

## Fertilización con boro y su relación con la producción de frutos sin semilla en mango ‘Aaulfo’\*

### Boron fertilization and its relation to the production of seedless fruit in mango ‘Aaulfo’

José Alfredo Hernández-Maruri<sup>1</sup>, Ana María Castillo-González<sup>2§</sup>, María Hilda Pérez-Barraza<sup>3</sup>, Edilberto Avitia-García<sup>2</sup>, Libia I. Trejo-Téllez<sup>4</sup>, Jorge Alberto Osuna-García<sup>3</sup> y Rosario García-Mateos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental San Luis-INIFAP. Carretera San Luis-Matehuala, km 14.5, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C. P. 78430. Tel. 01 (444) 8524316. (hernandez.alfredo@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, México. C. P. 56220. Tel: 01 (595) 9521500. <sup>3</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Entronque Santiago Ixcuintla km 5, carretera Internacional. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. C. P. 63300. Tel: 01 (323) 2352031. (hipeba60@hotmail.com; osuna.jorgealberto@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Estado de México, México. C. P. 56230. Tel: 01 (595) 9520200. (tibia@colpos.mx). <sup>5</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5 Chapingo, Estado de México, México. C. P. 56220. Tel: 01 (595) 9542200. (rosgar08@hotmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: anasofiacasg@hotmail.com.

## Resumen

México es el cuarto productor de mango (*Mangifera indica* L.) en el mundo. El cultivar Aaulfo tiene importancia comercial por presentar mayor vida en anaquel que la de otros cultivares; pero presenta la desventaja de producir frutos sin semilla que carecen de valor para la exportación. Para determinar si aplicaciones de boro al suelo pueden disminuir la formación de frutos sin semilla y mejorar el estado nutrimental del árbol, se hicieron aplicaciones al suelo de boro (Solubor) de 25, 50 y 100 g de B por árbol, a los tres meses después de la cosecha, en una huerta de ocho años de edad en Tepic, Nayarit. Se evaluó el porcentaje de frutos sin semilla, la concentración nutrimental en hojas, inflorescencias y frutos. El análisis nutrimental foliar antes de la aplicación de los tratamientos indicó que los árboles presentaron deficiencia de nitrógeno. Las dosis de 50 y 100 g de B, disminuyeron en 45 y 35%, respectivamente, el número de frutos sin semilla y mejoraron la concentración de Ca y B en la planta, así como la de B en brotes con inflorescencia y de hojas al final del desarrollo del fruto. Las inflorescencias concentraron N, P, K y Mg. El Ca y B se concentraron en las hojas. La semilla acumuló más N, P, K, Ca y Mg que la

## Abstract

Mexico is the fourth largest producer of mango (*Mangifera indica* L.) in the world. The Aaulfo cultivar has commercial importance because of its larger shelf life compared to other cultivars; but it has the disadvantage of producing seedless fruits that have no value for export. In order to determine whether the application of boron to soil can reduce the formation of seedless fruit and, improve the nutritional status of the tree, soil applications of boron were made (Solubor) 25, 50 and 100 g of B per tree, after three months after harvest in an orchard eight years old in Tepic, Nayarit. The percentage of seedless fruit, the nutrient concentration in leaves, inflorescences and fruits were evaluated. The nutritional analysis foliar before application of said treatments trees presented nitrogen deficiency. Doses of 50 and 100 g of B decreased by 45 and 35%, respectively, the number of seedless fruit and improved concentration of Ca and B on the plant, and that of B in shoots with inflorescences and leaves at the end of fruit development. The inflorescences concentrated N, P, K and Mg. Ca and B were concentrated in the leaves. The seeds accumulated more N, P, K, Ca and Mg than the

\* Recibido: mayo de 2015  
Aceptado: septiembre de 2015

pulpa con epidermis. Los frutos con semilla superaron a los sin semilla en la concentración de N, P y Mg, en tanto que éstos últimos concentraron más Ca.

**Palabras clave:** *Mangifera indica* L., concentración nutrimental, pulpa con epidermis, semilla.

## Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutales tropicales más importantes en el país, se cultiva en cerca de 185 mil hectáreas con una producción aproximada de 1.5 millones de toneladas (SIAP, 2011). México es el cuarto productor mundial, superado sólo por India, Tailandia y China. La exportación de este fruto se basa principalmente en los cultivares de Florida como Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt; en los últimos años ingresó a este grupo el cultivar Ataulfo, un material originario de México, el cual tiene gran aceptación en los mercados internacionales por presentar algunas ventajas como mayor vida de anaquel que la de los cultivares de Florida. El fruto del cv. Ataulfo tiene calidad de exportación, por lo que representa 13% del volumen de exportación anual (Vázquez-Valdivia *et al.*, 2006).

Uno de los problemas más importantes que presenta el mango 'Ataulfo', es la presencia de una gran cantidad de frutos que quedan pequeños y no tienen valor de exportación; estos mangos son conocidos técnicamente como frutos sin semilla y por su tamaño los productores los llaman "niño"; dichos frutos carecen de semilla y muchos de ellos presentan una cuarteadura longitudinal, algunos frutos caen y otros quedan adheridos al árbol hasta el momento de la cosecha.

La presencia de este tipo de frutos es variable dentro de las huertas, en algunas de ellas es mínima, pero en otras puede alcanzar hasta el 80 % de los frutos (Pérez *et al.*, 2007). Las causas de la formación de estos frutos y la forma de evitarlo, hasta el momento se desconocen. Singh (2005) observó reducción en el tamaño y peso del fruto por efecto del aborto del embrión en los cultivares Glenn, Irwin, Haden, Kent y Kensington. Los problemas en la polinización y fecundación conducen al aborto de embriones y a la formación de frutos pequeños sin semilla (Beasley *et al.*, 1999), los cuales pueden caer en etapas tempranas del desarrollo o bien llegar hasta cosecha.

pulp with epidermis. The fruit with seeds outscored the seedless in the concentration of N, P and Mg, while the latter concentrated more Ca.

**Keywords:** *Mangifera indica* L., nutrient concentration, pulp with epidermis, seed.

## Introduction

Mango (*Mangifera indica* L.) is one of the most important tropical fruit in the country, is grown on about 185 hectares with a production of approximately 1.5 million tons (SIAP, 2011). Mexico is the fourth largest producer, second only to India, Thailand and China. The export of this fruit is mainly based on Florida cultivars Tommy Atkins, Haden, Kent and Keitt; in recent years cultivar Ataulfo joint this group, an originating material of Mexico, which has a wide acceptance in international markets for having some advantages such as longer shelf life than the cultivars Florida. The fruit of the cv. Ataulfo has export quality, which represents 13% of annual export volume (Vázquez-Valdivia *et al.*, 2006).

