

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**ESTADO NUTRIMENTAL EN MANGO 'ATAULFO' Y SU RELACIÓN  
CON LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**PRESENTA:**

**JOSÉ ALFREDO HERNÁNDEZ MARURI**

Chapingo, Estado de México. Julio de 2011.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



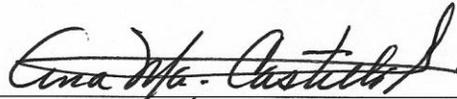
Instituto de Horticultura

**ESTADO NUTRIMENTAL EN MANGO 'ATAULFO' Y SU RELACIÓN CON  
LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS**

Tesis realizada por José Alfredo Hernández Maruri bajo la dirección del Comité Asesor  
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado  
de:

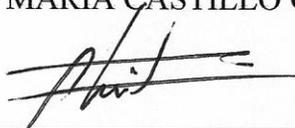
**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

DIRECTOR:



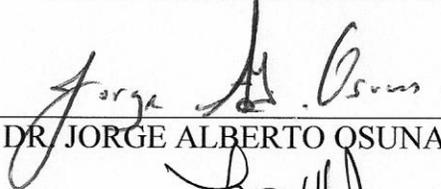
\_\_\_\_\_  
DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:



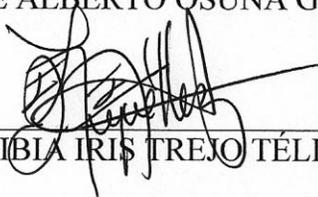
\_\_\_\_\_  
DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

ASESOR:



\_\_\_\_\_  
DR. JORGE ALBERTO OSUNA GARCÍA

ASESOR:



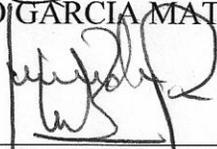
\_\_\_\_\_  
DRA. LIBIA IRIS TREJO TÉLLEZ

ASESOR:



\_\_\_\_\_  
DRA. ROSARIO GARCÍA MATEOS

LECTOR EXTERNO:



\_\_\_\_\_  
DR. JOEL PINEDA PINEDA

## **DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR**

El autor de la presente Tesis, C. José Alfredo Hernández Maruri, es originario de Tlapacoyan, Veracruz. Nació el 26 de mayo de 1979 en la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz. Es egresado de la Universidad Veracruzana como Ingeniero Agrónomo en 2003. En ese mismo año se desempeñó como asesor técnico en el manejo del cultivo de jitomate bajo cubiertas plásticas y el armado de invernaderos. Además, se desempeñó como asesor técnico por la Secretaría de Economía, dentro del programa de Fondos Nacionales de Apoyo a las Empresas Sociales en el manejo del cultivo de banano ‘Dominico’ y del banano ‘Morado’. En 2006 realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura, en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Para 2007 ingresó a esta misma institución donde realizó estudios de Doctorado en Ciencias en Horticultura.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Dios por permitirme completar un proyecto más de mi vida, ésto por medio de la gente que participó de alguna forma en este trabajo de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico proporcionado durante tres años y medio de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y al Departamento de Fitotecnia, a través de la Coordinación Departamental de Posgrado en Horticultura, por todas las facilidades prestadas durante mis estudios de Posgrado.

Al Dr. Edilberto Avitia García y a la Dra. Ana María Castillo González, por su acertada dirección, sugerencias y apoyo durante el desarrollo de esta investigación; así como también por su amistad brindada.

A la M.C. María Hilda Pérez Barraza y al M.C. Víctor Vázquez Valdivia (†), por el apoyo total en esta investigación, en el trabajo de campo y el apoyo económico de la misma.

Al Dr. Jorge Alberto Osuna, a la Dra. Libia Iris Trejo Téllez, a la Dra. Rosario García Mateos y al Dr. Joel Pineda Pineda por la revisión del escrito, sugerencias y aportaciones realizadas a este trabajo de investigación.

A mis maestros por participar en mi formación profesional y por compartir sus conocimientos.

Al personal de laboratorio que participó en esta investigación; el señor Wenceslao Vidal García, el señor Antonio Díaz Santoyo, la Q.F.B. Angela Barrera Cortez, la señora Regina Espinoza Flores, la señora Yadira Pérez Reyes y el señor Francisco Rodríguez Trujano (†).

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES**

**Emilio Hernández Sánchez y Emma Maruri Hernández**

Con todo mi amor para ellos, que siempre me han sabido aconsejar de una forma sencilla y humilde, inculcando en mi el respeto, humildad y un espíritu de lucha.

### **A MIS HERMANOS**

**Nieves Hernández Maruri, Noé Hernández Maruri y Emilio Hernández Maruri**

Con mucho cariño a ellos y su familia, les deseo todo lo mejor en su vida.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE CUADROS Y</b>	
<b>FIGURAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN GENERAL.....</b>	<b>ix</b>
<b>GENERAL ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I. DINÁMICA NUTRIMENTAL Y SU RELACIÓN CON LA</b>	
<b>PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPCOS EN MANGO</b>	
<b>‘ATAULFO’.</b>	
<b>1.1. Resumen.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Abstract.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Introducción.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4. Materiales y métodos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5. Resultados y discusión.....</b>	<b>17</b>
<b>1.6. Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
<b>1.7. Literatura citada.....</b>	<b>35</b>

**CAPÍTULO II. ASPERSIONES DE NITRÓGENO, CALCIO Y BORO, Y SU  
RELACIÓN CON FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN MANGO  
'ATAULFO'.**

<b>2.1.</b>	<b>Resumen.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>41</b>
<b>2.3.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>43</b>
<b>2.4.</b>	<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>44</b>
<b>2.5.</b>	<b>Resultados y discusión.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>58</b>
<b>2.7.</b>	<b>Literatura citada.....</b>	<b>58</b>

**CAPÍTULO III. FERTILIZACIÓN CON BORO Y SU RELACIÓN CON LA  
PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN  
MANGO 'ATAULFO'.**

<b>3.1.</b>	<b>Resumen.....</b>	<b>63</b>
<b>3.2.</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>64</b>
<b>3.3.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>66</b>
<b>3.4.</b>	<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>68</b>
<b>3.5.</b>	<b>Resultados y discusión.....</b>	<b>71</b>

<b>3.6. Conclusiones.....</b>	<b>83</b>
<b>3.7. Literatura citada.....</b>	<b>83</b>
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>88</b>
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>92</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>92</b>

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### **CAPÍTULO I. DINÁMICA NUTRIMENTAL Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPCOS EN MANGO ‘ATAULFO’.**

<b>Cuadro 1.</b> Características del suelo (0-30 cm) de huertas con alta producción de frutos partenocárpcos y su interpretación según Vázquez (1997).....	14
<b>Cuadro 2.</b> Características del suelo (0-30 cm) de huertas con baja producción de frutos partenocárpcos y su interpretación según Vázquez (1997).....	15
<b>Cuadro 3.</b> Concentración nutrimental en huertas de mango ‘Ataulfo’ con alta y baja producción de frutos partenocárpcos y su interpretación según Agustí (2004).....	19
<b>Figura 1.</b> Dinámica de la concentración foliar de nitrógeno en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpcos.....	21
<b>Figura 2.</b> Dinámica de la concentración foliar de fósforo en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpcos.....	22

<b>Figura 3.</b> Dinámica de la concentración foliar de potasio en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	23
<b>Figura 4.</b> Dinámica de la concentración foliar de calcio en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	25
<b>Figura 5.</b> Dinámica de la concentración foliar de magnesio en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	26
<b>Figura 6.</b> Dinámica de la concentración foliar de manganeso en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	27
<b>Figura 7.</b> Dinámica de la concentración foliar de hierro en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	28
<b>Figura 8.</b> Dinámica de la concentración foliar de cobre en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	29
<b>Figura 9.</b> Dinámica de la concentración foliar de zinc en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	30
<b>Figura 10.</b> Dinámica de la concentración foliar de nitrógeno en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos.....	31

**Figura 11.** Concentración de macronutrientes en pulpa con epidermis y en la semilla del fruto normal en comparación con el fruto partenocárpico de mango ‘Aaulfo’ ..... 32

**Figura 12.** Concentración de micronutrientes en pulpa con epidermis y en la semilla del fruto con semilla en comparación con el fruto partenocárpico de mango ‘Aaulfo’ ..... 34

## **CAPÍTULO II. ASPERSIONES DE NITRÓGENO, CALCIO Y BORO, Y SU RELACIÓN CON FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN MANGO ‘ATAULFO’.**

**Cuadro 1.** Rendimiento y porcentaje de frutos partenocárpicos y frutos con semilla en árboles de mango ‘Aaulfo’ con aspersiones foliares de fuentes de nitrógeno, calcio y boro..... 49

**Cuadro 2.** Concentración nutrimental, sólidos solubles (°Brix) e índice de redondez en frutos de mango ‘Aaulfo’ por efecto de los tratamientos aplicados..... 51

**Cuadro 3.** Concentración nutrimental, sólidos solubles (°Brix) e índice de redondez en frutos de mango ‘Aaulfo’ con aspersiones foliares de fuentes de nitrógeno, calcio y boro..... 54

<b>Cuadro 4.</b> Concentración nutrimental en hojas de mango ‘Ataulfo’ en etapa de cosecha por efecto de los tratamientos aplicados.....	56
--	----

<b>Cuadro 5.</b> Concentración nutrimental en hojas de mango ‘Ataulfo’ en etapa de cosecha por efecto de los tratamientos aplicados y su interpretación según Agustí (2004).....	57
--	----

### **CAPÍTULO III. FERTILIZACIÓN CON BORO Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN MANGO ‘ATAULFO’.**

<b>Cuadro 1.</b> Concentración nutrimental en árboles de mango ‘Ataulfo’ en Nayarit México y su interpretación según Agustí (2004) antes del suministro de boro al suelo.....	71
---	----

<b>Cuadro 2.</b> Concentración nutrimental en mango ‘Ataulfo’ con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.....	72
---	----

<b>Cuadro 3.</b> Concentración de boro en hojas de árboles de mango ‘Ataulfo’ con aplicación de diferentes dosis de boro al suelo en Nayarit, México.....	73
---	----

<b>Cuadro 4.</b> Concentración nutrimental en hojas, inflorescencias y frutos de árboles de mango ‘Ataulfo’ en Nayarit, México tratados con boro al suelo.....	76
--	----

