

**VARIACION ANUAL DE BORO EN AGUACATE  
(*Persea americana* Mill.) CV. COLIN V-33**

**BORON CYCLING IN AVOCADO (*Persea americana* Mill.) CV. COLIN V-33**

Ana María Castillo González<sup>1</sup>, Martín Rubí Arriaga<sup>2</sup> y Angel Martínez Garza<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Se determinó el contenido de B en hojas y en inflorescencias de otoño y de invierno en aguacate Colín V-33 con la finalidad de conocer la fluctuación anual de este elemento y determinar si limita la retención de flores y el amarre de fruto. Los resultados mostraron que la fluctuación del contenido de B en las hojas a través del año es muy ligera y que aún cuando coincidan varios eventos fenológicos en los árboles no disminuye la concentración de este nutrimento en las hojas. En las inflorescencias, se registró menor contenido de B que en las hojas y se manifestó una dominancia apical por este elemento, debido posiblemente a que el desarrollo de la inflorescencia es acropetal. No se encontraron diferencias en el contenido de B de las hojas y de las inflorescencias, entre la zona norte y la zona sur de la copa del árbol; ni entre las inflorescencias de las dos floraciones, lo que sugiere una distribución homogénea del elemento en la planta y a través del tiempo. Sin embargo, los valores registrados para hojas se ubicaron en el intervalo de valores bajos de acuerdo a las tablas de valores de Benton *et al.*, (1991).

Palabras clave: Boro, fenología, hojas, inflorescencias.

**ABSTRACT**

Boron content on leaves (monthly) and inflorescences (in autumn and winter) of avocado 'Colín V-33' was made with the purpose of determinate the variation during the year and if it is limiting for retention of flowers and fruit set. The content of boron on leaves didn't change during the year in relation to phenology, therefore it no limits the retention of flowers and fruits. Boron was lower in inflorescences than in leaves, and the apical inflorescence part showed the highest content, it could be due to acropetal development of inflorescences. No differences were registered between leaves from the north and south side of the canopy, and no differences were found among inflorescences from autumn and winter. These results, suggest that distribution of boron into the tree and throughout the time is homogeneous, but the values registered in leaves were low according to Benton *et al.* (1991) tables for avocado.

Key words: Boron, phenology, leaves, inflorescences.

---

<sup>1</sup> Depto. Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 56230, Chapingo, Edo. de Méx.

<sup>2</sup> Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. 51700, Coatepec Harinas, Edo. de Méx.

<sup>3</sup> Programa de Estadística, Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Edo. de Méx.

## INTRODUCCION

Dentro de la limitada investigación que se ha realizado en aguacate acerca de la caída temprana de frutos, la mayoría de los trabajos se han concentrado en la competencia por carbohidratos entre los frutos jóvenes y el crecimiento vegetativo que se presenta durante el período crítico de retención del fruto y poco se ha enfocado hacia el papel de los elementos minerales sobre este proceso.

El B es uno de los elementos minerales que más se ha estudiado en relación al amarre de frutos. Se conoce que el B es esencial para la germinación del polen y para el crecimiento del tubo polínico *in vitro* a través del estigma, estilo y ovario (Thompson y Batjer, citados por Faust, 1989), y para las divisiones mitóticas necesarias para producir el esperma (Lovatt, 1993). También se ha observado que incrementa la división celular o la síntesis de ácidos nucleicos en el fruto en desarrollo, lo que incrementa su posibilidad de retención (Faust, 1989). No obstante, se conoce muy poco acerca de la influencia del B sobre el amarre de fruto en frutales subtropicales y sobre los mecanismos por los cuales el crecimiento del tubo polínico y amarre de fruto son afectados por él (Robbertse *et al.*, 1990). En experimentos semi *in vivo* se encontró que el mejor crecimiento del tubo polínico (alcanzando el ovario) fue a concentraciones de B en las flores de entre 50 y 100 ppm (Robbertse y Coetzer, 1988; Robbertse *et al.* 1990). De lo que se desprende que se requiere de una cierta concentración de B en la planta, antes de la floración para una adecuada fecundación y amarre de fruto.

Se han conducido diversos trabajos con la finalidad de mejorar el amarre de fruto de diversos cultivares de aguacate, realizando aspersiones de B al follaje, solo (Robbertse *et al.*, 1992) o combinado con urea (Robbertse *et al.*, 1990; Lovatt, 1993; 1994a; Jaganath y Lovatt, 1995), o bien aplicándolo directamente a las inflorescencias solo o en combinación con fósforo y potasio (Lovatt, 1994b).