One of the most important problems of the mango 'Ataulfo' is the presence of a large number of fruits that are small and have no export value; these mangos are known technically as seedless fruit and its size producers call them "child"; said fruits lack seeds and many of them have a longitudinal crack, some fruits fall and stick to the tree until harvest.

The presence of this type of fruit is variable within the gardens, some of them is minimal, but sometimes can reach up to 80% of the fruit (Pérez *et al.*, 2007). The causes of the formation of these fruits and how to avoid, so far unknown. Singh (2005) observed reduction in size and weight of the fruit as a result of the abortion of the embryo in the Glenn, Irwin, Haden, Kent and Kensington cultivars. Problems in pollination and fertilization lead to the abortion of embryos and the formation of small seedless fruits (Beasley *et al.*, 1999), which can fall in early stages of development or reach harvest.

Regarding the nutritional aspects, it is well known that boron (B) is necessary for the production and germination of pollen grains and pollen tube growth (Lovatt and Dugger, 1984;

En relación con los aspectos nutrimentales, es bien conocido que el boro (B) es un elemento necesario para la producción y germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico (Lovatt y Dugger, 1984; Delgado *et al.*, 1994; Marschner, 1995), juega un papel importante para la producción de semilla, ya que bajo deficiencia moderada o severa de este nutrimento, las plantas dejan de producir flores funcionales y pueden dejar de producir semilla (Gupta, 2007). En las flores, generalmente concentraciones bajas de B reducen la fertilidad masculina por efecto del deterioro de la microsporogénesis y afectación del crecimiento del tubo polínico. Los efectos pos-fecundación, incluyen el deterioro de la embriogénesis, lo que resulta en el aborto de la semilla o la formación de embriones incompletos o dañados y frutos malformados (Dell y Huang, 1997).

El B también es importante para el crecimiento del fruto, por su efecto en la división celular y proceso de expansión (Díaz, 2002); algunos cultivares de mango como Tommy Atkins, Haden 2H y Van Dyke son sensibles a la baja concentración de boro, presentando intensa caída de frutos jóvenes, aborto de semilla y por ende baja producción; cuando estos cultivares recibieron la aplicación de Borax al suelo a dosis de 300 g por planta en un primer año y de 100 g al año siguiente, todos incrementaron considerablemente la producción (Rossetto *et al.*, 2000). Xue-Qun *et al.* (2011) observaron que con la aspersión de borato ( $K_2B_4O_7$ ) a dosis de 15 mM, a árboles de mango en floración, disminuyó significativamente el porcentaje de flores con antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y se incrementó el número de frutos por rama.

Por lo anterior, este estudio se planteó con los objetivos de: a) determinar si la aplicación de B al suelo puede disminuir la formación de frutos sin semilla; b) saber si el B aplicado mejora el contenido de macronutrientes y B en hojas, flores, frutos con semilla y sin semilla; c) conocer la distribución de los macronutrientes y del B en el fruto; y d) comparar la concentración nutrimental entre frutos con semilla y sin semilla.

## Materiales y métodos

Este estudio se realizó en una huerta de mango 'Ataulfo' con presencia de frutos sin semilla, ubicada en la localidad de Atonalisco, en Tepic, Nayarit, México; la cual se encuentra entre las coordenadas geográficas 21° 37' de latitud norte y 104° 48' de longitud oeste a una altitud de 601 m. El clima

Delgado *et al.*, 1994; Marschner, 1995), plays an important role in seed production, as under moderate or severe deficiency of this nutrient, plants stop producing flowers and functional can stop producing seed (Gupta, 2007). On flowers generally of low concentrations of B reduced male fertility upon deterioration of micro-sporogenesis involvement and pollen tube growth. Post-fertilization effects, including deterioration of embryogenesis, resulting in seed abortion or incomplete formation of malformed or damaged embryos and fruits (Dell and Huang, 1997).

B is also important for the growth of the fruit, for their effect on cell division and expansion process (Díaz, 2002); some mango cultivars, such as Tommy Atkins, Haden 2H and Van Dyke are sensitive to low concentration of boron, presenting sharp drop in young fruit, seed abortion and hence low production; When these cultivars were applied with Borax, at doses of 300 g per plant in the first year and 100 g of the following year, all significantly increased production (Rossetto *et al.*, 2000). Xue-Qun *et al.* (2011) found that the spray borate ( $K_2B_4O_7$ ) at doses of 15 mM, to mango trees in bloom, significantly decreased the percentage of flowers with anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) and the number of fruits per branch increased.

Therefore, this study was proposed with the objectives for: a) determining whether the application B to the soil can reduce the formation of seedless fruit; b) whether the applied B improves and B macronutrient content in leaves, flowers, fruits with seeds and seedless; c) determining the distribution of macronutrients and B in the fruit; and d) comparing the nutrient concentration between fruit with seed and without seed.

## Materials and methods

This study was conducted in a mango orchard of 'Ataulfo', with seedless fruits, located in the town of Atonalisco, in Tepic, Nayarit, Mexico; which is among the geographical coordinates 21° 37' north latitude and 104° 48' west longitude at an elevation of 601 m. The climate of the region is Aw2(w) (i') corresponding to a warm humid with rains in summer (García, 1973). The characteristics of the soil were (0-40 cm depth): pH 6.0, electrical conductivity of 0.4 dS m<sup>-1</sup>, cation exchange capacity 12 cmol c kg<sup>-1</sup>, organic matter content of 3.5%, texture franco-sandy-clay and poor (Castellanos *et al.*, 2000) on nutrient content (N 4.9, P 6.7, 184 K, 423

de la región es  $Aw_2(w)(i')$  que corresponde a un cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1973). Las características del suelo (0 a 40 cm de profundidad) fueron: pH de 6.0, conductividad eléctrica de  $0.4 \text{ dS m}^{-1}$ , capacidad de intercambio catiónico de  $12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , contenido de materia orgánica de 3.5%, textura franco-arcillo-arenoso y pobre (Castellanos *et al.*, 2000) en contenido nutrimental (N 4.9, P 6.7, K 184, Ca 423, Mg 183 y B  $0.27 \text{ mg kg}^{-1}$ ). El huerto tenía una densidad de  $156 \text{ árboles ha}^{-1}$  de 8 años de edad (en marco real de 8 m), injertados sobre mango criollo de la región. Se realizaron dos aplicaciones (al inicio y finales de la temporada de lluvias) de 3 kg por árbol de la fórmula de fertilización 17-17-17.