<b>Cuadro 5.</b> Porcentaje de frutos partenocárpicos y con semilla en árboles de mango ‘Aaulfo’ con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.....	78
<b>Figura 1.</b> Distribución de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en frutos partenocárpicos (FP), en la pulpa con epidermis (PE) y en la semilla (SE) de frutos con semilla, y en frutos con semilla completos (FNC).....	79
<b>Figura 2.</b> Distribución de calcio (Ca), magnesio (Mg) en frutos partenocárpicos (FP), en la pulpa con epidermis (PE) y en la semilla (SE) de frutos con semilla, y en frutos con semilla completos (FNC).....	80
<b>Figura 3.</b> Distribución de boro (B) en frutos partenocárpicos (FP), en la pulpa con epidermis (PE) y en la semilla (SE) de frutos con semilla, y en frutos con semilla completos (FNC).....	81

## RESUMEN GENERAL

México es el cuarto productor de mango (*Mangifera indica* L.) en el mundo. En años recientes el cultivar Ataulfo ha alcanzado gran importancia comercial por presentar mayor vida en anaquel, en comparación con la de otros cultivares. El mango 'Ataulfo' produce una cantidad importante de frutos partenocárpicos, lo que se ha vuelto un problema en el estado de Nayarit. El estado nutrimental de los árboles tiene influencia en la productividad y calidad de los frutos; es por ello que en esta investigación se plantearon los objetivos siguientes: a) conocer si el estado nutrimental del árbol está relacionado con la producción de frutos partenocárpicos y b) determinar si las fertilizaciones foliares con N, Ca y B, y la fertilización al suelo con B pueden disminuir la producción de frutos partenocárpicos. Con base en lo anterior, se compararon concentraciones nutrimentales en tejido foliar y frutos en árboles de huertas con alta (80 %) y baja (20 %) producción de frutos partenocárpicos. Además, se evaluaron las aplicaciones foliares siguientes: 1 % de solubor, 1 % de urea, 1 % de nitrato de calcio, 1 % de solubor + 1 % de urea y 1 % de solubor + 1 % de nitrato de calcio en una huerta que presentó alta producción de frutos partenocárpicos (60 %). También se seleccionó otra huerta con características idénticas, donde se hicieron aplicaciones de boro (solubor) al suelo a los tres meses después de la cosecha, en dosis de 25, 50 y 100 g de B por árbol, en una huerta de ocho años de edad en el municipio de Tepic, Nayarit. Los resultados fueron que el estado nutrimental de las huertas analizadas no está relacionado con la producción de frutos partenocárpicos, ya que se encontraron concentraciones nutrimentales similares, tanto en el árbol como en el suelo de las huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos. No se encontraron diferencias en las aspersiones

con respecto al testigo, en las variables de rendimiento y porcentaje de frutos partenocárpicos. Los tratamientos evaluados no incrementaron la concentración nutrimental, ni mejoraron la calidad del fruto. Con respecto a la fertilización al suelo con B, se encontró que la aplicación de solubor tuvo efecto positivo sobre la reducción de frutos partenocárpicos, con las dosis de 50 y 100 g de B.

### **GENERAL ABSTRACT**

Mexico is the fourth largest producer of mango (*Mangifera indica* L.) in the world. In recent years, the 'Ataulfo' cultivar has achieved great commercial importance because of its prolonged postharvest life, compared to other cultivars. The 'Ataulfo' mango produces a significant amount of parthenocarpic fruits, which has become a major concern in the state of Nayarit. Nutritional status of trees impacts fruit productivity and quality, so this research was performed with the following objectives: a) to determine if the nutritional status of the trees is related to the production of parthenocarpic fruits and b) to determine if leaf fertilization with N, Ca and B, and soil fertilization with B, may decrease the production of parthenocarpic fruits. Leaf and fruit tissue nutrient concentrations were compared in trees from orchards with high (80%) and low (20%) incidence of parthenocarpic fruits. In addition, the following leaf sprays were evaluated: 1 % solubor, 1 % urea, 1 % calcium nitrate, 1 % solubor + 1 % urea, 1 % solubor + 1 % calcium nitrate in trees from an orchard with high production of parthenocarpic fruits (60%). Another 8-year-old orchard of similar characteristics was selected in Tepic, Nayarit for soil applications of boron (solubor) three months after harvesting at 25, 50, and 100 g of B per tree. The nutritional status was not related to the production of

parthenocarpic fruits since similar concentrations were detected in both trees and soils in orchards with high and low incidence of parthenocarpic fruits. Foliar sprays were not significantly different in yield or percent of parthenocarpic fruits compared to control trees. The treatments under study did not increase nutrient concentration and did not improve fruit quality. As for soil B fertilization, solubor, at 50 and 100 g per tree, had a positive effect by reducing the incidence of parthenocarpic fruits.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El mango es la especie de mayor importancia de la familia de las Anacardiáceas, tanto por su distribución mundial, como por su importancia económica (Galán, 1999). Es uno de los frutales tropicales más importantes en el país, se cultiva en 184 mil hectáreas, con una producción aproximada de 1.5 millones de toneladas. México es el cuarto productor mundial, superado sólo por India, Tailandia y China; sin embargo, es el principal exportador (SIAP, 2009). México es un país excelente para el desarrollo del cultivo del mango, ya que cuenta con una gran variedad de regiones climáticas, se ha visto que el mango prospera en las regiones tropicales-húmedas cercanas al Golfo de México y el Pacífico (Wong-Urrea *et al.*, 1996). Sin embargo, también se adapta al clima subtropical propio de la zona costera (Guzmán-Estrada, 1996).

La producción comercial nacional de mango se basa principalmente en los cultivares Manila, Tommy Atkins, Haden, Kent, Keitt y Ataulfo (Crane *et al.*, 1997); cabe mencionar que el mango 'Ataulfo' es uno de los cultivares más recientes en el mercado de exportación, con buena aceptación entre latinos y asiáticos, además de que presenta una vida de anaquel excelente (Yahia *et al.*, 2006).

La gran demanda de mango 'Ataulfo', tanto en el mercado interno como en el de exportación, originó que este cultivar tuviera mejor precio que el resto de los cultivares; lo cual ha provocado que en Nayarit la superficie destinada a 'Ataulfo' crezca rápidamente e incluso plantaciones establecidas con otros cultivares fueron derribadas para reinjertar con 'Ataulfo'.

Sin embargo, uno de los problemas más importantes que ha presentado el mango ‘Ataulfo’, es la producción de una gran cantidad de frutos que quedan pequeños, algunos sin valor comercial; estos mangos son conocidos técnicamente como frutos partenocárpicos y por su tamaño los productores los llaman “niño”. Algunos de estos frutos caen y otros quedan adheridos al árbol hasta el momento de la cosecha. Actualmente, en Nayarit la producción de mango niño afecta a la mayoría de la superficie establecida con ‘Ataulfo’ en los municipios de San Blas, Compostela, Santiago Ixcuintla y Tepic.

Hasta el momento se desconocen las causas que provocan dicho fenómeno y la forma de reducirlo. Además de que existe poca información acerca de la partenocárpia mango; en algunas investigaciones se ha observado el aborto del embrión en estos frutos, lo que conduce a una disminución de su tamaño (Ledesma, 2007; Singh, 2005).

El mango es un cultivo exitoso cuando se desarrolla en regiones tropicales, pero en climas subtropicales la producción suele ser poco rentable debido a fallas en la polinización y fecundación del óvulo (Dag *et al.*, 2000). Temperaturas bajas durante la floración están implicadas en la reducción del número de flores hermafroditas (Sukhvibul *et al.*, 1999). El incremento en el aborto de embriones, la reducción en la viabilidad y germinación de los granos de polen y el crecimiento del tubo polínico en mango ‘Kensington Pride’, cultivado en Australia, indican que este cultivar es sensible a temperaturas nocturnas inferiores a 10 °C (Lakshminarayana y Aguilar, 1975; Issarakraisila *et al.*, 1992). Los problemas en la polinización y fecundación conducen al aborto de embriones y a la producción de frutos pequeños sin semilla (Beasley *et al.*,

1999), los cuales pueden caer en etapas tempranas del desarrollo o bien llegar hasta cosecha.

Con relación a aspectos nutrimentales, es conocido que el boro (B) es un elemento esencial para la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico (Lovatt y Dugger, 1984), lo que resulta de gran importancia para una adecuada fecundación y amarre de frutos. En aguacatero 'Hass' mediante aspersiones de B antes de floración se ha logrado incrementar el número de tubos polínicos que alcanzan al óvulo y aumentan su viabilidad (Jaganath y Lovatt, 1998). Estos autores señalan que las aspersiones de urea también incrementan la viabilidad de los óvulos. Al respecto, los suelos con poco contenido de materia orgánica son bajos en B disponible, sobre todo si hay precipitaciones pluviales moderadas (1000-1500 mm anuales) como en Nayarit o altas como en Chiapas (>2500 mm), agravándose si el suelo tiene texturas gruesas y bajas temperaturas (Lucas y Knezek, 1983). También se reporta que el calcio mejora la germinación de los granos de polen y el crecimiento del tubo polínico (Jones *et al.*, 1991).

## **OBJETIVOS GENERALES**

Por lo anterior, la presente investigación se realizó con el propósito de conocer si el estado nutrimental del árbol está relacionado con la producción de frutos partenocárpicos, así como determinar si las fertilizaciones foliares y al suelo de N, B y Ca pueden disminuir la producción de frutos partenocárpicos.

## LITERATURA CITADA

- Beasley D. R.; D. C. Joyce; P. J. Hofman. 1999. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in 'Kensington Pride' mango fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39: 345-349.
- Crane J. H.; S. E. Bally I.; R. V. Mosqueda; E. Tomer. 1997. Crop Production. pp. 203-256. *In: The Mango, Botany, Production and Uses*. Litz, R. E. (Ed.) CAB INTERNATIONAL. Florida, USA.
- Dag A.; S. Eisenstein; S. Gazit. 2000. Effect of temperature regimes on pollen and effective pollination of Kent mango in Israel. *Scientia Horticulturae* 86: 1-11.
- Galán S. V. 1999. *El Cultivo del Mango*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 298 p.
- Guzmán-Estrada C. 1996. Manejo Agrotécnico del cultivo de mango. pp. 74-85. *In: Memorias del II Seminario Nacional de Calidad de Mango*. EMEX, AC., Guadalajara, Jalisco, México.
- Issarakraisila M.; J. A. Considine; D. W. Turner. 1992. Seasonal effects on floral biology and fruit set of mangoes in a warm temperate region of Western Australia. *Acta Horticulturae* 321: 626-635.

Jaganath Y.; C. J. Lovatt. 1998. pp. 181-184. *In*: Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and urea in 'Hass' avocados in California. Proceedings of World Avocado Congress III.