Con base en lo anterior, el presente trabajo se estableció con los objetivos de: (a) conocer la fluctuación anual del contenido de boro en hojas en relación a la fenología del árbol, (b) determinar si hay diferencias en el contenido de boro en hojas y flores por zona de la copa del árbol (norte y sur) y (c) determinar si hay competencia por boro entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo que esté limitando la retención de flores y el amarre de frutos.

## MATERIALES Y METODOS

### Material vegetal

Se utilizaron tres árboles de aguacate 'Colín V-33' de 20 años de edad, injertados sobre portainjertos de semilla de la raza mexicana en el campo experimental La Cruz, perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX ubicada a 1 km al sureste de la cabecera municipal de Coatepec Harinas en el Estado de México. Donde predomina un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Los árboles se desarrollan en un suelo franco arcillo arenoso, donde reciben el manejo similar al sugerido para explotación a nivel comercial.

## **Toma y manejo de muestras**

Se tomaron muestras mensuales (de seis hojas sanas y maduras) por zona de la copa del árbol (norte y sur) de septiembre de 1993 a agosto de 1994. También se hicieron muestreos de inflorescencias (10 a 12) por zona de la copa y por árbol en dos ocasiones, una en octubre de 1994 y otra en enero de 1995. Las panículas se dividieron por la mitad, la parte apical y la parte basal, se manejaron por separado para las determinaciones. Los muestreos se realizaron a una altura de 1.5 a 2.0 m de la superficie del suelo.

En el laboratorio, las muestras se lavaron con agua de la llave y posteriormente con agua destilada dos veces. Se secaron en estufa con aire circulante a temperatura constante de 65°C durante 48 horas; ya secas las muestras se molieron en el molino de acero inoxidable con malla del número 40. Se usaron 0.25g de muestra seca que se colocaron en cápsulas de porcelana y se sometieron a digestión seca en mufla a 550°C hasta convertirse en cenizas blanco-grisáceas. La determinación de B se hizo por el método colorimétrico de curcumina descrito por Dible *et al.* (1954), leyendo la absorbencia a 540 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20. Las concentraciones (ppm) se calcularon en base a peso seco.

## **Análisis estadístico**

Se realizaron análisis de varianza, tomando como base un diseño de tratamientos factorial, en donde los factores fueron zona de la copa del árbol (norte y sur) y fecha de muestreo para hojas; en el caso de las muestras de inflorescencias además de los dos factores anteriores se tuvo el factor zona de la inflorescencia (apical y basal). Se realizó también la prueba de medias de Tukey.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Hojas**

El contenido de B en hojas varió de 39 a 48 ppm, valores que se ubican en el intervalo de valores bajos (20 a 49 ppm) de acuerdo a las tablas de Benton *et al.* (1991) para aguacate; sin embargo, los árboles no manifestaron síntomas visuales de deficiencias de este elemento. Por otra parte, no se encontraron diferencias en las concentraciones de las hojas de las dos zonas de la copa (45.2 ppm para el norte y 44.8 ppm para el sur), por lo que se piensa que hubo distribución homogénea del B en la copa de los árboles y la diferencia en el avance de los estados de desarrollo (floración y brotación) entre las dos zonas no influyó en la distribución del nutriente. Generalmente, la zona sur de la copa recibe la incidencia de los rayos solares antes que la zona norte, la que manifiesta un retraso de hasta 10 semanas en la floración y en la brotación vegetativa.

También se observó que las concentraciones de B en hojas no variaron considerablemente con los eventos fenológicos que se presentaron a lo largo del año (Figura 1). De septiembre a diciembre se registró un ligero descenso del contenido de B en las hojas, lo que coincidió con la floración de otoño, el amarre de fruto de esta floración, el inicio de la segunda floración (de invierno) y el inicio del crecimiento vegetativo de invierno-primavera. De enero a marzo se registraron valores semejantes (48.3, 47.5 y 48.7 ppm), pero más altos que el de los meses anteriores y que en los posteriores, lo que coincidió con la etapa de plena floración de invierno y el crecimiento vegetativo de invierno-primavera, sin que esto provocara el abatimiento del contenido de B de las hojas.

### **Flores**

El contenido de B en las inflorescencias fue menor que el de las hojas, ya que en hojas se encontraron valores de 39 a 48 ppm y en las inflorescencias de 32 a 37 ppm. No se encontró diferencia en el contenido entre las inflorescencias de otoño y las de invierno, cuyas concentraciones fueron de 33 y 34 ppm, respectivamente; por lo que se piensa que el aporte de B a las dos floraciones fue constante. Sin embargo, tal vez esta concentración no sea suficiente para que haya éxito en el crecimiento del tubo polínico, ya que Robbertse y Coetzer (1988) y Robbertse *et al.*, (1990) encontraron, en experimentos semi *in vivo* con flores de aguacate, que el mejor crecimiento del tubo polínico se dió en aquellas flores que contenían de 50 a 100 ppm de B. De lo que se desprende que se requiere de una cierta concentración de B en la planta, antes de la floración, para que haya una adecuada fecundación y amarre de fruto, por lo que es conveniente establecer cuál es esa concentración óptima.