El experimento consistió en la aplicación de tres dosis de boro al suelo: 25, 50 y 100 g por árbol. La fuente comercial utilizada fue Solubor (20.5% de B). Para lo cual se seleccionaron al azar 5 árboles para cada tratamiento, incluyendo un tratamiento control (sin fertilización con B). La aplicación se hizo a los tres meses después de la cosecha, en forma equitativa en los cuatro puntos cardinales de la copa y en la zona de goteo del árbol. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones, la unidad experimental fue un árbol.

Antes de la aplicación del boro se hizo un muestreo foliar en los brotes del flujo vegetativo de verano, con la finalidad de conocer el estado nutrimental inicial de los árboles; para evaluar el efecto de los tratamientos durante la floración se hizo un muestreo de hojas de brotes con inflorescencias y de brotes sin inflorescencias, así como de inflorescencias; finalmente, dos semanas antes de la cosecha se realizaron muestreos de hojas, frutos sin semilla y frutos con semilla. Para los muestreos foliares se recolectaron 40 hojas completas (lámina con pecíolo) sanas y maduras por árbol de la parte media de los brotes de alrededor de la copa, semejante a como lo realizó Oosthuysen (2000).

Se muestrearon cuatro inflorescencias por árbol (una por punto cardinal de la copa) y de cada inflorescencia se recolectaron 6 ejes secundarios (2 basales, 2 intermedios y 2 apicales). Para los muestreos de frutos, se seleccionaron los que se encontraban en madurez fisiológica (epidermis color verde amarillento claro) de los cuatro puntos cardinales de la copa; se recolectaron 8 frutos sin semilla y 4 frutos con semilla (también llamados normales) por árbol. En el laboratorio los frutos normales se seccionaron en pulpa con epidermis y semilla, para realizarles el análisis nutrimental por separado.

Ca, Mg 183 and B  $0.27 \text{ mg kg}^{-1}$ ). The orchard had a density of  $156 \text{ trees ha}^{-1}$  of 8 years old (real-frame 8 m), grafted on landrace mango. Two applications (the beginning and end of the rainy season) were performed with 3 kg per tree of 17-17-17 fertilizer formula.

The experiment consisted of the administration of three doses of boron down 25, 50 and 100 g per tree. The commercial source used was Solubor (20.5% B). To which randomly selected 5 trees for each treatment, including a control treatment (without fertilization). The application was made three months after harvest, equally in the four corners of the cup and drip area of the tree. The experimental design was completely randomized, with five repetitions; the experimental unit was a tree.

Before the application of boron, we made a foliar sampling on the vegetative buds, in order to meet the initial nutritional status of the trees; to evaluate the effect of treatments during flowering were sampled leaf shoots with inflorescences and buds without inflorescences and inflorescence; Finally, two weeks before harvest samples of leaves, fruits and seedless fruit with seed were performed. For complete foliar samplings 40 healthy leaves (leaf with petiole), mature tree harvested by the middle of outbreaks around the tip, similar to Oosthuysen (2000).

Four inflorescences per tree were sampled (one per cardinal point of the tip) and from each inflorescence 6 minor shafts were collected (2 baseline, 2 intermediate and 2 apical). For the sampling of fruits, those at physiological maturity (epidermis light yellowish green) from the four corners of the tip were selected; 8 seedless fruit and 4 fruit seed (also called standard) were collected per tree. In the laboratory the normal fruits were cut into pulp with epidermis and seed, to make the nutritional analysis separately.

The concentration of N, P, K, Ca, Mg and B was evaluated on samples of each body; to which 0.5 g of dry sample underwent digestion with a diacid wet mixture ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ , 2:1 v/v) and hydrogen peroxide. The determination of N was made by the microkjeldahl method, the other elements were determined in an atomic emission spectrophotometer by inductively coupled plasma (ICP) AES of Varian Australia Pty Ltd. (Victoria, Australia) in all the cases was followed the methodology described by Alcántar and Sandoval (1999). Finally, the percentage of fruits and pitted were calculated by the total tree fruits per treatment.

Se evaluó la concentración de N, P, K, Ca, Mg y B en las muestras de cada órgano; para lo cual se usaron 0.5 g de muestra seca, que se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla diácida ( $H_2SO_4:HClO_4$ , 2:1 v/v) y peróxido de hidrógeno. La determinación de N se hizo por el método microkjeldahl, el resto de elementos se determinó en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP) AES de Varian Australia Pty Ltd (Victoria, Australia) en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999). Por último, se calculó el porcentaje de frutos con y sin semilla por árbol del total de frutos por tratamiento.

Para analizar los resultados se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con el paquete SAS versión 9.0 (SAS Institute, 1999).

## Resultados y discusión

Concentración nutrimental. En el Cuadro 1 se presentan las concentraciones de los elementos evaluados en las hojas antes de la aplicación del boro. De acuerdo con Agustí (2004) la concentración de suficiencia de N foliar en mango está entre 1 y 1.5%, lo que implica que en los árboles de 'Ataulfo' utilizados en esta investigación la concentración de N fue baja, lo cual tiene relación con el muy bajo contenido de este elemento en el suelo de la huerta como lo demostró el análisis realizado ( $4.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ); en tanto que las concentraciones foliares del resto de los elementos, a pesar de que se encontraban en bajas concentraciones, según la interpretación de análisis de suelo de Castellanos *et al.* (2000), se encontraron dentro de los intervalos de suficiencia.

El N es uno de los principales elementos estructurales de las plantas y juega un papel muy importante en el crecimiento vegetativo y reproductivo Zong-min *et al.* (2012), este elemento representa 2% del total de la materia seca de las plantas y es un componente de proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas y numerosos metabolitos secundarios (Miller y Cramer, 2004). Su insuficiencia reduce el crecimiento de la planta y del área foliar con la consecuente disminución en la tasa fotosintética. El manejo adecuado del N en las plantas hortícolas conduce a obtener alta calidad de flores, frutos y semillas (Zong-min *et al.*, 2012).

En las especies frutales la deficiencia de nitrógeno puede inducir el aborto del polen; en condiciones de abasto adecuado el N mejora la longevidad del óvulo (Díaz, 2002),

In order to analyse the results, an analysis of variance and the comparison test with Tukey package SAS version 9.0 (SAS Institute, 1999) were performed.

