores para Zn fueron los siguientes Támesis (0,199 mg), Venecia PB (0,225 mg), Jericó (0,272 mg), Marinilla (0,273 mg), Venecia SC (0,346 mg), Rionegro (0,38 mg), y Entrerríos (0,525 mg) (Figura 11); a excepción de Entrerríos, estos valores son inferiores a los reportados por Téliz *et al.* (2000) y Calabrese (1992), quienes mencionan que los contenidos están por el orden de los 0,4 mg; USDA (2011), indica valores de 0,68 mg y Hulme (1971) de 1 mg; Salazar-García *et al.* (2011) por su parte, en México, registra valores mayores, de 1,74 a 1,82 mg.

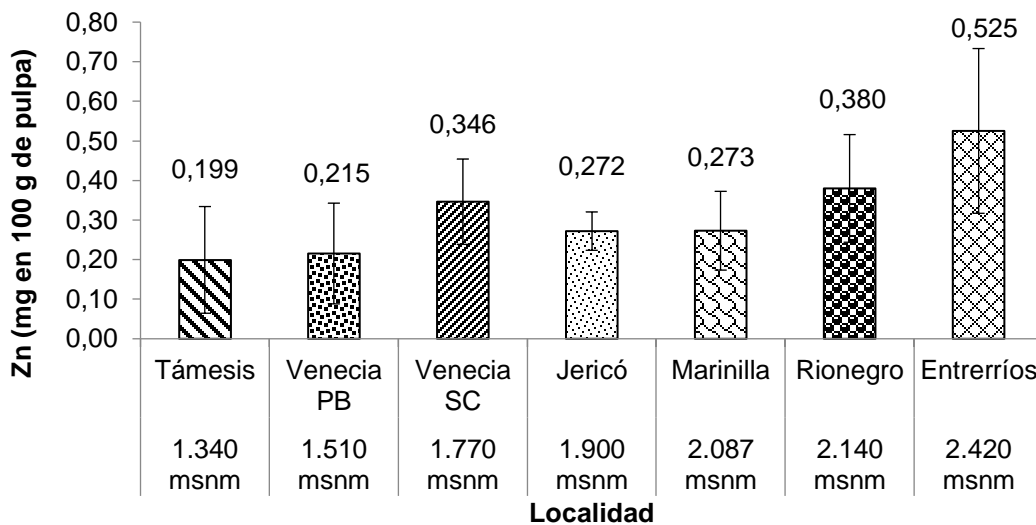


Figura 11. Contenido de Zn en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Por lo anterior, se estima que las cantidades aquí encontradas son bajas, probablemente debido a lo mencionado por Salazar-García *et al.* (2011), quien asegura que la deficiencia de Zn está presente en la mayoría de las regiones productoras del mundo, en los diferentes rangos de pH del suelo en los que se cultiva el aguacate. La importancia de eliminar esta deficiencia radica en que de persistir, no sólo se reduce la cantidad de fruto cosechado, sino que es una de las principales razones para que los cultivares de aguacate produzcan fruto pequeño, deforme y redondeada (Salazar-García, 2002). En este estudio se observó una influencia del clima sobre los contenidos de Zn en el fruto, ya que el fruto de los huertos ubicados por encima de los 1.770 msnm presentaron más altos contenidos que aquellos localizados por debajo de este límite (Figura 6-11); además, el valor más alto fue conseguido en la localidad ubicada a mayor altura (Entrerríos, 2.420 msnm con 0,525 mg).

Boro

Slater *et al.* (1975) mencionan que los contenidos de B en 100 g de pulpa de aguacate, se encuentran en niveles de 1 a 3 mg; sin embargo Salazar-García *et al.* (2011) encontró valores entre 2,62 a 2,84 mg. Si se consideran estos valores como referencia, solo Entrerríos estaría dentro del rango propuesto por Slater *et al.* (1975), pero comparado con Salazar-García *et al.* (2011), todos los valores hallados en este estudio se consideran de bajo a muy bajos (entre 0,2 a 1,272), debido a que los suelos exhiben gran deficiencia de este elemento y además, el B es otro de los nutrientes que se presenta como un problema de ocurrencia común en todas las áreas en que se cultiva aguacate en el mundo (Cerdas *et al.*, 2006). En este estudio se observó una influencia marcada del clima sobre el contenido del B en la pulpa de aguacate, ya que los frutos procedentes de los huertos plantados por encima de los 1.770 msnm, presentaron mayores contenidos de este elemento, que aquellos por debajo de esta altura; Salazar-García *et al.* (2011) en México no reporta influencia del clima sobre el contenido del B en el fruto de aguacate cv. Hass (Figura 12).