También se encontró un efecto de dominancia apical por B en las inflorescencias, puesto que esta zona presentó mayor contenido (36.9 ppm) que la parte basal (31.6 ppm), esto posiblemente debido a que la parte apical puede ejercer mayor demanda de B ya que el desarrollo de la inflorescencia es acropetal (Davenport, 1986).

### **CONCLUSIONES**

Los resultados indican que la retención de las flores y el amarre de fruto podrían estar limitados, aunque sólo en parte por B, ya que los valores registrados con el análisis foliar fueron bajos. Al parecer el crecimiento vegetativo y el desarrollo de inflorescencias no compiten entre sí por este elemento, puesto que las mejores concentraciones en hojas se presentaron cuando ocurrió la floración, pero posiblemente estas concentraciones no sean suficientes para permitir el buen desarrollo del tubo polínico una vez dada la polinización.

## LITERATURA CITADA

- Davenport T. L. 1986. Avocado flowering. Hort. Rev. 8:257-289.
- Dible W. T., E. Truog, and K. C. Berger, 1954. Boron determination in soils and plants. Simplified curcumin procedure. Ann. Chem. 26:418-421.
- Faust M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons. New York. 338 p.
- Jaganath Y., and C. J. Lovatt. 1995. Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and/or urea to 'Hass' avocados in California. World Avocado Congress III. Program and Book of Abstracts. Tel Aviv, Israel. p. 151.
- Lovatt C. J. 1993. Physiology of reproduction of citrus and avocado, VI Curso de Actualización Frutícola. Tópicos selectos para el desarrollo de la fruticultura. Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp: 118-144.
- Lovatt C. J. 1994a. Improving fruit set and yield of 'Hass' avocado with a spring application of boron and/or urea to the bloom. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 78:167-173.
- Lovatt C. J. 1994b. Improving fruit set and yield of 'Hass' avocado with a bloom application of potassium phosphate or potassium phosphite alone or in combination with boron or urea. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 78:175-177.
- Robbertse P. J., and L. A. Coetzer. 1988. The influence of boron on pollen germination, pollen tube growth and fruit set in some avocado cultivars (in Afrikaans). S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yrbk. 11:65-67.
- Robbertse P. J., L. A. Coetzer, and F. Bessinger. 1992. Boron: Uptake by avocado leaves and influence on fruit production. Proc. of Second World Avocado Congress. pp: 173-178.
- Robbertse P. J.; L. A. Coetzer, J. J. Bezuidenhout, L. Vorster, and N. G. N. Swart. 1990. The influence of boron on fruit set in avocado. Acta Hort. 275:587-594.

## EFFECTO DE APLICACIONES FOLIARES DE NITRATO DE CALCIO EN HOJA Y MESOCARPIO DE AGUACATE CV. HASS

### EFFECT OF CALCIUM NITRATE FOLIAR SPRAYS OVER THE CALCIUM CONTENT IN LEAF AND MESOCARP OF CV. HASS AVOCADO

José J. Solís Fraire<sup>2</sup>, Alejandro. F. Barrientos Priego<sup>1</sup>, Claudio A. Pérez Mercado<sup>1</sup>, Rubí Arriaga Martín<sup>2</sup>, Ma. Teresa Martínez Damián<sup>1</sup> y Juan Carlos Reyes Alemán<sup>2</sup>.

#### RESUMEN

Se realizaron aspersiones foliares sobre árboles de aguacate cv. Hass con diferentes concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , las cuales fueron 0% (testigo) 1%, 2% y 3%. Se evaluó el contenido nutrimental en hoja y mesocarpio de fruto, así como la orientación dentro del árbol en el muestreo y la correlación entre Ca y los otros elementos. Los resultados obtenidos en hoja indican que existe un incremento en P, Ca, Zn, Mn y Mg el cual fue mayor que el testigo. El tratamiento al 1% fue el mejor. En el mesocarpio del fruto se encontró una baja en Zn y Mn, donde el testigo presentó mayores concentraciones. En lo referente a la orientación, tanto en hoja como mesocarpio no se encontraron diferencias respecto a este factor. Se encontró una correlación positiva entre Ca en hoja y los elementos Mg y Mn, ambos en hoja, en el caso de Ca en mesocarpio de fruto, éste correlacionó negativamente con P, K, Zn, y Mn del fruto.