## Results and discussion

Nutrient concentration. In the Table 1 is shown the concentrations of the elements evaluated in the leaves before application of boron. According to Agustí (2004), the concentration of N sufficiency on the leaf of mango is between 1 and 1.5%, implying that trees 'Ataulfo' used in this research N concentration was low, which is related to the very low content of this element in the soil of the orchard as demonstrated by the analysis ( $4.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ); while the foliar concentrations of the other elements, even though in low concentrations, according to the interpretation of soil test by Castellanos *et al.* (2000), were found within the ranges of sufficiency.

### Cuadro 1. Diagnóstico foliar nutrimental en árboles de mango 'Ataulfo' en Nayarit, México.

Table 1. Nutrient foliar diagnostic in mango trees 'Ataulfo' in Nayarit, Mexico.

Elemento	Concentración	Interpretación según Agustí (2004)
Nitrógeno (%)	0.73	Bajo
Fósforo (%)	0.07	Suficiente
Potasio (%)	0.49	Suficiente
Calcio (%)	1.70	Suficiente
Magnesio (%)	0.16	Suficiente
Boro (mg/kg)	60.1	Suficiente

Nitrogen is one of the main structural elements of plants and plays an important role in the vegetative and reproductive growth. Zong-min *et al.* (2012), stated that this element represents 2% of the dry matter of the plants and is a component of proteins, nucleic acids, coenzymes and numerous secondary metabolites (Miller and Cramer, 2004), its failure reduces plant growth and leaf area with the consequent decrease in the rate of photosynthesis. Proper management of N in horticultural plants leads to obtain high-quality flowers, fruits and seeds.

In fruit species, nitrogen deficiency may induce abortion of pollen; if properly supply the N improves the longevity of the egg (Díaz, 2002) which leads to improve the fruit's grip.



lo que conlleva a mejorar el amarre de fruto. En mango se ha observado que el mal manejo del suministro de N al árbol afecta la producción de flores, fructificación y calidad del fruto; el exceso de este elemento en el suelo promueve un crecimiento vegetativo vigoroso en detrimento del reproductivo (Medeiros *et al.*, 2004).

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre la concentración nutrimental en las hojas, se observó que la aplicación de B sólo influyó en la concentración de Ca y B; la mayor concentración de Ca fue obtenida con la dosis de 100 g de B; se pudo observar que las tres dosis de boro al suelo mejoraron la concentración de B en la planta (Cuadro 2). Esto significa que el B aplicado fue absorbido y transportado vía xilema a la copa del árbol, con mejora en la absorción del Ca, el cual se encontraba en muy baja concentración (Castellanos *et al.*, 2000) en el suelo de la huerta (423 mg kg<sup>-1</sup> de suelo).

In mango it has been observed that the mismanagement of N supply to the tree affects the production of flowers, fruits number and quality; the excess of this element in the soil promotes a vigorous vegetative growth at the expense of the reproductive (Medeiros *et al.*, 2004).

When analysing the effect of treatments on the nutrient concentration in leaves it was observed that the application of B, only influenced the concentration of Ca and B; the highest concentration of Ca was obtained with the dose of 100 g of B; it was observed that all three doses of boron into the soil improved the concentration of B in the plant (Table 2). This means that the B applied was absorbed and transported via xylem to the tree, with improvement in the absorption of Ca, which was in very low in concentration (Castellanos *et al.*, 2000) on the soil of the orchard (423 mg kg<sup>-1</sup> of soil).

**Cuadro 2. Concentración nutrimental en hojas de mango ‘Ataulfo’ con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.**  
**Table 2. Nutrient concentration in mango leaves ‘Ataulfo’ with applications of boron into the soil in Nayarit, Mexico.**

Dosis de boro (g árbol <sup>-1</sup> )	N	P	K (mg g <sup>-1</sup> de materia seca)	Ca	Mg	B
Control	6.14 <sup>NS</sup>	1.09 <sup>NS</sup>	7.66 <sup>NS</sup>	8.97 b <sup>z</sup>	2.14 <sup>NS</sup>	0.037 b <sup>z</sup>
25	6.13	1.06	7.51	9.05 ab	1.96	0.044 a
50	6.08	1.74	7.70	9.83 ab	2.09	0.043 a
100	5.45	1.08	7.77	10.29 a	2.05	0.047 a
DMS	0.83	0.11	0.67	1.31	0.27	0.006

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas no son diferentes de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa. NS= no significativo.

Fageria (2001) señala que el B ayuda en la traslocación del Ca absorbido hacia la parte aérea de las plantas. Sin embargo, esto no coincide con Marschner (1995) y Castellanos *et al.* (2000), quienes señalan que a nivel de suelo y de reacciones en la superficie de la raíz el B reduce la utilización de Ca. Sin embargo, ninguno de los tratamientos con B mejoraron la concentración foliar de N, lo cual no coincide con Marschner (1995), quien indica que el B puede tener un efecto indirecto favorable sobre la absorción y asimilación del nitrato, debido a que induce a un incremento en la actividad de la nitrato reductasa, como lo observaron Bellaloui *et al.* (2010) en soya [*Glycine max* (L.) Merr.].

Los tratamientos aplicados sólo tuvieron efecto en la concentración de B en las hojas de brotes con inflorescencias y en las hojas recolectadas previo a la cosecha de los frutos. En ambos tipos de hojas la concentración de 100 g de B al suelo duplicó la concentración de boro, comparada con la concentración de las hojas del control (Cuadro 3). Esto

Fageria (2001) notes that the B helps in the translocation of Ca absorbed into the aerial part of the plants. However, this does not match Marschner (1995) and Castellanos *et al.* (2000), who pointed out that at soil level and reactions on the surface of B reduces root using Ca. However, none of the treatments B improved foliar N concentration, which does not coincide with Marschner (1995) who indicates that B can have a positive indirect effect on the absorption and assimilation of nitrate, because it leads to an increase in activity nitrate reductase, as observed by Bellaloui *et al.* (2010) in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.].

The treatments had only effect on the concentration of B in leaves and shoots with inflorescences leaves before harvest of the fruits harvested. In both types of leaves, the concentration of B at 100 g of the soil doubled the concentration of boron, compared with the concentration of the leaves of the control (Table 3). This means that B was transported to that kind of leaves because there were demand points of the element, such as flowers and growing fruits. In olive trees Delgado *et al.*

quiere decir que el B se transportó a ese tipo de hojas debido a que había puntos de demanda del elemento, como son las flores y frutos en crecimiento. En árboles de olivo Delgado *et al.* (1994) observaron mayor concentración de B en hojas jóvenes de árboles en floración que en las de árboles que no estaban en floración, lo que indica una necesidad mayor de B por los árboles durante el proceso reproductivo.

(1994) found higher concentration of B in young leaves of trees in bloom in the trees that were not in bloom, indicating a higher need for B by trees during the reproductive process.