Jones Jr. B. J., B. Wolf, H. A. Mills. 1991. Plant Analysis and Interpretation. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. 535 p.

Lakshminarayana S.; P. H. Aguilar. 1975. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden' mango. Proceeding of Florida State Horticultural Society 88: 502-505.

Ledesma M. A. 2007. Estudio morfológico y anatómico del aborto de óvulos y embriones en mango (*Mangifera indica* L.) 'Ataulfo' en el Estado de Nayarit. Tesis Profesional, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 71 p.

Lovatt C.J.; W. M. Dugger. 1984. Boron. pp. 389-421. *In*: E. Frieden (Ed.). Biochemistry of the essential ultratrace elements.

Lucas R.O.; B. D. Knezek. 1983. Condiciones climáticas y de suelo que promueven la deficiencia de micronutrientes en plantas. pp. 291-315. *En*: Micronutrientes en Agricultura. AGT Editor. México.

SIAP. 2009. 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\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350). Consultada el 30 de mayo del 2011.

Singh Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *Journal of Plant Nutrition* 28: 1723-1737.

Sukhvibul N.; A. W. Whiley; M. K. Smith; S. E. Hetherington; V. Vithange. 1999. Effect of temperature on inflorescence and floral development in four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 82: 67-84.

Wong-Urrea J. M.; S. Ontiveros-Nuño; R. J. Avena-Bustillos; L. Ponce de León; E. Bosquéz-Molina; L. A. Cruz-García; R. Báez-Sañudo. 1996. The mexican mango industry: quest for quality. *Acta Horticulturae* 455(1): 46-55.

Yahia E. M.; J. de J. Ornelas P.; R. Ariza F. 2006. *El Mango*. Editorial Trillas. México. 224 p.

## **CAPÍTULO I**

### **DINÁMICA NUTRIMENTAL Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN MANGO ‘ATAULFO’**

## 1.1. RESUMEN

La nutrición de los frutales guarda una estrecha relación con la productividad y la calidad de frutos; de tal modo que si es adecuada entonces los procesos bioquímicos esenciales para el desarrollo ocurrirán de manera normal. Con base en lo anterior y con el objetivo de conocer la dinámica nutrimental de huertas con alta (80 %) y baja (20%) producción de frutos partenocárpicas, comprobar si el estado nutrimental de la huerta está relacionado con la producción de este tipo de frutos y determinar si la producción de semilla está relacionada con la concentración nutrimental en el fruto; se realizó un estudio comparativo entre huertas basado en el análisis nutrimental de suelo, hojas, frutos con semilla y frutos partenocárpicas. Para ello se utilizaron cinco árboles en huertas con alta y cinco en huertas con baja producción de frutos partenocárpicas, en tres localidades de la zona productora de mango en el municipio de Tepic, Nayarit. Los muestreos de frutos normales y partenocárpicas se realizaron antes de la cosecha (madurez fisiológica). Los muestreos foliares se hicieron en varias etapas: después de cosecha, en brotación vegetativa, en floración, desarrollo de fruto y antes de la cosecha. En todos ellos se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B. El diseño experimental fue un completamente al azar con cinco repeticiones. Los dos tipos de huertas presentaron deficiencia de N; la dinámica nutrimental fue similar en dos tipos de huertas. La pulpa mas epidermis y la semilla de los frutos con semilla fueron los que presentaron la mayor concentración de nutrimentos, con excepción de la concentración de Mg, Mn y B, que fue mayor en los frutos partenocárpicas. El estado nutrimental del árbol parece no tener relación con la producción de frutos partenocárpicas.

**PALABRAS CLAVE:** *Mangifera indica* L., macronutrientes, micronutrientes, etapa fenológica

## 1.2. ABSTRACT

Fruit tree nutrition is closely related to productivity and quality of fruits so that if it is adequate the biochemical processes essential for plant development will occur in a normal fashion. Based on the previous statement and with the objectives of (1) determining the nutrient dynamics in mango orchards of high (80%) and low (20%) parthenocarpic fruit production, (2) to determine if orchard's nutritional status is related to the production of this type of fruits and (3) to determine if seed production is related to nutrient concentration in fruits, a comparative study among different orchards was performed based on nutrient analysis of soils, leaves, seeded fruits, and parthenocarpic fruits. Five trees per each, high and low parthenocarpic fruit production orchards were sampled from three localities of Tepic, Nayarit, Mexico. Sampling of normal and parthenocarpic fruits was performed prior harvest (physiological ripeness). Leaf samplings were performed in several stages: after harvest, vegetative sprouting, flowering, fruit development, and prior harvest, and N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B concentration was determined on each of them. The experimental design selected was a completely randomized with five replications. Both orchard types exhibited N deficiency and the nutritional dynamics was comparable among orchards. Pulp plus epidermis and seeds of seeded fruits exhibited higher nutrient concentration, except for Mg, Mn, and B, which were higher in parthenocarpic fruits. Nutritional status of trees appears not to be related with the production of parthenocarpic fruits.

**KEY WORDS:** macronutrients, *Mangifera indica* L., micronutrients, phenological phase

### 1.3. INTRODUCCIÓN

El estado nutricional de la planta es de suma importancia para que un cultivo complete su ciclo productivo, y en frutales no es la excepción, ya que éste permite que se tengan rendimientos óptimos y una calidad adecuada de la fruta cosechada. La producción de frutos partenocárpicos en mango es un problema que afecta la producción. El cultivar ‘Ataulfo’ produce frutos de calidad para exportación, pero tiene la desventaja de producir gran cantidad de frutos partenocárpicos cuyo tamaño es muy reducido. Se desconoce a que se debe este fenómeno, pero existen estudios en donde se ha observado que el aborto del embrión en frutos de mango conduce a la disminución en el tamaño de los mismos (Singh, 2005). También, se ha indicado que el mango suele ser poco rentable debido a fallas en la polinización y fecundación del óvulo, en climas subtropicales (Dag *et al.*, 2000). Además, temperaturas bajas durante la floración están implicadas en la reducción en el número de flores hermafroditas (Sukhvibul *et al.*, 1999) y se ha reportado que temperaturas nocturnas por debajo de 10 °C provocan aborto de embriones, reducción en la viabilidad y germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico en mango ‘Kensington Pride’, cultivado en Australia (Lakshminarayana y Aguilar, 1975; Issarakraisila *et al.*, 1992).

Con relación con aspectos nutricionales, el boro juega un papel importante para la producción de la semilla, que bajo deficiencia ya sea moderada o severa de este nutrimento, las plantas dejan de producir flores funcionales y puede dejar de producir semilla (Gupta, 2007). Asimismo, el boro es conocido como esencial para la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico (Marschner, 1995;

Jones *et al.*, 1991), lo que resulta de gran importancia para una adecuada fecundación y amarre de frutos; también es importante su papel dentro de la promoción del crecimiento del fruto, por su efecto sobre la división celular y procesos de expansión (Singh y Dhillon, 1987). Se han encontrado cultivares de mango que son sensibles a la baja concentración de boro, presentando intensa caída de frutos jóvenes, aborto de semilla y por ende baja producción (Rossetto *et al.*, 2000). En las especies frutales una deficiencia de nitrógeno puede inducir el aborto del polen; en condiciones de abasto adecuado de N se mejora la longevidad del óvulo (Díaz, 2002) lo que conlleva a mejorar el amarre de frutos. También se ha reportado que el calcio mejora la germinación de los granos de polen y el crecimiento del tubo polínico (Jones *et al.*, 1991).

Las investigaciones acerca del papel del estado nutrimental del árbol en la producción de frutos partenocárpicos en mango ‘Ataulfo’ son escasas, por lo que en este estudio se plantearon los objetivos siguientes:

- a) Conocer la dinámica nutrimental de huertas con baja y alta producción de frutos partenocárpicos.
- b) Comprobar si el estado nutrimental del árbol está relacionado con la producción de frutos partenocárpicos.
- c) Determinar si la producción de semilla está relacionada con la concentración nutrimental en el fruto.

#### 1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en tres localidades: Uncidero, Atonalisco y El Aguacate, pertenecientes al municipio de Tepic, Nayarit. En cada localidad se seleccionaron dos tipos de huertas de mango ‘Ataulfo’, una con baja producción de frutos partenocárpicos (aproximadamente 20 % del total de frutos por árbol) y otra con alta producción (80 % aproximadamente de estos frutos por árbol). Las huertas tuvieron una densidad de 156 árboles por hectárea (en marco real de 8 m), con árboles de 8 años de edad, injertados sobre mango criollo de la región. En las huertas se realizaron dos aplicaciones (al inicio y al final de la temporada de lluvias) de 3 kg por árbol de la fórmula de fertilización 17-17-17. Las características de los suelos de ambos tipos de huertos se presentan en los Cuadros 1 y 2.

De cada tipo de huerta se eligieron al azar cinco árboles, para realizarles un diagnóstico del estado nutrimental de los mismos en cinco etapas fenológicas representativas del ciclo productivo: 1) tres meses después de la cosecha (DDC), 2) brotación vegetativa (BVA), 3) floración (FLN), 4) amarre de frutos (fruto de 2 cm, DDF) y 5) previo a la cosecha (2 semanas antes, ADC). Los muestreos foliares, para cada etapa, fueron de 40 hojas por árbol, de la parte media de los brotes correspondientes (hojas sanas de 6 a 7 meses de edad), recolectadas de alrededor de toda la copa. En la última etapa evaluada (antes de cosecha) también se muestrearon 10 frutos partenocárpicos (niño) y 5 frutos normales (con semilla) por árbol para comparar la concentración nutrimental de frutos con semilla con la de frutos partenocárpicos, estos frutos se encontraban en madurez fisiológica. Los frutos con semilla se seccionaron en

pulpa (incluyendo la epidermis) y semilla, para analizarlos nutrimentalmente por separado.

