

# ASPERSIONES DE CALCIO EN LA CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL DE HOJA, CÁSCARA Y FRUTO DE AGUACATE 'HASS'

**J. Herrera-Basurto<sup>1</sup>; M. T. Martínez-Damián<sup>1</sup>;  
A. M. Castillo-González<sup>1</sup>; A. F. Barrientos-Priego<sup>1</sup>;  
M. T. Colinas-León<sup>1</sup>; C. A. Pérez-Mercado<sup>1</sup>;  
J. J. Aguilar-Melchor<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.  
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.  
Correo-e: mcjhbasurto@hotmail.com (<sup>1</sup>Autor responsable)

<sup>2</sup>Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S. C., Coatepec, Harinas Estado de México.

## RESUMEN

Con la finalidad de estudiar el efecto del  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , se realizaron aspersiones foliares precosecha en árboles de aguacate cv. Hass con concentraciones de 0, 0.3 y 0.5 %, cada quince días a partir de la segunda quincena de septiembre del 2003 hasta principios de enero del 2004, con un total de 11 aplicaciones. Se evaluó la concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa. Los resultados indicaron que no hubo incremento de la concentración para N, P, K, Ca y Mg en hoja, cáscara y pulpa durante el primer año de evaluación; concluyéndose que en el segundo año se presentó un incremento de Ca en cáscara y pulpa, más no en hoja, dejando evidencia de un efecto residual.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Persea americana* Mill.,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , nutrimentos, relación N/Ca y K/Ca.

## CALCIUM SPRAYING ON NUTRIENT CONCENTRATION OF LEAF, SKIN, AND FRUIT IN 'HASS' AVOCADO

### ABSTRACT

With the objective of studying the effect of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , we carried out pre-harvest foliar sprayings in avocado cv. Hass trees using concentrations of 0, 0.3 and 0.5% every fifteen days from the mid September 2003 until early January 2004, resulting in 11 applications. We evaluated nutrient concentration in the leaf, skin and pulp. Results indicated no increase in concentrations of N, P, K, Ca, and Mg in the leaf, skin and pulp during the first year of evaluation. We concluded that the second year presented a Ca increase in skin and pulp, but not in leaf, with residual effect evidence.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Persea americana* Mill.,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , nutrients, N/Ca and K/Ca ratio.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del aguacate en México comprende una superficie de 90,000 ha en producción, las cuales generan 720,000 toneladas de fruta (Santacruz, 2004). Este cultivo subtropical es un producto de alto valor nutritivo y de importancia tradicional en la dieta mexicana, así como para el mercado de exportación y es una fuente de ingreso de divisas para el país. La exportación del aguacate se ve

limitada por una serie de problemas postcosecha debido a su corta vida de anaquel, por lo cual se han generado métodos que permiten incrementar el tiempo de almacenamiento, tal es el caso de la refrigeración, con el inconveniente de la generación de daños por frío, desorden fisiológico que puede hacerse presente en muchos frutos tropicales y subtropicales como el aguacate, que no pueden ser almacenados a bajas temperaturas (3 a 7 °C) por periodos largos (Hofman *et al.*, 2002).