The initial N concentration (before application of treatments), decreased 50% during flowering, as indicated concentrations in the leaves of the vegetative and

**Cuadro 3. Concentración de boro en hojas de mango 'Ataulfo' con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.**  
**Table 3. Concentration of boron in mango leaves 'Ataulfo' applications of boron to the soil in Nayarit, Mexico.**

Dosis de boro (g árbol <sup>-1</sup> )	Hojas de brotes con inflorescencia (mg g <sup>-1</sup> de materia seca)	Hojas dos semanas antes de cosecha (mg g <sup>-1</sup> de materia seca)
Control	0.036 b <sup>z</sup>	0.038 b <sup>z</sup>
25	0.049 ab	0.052 ab
50	0.045 b	0.052 ab
100	0.063 a	0.067 a
DMS	0.0174	0.0247

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas no son diferentes de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa.

La concentración de N foliar inicial (antes de la aplicación de tratamientos), disminuyó 50% durante la floración, como lo indican las concentraciones en las hojas de los brotes vegetativos y reproductivos; la concentración en las inflorescencias fue igual a la de las hojas antes de aplicar los tratamientos (inicial) y a la de las hojas antes de la cosecha; los frutos normales fueron los que presentaron la mayor concentración de N, los frutos sin semilla presentaron la misma concentración que las hojas de brotes vegetativos y florales (Cuadro 4). La mayor concentración de P y K se observó en los frutos normales, seguida por la de las inflorescencias; la concentración de P de las hojas de las diferentes etapas y la de los frutos sin semilla fue semejante; la de K de las hojas de todos los muestreos fue similar; en tanto que la de los frutos sin semilla fue 50% menor a la de los frutos normales.

La concentración foliar inicial de Ca y la de las hojas al momento de la cosecha de los frutos fueron similares entre sí, y superiores a la del resto de los órganos; la menor concentración de este elemento se registró en las inflorescencias y en los dos tipos de frutos. La mayor concentración de Mg se observó en las hojas de los brotes vegetativos y en la inflorescencia, seguida por la de las hojas de los brotes florales y la de los frutos normales; la menor concentración la presentaron los frutos sin semilla. La concentración de B inicial fue la mayor y disminuyó en el resto de las estructuras evaluadas, incluyendo a los frutos normales; los frutos sin semilla presentaron la menor concentración de este elemento (Cuadro 4).

reproductive buds; inflorescences concentration was equal to that of the leaves before applying the (initial) treatment and leaves before harvest; normal fruits were those with the highest concentration of N, seedless fruits had the same concentration as the leaves of vegetative and floral buds (Table 4). The highest concentration of P and K was observed in normal fruits, followed by inflorescence; P concentration leaves the various stages and seedless fruit was similar; K the leaves of all samples was similar; while the seedless fruit was 50% lower than normal fruit.

The initial foliar concentrations of Ca and leaves when the harvest of fruits was similar and higher than the rest of the organs; the lowest concentration of this element was recorded in the inflorescences and the two types of fruit. The highest concentration of Mg was observed in vegetative buds leaves and inflorescences followed by leaves and floral buds of normal fruit; with the lowest concentration the seedless fruits. The initial concentration of B was increased and decreased in the rest of the structures tested, including normal fruit; seedless fruits had the lowest concentration of this element (Table 4).

These results indicate that, the N, P, K and Mg were transported to the points of demand, as were the normal inflorescences and fruits; as their concentrations were equal to or exceeded the initial foliar concentrations (Table 4), because they are all moving elements in phloem (Marschner, 1995). In the case of Ca and B, the results

**Cuadro 4. Concentración nutrimental (mg g<sup>-1</sup> de materia seca) en hojas, inflorescencias y frutos de mango ‘Ataulfo’ en Nayarit, México.**

**Table 4. Nutrient concentrations (mg g<sup>-1</sup> dry matter) in leaves, inflorescences and fruits of mango ‘Ataulfo’ in Nayarit, Mexico.**

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	B
Hojas inicial	7.31 b <sup>z</sup>	0.70 c <sup>z</sup>	4.87 e <sup>z</sup>	17.05 a <sup>z</sup>	1.58 d <sup>z</sup>	0.060 a <sup>z</sup>
Hojas brote veg.	3.76 c	0.79 c	5.07 e	12.29 b	3.00 a	0.041 dc
Hojas brote c/inf.	3.41 c	0.83 c	5.78 de	13.16 b	2.46 bc	0.048 bc
Inflorescencia	7.11 b	1.74 b	9.10 b	3.81 c	2.84 ab	0.037 d
Hojas a cosecha	7.11 b	0.72 c	6.57 dc	15.79 a	1.45 d	0.052 ab
Fruto sin semilla	3.41 c	0.73 c	7.21 c	1.83 c	0.81 e	0.019 e
Fruto con semilla	9.55 a	2.02 a	14.98 a	2.82 c	2.26 c	0.042 dc
DMS	1.26	0.17	1.02	2.01	0.41	0.009

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas no son diferentes de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa.

Estos resultados indican que el N, P, K y Mg fueron transportados a los puntos de demanda, como lo fueron las inflorescencias y los frutos normales; ya que sus concentraciones fueron iguales o superaron a la concentración foliar inicial (Cuadro 4), debido a que todos ellos son elementos móviles en floema (Marschner, 1995). En el caso del Ca y B, los resultados indican que ambos elementos se concentraron en las hojas, principalmente antes de la floración (valor inicial); en tanto que las inflorescencias y frutos (puntos de demanda) de los dos tipos recibieron muy poco aporte; esto se debe a que el transporte de ellos es por el xilema y depende de la transpiración del órgano, y las hojas son las estructuras con mayor tasa transpiratoria; además de que el Ca y el B son considerados de muy baja movilidad en el floema (Epstein y Bloom, 2005; Fageria, 2009), de tal forma que la mayoría del Ca y B demandados por los puntos en crecimiento, como ápices de brotes, hojas jóvenes o frutos tienen que ser cubiertos por el transporte vía xilema (Marschner, 1995). Medeiros *et al.* (2004) al evaluar el contenido nutrimental en hojas en cuatro etapas fenológicas del cultivar Tommy Atkins, encontraron que el Ca fue el nutrimento de mayor concentración en las hojas, no así en las flores y frutos.