**Cuadro 1. Características del suelo (0-30 cm) de huertas con alta producción de frutos partenocárpicos y su interpretación según Vázquez (1997).**

<b>Huertas con alta producción de frutos partenocárpicos (80%)</b>			
	<b>Uncidero</b>	<b>Atonalisco</b>	<b>El aguacate</b>
<b>pH</b>	6.06 (ácido)	5.74 (ácido)	4.44 (muy ácido)
<b>M.O (%)</b>	1.76 (med. pobre)	1.74 (med. pobre)	2.26 (med. rico)
<b>Ntotal (%)</b>	0.058 (med. pobre)	0.054 (med. pobre)	0.072 (med. Pobre)
<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	2.688 (bajo)	1.092 (bajo)	1.5 (bajo)
<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	394.91 (muy rico)	283.084 (rico)	372.232 (muy rico)
<b>Ca (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	1163.6 (mediano)	978.4 (pobre)	744 (pobre)
<b>Mg (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	416.996 (muy rico)	372.588 (muy rico)	213.012 (muy rico)
<b>Fe (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	23.34 (alto)	27.18 (muy alto)	10.38 (medio)
<b>Cu (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	0.124 (bajo)	0.088 (bajo)	0.072 (bajo)
<b>Zn (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	1.054 (bajo)	0.894 (muy bajo)	0.456 (muy bajo)

<b>Mn(mg kg<sup>-1</sup>)</b>	26.6 (medio)	48.02 (alto)	60.68 (muy alto)
-------------------------------	--------------	--------------	------------------

---

**Cuadro 2. Características del suelo (0-30 cm) de huertas con baja producción de frutos partenocárpicos y su interpretación según Vázquez (1997).**

<b>Huertas con baja producción de frutos partenocárpicos (20 %)</b>			
	<b>Uncidero</b>	<b>Atonalisco</b>	<b>El aguacate</b>
<b>pH</b>	4.32 (muy ácido)	5.06 ((muy ácido)	5.42 (muy ácido)
<b>M.O (%)</b>	2.64 (rico)	2.54 (rico)	2.36 (medio)
<b>Nt (%)</b>	0.078 (med. pobre)	0.078 (med. pobre)	0.07 (med. pobre)
<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	1.116 (bajo)	1.494 (bajo)	1.964 (bajo)
<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	183.77 (mediano)	239.292 (rico)	290.904 (rico)
<b>Ca (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	548.8 (pobre)	804.8 (pobre)	1008.8 (mediano)
<b>Mg (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	320.128 (muy rico)	274.012 (muy rico)	434.564 (muy rico)
<b>Fe (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	15.96 (medio)	13.78 (medio)	50.98 (muy alto)
<b>Cu (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	0.078 (bajo)	0.048 (bajo)	0 (muy bajo)
<b>Zn (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	0.642 (muy bajo)	0.246 (muy bajo)	2.786 (bajo)
<b>Mn(mg kg<sup>-1</sup>)</b>	29.48 (alto)	8.86 (bajo)	22.5 (medio)

---

Para la determinación de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B en tejido foliar, se pesaron 0.5 g de muestra seca, se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla diácida ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ , 4:1 v/v) y peróxido de hidrógeno. La determinación de N se realizó por el método microkjeldahl; el resto de los elementos se determinó en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP-AES de VARIAN<sup>TM</sup> modelo Liberty II; en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por un árbol.

Para analizar los resultados se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) utilizando el programa de computo SAS versión 9.0 (SAS Institute, 1999).

## 1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Comparación nutrimental foliar entre huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos**

La concentración de nitrógeno en hojas fue similar para las huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos, ya que ambas presentaron valores alrededor de 0.80 % (Cuadro 3); esta concentración corresponde a un nivel bajo o de insuficiencia, de acuerdo con Agustí (2004), quien señala que la concentración de suficiencia de N en hojas de mango es de 1.00 a 1.54 %. Vega y Molina (1999) señalan que una deficiencia de N produce gran cantidad de frutos enfermos, deformes, de poco peso y que no cumplen con normas mínimas de calidad de exportación. Lo anterior está relacionado con el aborto del polen, que puede ser provocado por la deficiencia de N, ya que con abasto adecuado de N se mejora la longevidad del óvulo (Díaz, 2002), lo que favorece el amarre de frutos. Sin embargo, no se puede decir que la deficiencia de N mostrada, haya provocado la producción de frutos partenocárpicos, ya que en ambos tipos de huertas existió la deficiencia. Por otra parte, se encontró que las huertas con baja producción de frutos partenocárpicos tenían mayor concentración en fósforo (0.10 %), potasio (0.56 %) y calcio (1.41 %); mientras que la concentración del magnesio (0.21%) fue menor (Cuadro 3). A pesar de estas diferencias estadísticas, la concentración de estos nutrimentos fue muy parecida en ambos tipos de huertas y fue de suficiencia según Agustí (2004).

Con respecto a la concentración de micronutrientos, la de manganeso se encontró en un nivel alto en ambos casos, ya que su intervalo de suficiencia es de 60 a 500 mg·kg<sup>-1</sup> (Agustí, 2004) (Cuadro 3). Este valor pudo deberse al efecto del suelo, ya que en la mayoría de las huertas se encontraron concentraciones altas y muy altas de Mn (Cuadro 3). De acuerdo con esto, Ponchner *et al.*, (1993) reportaron valores altos (250 mg kg<sup>-1</sup>) en las hojas de mango de los cvs. Irwin y Tommy Atkins; sin embargo, aunque es un elemento que puede interferir con la absorción de Mg, Ca, K y Zn, no fue el caso para este estudio, ya que estos nutrientes se encontraron dentro de su nivel de suficiencia. En el resto de los nutrientes analizados, se encontró que las concentraciones de Zn y Cu (aunque con diferencias significativas) y la de Fe y B (sin diferencias) fueron similares en ambos tipos de huertas (Cuadro 3); y estuvieron dentro del nivel de suficiencia (Agustí, 2004).

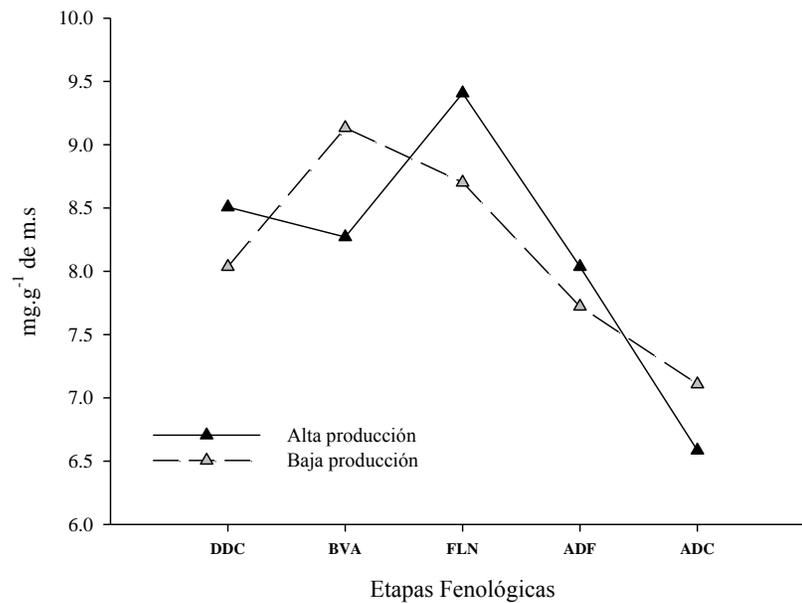
**Cuadro 3. Concentración nutrimental en huertas de mango ‘Ataulfo’ con alta y baja producción de frutos partenocárpicos y su interpretación según Agustí (2004).**

Elemento	Alta producción		Baja producción		DMS	C.V
	Concentración	Interpretación	Concentración	Interpretación		
N (%)	0.82 a†	Bajo	0.81 a	Bajo	0.367	13.93
P (%)	0.09 b	Suficiente	0.10 a	Suficiente	0.036	12.30
K (%)	0.52 b	Suficiente	0.56 a	Suficiente	0.161	9.23
Ca (%)	1.35 b	Suficiente	1.41 a	Suficiente	0.586	13.13
Mg (%)	0.21 a	Suficiente	0.17 b	Suficiente	0.091	14.87
Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )	849.3 b	Alto	1059.8 a	Alto	0.101	33.23
Fe (mg·kg <sup>-1</sup> )	73.03 a	Suficiente	75.66 a	Suficiente	0.006	26.16
Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	9.03 b	Suficiente	10.01 a	Suficiente	0.001	15.54
Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	23.86 a	Suficiente	19.26 b	Suficiente	0.002	33.59
B (mg·kg <sup>-1</sup> )	39.14 a	Suficiente	39.65 a	Suficiente	0.002	13.24

†Valores con la misma letra dentro de hileras son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## **Dinámica nutrimental entre huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos**

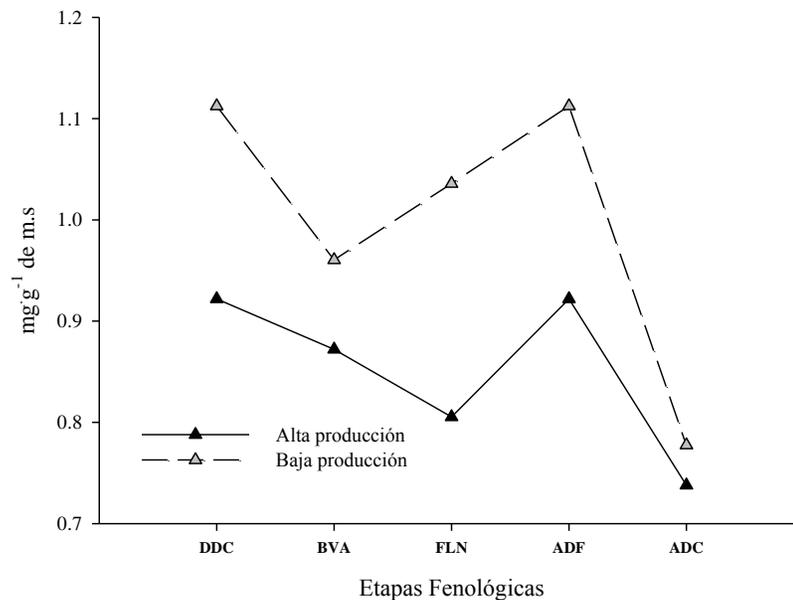
Con base en el análisis foliar en cada una de las etapas evaluadas, se observó que la concentración de N presentó un aumento en la brotación vegetativa con respecto a la primera etapa evaluada (tres meses después de la cosecha) en las huertas con baja producción de frutos partenocárpicos, con un valor cercano a  $9.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de m.s.; en las etapas posteriores la concentración fue disminuyendo hasta antes de la cosecha del fruto (Figura 1). Este aumento en la concentración en brotación vegetativa pudo deberse a la demanda de N por los nuevos brotes, ya que el N forma parte de ciertas hormonas como citocininas y auxinas, las cuales estimulan el crecimiento de hojas, frutos, tallos, etc. (Díaz, 2002); aunado a esto se ha reportado que el N fomentó el crecimiento vegetativo y el vigor de los árboles cuando se realiza fertilización con N (Ponchner *et al.*, 1993). Para las huertas con alta producción de frutos partenocárpicos, la mayor concentración de N se presentó en la etapa de floración, con  $9.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , para después disminuir en la última etapa (antes de cosecha) (Figura 1); durante el amarre del fruto la concentración de N tendió a disminuir en los dos tipos de huertas. Se ha señalado que en las épocas de floración y fructificación los requerimientos de N son altos, debido a que es retranslocado de las hojas hacia las flores y frutos en formación (Ponchner *et al.*, 1993).