Palabras clave: *Persea americana* Mill,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , Ca, aspersiones de calcio, nutrimentos, pulpa de aguacate.

#### ABSTRACT

There were carried out foliar sprays on cv. Hass avocado trees with different concentrations of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , which were 0% (control), 1%, 2% and 3%. The nutrient content was evaluated in leaf and fruit mesocarp, as well as the orientation within the tree in sampling and correlation among Ca and the other elements. The results obtained in leaf indicate that exists an increase in P, Ca, Zn, Mn and Mg the one which was greater than the control. Finding that the treatment at 1% was the best. In the mesocarp of the fruit was found a drop in Zn and Mn, resulting the control the better treatment. Regarding orientation, in leaf as in mesocarp were not found differences concerning this factor. It was found a positive correlation among Ca in leaf and the elements Mg and Mn, both in leaf, in the case of Ca in mesocarp of fruit, this correlated negatively with P, K, Zn and Mn of the fruit.

Key words: *Persea americana* Mill,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , Ca, calcium sprays, nutrients, avocado flesh.

---

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México, C.P. 56230

<sup>2</sup>Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Ignacio Zaragoza N° 6, Coatepec Harinas, Edo. de México, C.P. 51700

## INTRODUCCION

México ocupa el primer lugar en cuanto a producción de aguacate, aportando el 36% de la producción mundial (718 000 toneladas), en segundo Estados Unidos (8.45%), en tercero República Dominicana (7.7%), en cuarto Brasil (5.7%) y en quinto Indonesia (5.5%) (Anónimo, 1994).

En la República Mexicana, el cultivo del aguacate se practica como actividad comercial en 18 estados, cubriendo una superficie de 88 939 ha. En estas entidades federativas cinco son las que producen los volúmenes más significativos: Michoacán, Estado de México, Puebla, Morelos y Nayarit, donde los principales cultivares son Fuerte, Hass, Colín-V33, etc. De estos Michoacán y el Estado de México son los que cuentan con más recursos tanto disponibles como potenciales, ya que forman parte de la "faja aguacatera" de la República Mexicana. (Anónimo, 1985; Sánchez y Rubí, 1994; Anónimo, 1995).

El aguacate es una fruta tropical y subtropical, cuyo alto valor nutritivo está dado por ser fuente de calorías, proteínas, carbohidratos, grasas, vitamina A, B, C y E, ácido ascórbico y no contiene colesterol, lo que lo convierte en un alimento muy recomendable para la dieta humana, permitiendo catalogarlo como una fruta especial de alto valor comercial. Actualmente está adquiriendo importancia en el mercado internacional, incrementándose el volumen de las exportaciones superando para 1996 las 50 000 toneladas El Financiero( 1996). Sin embargo, el hecho de que México exporte frutos implica resolver una serie de problemas postcosecha, ya que estos presentan una vida de anaquel limitada y exportar implica prolongar el período de almacenamiento, por lo que requiere prácticas de manejo bien definidas. Uno de los métodos que permiten prolongar la vida de almacenamiento en frutos es la refrigeración, por lo que es de vital importancia determinar las condiciones de almacenamiento refrigerado que reduzcan el daño por frío y permitan conservar las cualidades de fruta fresca por períodos prolongados. Cabe hacer notar que las condiciones precosecha en que se desarrollen los frutos tiene gran importancia, ya que reflejan en el comportamiento postcosecha y aún mas bajo refrigeración.

El calcio es uno de los elementos que son indispensables para mantener la integridad y estabilidad de la pared y membrana celular (Ginsberg, 1985). Por otra parte, se ha encontrado que una deficiencia de este elemento causa algunos desórdenes postcosecha de frutos en aguacate (Swarts, 1984).

Siendo el calcio uno de los nutrimentos de poca movilidad en los tejidos vegetales se deben desarrollar métodos para incrementar su penetración en las hojas de aguacate y su posterior translocación hacia el fruto, sin que se presenten daños al follaje por las aspersiones (Ginsberg, 1985).

Por lo anterior se investigó el efecto de aspersiones repetidas de nitrato de calcio sobre el contenido nutrimental en hoja y mesocarpio del fruto, con el fin de determinar si existe penetración y posterior translocación del calcio en el cv. Hass. También se determinó si existe efecto por la orientación en el árbol en el muestreo.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en Coatepec Harinas, Edo. de México, utilizando una huerta de aguacate cv. Hass de 4 años de edad, ubicada en la parcela "Los Encinos" del Campo Experimental "La Cruz" perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. La cual se localiza entre las coordenadas 99° 46' 38" de latitud oeste y 18° 46' 38" latitud norte; tiene una elevación de 2 240 msnm, el clima es C(w<sub>2</sub>)w; templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual de 16.0 °C; precipitación media de 1 100 mm anuales, siendo en su mayoría entre junio y octubre y la menor precipitación entre los meses de febrero y marzo. El suelo es Andosol de textura franco, ligeramente ácido, con alto contenido de materia orgánica y con una notable concentración de cationes intercambiables (Castillejos, 1995).