Porcentaje de frutos con y sin semilla. Las dosis de 50 g de B por árbol disminuyó a la mitad el porcentaje de frutos sin semilla con respecto al control; en tanto que la dosis de 100 g presentó un 35% menos de estos frutos (Cuadro 5). Esto se debe a que el B es un micronutriente esencial para la producción de frutos con semilla. En las flores, la concentración baja de B reduce la fertilidad masculina por deterioro de la microsporogénesis y crecimiento del tubo polínico al promover la formación de calosa en el estilo. Los efectos pos-fecundación incluyen el deterioro de la

indicate that both elements are concentrated in the leaves, mainly before flowering (baseline); while inflorescences and fruits (demand points) of the two types received very little input; This is because the transport of them is in the xylem and perspiration depends on the organ, and the leaves are the structures with more transpiration rate; also Ca and B are considered of very low mobility in the phloem (Epstein and Bloom, 2005; Fageria, 2009), so that most of the Ca and B demanded by points growth as shoot apices, young leaves or fruit must be covered by transport via xylem (Marschner, 1995). Medeiros *et al.* (2004) when evaluating the nutritional content of the leaves in four phenological stages of the cultivar Tommy Atkins, found that Ca had the highest nutrient concentration in leaves but not in the flowers and fruits.

Percentage of fruits with and without seeds. Doses of 50 g of B per tree cut in half the percentage of seedless fruit; whereas the dose of 100 g showed 35% less of these fruits (Table 5). This is because the B is essential for fruit production with seed micronutrient. In the flowers, the low concentration of B reduces male fertility due the impairment of microsporogenesis and pollen tube growth by promoting the formation of callose in the style. The post-fertilization effects include the deterioration of embryogenesis, resulting in seed abortion or incomplete formation of malformed or damaged embryos and fruits (Dell and Huang, 1997; Díaz, 2002).

In flowers of grapevine (*Vitis vinifera* L.), whose stigmas containing from 8 to 20 mg of B per g of dry matter had poor fertilization compared to those where stigma containing 50 to 60 mg of B (Díaz, 2002). Rossetto *et al.* (2000) found that mango cultivars have different behaviour in relation



embriogénesis, lo que resulta en el aborto de la semilla o la formación de embriones incompletos o dañados y frutos malformados (Dell y Huang, 1997; Díaz, 2002).

En flores de vid (*Vitis vinifera* L.), cuyos estigmas contenían de 8 a 20  $\mu\text{g}$  de B por g de materia seca tuvieron pobre fecundación, en comparación con aquellas donde el estigma contenía de 50 a 60  $\mu\text{g}$  de B (Díaz, 2002). Rossetto *et al.* (2000) observaron que los cultivares de mango tienen diferente comportamiento en relación al nivel de boro en la hoja. El mango 'Winter' presentó buena producción y retención de frutos normales bajo condiciones de concentración baja de boro en las hojas (10  $\text{mg kg}^{-1}$  de ms); mientras que los mangos 'Haden 2H' y 'Van Dyke' fueron sensitivos a esa concentración, y en consecuencia, presentaron caída intensiva de frutos jóvenes, aborto de semilla y producción baja.

Con los resultados obtenidos en este estudio en mango 'Ataulfo', las concentraciones de B  $\text{kg}^{-1}$  de ms. corresponden a 60 mg en las hojas antes de la floración (valor inicial); en floración, 41 mg en las hojas de brotes sin inflorescencias y 48 mg en hojas de brotes con inflorescencias (Cuadro 4). Con el tratamiento de 100 mg de B, la concentración foliar de brotes productivos se elevó a 63  $\text{mg kg}^{-1}$  de ms (Cuadro 3); lo que indica que en 'Ataulfo' las flores requieren de más B que en otros cultivares y que con las dosis de 50 y 100 g de B se alcanzaron concentraciones en los brotes productivos que pudieron evitar el aborto del embrión.

Concentración nutrimental en frutos. La concentración de N, P y Mg fue significativamente mayor en los frutos con semilla que en los frutos sin semilla. La concentración de K fue similar en ambos tipos de frutos y la de Ca fue superior en los frutos sin semilla. En los frutos con semilla, ésta fue la estructura que concentró más N, P, K, Ca y Mg que la pulpa con epidermis. La concentración de B fue similar entre los dos tipos de frutos y entre la semilla y la pulpa con epidermis de los frutos normales (Figura 1).

La concentración de N, P, K, Mg y B de los frutos sin semilla fue similar a la encontrada en la pulpa con epidermis de los frutos normales; sólo la concentración de Ca en el fruto sin semilla superó a la de la semilla y pulpa con epidermis (1.2 mg) (Figura 1).

La distribución nutrimental en el fruto varía de acuerdo al cultivar y sobre todo entre la pulpa y epidermis, ya que en mango 'Manila' Guzmán *et al.* (1996) encontraron que la

to the level of boron in the leaf. The mango 'Winter' had good production and retention of normal fruit under low boron concentration in leaves (10  $\text{mg kg}^{-1}$  ms); while the mangos 'Haden 2H' and 'Van Dyke' were sensitive to this concentration, and consequently fall had intensive young fruit, seed abortion and low production.

With the results obtained in this study on 'Ataulfo' mango, concentrations of B  $\text{kg}^{-1}$  ms corresponding to 60 mg in the leaves before flowering (baseline); in bloom, 41 mg shoots without leaves inflorescences and 48 mg in shoots with inflorescences leaves (Table 4). Treatment with 100 mg of B, leaf buds productive concentration was increased to 63  $\text{mg kg}^{-1}$  ms (Table 3); indicating that in 'Ataulfo' flowers require more B than other cultivars and that doses of 50 and 100 g of B reached concentrations in production outbreaks that could prevent abortion of the embryo.

#### Cuadro 5. Porcentaje de frutos sin semilla y con semilla en árboles en mango 'Ataulfo' con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.

Table 5. Percentage of fruit with and without seeds in trees of mango 'Ataulfo' with applications of boron to the soil in Nayarit, Mexico.

Dosis de Boro	Frutos sin semilla	Frutos con semilla
(g árbol <sup>-1</sup> )		
Control	40.7 a <sup>z</sup>	59.3 c <sup>z</sup>
25	36.2 ab	63.7 bc
50	22.6 c	77.4 a
100	26.4 bc	73.5 ab
DMS	13.58	13.58

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas no son diferentes de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa.