El desarrollo de desórdenes durante la maduración y especialmente durante el almacenamiento a bajas temperaturas, pueden ser modificados por las condiciones ambientales precosecha (Ferguson *et al.*, 1999); la nutrición mineral es un aspecto que incide sobre la calidad del fruto y la aparición de desórdenes fisiológicos, los cuales dependen tanto del contenido nutrimental como del balance que se tenga de éstos en el fruto, como la concentración de sólidos solubles totales que está positivamente relacionado con el contenido de potasio; además, los bajos contenidos de nitrógeno y altos niveles de calcio en el fruto durante el almacenamiento incrementan la calidad del mismo (Tagliavini *et al.*, 2000). Las deficiencias nutrimentales es uno de los factores que inciden en mayor grado sobre la calidad del fruto en postcosecha (Penter y Stassen, 2000). La trascendencia del calcio en los procesos fisiológicos de las plantas ha sido bien documentada en varios estudios (Pintro y Taylor, 2005), desde mediados del siglo XIX, una amplia gama de desórdenes internos en frutas y hortalizas eran considerados de índole natural, pero fue hasta los años treinta y cuarenta del siglo XX que esos desórdenes fueron asociados con los bajos contenidos de calcio; desde entonces, los bajos niveles de calcio han sido vinculados positivamente con desórdenes como la mancha amarga, mancha corchosa, decaimiento interno y decaimiento de lenticelas en manzana y pudrición del extremo floral en tomate, sandía y pimiento. Entre otras funciones el calcio es importante porque incrementa la estabilidad de la membrana y aumenta la resistencia de la pared celular (Penter y Stassen, 2000). Por consiguiente, este nutrimento afecta la firmeza y la senescencia del fruto por medio de la alteración de los procesos extra e intracelulares (Buccheri y Di Vaio, 2004). El calcio tiene una función importante en el desarrollo de la pared celular, a tal grado que cuando la disponibilidad de este nutrimento es inadecuada, la pared celular pierde su integridad, ocasionando desórdenes fisiológicos (Dilmaghani *et al.*, 2004). Aunque el calcio es probablemente el catión más abundante tomado por las plantas, los contenidos de este elemento dentro del fruto son relativamente bajos (Tagliavini *et al.*, 2000); esto es debido a la mala distribución del nutrimento en la planta una vez asimilado (Penter y Stassen, 2000).

La aplicación de calcio en precosecha es el método disponible más común para incrementar la concentración de calcio en el fruto de manzana (Dilmaghani *et al.*, 2004) y en aguacate la aplicación de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  al follaje ha proporcionado resultados satisfactorios, disminuyendo el porcentaje de pérdida de peso, firmeza, producción de  $\text{CO}_2$ , etileno y los daños por frío en frutos de aguacate cv. Fuerte almacenados tanto en ambiente como en refrigeración (Saucedo-Hernández *et al.*, 2005). Es por ello que en la presente investigación se planteó evaluar el efecto de las aplicaciones foliares precosecha de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  sobre la concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa de aguacate 'Hass'.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Coatepec Harinas, Estado de México, México; en un huerto de aguacate 'Hass', injertado sobre portainjertos provenientes de semilla de la raza Mexicana, de nueve años de edad, ubicado en la parcela "Los Encinos" del Campo Experimental "La Cruz" perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. La región se localiza entre las coordenadas  $99^\circ 48.5'$  de LW, y  $18^\circ 54.5'$  y  $18^\circ 56.3'$  de LN; a una altitud de 1,750 m. El clima es  $\text{C}(\text{w}_2)\text{w}$ ; templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual de  $17.7^\circ\text{C}$ ; precipitación media de 1,100 mm anuales, siendo en su mayoría entre junio y octubre, y la de menor precipitación entre los meses de febrero y marzo. El suelo es andosol, de textura franco, ligeramente ácido, alta capacidad de intercambio catiónico (Solís-Fraire *et al.*, 1998).

Las aplicaciones foliares de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  grado reactivo fueron de 0, 0.3 y 0.5 % en árboles de nueve años con fruto de 3.5 meses de desarrollo. Las soluciones se prepararon de acuerdo con los tratamientos planeados, adicionándoles el adherente Atlox ( $0.5 \text{ ml}\cdot\text{litro}^{-1}$ ). Después se asperjaron los árboles a punto de goteo con un aspersor en tractor, aplicando 10 litros por árbol. La primera aspersión fue el 16 de septiembre del 2003 y posteriormente se aplicó cada tratamiento con una frecuencia de 15 días hasta llegar al 10 de enero, logrando concretarse un total de 11 aplicaciones antes de la cosecha. El experimento se planteó en un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos  $3 \times 2$ , donde los factores fueron las concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y los años de evaluación, respectivamente. La unidad experimental utilizada fue un árbol con cinco repeticiones. Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