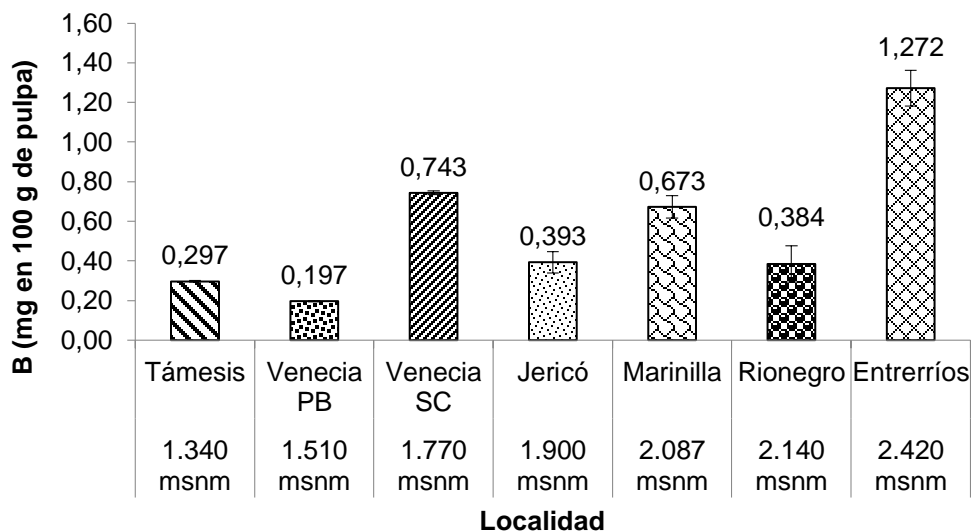


Figura 12. Contenido de B en 100 g de pulpa comestible, en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2013-2014).

Conclusiones

- El clima afectó el contenido de algunos elementos en la pulpa de aguacate cv. Hass procedente de siete localidades del departamento de Antioquia (desde los 1.340 a 2.420 msnm). El P, el K, el Mg, el Na, el S, el Zn y el B, aumentaron sus valores cuando el fruto procedía de huertos ubicados a mayores alturas; en algunos casos por encima de los 1.770 msnm y en otros, de los 2.000 msnm. El Ca, el Fe, el Mn y el Cu aumentaron sus contenidos cuando la altura era menor, el N no mostró ninguna influencia por las condiciones climáticas.
- El fruto de la mayoría de las localidades, presentó diferencias en sus contenidos, con respecto a los contenidos nutricionales consultados; es así como el N P, K, Mn, Zn y B, en general, presentaron valores inferiores, el Mg, el Fe y el Cu mostraron valores iguales o ligeramente inferiores, mientras que los contenidos de Ca, Na y S revelaron mayores cantidades que aquellos analizados a nivel internacional.
- Por localidades, en Támesis a 1.340 msnm, se presentaron los frutos con la mayor cantidad de Fe, Cu y Mn y los valores más bajos de Zn y S; los frutos de Venecia PB a 1.510 msnm, mostraron los mayores valores en Ca y los más bajos de B; los frutos de Venecia SC registraron los menores valores de P, Mg y Na; los frutos de Jericó no mostraron valores superiores en ningún elemento y por el contrario tuvo las menores cantidades de K y Fe; los frutos de Marinilla a 2.087 msnm los niveles menores de Ca, Cu y Mn, Rionegro a 2.147 msnm, los mayores de S y Entrerriós a 2.420, las más altas cantidades de N, K, P, Mg, Zn y B.
- Esta es la primera vez que se obtienen contenidos de minerales en pulpa de aguacate cv. Hass, en diferentes climas y condiciones de cultivo en Antioquia y en Colombia. Esta información será de utilidad para planear investigaciones, con el objetivo de desarrollar tecnología basada en contenidos de nutrientes en el fruto y la extracción de los mismos, lo cual permitirá conocer la calidad de fruto, con miras a enfrentar los mercados nacionales e internacionales.