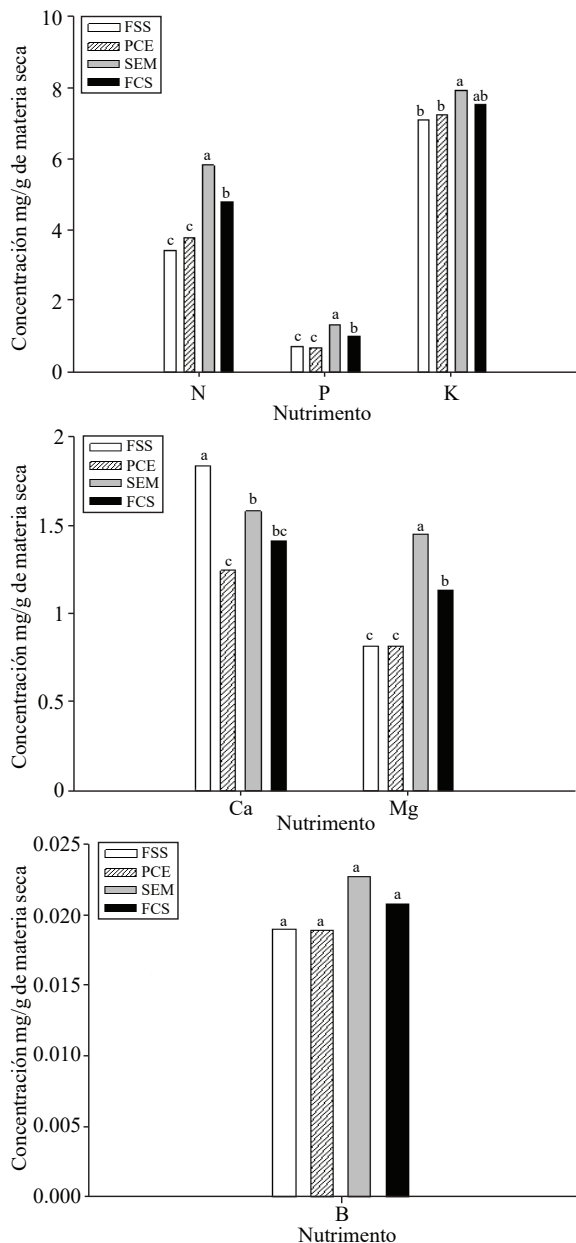
Nutrient concentration in fruits. The concentration of N, P and Mg was significantly higher in the fruits with seeds in seedless fruits. K concentration was similar in both types of fruits and Ca was higher in seedless fruit. In fruits with seeds, this was the structure that concentrated more N, P, K, Ca and Mg pulp with epidermis. B concentration was similar between the two types of fruits and between the seed and pulp with epidermis of normal fruit (Figure 1).

The concentration of N, P, K, Mg and B of seedless fruit was similar to that found in the pulp of normal fruit; only the concentration of Ca in the seedless fruit exceeded the seed and pulp with epidermis (1.2 mg) (Figure 1).

epidermis del fruto fue el tejido más rico en Mg, Fe y Mn, la pulpa en K, el hueso en Ca y la semilla en N, P, Cu y Zn; por lo que la extracción nutrimental del fruto fue en el orden siguiente:  $K > N > Ca > Mg > P$ . Por otra parte, Singh (2005) indica que no encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de N, K y Mg en la epidermis y la pulpa, ni en las de P y Ca en pulpa de frutos sin semilla y frutos con semilla en cinco cultivares evaluados. En el caso del cv. Ataulfo, se observó que la semilla fue la que concentró más a todos los elementos evaluados en comparación con la pulpa con epidermis.

Como ya se mencionó, existe una correlación positiva alta entre la distribución de Ca y la tasa de transpiración de los órganos, lo que explica el contenido bajo de Ca (<0.3%) en los frutos (estructura con poca transpiración), comparada con la de las hojas (3 a 5%) en la misma planta (Marschner, 1995); por lo cual, en los frutos de mango 'Ataulfo' se tuvo baja concentración de Ca y mucho más alta en las hojas. La distribución de B está relacionada también con la pérdida de agua del órgano, por lo que las hojas acumulan más boro que las semillas y tejidos del fruto, como también se observó en este estudio con mango 'Ataulfo' (Cuadro 4). Aunque estudios en árboles de olivo (*Olea europea* L.) han mostrado que las flores y frutos, en sus primeros estados de desarrollo, pueden promover la movilización de B foliar para satisfacer su demanda por este elemento (Delgado *et al.*, 1994).

En el caso de los frutos sin semilla, la ausencia del embrión en la semilla, hace que la demanda por los elementos disminuya considerablemente, y por lo tanto se concentran menos. La presencia de semillas representa un factor importante en el crecimiento de los frutos, ya que es el órgano regulador del desarrollo de los mismos (Díaz, 2002) y afecta la acumulación de nutrimentos, particularmente la de Ca en pulpa y epidermis (Singh, 2005). Durante el desarrollo de las semillas, el embrión produce fitohormonas como las auxinas y giberelinas, que estimulan el desarrollo de la semilla y de los tejidos del fruto, como la pulpa (Díaz, 2002) ejerciendo una fuerte demanda nutrimental. El orden de prioridad entre demandas de un árbol en la distribución de fotosintatos y nutrimentos, lo determina la tasa de crecimiento (actividad de la demanda) y el tamaño de las demandas; en este contexto, la semilla tiene mayor fuerza de demanda que las partes del fruto, brotes en crecimiento y tejidos de almacenamiento del tallo (Wolstenholme, 1990). La mayor concentración de Ca registrada en los frutos sin semilla de 'Ataulfo' se debe a que es un fruto de menor tamaño que el fruto con semilla y por ello el Ca se concentró más.



**Figura 1. Concentración nutrimental en fruto sin semilla (FSS), pulpa con epidermis (PCE), semilla (SEM) y en fruto con semilla completo (FCS).** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Figure 1. Nutrient concentration in fruit without seed (FSS), pulp with epidermis (PCE), seed (SEM) and fruit with complete seed (FCS).** Means with the same letter are statistically equal according to the mean test Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Nutrient distribution in the fruit varies by cultivar and especially between the pulp and skin, as in mango 'Manila' Guzmán *et al.* (1996) found that the skin of the fruit was the richest tissue in Mg, Fe and Mn, the pulp in K, the bone in

## Conclusiones

La aplicación de B al suelo en dosis de 50 y 100 g disminuyó la formación de frutos sin semilla. Los árboles de mango 'Ataulfo' usados en este trabajo, presentaron deficiencia de N y habrá que valorar si esto influye en la formación de frutos sin semilla. La aplicación de 100 g de B mejoró únicamente la concentración de Ca y B en la planta, y sólo mejoró la concentración de B en las hojas de brotes florales y en las del final del desarrollo del fruto. La distribución de los nutrientes en el fruto normal fue la siguiente: la semilla acumuló más N, P, K Ca y Mg que la pulpa con epidermis y ambas estructuras tuvieron la misma concentración de B. Los frutos con semilla superaron a los sin semilla en la concentración de N, P y Mg; en tanto que éstos últimos concentraron más Ca, y ambos tipos de frutos tuvieron la misma concentración de K y B.