Se evaluó la concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa tres meses después de realizada la última aspersión en el primer año y, al momento de la cosecha del segundo año. Para estas evaluaciones se colectaron muestras de tres frutos en madurez fisiológica (color verde-negro en cáscara, conocido como 3/4) y 60 hojas maduras en cada planta de aproximadamente cuatro meses de edad, 15 por cada punto cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste) expuestas en la periferia del árbol y a la misma altura. Las hojas fueron lavadas primero con agua de la llave una vez y tres veces con agua destilada para eliminar las impurezas presentes en la misma, después, fueron secadas en estufa de aire forzado por 72 horas a  $65^\circ\text{C}$ ; de igual manera, las porciones de pulpa y cáscara se secaron en horno de microondas en alta temperatura por 20 minutos aproximadamente. Para la determinación de N se usó 0.1 g de muestra seca que se sometió a digestión húmeda con una mezcla de ácidos sulfúrico y salicílico. La concentración se determinó por el método de microkjeldahl. Para la determinación de P, K, Ca y Mg se utilizaron 0.5 g de muestra seca que se sometió a digestión húmeda con ácidos nítrico,

perclórico y sulfúrico. La concentración de P se determinó por el método del molibdo vanadato amarillo, la absorbancia se registró a 470 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20 Bauch & Lomb. La concentración de K se determinó con un fotómetro de flama Corning 400. Las concentraciones de Ca y Mg se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, registrando la absorbancia en un espectrofotómetro Pye Unicam SP9 de Phillips a 422.7 y 285.2 nm, respectivamente, de acuerdo con los procedimientos indicados por Chapman y Pratt (1991).

## RESULTADOS

### Concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa

En hoja la prueba de comparación de medias indicó que no se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre las

concentraciones asperjadas para N, P, K, Ca y Mg (Cuadro 1). En años, la prueba de comparación de medias mostró diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en N, P, K y Mg; donde en el primer año tuvieron valores más altos N y K, mientras que el segundo año presentó los valores más altos P y Mg; además, el análisis de varianza señaló que no existió interacción concentración x años ( $P \leq 0.05$ ) en todos los nutrimentos analizados (Cuadro 1).

En cáscara el resultado de la prueba de medias para el factor concentración señaló que no se tuvieron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en ninguno de los nutrimentos estudiados (Cuadro 2); pero para el factor años, se presentaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg (Cuadro 2); donde N y K tuvieron la mayor concentración durante el primer año, en tanto que P, Ca y Mg tuvieron los mayores valores hasta el segundo año de evaluación. No se encontró interacción concentración x años en cáscara (Cuadro 2).

**CUADRO 1. Concentración de nutrimentos en hoja de aguacate 'Hass' por efecto de aspersiones de nitrato de calcio al follaje, en dos años de evaluación.**

Factor/Nivel	N	P	K	Ca	Mg
<b>Concentración (C)</b>					
0 %	1.81 a	0.402 a	2.250 a	1.776 a	0.581 a
0.3 %	1.56 a	0.405 a	2.055 a	1.741 a	0.581 a
0.5 %	1.86 a	0.420 a	2.204 a	1.467 a	0.558 a
DMSH	0.3326	0.0323	0.7565	0.6437	0.0941
<b>Año (A)</b>					
Año 1	1.92 a	0.057 b	3.65 a	1.53 a	0.385 b
Año 2	1.57 b	0.760 a	0.68 b	1.78 a	0.761 a
DMSH	0.2244	0.0218	0.5105	0.4344	0.0635
CV (%)	17.03	7.07	31.22	34.69	14.70
<b>C x A</b>	0.4406 <sup>NS</sup>	0.8846 <sup>NS</sup>	0.6334 <sup>NS</sup>	0.9254 <sup>NS</sup>	0.2754 <sup>NS</sup>

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*; no significativo y significativo al 5 % de probabilidad, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

**CUADRO 2. Concentración de nutrimentos en cáscara de aguacate 'Hass' por efecto de aspersiones de nitrato de calcio al follaje, en dos años de evaluación.**

Factor/Nivel	N	P	K	Ca	Mg
<b>Concentración (C)</b>					
0 %	1.12 a	0.395 a	4.26 a	0.181 a	0.152 a
0.3 %	1.17 a	0.406 a	3.65 a	0.187 a	0.157 a
0.5 %	1.06 a	0.414 a	3.53 a	0.220 a	0.144 a
DMSH	0.1795	0.0388	1.6695	0.0423	0.0193
<b>Año (A)</b>					
Año 1	1.20 a	0.071 b	6.08 a	0.180 b	0.114 b
Año 2	1.03 b	0.738 a	1.55 b	0.212 a	0.188 a
DMSH	0.1211	0.0262	1.1266	0.0285	0.0131
CV (%)	14.31	8.58	39.15	19.32	11.47
<b>C x A</b>	0.4275 <sup>NS</sup>	0.2344 <sup>NS</sup>	0.1486 <sup>NS</sup>	0.3252 <sup>NS</sup>	0.1714 <sup>NS</sup>