**Figura 1. Dinámica de la concentración foliar de nitrógeno en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpico. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

La concentración del fósforo (P), en las etapas evaluadas, resultó mayor para las huertas con baja producción de frutos partenocárpico; en estas huertas el P mostró una disminución en brotación vegetativa ( $0.9 \text{ mg g}^{-1}$  de m.s.) y antes de cosecha ( $0.7 \text{ mg g}^{-1}$ ); mientras que para el caso de las huertas con alta producción, la disminución se encontró hasta la floración ( $0.8 \text{ mg g}^{-1}$ ), para después presentar un aumento de concentración durante el amarre de frutos con un valor de  $0.9 \text{ mg g}^{-1}$  y finalmente descender antes de cosecha con una concentración de  $0.7 \text{ mg g}^{-1}$  (Figura 2). Al respecto, Guzmán *et al.* (1996a) encontraron en el cultivar ‘Manila’, que la mayor concentración de P se presentó en etapa vegetativa y de fructificación; mientras que en floración disminuyó.

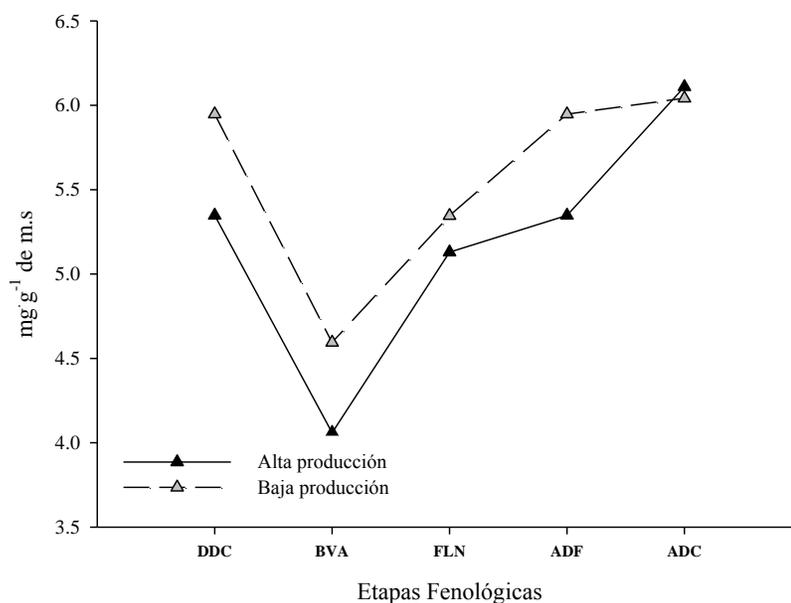
Esto puede deberse a que el P se absorbe con mayor rapidez durante la floración y después de la maduración del fruto (Agustí, 2004), ya que este elemento estimula la floración y longitud de la panícula (Guzmán, 2006). Asimismo, se ha mencionado que la relación del P con el N, esta enfocada en la producción de yemas florales y el rendimiento (Ponchner *et al.*, 1993), y por ser un elemento involucrado en varias reacciones de transferencia de energía (Jones *et al.*, 1991), es utilizado en la producción en brotes, flores y frutos.



**Figura 2. Dinámica de la concentración foliar de fósforo en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpico. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

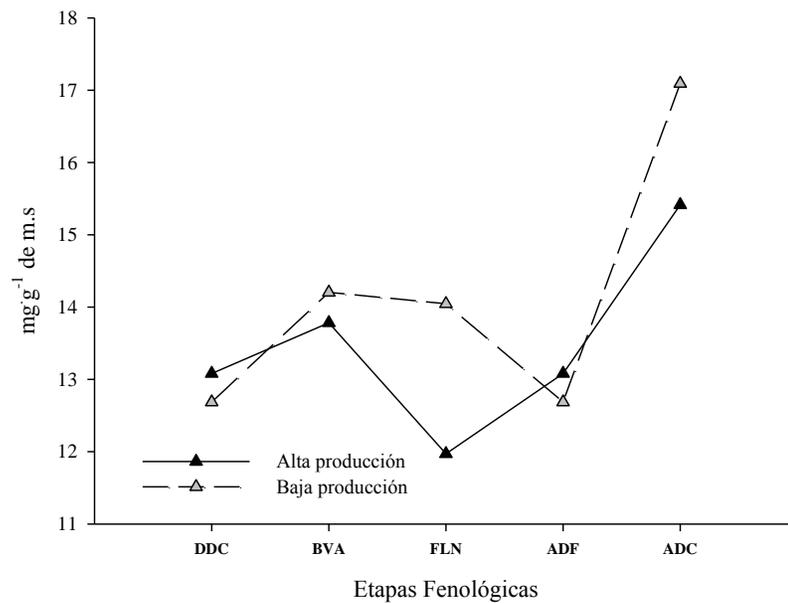
El potasio (K) presentó una dinámica similar, tanto para huertas con baja producción de frutos partenocárpico como para los de alta; ambos presentaron una disminución de

la concentración de K en brotación vegetativa; con  $4.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de m.s. para las huertas con alta producción, y  $4.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  para los de baja. La mayor concentración se presentó antes de cosecha, donde se obtuvieron valores similares para ambos tipos de huertas, cercanos a  $6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  (Figura 3); de tal forma que durante la floración y desarrollo del fruto, la absorción de K se fue incrementando hasta el final del desarrollo del fruto. Faust (1989) menciona que la demanda del fruto por K es alta, ya que éste es necesario para el desarrollo del mismo. En este sentido, Marschner (1995) señala que el K y los azúcares reductores pueden actuar de manera complementaria para producir el potencial osmótico necesario para la expansión de células. Sin embargo, éste no fue un factor considerable para que hubiera mayor o menor producción de frutos partenocárpicos.



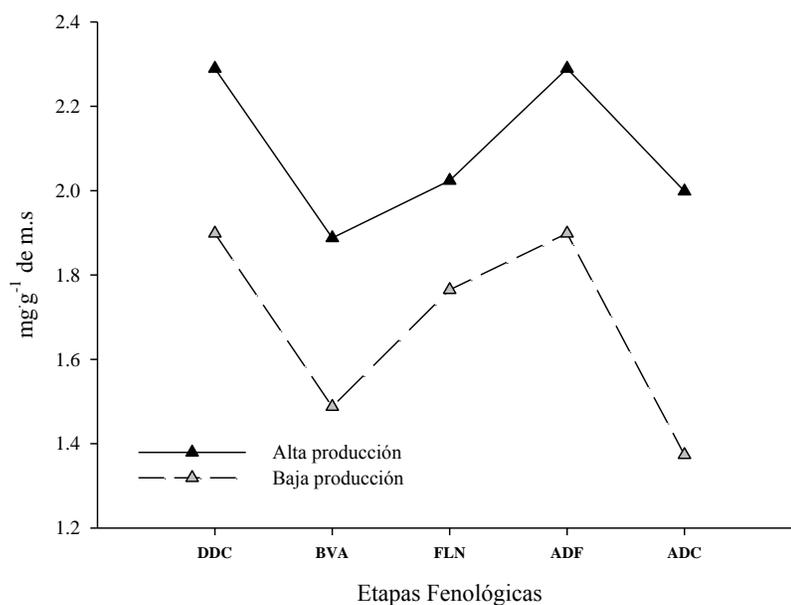
**Figura 3. Dinámica de la concentración foliar de potasio en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

En la Figura 4 se observa que la concentración foliar de Ca tendió a aumentar después de la cosecha, durante brotación vegetativa, floración y amarre de frutos disminuyó en las huertas con baja producción de frutos partenocárpico; y durante la floración en los de alta producción de estos frutos; para posteriormente presentar un incremento considerable en la concentración y alcanzar su máximo valor antes de la cosecha. Se ha mencionado que el Ca es esencial como activador de enzimas en la germinación del grano de polen y en el desarrollo del tubo polínico (Ponchner *et al.*, 1993), además es importante para la síntesis de proteínas y movimiento de carbohidratos (Jones *et al.*, 1991). El incremento de Ca en las hojas, durante el amarre de frutos, es debido a que el transporte de este elemento depende de la transpiración del órgano, y las hojas son las estructuras con mayor tasa transpiratoria. Por otra parte, el Ca es considerado de muy baja movilidad en el floema, por lo que no es abastecido en grandes cantidades a las demandas y se acumula en las hojas; de tal forma que la mayoría del Ca demandado por los puntos en crecimiento, tales como ápices de brotes, hojas jóvenes o frutos tiene que ser cubierto por el transporte vía xilema (Marschner, 1995). Sin embargo, no se puede considerar que el Ca haya tenido un efecto sobre la producción de frutos partenocárpico, ya que ambos tipos de huertas presentaron concentraciones similares.



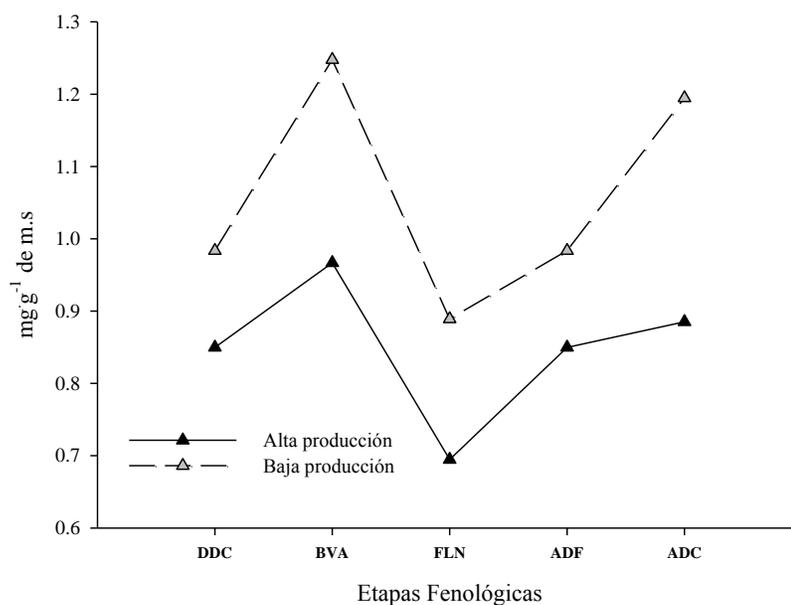
**Figura 4. Dinámica de la concentración foliar concentración de calcio en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpico. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

La concentración de magnesio (Mg) presentó una dinámica similar para ambos tipos de huertas (Figura 5); aunque con mayor concentración en las huertas con alta producción de frutos partenocárpico. Ambos tipos de huertas presentaron la mayor concentración de Mg después de la cosecha, durante la brotación vegetativa disminuyó, posteriormente aumentó durante la floración hasta el inicio del desarrollo; durante la fase de crecimiento del fruto la concentración se redujo considerablemente (Figura 5). Estos resultados indican que la brotación vegetativa y el desarrollo del fruto son demandas muy fuertes de Mg, por lo que es retranslocado de las hojas hacia esos puntos demandantes.