## Literatura citada

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 493 p.
- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México, México. 156 p.
- Beasley, D. R.; Joyce, D. C. and Hofman, P. J. 1999. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in 'Kensington Pride' mango fruit. *Aust. J. Exp. Agric.* 39:345-349.
- Bellaloui, N.; Reddy, K. N.; Gillen, A. M. and Abel, C. A. 2010. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by foliar boron application in soybean. *Plant Soil.* 336:143-155.
- Castellanos, J. Z.; Uvalle-Bueno, J. X. y Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Guanajuato, México. 226 p.
- Dell, B. and Huang, L. 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant Soil.* 193:103-120.
- Delgado, A.; Benlloch, M. and Fernández-Escobar, R. 1994. Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. *HortScience.* 29(6):616-618.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor, S. A. México. 390 p.
- Epstein, E. and Bloom, A. J. 2005. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 400 p.
- Fageria, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *J. Plant Nutr.* 24(8):1269-1290.
- Fageria, N. K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Boca Raton, Florida. USA. 430 p.

CA and the seed in N, P, Cu and Zn; so the nutritional fruit extraction was in the following order: K> N> Ca> Mg> P. Moreover, Singh (2005) indicates that found no significant differences between the concentrations of N, K and Mg neither in the epidermis and the pulp, nor in those of P and Ca in seedless fruit pulp and fruit with seed in five cultivars evaluated. In the case of cv. Ataulfo, it was observed that the seed which was concentrated again all evaluated items in comparison with the pulp with epidermis.

As mentioned, there is a high positive correlation between the distribution of Ca and transpiration rate of organs, which explains the low Ca content (<0.3%) in fruits (structure with little perspiration), compared with the leaves (3 to 5%) in the same plant (Marschner, 1995); therefore, in the mango fruit 'Ataulfo' low concentration of Ca, and much higher in the leaves. The distribution B is also related to the loss of body water, so the leaves accumulate more boron than the seeds and fruit tissues, as observed in this study with mango 'Ataulfo' (Table 4). Although, studies on olive trees (*Olea europea* L.) have shown that flowers and fruits, in their early stages of development, can promote the mobilization of leaf B to meet its demand for this element (Delgado *et al.*, 1994).

In the case of seedless fruits, the absence of the embryo in the seed makes the demand, by the elements decrease, and therefore are less concentrated. The presence of seeds represents an important fruit growth factor because it is the regulatory body of their development (Díaz, 2002) and affects the accumulation of nutrients, particularly Ca in pulp and epidermis (Singh, 2005). During seed development, the embryo produces plant hormones such as auxins and gibberellins, which stimulate the development of seed and fruit tissues, such as pulp (Díaz, 2002) exert strong nutrient demand. The priorities among demands of a tree in the distribution of photosynthate and nutrients, which determines the rate of growth (demand activity) and the size of the demands; in this context, the seed is stronger on the demand of the parts of the fruit, growing shoots and stem tissues storage (Wolstenholme, 1990). The highest concentration of Ca registered seedless fruits of 'Ataulfo' because it is a fruit smaller than the fruit with seed and therefore the Ca concentrated even more.

## Conclusions

Applying B into the soil at doses of 50 and 100 g decreased the formation of seedless fruit. Mango trees 'Ataulfo' used in this work, showed N deficiency and it will be necessary

- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). D. F., México. 156 p.
- Gupta, U. C. 2007. Boron. *In*: Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (Eds). Handbook of plant nutrition. Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA. 241-277 p.
- Guzmán, E. C.; Alcalde, B. S.; Mosqueda, V. R. y Martínez, J. A. 1996. Contenido y extracción de algunos nutrimentos por el fruto de mango cv. Manila. *Agronomía Tropical*. 46(4):431-446.
- Lovatt, C. J. and Dugger, W. M. 1984. Boron. *In*: Frieden, E. (Ed). Biochemistry of the essential ultratrace elements. Plenum Publisher Corporation. New York, USA. 389-421 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 p.
- Medeiros, A. A.; Amorim, J. R. A.; Silva, D. J.; Dantas, J. A. and Guerra, A. G. 2004. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. *Acta Horticulturae*. 645:403-408.
- Miller, A. J. and Cramer, M. D. 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant Soil* 274:1-36.
- Oosthuysen, S. A. 2000. Variation of leaf nutrition status in relation to fruit growth in mango. *Acta Horticulturae*. 509:375-378.
- Pérez, B. M. H.; Vázquez, V. V. y Osuna, G. J. A. 2007. Caracterización e incidencia del mango niño en huertos comerciales de mango 'Ataulfo' en Nayarit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Folleto técnico Núm. 355 p.
- Rossetto, C. J.; Furlani, P. R.; Bortoletto, N.; Quaggio, J. A. and Igue, T. 2000. Differential response of mango varieties to boron. *Acta Horticulturae*. 509:259-264.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 1999. SAS user's guide. Statistics. Version 9. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. Sistema de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=15](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15).

to assess whether this influences the formation of seedless fruit or not. The application of 100 g of B only improved the concentration of Ca and B in the plant, and only improved the concentration of B in leaves and floral buds in the end of fruit development. The distribution of nutrients in the normal fruit was as follows: the seed accumulated more N, P, K, Ca and Mg than the pulp with epidermis and both structures had the same concentration of B. The fruits with seeds outperformed those seedless in the concentration of N, P and Mg; while the latter concentrated more Ca, and both types of fruits had the same concentration of K and B.

*End of the English version*



- Singh, Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *J. Plant Nutrit.* 28:1723-1737.
- Vázquez-Valdivia, V.; Pérez-Barraza, M. H. y Osuna-García, J. A. 2006. Importancia del cultivo y generalidades. *In*: Vázquez-Valdivia, V. y Pérez-Barraza, M. H. (Eds.). El cultivo del mango: principios y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Libro técnico Núm. 1. 1-30 pp.
- Wolstenholme, B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae*. 275:451-459.
- Xue-Qun, S.; Bo-Qiang, L.; Guo-Zheng, Q. and Shi-Ping, T. 2011. Antifungal activity and possible mode of action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. *Plant Dis.* 95(1):63-69.
- Zong-min, M.; Ning, Y.; Shu-yun, L. and Hong, H. 2012. Nitrogen requirements for vegetative growth, flowering, seed production, and ramet growth of *Paphiopedilum armeniacum* (Orchid). *HortScience*. 47(5):585-588.