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*; no significativo y significativo al 5 % de probabilidad, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En pulpa la prueba de medias para el factor concentración indicó que no existieron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en los nutrientes analizados (Cuadro 3). En años, los resultados señalaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en N, P, K, Ca y Mg; en la cual N y K tuvieron los valores más altos en el primer año, en tanto que P, Ca y Mg los presentaron en el segundo año de evaluación; por otra parte, la interacción concentración x años en pulpa resultó ser significativa ( $P \leq 0.05$ ) solo para N y Mg (Cuadro 3).

#### Relación de nutrientes N/Ca y K/Ca en hoja, cáscara y pulpa

En hoja la prueba de medias para el factor concentración señaló que no se presentaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la relación N/Ca y K/Ca (Cuadro 4). En años, la prueba de medias indicó diferencias ( $P \leq 0.05$ ) tanto para la relación N/Ca como para K/Ca; donde el primer año mostró la mayor relación en N/Ca y K/Ca; además no se observaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la interacción concentración x años en ninguna de las relaciones analizadas en hoja (Cuadro 4).

En cáscara el resultado de la prueba de medias para el factor concentración indicó que no hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para las relaciones estudiadas (Cuadro 5). En tanto que en el factor años, la prueba de medias señaló que se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las relaciones N/Ca y K/Ca; en el primer año la relación N/Ca y K/Ca presentaron valores más altos; adicionalmente, no se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en la interacción concentración x años en cáscara tanto para N/Ca como para K/Ca (Cuadro 5).

En pulpa la prueba de medias para el factor concentración indicó que no se presentaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las relaciones estudiadas (Cuadro 6). En años, la prueba de medias mostró diferencias ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 4. Proporción de nutrientes en hoja de aguacate 'Hass' por efecto de aspersiones de nitrato de calcio al follaje, en dos años de evaluación.**

Factor/Nivel	N/Ca	K/Ca
<b>Concentración (C)</b>		
0 %	1.11 a	1.40 a
0.3 %	0.97 a	1.47 a
0.5 %	1.52 a	2.12 a
DMSH	0.5555	1.3808
<b>Año (A)</b>		
Año 1	1.43 a	2.92 a
Año 2	0.97 b	0.41 b
DMSH	0.3748	0.9318
CV (%)	41.23	74.10
<b>C x A</b>	0.2014 <sup>NS</sup>	0.3477 <sup>NS</sup>

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*; no significativo y significativo al 5 % de probabilidad, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

en las relaciones N/Ca y K/Ca; y en el primer año los valores más altos se presentaron en las relaciones N/Ca y K/Ca; por otra parte, la interacción concentración x años en pulpa no fue significativa en ambas relaciones de nutrientes (Cuadro 6).

## DISCUSIÓN

### Concentración nutricional en hoja, cáscara y pulpa

La falta de respuesta en el factor concentración en hoja, cáscara y pulpa pudo haberse debido en parte al lavado de la solución por efecto de las lluvias presentes durante los días de aplicación (Marschner, 1986), situación que se

**CUADRO 3. Concentración de nutrientes en pulpa de aguacate 'Hass' por efecto de aspersiones de nitrato de calcio al follaje, en dos años de evaluación.**

Factor/Nivel	N	P	K	Ca	Mg
<b>Concentración (C)</b>					
0 %	0.91 a	0.425 a	3.84 a	0.108 a	0.122 a
0.3 %	0.99 a	0.419 a	3.47 a	0.111 a	0.112 a
0.5 %	1.00 a	0.414 a	3.33 a	0.111 a	0.118 a
DMSH	0.1748	0.0279	0.851	0.0213	0.0117
<b>Año (A)</b>					
Año 1	1.11 a	0.057 b	5.50 a	0.084 b	0.098 b
Año 2	0.82 b	0.781 a	1.59 b	0.135 a	0.136 a
DMSH	0.1179	0.0188	0.5743	0.0144	0.0079
CV (%)	16.13	5.96	21.46	17.36	8.93
<b>C x A</b>	0.0360*	0.8137 <sup>NS</sup>	0.1202 <sup>NS</sup>	0.8417 <sup>NS</sup>	0.0221*