Se planteó la aplicación foliar de concentraciones al 0% (testigo), 1%, 2% y 3% de nitrato de calcio [Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]. Las soluciones en agua se prepararon de acuerdo a los tratamientos planeados y se les adicionó un adherente Atlox (0.5ml.L<sup>-1</sup>). Después se asperjaron los árboles a punto de goteo con una aspersora manual, aplicando 5 litros por árbol. La primera aspersión fue el 20 de octubre de 1992 y después se aplicó cada tratamiento con una frecuencia de 15 días hasta completar 6 aspersiones.

Se evaluó el contenido nutrimental en hojas y mesocarpio del fruto 15 días después de realizada la última aspersión en los árboles. Para lo cual se tomó una muestra de 6 frutos de madurez fisiológica y de 20 hojas maduras por orientación dentro del árbol. Posteriormente los frutos y hojas fueron trasladados al Laboratorio de Fruticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo para su análisis.

Las hojas se secaron en una estufa de aire forzado por 72 horas a 65°C y la pulpa de la parte central del fruto se secó en horno de microondas a alta temperatura durante aproximadamente 20 minutos.

Los análisis realizados fueron para los elementos: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, y Mn, de acuerdo a los procedimientos reportados por Chapman y Pratt (1981).

Los factores de estudio de acuerdo a los objetivos fueron la concentración de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> asperjado; 0,1,2 y 3%, así como la orientación del árbol en el muestreo (Norte, Sur, Este y Oeste). Para lo cual se planteó un arreglo de tratamientos factorial 2<sup>4</sup> y se analizó mediante análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar.

La unidad experimental utilizada fue un árbol con 4 repeticiones. También se realizaron análisis de correlación entre Ca y los otros elementos tanto en mesocarpio y hoja.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En este trabajo no se encontraron interacciones entre los factores concentración y orientación del árbol. Por lo que sólo se presentan los resultados de los efectos principales.

### Efecto sobre el mesocarpio del fruto.

En cuanto al análisis de varianza encontramos que sólo dos variables presentaron diferencias altamente significativas ( $P=0.01$ ), que son el contenido de Zn y Mn en el mesocarpio del fruto y que presentan diferencias en cuanto a la concentración de nitrato de calcio aplicado, donde se aprecia una baja en ambos elementos por dicha aplicación (Cuadro 1). Sin embargo, los coeficientes de variación para P, Ca, Fe, Zn y especialmente para Mg y Mn fueron muy altos (para estos últimos de 113 y 103%, respectivamente). Lo cual coincide con lo reportado por (Marchal, 1984) quien mencionó que los análisis nutrimentales en frutos de aguacate son muy imprecisos, de igual forma (López *et al.*, 1991) reportaron inconsistencias en los análisis nutrimentales en pulpa de aguacate en la mitad de sus tratamientos experimentales.

De acuerdo con la prueba de comparación de medias, en la variable Zn se presentaron diferencias altamente significativas ( $P=0.01$ ) teniendo el testigo la media más alta, las concentraciones 2 y 3% resultaron iguales en tanto que la concentración de 1% fue diferente al testigo. En la variable Mn se encontró que sólo el testigo difiere estadísticamente de los otros tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro1. Efecto de la aspersion foliar de nitrato de calcio sobre el contenido de algunos nutrimentos en mesocarpio de frutos de aguacate cv. Hass.

Concentración (%)	Contenido en Pulpa (Peso seco)							
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
0	0.526a <sub>z</sub>	0.199a	0.979a	0.019a	0.011a	83.41a	41.19a	20.06a
1	0.515a	0.147a	0.851a	0.034a	0.008a	68.22a	23.32b	6.68b
2	0.591a	0.147a	0.866a	0.036a	0.018a	66.72a	30.42a	7.71b
3	0.554a	0.226a	0.930a	0.026a	0.010a	80.41a	29.41a	5.65b
Significancia de "F"	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	**
Coeficiente de variación	27.22 %	74.16 %	20.68 %	71.94 %	113.1 %	51.98 %	40.67 %	102.3 %

<sup>z</sup>Valores con la misma letra de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. N.S.=No significativa; \* significativo al 5%; \*\* Altamente significativo al 1%

Los resultados obtenidos de Ca en el mesocarpio del fruto fueron muy bajos y están de acuerdo con los descritos como normales por Haas (1937), quien reportó cantidades entre 0.031 a 0.084% en pulpa. Sin embargo López *et al.* (1991) encontraron contenidos entre 0.185 y 0.210% similares a lo reportado por Witney (1985); estos valores son muy altos de acuerdo a lo encontrado en nuestro estudio y lo reportado por Haas (1937). Cabe mencionar que los contenidos nutrimentales pueden ser modificados por las condiciones ambientales y por el método de cuantificación.