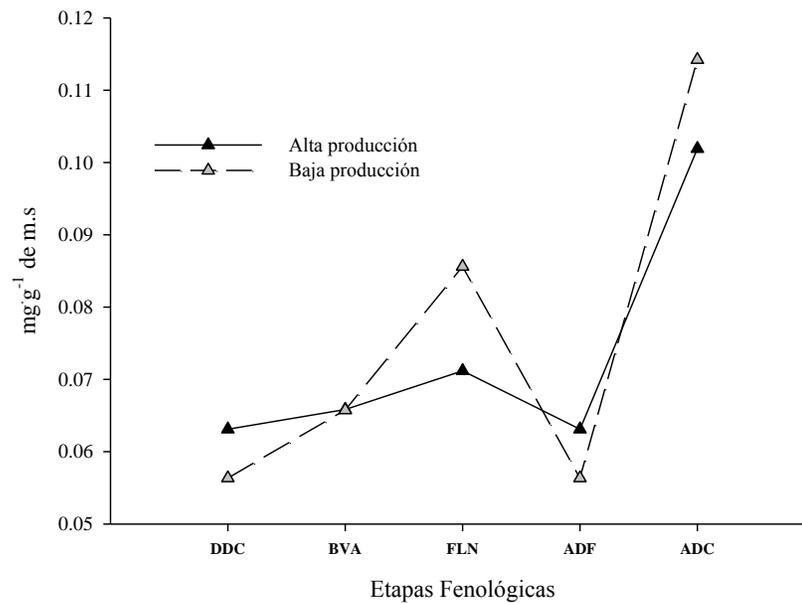
**Figura 5. Dinámica de la concentración foliar de magnesio en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicas. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

La concentración de manganeso en las huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicas, presentó una dinámica similar (Figura 6). La concentración de Mn después de la cosecha se incrementó, durante la floración disminuyó considerablemente, etapa en la que se presentó la concentración más baja, después durante el amarre y desarrollo de frutos la concentración se incrementó. Una posible explicación de esto es que el Mn es translocado a los tejidos del meristemo y los órganos jóvenes de las plantas (Guzmán *et al.*, 1996a).



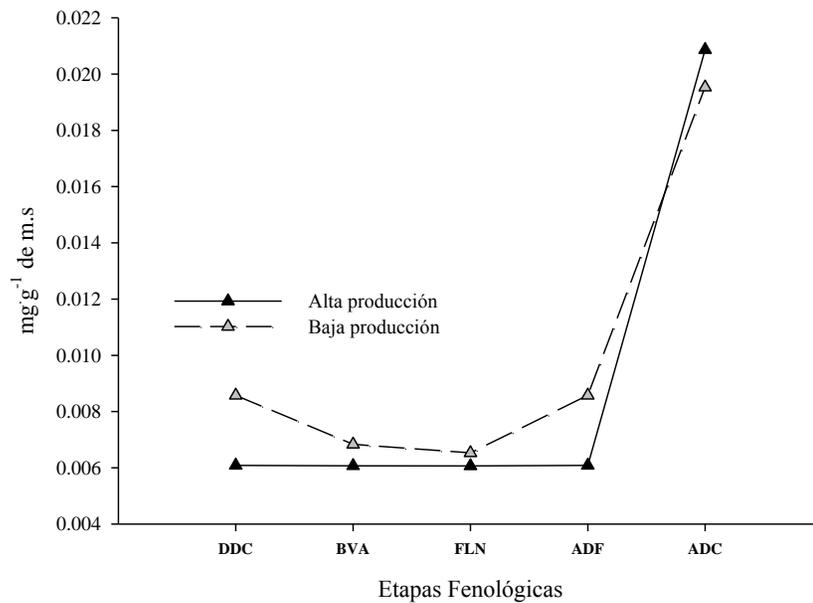
**Figura 6. Dinámica de la concentración foliar de manganeso en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpico. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

Con respecto a la concentración de hierro (Fe) en las hojas, se observó una tendencia en forma ascendente durante los muestreos realizados (Figura 7), en ambos tipos de huertas. Sin embargo, fue más marcada esta tendencia para las huertas de baja producción de frutos partenocárpico, ya que en éstas huertas se obtuvieron valores de 0.05 a 0.1 mg g<sup>-1</sup> de m.s.; mientras que para los de alta producción fue de 0.06 a 0.1 mg g<sup>-1</sup> (Figura 7).



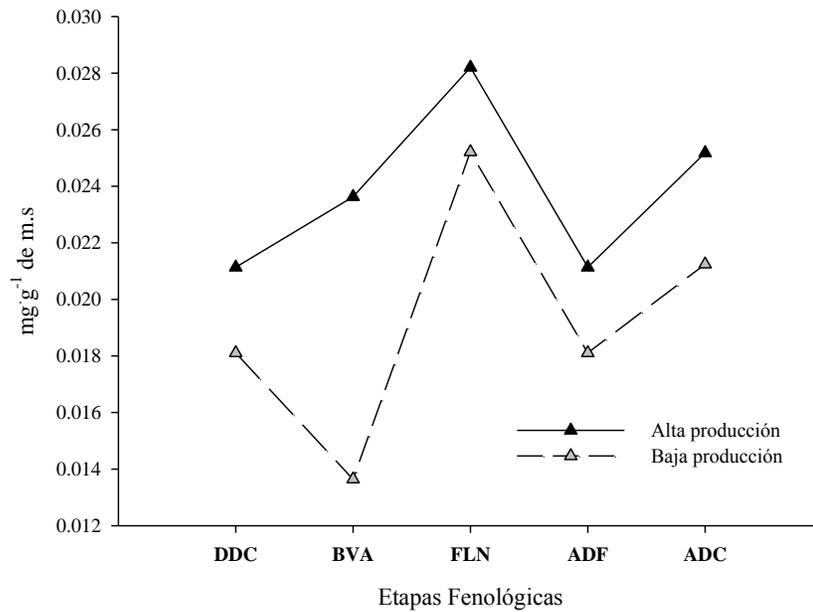
**Figura 7. Dinámica de la concentración de hierro en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

En el caso de la concentración de cobre (Cu), se observó una tendencia muy similar en ambos tipos de huertas. La concentración se mantuvo constante desde la etapa inicial evaluada (después de cosecha) hasta amarre de frutos, para después durante el desarrollo del fruto incrementarse, por lo que el valor máximo se observó antes de cosecha, con valores cercanos a 0.02 mg·g<sup>-1</sup> de m.s. (Figura 8).



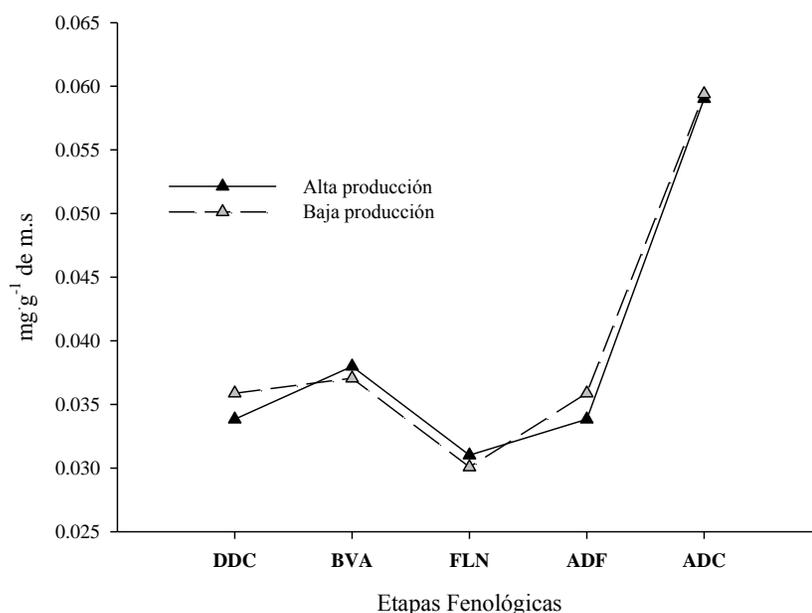
**Figura 8. Dinámica de la concentración foliar de cobre en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

En la Figura 9 se observa que la concentración de zinc (Zn) fue mayor en las huertas con alta producción de frutos partenocárpicos, en estas huertas la mayor concentración de Zn se presentó en la floración, disminuyó en el inicio del desarrollo del fruto, posteriormente, la concentración aumentó. En las huertas con baja producción de frutos partenocárpicos, se observó una disminución de la concentración en la brotación vegetativa y después de la floración en el desarrollo del fruto.



**Figura 9. Dinámica de la concentración foliar de zinc en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicas. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

La concentración de boro (B) fue similar en ambos tipos de huertas; las concentraciones después de la cosecha y hasta el inicio del desarrollo del fruto, de esta etapa en adelante se fue incrementando considerablemente la concentración, de tal forma que la mayor concentración de B (0.05 mg·g<sup>-1</sup> de m.s.) se presentó en la etapa final de evaluación (antes de cosecha) (Figura 10).