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*; no significativo y significativo al 5 % de probabilidad, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

**CUADRO 5. Proporción de nutrimentos en cáscara de aguacate 'Hass' por efecto de aspersiones de nitrato de calcio al follaje, en dos años de evaluación.**

Factor/Nivel	N/Ca	K/Ca
<b>Concentración (C)</b>		
0 %	6.40 a	23.96 a
0.3 %	6.65 a	23.15 a
0.5 %	5.15 a	16.96 a
DMSH	1.6519	10.987
<b>Año (A)</b>		
Año 1	7.07 a	35.32 a
Año 2	5.06 b	7.40 b
DMSH	1.1147	7.414
CV (%)	24.36	46.05
<b>C x A</b>	0.4130 <sup>NS</sup>	0.1727 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*; no significativo y significativo al 5 % de probabilidad, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

**CUADRO 6. Proporción de nutrimentos en pulpa de aguacate 'Hass' por efecto de aspersión de nitrato de calcio al follaje, en dos años de evaluación.**

Factor/Nivel	N/Ca	K/Ca
<b>Concentración (C)</b>		
0 %	9.58 a	45.36 a
0.3 %	9.75 a	36.85 a
0.5 %	10.18 a	35.96 a
DMSH	3.0189	13.868
<b>Año (A)</b>		
Año 1	13.42 a	66.72 a
Año 2	6.25 b	12.06 b
DMSH	2.0371	9.3584
CV (%)	27.47	31.52
<b>C x A</b>	0.4215 <sup>NS</sup>	0.1697 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>NS</sup>, \*; no significativo y significativo al 5 % de probabilidad, respectivamente.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

presentó en forma extraordinaria en el año en que se realizaron las aspersiones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , a la presencia de capas cerosas tanto en el haz como en el envés de la hoja (Whiley *et al.*, 1988), en forma de bastón en hojas jóvenes y en forma de cristales ramificados en hojas adultas, incluyendo las células guarda alrededor del estoma (Blanke y Lovatt, 1993), así como en cáscara y fruto. Además, probablemente a la tardía aplicación del  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , ya que la absorción de nutrimentos en frutos es más rápida durante las primeras seis semanas después del cuajado del fruto (Partridge *et al.*, 2002). También a factores como las reservas acumuladas del árbol, producto de prácticas realizadas en años anteriores, el comportamiento de alternancia y la influencia del portainjerto pudieron contribuir a no encontrar

diferencias entre las concentraciones empleadas (Sánchez y Ramírez, 2000). Estos resultados no coinciden con Solis-Fraire *et al.* (1998), quienes encontraron diferencias por las concentraciones aplicadas en hoja y pulpa de aguacate 'Hass', debido probablemente a la mayor concentración empleada (1, 2 y 3 % de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) en el experimento; además, los árboles utilizados fueron de cuatro años de edad con una fase productiva inicial y los del presente experimento ya tenían nueve años y en plena etapa productiva. Tampoco coinciden con lo reportado por Saucedo-Hernández *et al.* (2005), quienes encontraron diferencias debido a las concentraciones aplicadas de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  en cáscara y pulpa de aguacate 'Fuerte'; esto pudo haber sucedido por efecto del cultivar dado que 'Fuerte' presenta la cáscara más delgada y probablemente con mayor capacidad de absorción de nutrimentos aplicados al follaje, que el mismo 'Hass'.