Se observó una tendencia al incremento del contenido de calcio en el mesocarpio del fruto (Fig. 1) y también en hoja (ver más adelante) al aumentar la concentración asperjada de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  en el árbol. Sin embargo no hay diferencias estadísticas ( $P=0.05$ ) de acuerdo al análisis de varianza, lo que se atribuye a la gran heterogeneidad en el análisis nutrimental ya que el coeficiente de variación fue de 71.9% coincidiendo con lo reportado por Marchal (1984) y López *et al.* (1991). En cuanto a N y K el contenido en pulpa de aguacate 'Hass' reportado por López *et al.* (1991) es de entre 1.43 - 1.31% y 0.201 - 0.252%, respectivamente. Lo cual no coincide con lo reportado en nuestros resultados donde se observaron niveles de N y K de 0.515 - 0.591% y 0.851 - 0.979%, respectivamente. Por otra parte los niveles de N, P, K y Mg en fruto reportados por Witney (1985) son muy superiores a los encontrados en nuestro estudio.

#### **Efecto sobre la hoja.**

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se encontraron diferencias significativas ( $P=0.05$ ) en los elementos P, Ca, Zn y Mn; y en Mg hubo diferencias altamente significativas ( $P=0.01$ ) en lo relacionado a la concentración de estos nutrimentos en hoja (Cuadro 2). En relación a las pruebas de separación de medias, se tiene para el caso de P que la concentración al 1% resultó ser más alta que el testigo, y los tratamientos 2 y 3% estadísticamente son iguales ( $P=0.05$ ). El testigo fue el que presentó la más baja media de este grupo (Cuadro 2). Para Ca se encontró que la concentración al 2% resultó ser la más alta y tanto que las de 3 y 1% resultaron iguales, en segundo lugar siendo la más baja fue para el testigo. En Fe se obtuvo como mejor tratamiento a la concentración 1% que presentó la media más alta y en segundo lugar a los tratamientos 2 y 3% que son estadísticamente iguales y el testigo fue el más bajo (Cuadro 2). En Mg y de acuerdo a la separación de medias, las concentraciones 1, 2 y 3% resultaron iguales no existiendo variación estadísticamente entre ellas, y el testigo fue el tratamiento más bajo (Cuadro 2). Para Zn, se tiene que al 1% la concentración representó más alta y los tratamientos 2 y 3% resultaron iguales, a diferencia del testigo que fue el más bajo en este caso (Cuadro 2). En el caso del Mn la dosis al 1% resultó ser la más alta al presentar una media mayor en relación a los demás tratamientos que fueron iguales estadísticamente ( $P = 0.05$ ), sin presentar gran variación (Cuadro 2). En el caso de K en relación a la concentración ningún tratamiento presentó diferencias significativas ( $P=0.05$ ).

Cuadro 2. Efecto de la aspersión foliar de nitrato de calcio sobre el contenido de algunos nutrimentos en hojas de aguacate cv. Hass.

Concentración (%)	Contenido Foliar							
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
0	2.52a <sup>z</sup>	0.115 b	0.691a	0.541 b	0.341b	14.62 b	17.87 b	58.01b
1	2.17a	0.137 a	0.727a	0.646a b	0.437a	19.19 a	23.35 a	105.64 a
2	2.47a	0.135a b	0.640a	0.735 a	0.484a	15.22a b	20.08a b	73.31b
3	2.41a	0.135a b	0.630a	0.655a b	0.422a	18.10a b	19.21a b	62.69 b
Significancia de "F" Coeficiente	N.S.	*	N.S.	*	**	*	**	**
de variación	17.3%	26.5%	23.5%	26.5%	16.07 %	28.2%	22.4%	23.5%

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. N.S.=No significativa; \* significativo al 5%; \*\* Altamente significativo al 1%