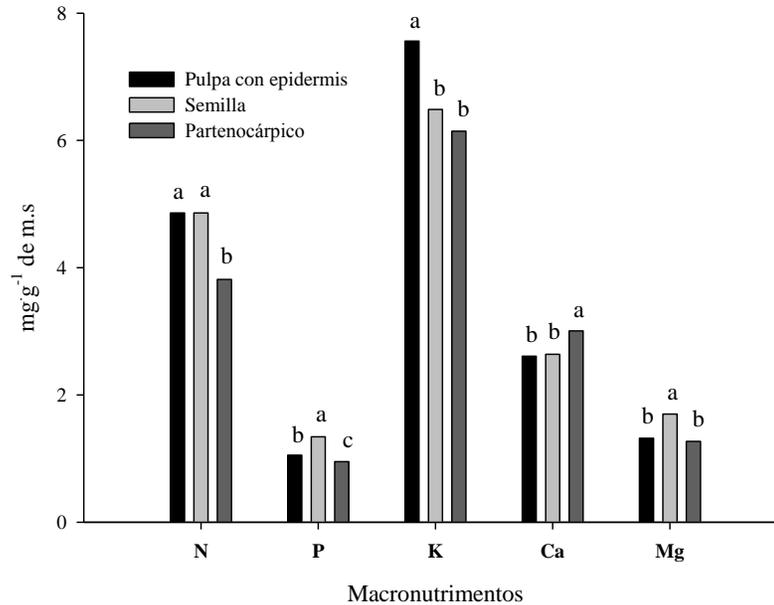


**Figura 10. Dinámica de la concentración foliar de boro en mango ‘Ataulfo’ de huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpico. DDC=después de cosecha. BVA=brotación vegetativa. FLN=floración. ADF=amarre de frutos. ADC=antes de cosecha.**

### **Concentración nutrimental en frutos con semilla y frutos partenocárpico**

Con respecto a la concentración de macronutrientes en frutos, se encontró que el nutriente más abundante fue el K y fue mayor en la pulpa con epidermis ( $7.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de m.s.) de los frutos con semilla; mientras que el fruto partenocárpico presentó un valor similar al de la semilla (cerca a  $6.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ). El N fue segundo, donde la semilla y la pulpa con epidermis ( $4.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de m.s.) del fruto con semilla mostraron mayor concentración que el fruto partenocárpico ( $3.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ). La concentración de Ca fue mayor en los frutos partenocárpico ( $3.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) que en las dos partes de los frutos

normales. La mayor concentración de P y Mg se encontró en la semilla (1.3 y 1.6 mg·g<sup>-1</sup>, respectivamente), seguido de la pulpa con la cáscara (Figura 11).



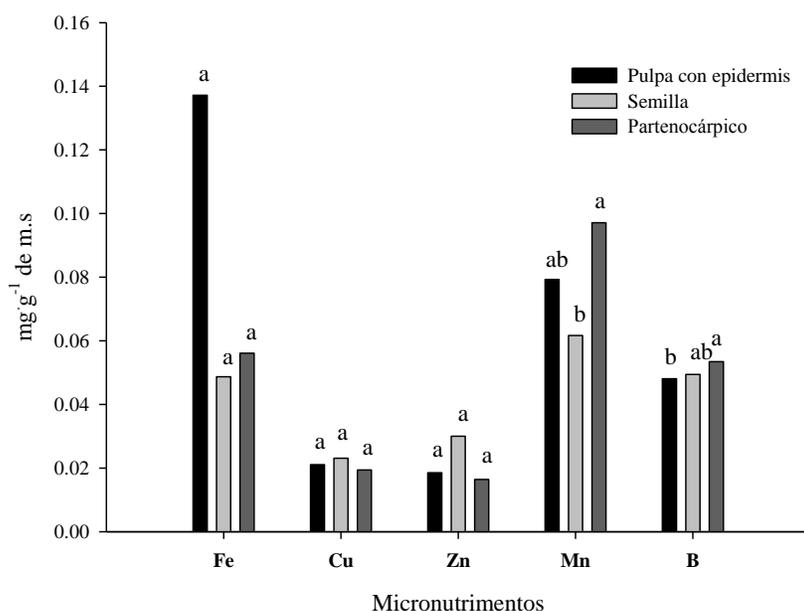
**Figura 11. Concentración de macronutrientos en pulpa con epidermis y en la semilla del fruto con semilla en comparación con el fruto partenocárpico de mango ‘Ataulfo’.** Valores con la misma letra dentro de cada elemento son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

La concentración de micronutrientos en frutos mostró que el Fe y Mn presentaron la mayor concentración. Para el caso de Fe la mayor concentración se encontró en la pulpa con epidermis (0.1 mg·g<sup>-1</sup>); mientras que para manganeso la mayor concentración fue en el fruto partenocárpico (0.09 mg·g<sup>-1</sup>); mientras que los valores en la semilla y la pulpa con epidermis (0.06 y 0.07 mg·g<sup>-1</sup>, respectivamente) fueron muy cercanos. La mayor concentración de B se presentó en el fruto partenocárpico (0.05 mg·g<sup>-1</sup>). El resto de los

micronutrientes no presentaron diferencias significativas entre los órganos del fruto con semilla y el fruto partenocárpico (Figura 12).

La distribución nutrimental en el fruto puede variar de acuerdo con el cultivar, ya que en mango 'Manila' Guzmán *et al.* (1996b) encontraron que la epidermis del fruto es el tejido más rico en Mg, Fe y Mn; la pulpa en K; el endocarpio 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 se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de N, K y Mg en la epidermis y 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 de los frutos partenocárpicos, la ausencia de embrión, hace que la demanda por los elementos disminuya considerablemente, y por lo tanto haya menor concentración. La producción 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). La semilla es la estructura de la planta con mayor fuerza de demanda con respecto a las partes del fruto fresco, ápices de brotes, hojas, raíces y tejido de almacenamiento del tallo (Wolstenholme, 1990). 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, lo que ejerce una fuerte demanda nutrimental (Díaz, 2002).



**Figura 12. Concentración de micronutrientos en pulpa con epidermis y en semilla del fruto con semilla en comparación con el fruto partenocárpico de mango ‘Ataulfo’.** Valores con la misma letra dentro de cada elemento son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## 1.6. CONCLUSIONES

No se observaron diferencias importantes en la dinámica nutrimental entre huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos. Los resultados indicaron que los dos tipos de huertas presentaron deficiencia de N; por lo tanto, el estado nutrimental del árbol no parece estar relacionado con la producción de frutos partenocárpicos. Los frutos con semilla presentaron mayor concentración nutrimental en la pulpa con la epidermis y en la semilla, la semilla fue la que concentró mayor concentración en N, P, Mg, Cu y Zn.

## 1.7. LITERATURA CITADA

Agustí M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 493 p.

Alcántar G. G.; M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. México. 156 p.

Dag A.; S. Eisenstein; S. Gazit. 2000. Effect of temperature regimes on pollen and effective pollination of Kent mango in Israel. Scientia. Horticulturae. 86: 1-11.

Díaz M. D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor, S.A. D.F. México. 390 p.

Faust M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons. New York, U.S.A. 337 p.

Gupta U. C. 2007. Boron. pp. 241-277. *In*: Handbook of Plant Nutrition. Barker, A. V.; Pilbeam, D. J. (Eds.). Taylor & Francis Group, LLC. U.S.A..

Guzmán E. C. 2006. Nutrición del mango. pp. 121-148. *In*: El Cultivo del Mango: Principios y Tecnología de Producción. Vázquez, V. V.; Pérez, B. M. H. (Eds.). INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico No. 1. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

Guzmán E. C.; B. S. Alcalde; V. R. Mosqueda. 1996a. Macro and micronutrients foliar content variation in mango cv. Manila. *Acta Horticulturae* 455 (1): 471-477.

Guzmán E. C.; B. S. Alcalde; V. R. Mosqueda; J. A. Martínez. 1996b. Contenido y extracción de algunos nutrimentos por el fruto de mango cv. Manila. *Agronomía Tropical* 46 (4): 431-446.

Issarakraisila M.; J. A. Considine; D. W. Turner. 1992. Seasonal effects on floral biology and fruit set of mangoes in a warm temperate region of Western Australia. *Acta Horticulturae* 321: 626-635.

Jones Jr. B. J.; B. Wolf; H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis and Interpretation*. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. 535 p.

Lakshminarayana S.; P. H. Aguilar. 1975. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden' mango. *Proceeding of Florida State Horticultural Society* 88: 502-505.

Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 p.

Ponchner S; R Rojas; E Bornemisza. 1993. Variación estacional de nutrimentos en árboles de mango (*Mangifera indica* L.), en tres suelos del Pacífico Seco de Costa Rica. I. Macronutrientes. *Agronomía Costarricense* 17 (2): 21-30.

Rossetto C. J.; P. R. Furlani; N. Bortoletto; J. A. Quaggio; T. Igue. 2000. Differential response of mango varieties to boron. *Acta Horticulturae* 509: 259-264.

Singh Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *Journal of Plant Nutrition* 28: 1723-1737.

Singh Z.; B. S. Dhillon. 1987. Effect of Foliar of Boron on Vegetative and Panicle Growth, Sex Expression, Fruit Retention and Physicochemical Characters of Fruits of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dusehri. *Tropical Agriculture* 63: 305-308.

Sukhvibul N.; A. W. Whiley; M. K. Smith, S. E. Hetherington; V. Vithange. 1999. Effect of temperature on inflorescence and floral development in four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 82: 67-84.

Vázquez A. A. 1997. Guía para Interpretar el Análisis Químico del Agua y Suelo. Segunda Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 31 p.

Vega V. E.; E. Molina. 1999. Fertilización Nitrogenada en el cultivo de Mango Var. Tommy Atkins, en Guanaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23 (1): 37-44

Wolstenholme B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae* 275: 451-459.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPERSIONES DE NITRÓGENO, CALCIO Y BORO, Y SU RELACIÓN CON FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN MANGO ‘ATAULFO’**

## 2.1. RESUMEN

La producción de frutos partenocárpicos en cantidades que causa pérdidas considerables en la productividad de mango ‘Ataulfo’ se ha vuelto un problema en el estado de Nayarit. Para determinar si el N, Ca y B aplicados al follaje pueden mejorar el rendimiento, disminuir la producción de frutos partenocárpicos, corregir y/o modificar el estado nutrimental del árbol y la calidad del fruto, se aplicaron los tratamientos siguientes: 1 % de solubor; 1 % de urea; 1 % nitrato de calcio; 1 % de solubor + 1 % de urea, y 1 % de solubor + 1 % de nitrato de calcio; así como un testigo sin aplicación de fertilizantes. Lo anterior se hizo en una huerta que presentó una alta producción de frutos partenocárpicos (60%) en el ciclo anterior. Con base en los resultados, no se encontraron diferencias estadísticas al evaluar las variables de rendimiento y porcentaje de producción de frutos partenocárpicos por árbol; sin embargo, se observó una menor producción de estos frutos al aplicar 1 % de solubor. En general, los tratamientos evaluados no mejoraron la concentración nutrimental ni la calidad del fruto. Por otra parte, al comparar los frutos con semilla contra los frutos partenocárpicos se encontró mayor concentración nutrimental en los frutos con semilla, debido a la fuerte demanda nutrimental que ejerce ésta. Así mismo, estos frutos presentaron mayor peso fresco; a diferencia del índice de redondez que fue ligeramente mayor para los frutos partenocárpicos; mientras que ambos frutos presentaron valores similares en el contenido de sólidos solubles totales (SST). Por otro lado, el estado nutrimental del árbol no representó cambios considerables por efecto de los tratamientos aplicados. Se observó que los valores de N estuvieron abajo del nivel de suficiencia.