En los tres órganos analizados, el nitrógeno tuvo mayor porcentaje en el primer año que en el segundo, lo cual pudo haberse debido a la mayor absorción del nutrimento de la solución del suelo por efecto de dilución en agua, producto de las lluvias de la temporada, dado que el flujo de masas es el mecanismo principal de entrada del nutrimento, donde el agua desempeña una importante función (Salazar-García, 2002). El P y Mg tuvieron mayor concentración en el segundo año, debido a la interacción entre N x P, y N x Mg, ya que al incrementarse el N en los tejidos, el P también lo hace al crecer la raíz al segundo año, mejorando la absorción tanto del P como de Mg por efecto de mayor intercepción nutrimental (Fageria, 2001). El K presentó las máximas concentraciones durante el primer año, debido probablemente a la interacción que se presentó entre N x K, donde al incrementarse el N en los tejidos, también lo hizo el K, por absorción del suelo (Lahav y Whiley, 2002). Respecto al Ca, la concentración fue mayor durante el segundo año en cáscara y pulpa, debido probablemente a que cuando el elemento se inmoviliza en la hoja mientras que los frutos en crecimiento con alta tasa metabólica lo demandan, donde el aporte de Ca dependerá directamente de la absorción por las raíces (Himelrick y McDuffie, 1983), donde probablemente se desarrollaron más durante el segundo año incrementando el área de exploración radical por efecto del incremento de N durante el primer año de evaluación (Fageria, 2001).

La falta de interacción concentración x años indica el efecto por separado de las concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aplicadas al follaje y el año, para prácticamente todos los nutrimentos tanto en hoja, cáscara y pulpa; con excepción de N y Mg para pulpa, donde si fue influyente tanto la concentración como el año en la respuesta. En general, como se mencionó con anterioridad, en la mayoría de los nutrimentos se presentó la misma tendencia dentro de cada año evaluado, lo cual pudo ser debido a la redistribución de nutrimentos de la hoja hacia el fruto que es particularmente importante durante el crecimiento reproductivo, principalmente del fruto (Marschner, 1986), de los cuales el

N se removiliza del 50 al 70 % y el Mg del 15 al 23 %, con dirección al fruto especialmente en frutales subtropicales (Tagliavini *et al.*, 2000; Salazar-García, 2002).

### Relación de nutrimentos N/Ca y K/Ca en hoja, cáscara y pulpa

Las relaciones N/Ca y K/Ca son ampliamente usadas para predecir la calidad del almacenamiento de los frutos, pero principalmente N/Ca (Marcelle, 1995), esta calidad es favorecida por bajos niveles de N y altas concentraciones de Ca (Tagliavini *et al.*, 2000), donde en el caso del aguacate 'Hass' se ha encontrado que el incremento de la severidad y la incidencia de antracnósis en frutos puede ser relacionada con la alta concentración de N en hojas; así, una elevada concentración de N y una baja relación N/Ca han sido asociadas con la pobre conservación de la calidad e incremento de las pudriciones postcosecha de otros cultivos como la pera. Se cree que la elevada concentración de N puede ocasionar el debilitamiento de la pared celular y así incrementar la susceptibilidad a enzimas pectolíticas de hongos (Willingham *et al.*, 2001) La proporción N/Ca tuvo dinámica creciente a medida que se analizaron los órganos: hoja, cáscara y pulpa; en ellos se pudo observar que el porcentaje de N decrece y el calcio incrementa (Cuadros 1, 2 y 3) ocasionando que la proporción N/Ca sea mayor en la pulpa y mínima en hoja (Cuadros 4, 5 y 6). Es de esperarse que la proporción deseada en los frutos de aguacate preferentemente sea alta, originada por los niveles bajos de N y altos de Ca (Tagliavini *et al.*, 2000), y así esperar menor severidad e incidencia de antracnósis en los frutos en postcosecha (Willingham *et al.*, 2001).

La excesiva concentración de K y bajo calcio pueden incrementar la proporción K/Ca del fruto, la cual ha sido correlacionada positivamente con la incidencia de desórdenes en frutos durante el almacenamiento, y valores de proporción K/Ca de menos de 25, menos de 28 y menos de 30 se han establecido para diferentes zonas productoras de manzana (Dilmaghani *et al.*, 2004).

Los valores encontrados en hoja, cáscara y pulpa de aguacate señalaron un incremento de la proporción a medida que se pasó de hoja a cáscara y pulpa, de tal manera que la proporción más alta la tuvo la pulpa, producto de la mayor concentración de K y menor concentración de Ca; y la proporción más baja la encontramos en hoja debido a la mayor concentración de N y mínima de Ca.

### CONCLUSIONES

Los efectos de las concentraciones de nitrato de calcio asperjadas al árbol, no fueron evidentes en el año de aplicación, sino hasta el segundo año donde se presentaron cambios significativos. Lo cual da evidencia de un efecto totalmente residual.