Los nutrimentos estudiados se cuantificaron en los intervalos normalmente reportados (Palacios, 1986 y Goodall *et al.*, 1965), también los coeficientes de variación en los análisis están dentro de lo normal (Palacios, 1986). En el caso de Ca, Fe, Zn y Mn se encontraron como deficientes, lo cual es común en la zona de Coatepec Harinas, también es importante mencionar que la época del análisis puede hacer variar tales niveles, aunque no a niveles tan bajos de acuerdo a Palacios, (1986). Las aspersiones foliares de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> incrementaron en todos los nutrimentos estudiados con la excepción del N, lo cual es muy raro ya que se esperaba que el nitrato incrementara el N en hojas. El incremento en los nutrimentos por la aspersión de nitrato de calcio es benéfico ya que a los nutrimentos mas deficientes los incrementa significativamente ( $P=0.05$ ) lo cual significa para el árbol en general un abastecimiento importante para los procesos fisiológicos, incluyendo la fructificación. El Ca que es objeto de este estudio observó claramente un incremento por la aspersión foliar de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Fig. 1). Este éxito se puede atribuir a que la aspersión no fue sólo una sino un total de 6 cada 15 días antes de cosecha, lo cual seguramente propició que el Ca que es de poca movilidad dentro de la planta finalmente se traslocara tanto a hoja como fruto. Por otra parte una prueba más, es el trabajo paralelo realizado por López y Alpízar (1993) que fue un apéndice del presente proyecto, donde los mismos frutos del experimento se sometieron a frigoconservación a 4 °C ±1 durante 12 y 25 días, frutos del testigo y aplicación de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> al 3% al follaje (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de nitrato de calcio al 3% sobre algunas variables en postcosecha después de frigoconservación de frutos de aguacate cv. Hass.

Tratamiento	Días madurez		Frutos dañados por frío		Días al máx. climaterio		Respiración máx. ( $\text{mg CO}_2^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ )	
	de consumo		12 d	25 d	12 d	25 d	12 d	25 d
Testigo	6	2	8%	100%	5	4	0.13	0.14
3% Ca ( $\text{NO}_3$ ) <sub>2</sub>	13	8	0%	0%	10	8	0.07	0.14

<sup>z</sup>Días de almacenamiento a 4°C.

Por lo que se puede constatar que el nitrato de calcio al 3% aplicado en precosecha reduce los daños por frío en un 100%, en el cv. Hass, así como la velocidad de los procesos que conducen a la maduración y/o senescencia, permitiendo con ello un margen mayor de comercialización de productos sin deterioro de su calidad.

#### Efecto de la orientación de muestreo.

Tanto en hoja como mesocarpio no se encontraron diferencias ( $P=0.05$ ) entre la orientación en el muestreo (Cuadro 4 y 5), únicamente se presentó una diferencia altamente significativa ( $P=0.05$ ) para K en hoja, donde la parte Oeste fue menor a la Sur y Este, e igual que la Norte.

Cuadro 4. Efecto de la orientación del muestreo en el árbol, sobre el contenido de algunos nutrientes en mesocarpio de frutos de aguacate cv. Hass.

Orientación de Muestreo	Contenido en Mesocarpio							
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Norte	0.565a <sup>z</sup>	0.162a	0.893a	0.031a	0.017a	69.75a	30.28a	9.77a
Sur	0.540a	0.233a	0.904a	0.025a	0.009a	65.20a	28.90a	11.31a
Este	0.531a	0.162a	0.886a	0.024a	0.009a	86.44a	32.95a	9.77a
Oeste	0.549a	0.162a	0.963a	0.035a	0.012a	77.43a	32.20a	9.25a
Significancia de "F"	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Coeficiente de variación	27.22 %	74.16 %	20.68 %	71.94 %	113.1 %	51.98 %	40.67 %	102.3 %

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. N.S.=No significativa; \* significativo al 5%; \*\* Altamente significativo al 1%

Cuadro 5. Efecto de la orientación de muestreo en el árbol, sobre el contenido de algunos nutrimentos en hoja de aguacate cv. Hass.

Orientación del Muestreo	Contenido Foliar							
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
NORTE	2.49a <sup>z</sup>	0.129a	0.652a	0.702a	0.416a	15.43a	19.90a	70.98a
SUR	2.26a	0.132a	0.766a	0.633a	0.438a	17.88a	20.26a	89.46
ESTE	2.35a	0.140a	0.716a	0.628a	0.428a	17.11a	20.32a	68.85a
OESTE	2.48a	0.120a	0.553b	0.614a	0.401a	16.712	20.03a	7.36a
Significancia de "F" Coeficiente	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
de variación	17.3%	26.5%	23.5%	26.5%	16.7%	28.2%	22.4%	23.5%

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. N.S.=No significativa; \* significativo al 5%; \*\* Altamente significativo al 1%

Se esperaba encontrar alguna diferencia debido a que en la región se observan diferencias en cuanto a floración entre la parte N y S, sin embargo en cuanto a nutrimentos se refiere no se encontró tal, lo cual coincide con Witney (1985) quien no encontró diferencias en contenido de Ca en las orientaciones NW, SE, NE y SW.