Literatura citada

- Anguiano, C.J.; Alcántar, J.J.; Toledo, B.R.; Tapia, L.M. y Vidales-Fernández, J.A. 2007.** Caracterización edafoclimática del área productora de Aguacate de Michoacán, México. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate, Viña Del Mar, Chile. 11 p.
- Arpaia, M.L. 1994.** Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. HortScience 29: 982–985.
- Bárcenas O., A.E.; Molina, E.J.; Huanosto, M.F. y Aguirre, P.S. 2003.** Contenido de macro y microelementos en hojas, flor y fruto de aguacate "Hass" en la región de Uruapan Michoacán. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. Granada-Málaga, España. pp. 365-371.
- Bergh, B. 1992.** Nutritious value of avocado. California Avocado Society Book. p. 123-135.
- Beverly, R.B.; Latimer, J.G. and Smittle, D.A. 1993.** Preharvest physiological and cultural effects on postharvest quality. In: Shewfelt, R.L. and Prussia, S.E. (eds) Postharvest Handling: A Systems Approach. Academic Press. San Diego. pp. 74–98.
- Calabrese, F. 1992.** El aguacate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 249 p.
- Cerdas, M.; Calderón, M. y Díaz, E. 2006.** Manual de Manejo Pre y Poscosecha de Aguacate (*Persea americana*). MAG. San José, Costa Rica. 95 p.
- Dreher, M.L. and Davenport, A.J. 2013.** Hass avocado composition and potential health effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53:738–750.

- Herrera-Basurto, J.; Martínez-Damián, M.T.; Castillo-González, A.M.; Barrientos-Priego, A.F.; Colinas-León, M.T.; Pérez-Mercado, C.A. y Aguilar-Melchor, J.J. 2008.** Concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa de aguacate cv. 'Fuerte' por efecto de aspersiones foliares de nitrato de calcio. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. Agricultura Técnica en México 34 (3): 289-295
- Heyneman, C.A. 1996.** Zinc deficiency and taste disorders. *Ann Pharmacother* 30: 186-187.
- Hofman, P.J. and Smith, L.G. 1994.** Preharvest effects on postharvest quality of subtropical and tropical fruit. In: Champ, B.R., Highley, E. and Johnson, G.I. (eds) *Postharvest Handling of Tropical Fruits*. ACIAR, Canberra, Proceedings No. 50, pp. 261–268.
- Hofman, P.J.; Fuchs, Y. y Milne, D.L. 2007.** Cosecha, embalaje, tecnología de pos cosecha, transporte y procesamiento. En: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto*. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 331-364.
- Hurlbert, S.H. 1984.** Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2): 187-211.
- Hulme, A. C. 1971.** *The Biochemistry of Fruits and their Products*. Academic Press. New York, USA. 763 p.
- IOM (Institute of Medicine/Food and Nutrition Board). 2002.** Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: National Academy Press, 797 p.
- IOM (Institute of Medicine). 2005.** Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Chapter 5. Potassium. National Academies Press, Washington, DC. pp. 186-255.
- Jiménez-Vieyra, M.E. y Zambrano-Zaragoza, M.L. 2011.** Cuantificación de cobre en polifenoloxidasas de futas tropicales por espectrofotometría de absorción atómica. *Información Tecnológica* 22 (2): 2011-2015.
- Joo, S.J. and Betts, N.M. 1996.** Copper intakes and consumption patterns of chocolate foods as sources of copper for individuals in the 1987-1988 nationwide food consumption survey. *Nutrition Research*: 16(1): 41-52.
- Maldonado, R.; Álvarez, M.; Almaguer, G.; Barrientos, A. y García, R. 2007.** Estándares nutrimentales para aguacatero Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 103-108.
- Monselise, S.P. and Goren, R. 1987.** Preharvest growing conditions and postharvest behaviour of subtropical and temperate-zone fruits. *HortScience* 22: 1185–1189.
- Ortega T., M.A. 2003.** Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*, Granada -Málaga, España. pp. 741-748.
- Salazar-García, S. 2002.** *Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) e Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México. 165 p.
- Salazar-García, S.; González-Durán, I.J.L. y Tapia-Vargas, L.M. 2011.** Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate Hass en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2): 183-194.
- Slater, G.G.; Shankman, S.; Shepherd, J.S. and Alfin-Slater, R.B. 1975.** Seasonal variation in the composition of California avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23: 468–474.

Téliz O., D.; Mora A., G. y Morales G., L. 2000. Importancia Histórica y Socioeconómica del Aguacate. En: D. Téliz (ed). El Aguacate y su Manejo Integrado. Editorial Mundi Prensa. México D.F., México. pp 3-16

USDA and HHS. 2010. Report of the Dietary Guidelines Advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans (Sodium, Potassium, and Water Report. D6:6-25). U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services. Washington, DC. 453 p.

USDA-U.S. Department of Agriculture. 2011. Avocado, almond, pistachio and walnut composition. Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. Washington, DC.