### LITERATURA CITADA

- BLANKE, M. M.; LOVATT, C. J. 1993. Anatomy and transpiration of the avocado inflorescence. *Annals of Botany* 71(6): 543-547.
- BUCCHERI, M.; DI VAIO, C. 2004. Relationship among seed number, quality, and calcium content in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition* 27(10): 1735-1746.
- CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. F. 1991. *Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua*. Editorial Trillas, S. A. de C. V., D. F., México. 195 p.
- DILMAGHANI, M. R.; MALAKOUTI, M. J.; NEILSEN, G. H.; FALLAHI, E. 2004. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition* 27(7): 1149-1162.
- FAGERIA, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): 1269-1290.
- FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology* 15: 255-262.
- HIMELRICK, G. D.; MCDUFFIE, F. R. 1983. The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. *HortScience* 18(2): 147-150.
- HOFMAN, P. J.; FUCHS, Y.; MILNE, D. L. 2002. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing, pp. 363-401. *In: The Avocado: Botany, Production and Uses*. WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. (eds.). CABI Publishing. New York, USA.
- LAHAV, E.; WHILEY, A. W. 2002. Irrigation and mineral nutrition, pp. 259-297. *In: The Avocado: Botany, Production and Uses*. WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. (eds.). CABI Publishing. New York, USA.
- MARCELLE, D. R. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae* 383: 219-226.
- MARSCHNER, H. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press. San Diego, Cal. USA. 889 p.
- OSUNA G., J. A.; BELTRÁN J., A.; VÁZQUEZ V., V. 2005. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate 'Hass'. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(1): 1-8.
- PARTRIDGE, C. J.; PAK, H. A.; BROOKBANKS, P. 2002. An investigation into the effects of preharvest sprays of calcium-containing formulations in reducing post-harvest rots in 'Hass' avocados. *Avocado Growers Association Annual Research Report* 2: 1-6.
- PENTER, M. G.; STASSEN, P. J. C. 2000. The effect of pre- and postharvest calcium applications on the postharvest quality of Pinkerton avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 23: 1-7.
- PINTRO, J. C.; TAYLOR, G. J. 2005. Calcium requirement in the background nutrient solution on growth of wheat plants using the relative addition rate technique. *Journal of Plant Nutrition* 28: 551-565.
- SALAZAR-GARCÍA, S. 2002. *Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Instituto de la Potasa y el Fósforo A. C. Querétaro, Qro., México. 165 p.
- SÁNCHEZ G., P.; RAMÍREZ M., P. 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero, pp. 103-113. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. TÉLIZ, D. (ed.). Mundi Prensa México, S. A. de C. V. México.
- SANTACRUZ, U. H. 2004. Actividad productora del aguacate en México y Michoacán. *Tecnagro* 5(13): 13-18.

- SAUCEDO-HERNÁNDEZ, L.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; COLINAS-LEÓN, M. T.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; AGUILAR-MELCHOR, J. J. 2005. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'Fuerte'. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1): 149-157.
- SOLIS-FRAIRE, J. J.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; PÉREZ-MERCADO, C. A.; RUBÍ-ARRIAGA, M.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; REYES-ALEMÁN, J. C. 1998. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio, su efecto en el contenido nutrimental de hoja y mesocarpio en aguacatero (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Revista Chapingo Serie Horticultura 4(2): 113-117.
- TAGLIAVINI, M.; ZAVALLONI, C.; ROMBOLA, A. D.; QUARTIERI, M.; MALAGUTI, D.; MAZZANTI, F.; MILLARD, P.; MARANGONI, B. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Horticulturae 512: 131-140.
- WHILEY, A. W.; CHAPMAN, K. R.; SARANAH, J. B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* cv. Fuerte) during flowering. Australian Journal of Agricultural Research 39(3): 457-467.
- WILLINGHAM, L. S.; PEGG, G. K.; COOKE, W. A.; COATES, M. L.; LANGDON, B. P. W.; DEAN, R. J. 2001. Rootstock influences postharvest anthracnose development in 'Hass' avocado. Australian Journal Agricultural Research 52: 1017-1022.