### Correlación entre Ca y otros nutrimentos.

El contenido de calcio en hoja correlacionó positivamente con el Mg en hoja (Cuadro 6), o sea que al aumentar el Ca también aumenta el Mg. Se ha encontrado que el calcio en las raíces y su distribución en el árbol de aguacate es similar al Mg (Witney, 1985). Por otra parte también el Mn en hoja correlacionó positivamente con el Ca en hoja.

Para el caso de Ca en fruto, este correlacionó negativamente con el P, K, Zn, y Mn del fruto. Labanauskas *et al.* (1958) indicaron que P y K redujeron el Ca en hojas, lo que indica que dichos nutrimentos son antagónicos al Ca y que de alguna manera afectan su acumulación en el fruto.

Cuadro 6. Coeficiente de correlación (r) y su significancia entre calcio en hoja y fruto con otros nutrimentos en aguacate cv Hass.

	Hoja <sup>z</sup>							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
Ca hoja <sup>z</sup>	-0.15 N.S.	0.02 N.S.	-0.09 N.S.	---	0.56 **	-0.005 N.S.	0.07 N.S.	0.46 **
Ca fruto <sup>z</sup>	0.03 N.S.	0.24 N.S.	0.02 N.S.	0.09 N.S.	0.23 N.S.	0.005 N.S.	0.05 N.S.	-0.06 N.S.
	Hoja <sup>z</sup>							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
Ca hoja	0.10 N.S.	-0.16 N.S.	-0.14 N.S.	0.09 N.S.	-0.18 N.S.	0.02 N.S.	-0.04 N.S.	-0.03 N.S.
Ca fruto	-0.02 N.S.	-0.24 *	-0.28 *	---	0.20 N.S.	-0.09 N.S.	-0.26 *	-0.36 **

\*, \*\*; N.S.: Significativo al 5%; 1%; y no significativo, respectivamente.

<sup>z</sup>64 pares para el análisis de correlación.

### LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1985. Memoria de Actividades del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México (CICTAMEX,S.C.). Coatepec Harinas, Edo. de México. pp: 49-107.
- Anónimo. 1994. FAO. Anuario de Producción, Vol. 48.
- Anónimo. 1995. Anuario Estadístico, SAGAR, México, D.F.
- Castillejos A., E. 1995. Efecto preliminar del método de aplicación de zinc al suelo, al tronco y al follaje en árboles de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 84p.
- Chapman H.D., P.F. Pratt. 1981. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Ed. Trillas, S.A. de C.V., D.F. México. 195p.
- Ginsberg L. 1985. Post harvest physiological problems of avocados. South African Avocado Grower' Association Yearbook 8: 8-11
- Goodall G.E., T.W. Embleton; R.G. Platt. 1965. Avocado fertilization. Calif. Agric. Exp. Station Ext. Ser. 5p.

- Hass C.R. 1937. Chemical composition of avocado fruits. Calif. Avocado Assoc. Yrbk. 140-142
- Labanauskas C.K., T.W. Embleton, W.W. Jones. 1958. Influence of soil applications of nitrogen, phosphate, potash, dolomite and manure on the micronutrient content of avocado leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71: 285-291.
- López A., J.L. Tirado, J.J. Aguilar. 1991. Efecto de la aplicación foliar de  $\text{CaNO}_3$  en precosecha sobre la concentración de calcio, nitrógeno y potasio en el fruto de aguacate cv. Hass. *In: Memorias de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, Edo. de México.* pp: 23-32.
- López-López L.y J. Alpízar-Manjarrez. 1993. Efecto de diferentes períodos de almacenamiento a 4°C sobre frutos de aguacate. *In: Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Rubí Arriaga M. (Ed). Coatepec Harinas, Edo. de México.* pp:235-243.
- Marchal J. 1984. Avocado. *In: Plant Analysis as a Guide to the nutrient requirements of Temperature and Tropical Crops.* Edited by P.Martin-Prevel; J. Gagnerd and P. Gautier.(eds.) Lavoisier Publishing. Inc. New York, U.S.A. pp:366-376
- Palacios Alvarado, J.M. 1986. Dinámica y Balance nutrimental en árboles de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass con alto y bajo rendimiento en la región de Uruapan, Mich. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.93p.
- Sánchez C. S. and Rubí. A. M. 1994. The current state of avocado cultivation in México. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 78: 75-82.
- Swarts D.H. 1984. Post harvest problems of avocados, let's talk the same language. South African Avocado Grower' Association Yearbook 7: 20-22.
- Witney G. 1985. Study of calcium budget of an avocado (*Persea americana* Mill.) orchard. Thesis of Master Degree. University of Natal Pietermaritzburg. South Africa.132p.