**PALABRAS CLAVE:** *Mangifera indica* L., mango Ataulfo, frutos partenocárpicos, boro, urea, calcio

## **2.2. ABSTRACT**

Production of parthenocarpic fruits at levels that causes considerable loss of productivity of mango 'Ataulfo' has become a major concern in the state of Nayarit, Mexico. In order to determine if N, Ca, and B foliar sprays may improve yield, reduce the production of parthenocarpic fruits and ameliorate or modify the nutritional status of trees and fruit quality, an experiment with the following treatments was initiated: 1% solubor, 1% urea, 1% calcium nitrate, 1% solubor + 1% urea, 1% solubor + 1% calcium nitrate, as well as a control treatment with no sprays of fertilizers. The treatments were sprayed to trees in an orchard with high incidence of parthenocarpic fruits (60%) in the previous season. According to our results, there was not statistical significance in yield or percent of parthenocarpic fruits per tree; however, a lower production of this type of fruits was observed when 1% solubor was sprayed. In general, treatments did not improve nutrient concentration or fruit quality. On the other hand, seeded fruits resulted with higher nutrient concentration than parthenocarpic fruits, probably due to a stronger nutrient demand by seeds. Seeded fruits exhibited higher fresh weight but roundness index was slightly higher in parthenocarpic fruits, whereas both types of fruits showed similar content of total soluble solids (TSS). The nutritional status of trees did not show considerable changes due to the treatment effect. Nitrogen concentration was below sufficiency levels.

**KEY WORDS:** *Mangifera indica* L., mango Ataulfo, parthenocarpic fruits, boron, urea, calcium.

### 2.3. INTRODUCCIÓN

El mango ‘Ataulfo’ ha tenido una gran aceptación principalmente en los mercados latinos y asiáticos. Una característica importante, es que presenta mayor vida en anaquel que la de los cultivares Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt (Vázquez *et al.*, 2006). Sin embargo, este cultivar ha exhibido un grave problema en su producción, que es la producción de una gran cantidad de frutos pequeños sin semilla (partenocárpicos) y que por su tamaño los productores los llaman “niño”; su producción es variable, pero se ha llegado a encontrar hasta en 80% del total de la producción en huertas (Pérez *et al.*, 2007a). Las posibles causas de la producción de estos frutos son desconocidas; pero se tienen indicios de que el aborto del embrión en el fruto de algunos cultivares de mango, provoca reducción en el tamaño de los frutos (Singh, 2005); esto debido a fallas que se presentan en la polinización y fecundación, lo que induce frutos pequeños y sin semilla (Beasley *et al.*, 1999).

Con relación a aspectos nutrimentales se ha reportado que el boro, el nitrógeno (urea) y el calcio participan e inducen la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico, lo que resulta de gran importancia para una adecuada fecundación y amarre de frutos (Lovatt y Dugger, 1984; Jutamanee *et al.* 1998; Lovatt, 1999). Por otra parte, la fertilización foliar se ha vuelto de gran utilidad dentro de la nutrición de los cultivos, ya que permite que haya una incorporación inmediata de los elementos esenciales, que es necesaria para corregir deficiencias y requerimientos nutrimentales en la planta, algo que a veces no se logra cubrir con la fertilización al suelo (Trinidad y Aguilar, 1999). Diferentes estudios de fertilización foliar con boro y urea

principalmente, han mostrado una respuesta positiva sobre la polinización y el rendimiento en frutales. En aguacatero ‘Hass’, mediante aspersiones foliares de B y urea antes de la floración, se ha logrado incrementar el número de tubos polínicos (que alcanzan al óvulo) y la viabilidad del óvulo (Jaganath y Lovatt, 1998). En árboles de naranjo asperjados con urea baja en biuret ( $0.16 \text{ kg N árbol}^{-1}$ ), en etapa de prefloración, se favoreció la floración, se aumentó el rendimiento y se incrementó el tamaño del fruto (Lovatt, 1999). También, el calcio es otro elemento de importancia dentro del cultivo de frutales, no solo por la firmeza que le da a la estructura de los mismos, sino por su participación en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico (Jones *et al.*, 1991).

Por lo anterior, este estudio se planteó con los objetivos de: a) determinar si las aspersiones foliares de N, Ca y B pueden mejorar el rendimiento y disminuir la producción de frutos partenocárpico; b) evaluar si el N, Ca y B aplicados al follaje mejoran y/o modifican el estado nutricional del árbol y la calidad del fruto.

## **2.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en una huerta de mango ‘Ataulfo’ ubicada en la localidad de Atonalisco municipio de Tepic, Nayarit; la cual se localiza entre las coordenadas geográficas  $21^{\circ} 37'$  de latitud norte y  $104^{\circ} 48'$  de longitud oeste a una altitud de 286 m (García, 1973). La huerta presentaba una densidad de 156 árboles por hectárea (8 x 8 m, entre hilera y árbol); con árboles de 8 años de edad, injertados sobre mango criollo de la región. Se estimó 60% aproximado de mangos “niño” en los árboles, considerándose

alta producción de estos frutos. En esta huerta, el productor realizó dos fertilizaciones al suelo de la fórmula química 17-17-17 (al inicio y final de la temporada de lluvias) con dosis de 2 kg por árbol en cada aplicación.

El experimento consistió en la aplicación de nitrógeno (N), calcio (Ca) y boro (B) al follaje, para esto se utilizaron las siguientes fuentes comerciales: CaN Ducor (nitrato de calcio 12 % N, 23 % Ca), urea New Green (urea libre en biuret 46 % N) y solubor (boro 20.5 % B). Los tratamientos (T) se establecieron con el 1 % de los productos comerciales ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ) y quedaron de la siguiente manera: T1= 1 % de solubor (2.05 g de B), T2= 1 % de urea New Green (4.6 g de N), y T3=1 % de nitrato de calcio (1.2 g de N y 2.3 g de Ca). Asimismo, se hicieron aplicaciones con la combinación de tratamientos fertilizantes: T4= 1 % de solubor+ 1 % de urea New Green y T5= 1 % de solubor + 1 % de nitrato de calcio, en ambos tratamientos se aplicó primero el Solubor y 15 días después se realizó la aplicación de urea y nitrato de calcio. Todos los tratamientos se aplicaron con un adherente surfactante (Surfacid) en la dosis de  $1 \text{ mL L}^{-1}$  de agua. Se seleccionaron al azar 5 árboles para cada tratamiento, con un total de 30 árboles, incluyendo un testigo (sin aspersión).

Las aspersiones foliares se hicieron por la mañana (8 a 10 h), con bomba motorizada de mochila con capacidad de 25 L hasta que los árboles estuvieron a punto de goteo, las aplicaciones se realizaron en dos etapas: a) en plena floración que fue realizada el 02 de febrero del 2008 y a los 15 días el complemento de los tratamientos combinados; b) en amarre de frutos (2 cm tamaño del fruto) aplicada el 16 de marzo del 2008; asimismo a los 15 días se hizo el complemento de los tratamientos combinados. El diseño

experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones, donde la unidad experimental fue un árbol.

Antes de la cosecha (dos semanas aproximadamente), el 18 de mayo del 2008, cuando el fruto estaba en madurez fisiológica; se hicieron muestreos de hojas, frutos partenocárpicos y frutos con semilla. Para los muestreos de hojas se recolectaron, alrededor de toda la copa, 40 hojas sanas por árbol de la parte media de brotes vegetativos maduros. Para el muestreo de frutos se recolectaron 8 frutos partenocárpicos y 4 frutos con semilla por árbol, los cuales se seleccionaron de los cuatro puntos cardinales del árbol. Se contó el número de frutos partenocárpicos y frutos con semilla por árbol tratado y se estimó el rendimiento, con base a los kg de fruta cosechada por árbol. En el laboratorio, para cada fruto muestreado, se registró el peso fresco del fruto; donde se utilizó una balanza analítica, marca Scout Pro 400 g x 0,1 g Oahus-SP 401. Se calculó el índice de redondez, el cual se estimó al dividir la longitud ecuatorial del fruto (cm) entre la longitud polar del fruto (cm), cada longitud fue medida con un calibrador-vernier digital marca General Tools, No. 143. El contenido de sólidos solubles totales se determinó utilizando un refractómetro digital portátil, Marca Atago Modelo PAL-1, Serie No. A231990.

Las muestras de cada órgano se introdujeron en bolsas de plástico transparentes y se transportaron al laboratorio en una hielera portátil. En el laboratorio se lavaron las muestras, primero con agua de la llave y después con agua destilada dos veces, para posteriormente secarlas en un horno con aire forzado a 70 °C durante tres días aproximadamente; una vez secas las muestras se registró su peso seco; posteriormente se

molieron en un molino de acero inoxidable (Thomas Wiley Mill Modelo Ed-5), con tamiz de 20 mallas.

Se hizo la determinación de N, P, K, Ca, Mg y B. Para lo cual se usaron 0.5 g de muestra seca, se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla diácida ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ , 4:1) y peróxido de hidrógeno al 30%. La determinación de N se realizó por el método microkjeldahl, la concentración de los elementos restantes se determinó en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES) de Varian, en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

Para analizar los resultados se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) utilizando el programa de computo SAS versión 9.0 (SAS Institute, 1999).

## **2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Rendimiento y producción de frutos partenocárpicos en el árbol**

En relación con el rendimiento por árbol, se encontró que ninguno de los tratamientos mostró ser diferente estadísticamente al testigo. En el Cuadro 1 se muestra el efecto de los tratamientos en la producción de frutos partenocárpicos. Ninguno de los tratamientos evaluados indicó diferencia estadística en comparación con el testigo; que mostró 12 % de frutos partenocárpicos (Cuadro 1). No obstante, se encontró que los árboles con el 1%

de Solubor presentaron 6% de producción de frutos partenocárpicos con respecto al total del árbol. En este contexto, se ha reportado que al aumentar el contenido del boro en el pistilo y en los granos de polen se puede compensar en parte el amarre irregular de los frutos (Marschner, 1995). Asimismo, se ha visto que en aguacatero ‘Hass’, mediante aspersiones foliares de B antes de floración, se puede incrementar el número de tubos polínicos que alcanzan al óvulo y aumentar la viabilidad del óvulo (Jaganath y Lovatt, 1998); lo que resulta en una adecuada fecundación y amarre de frutos. Sin embargo, en general los porcentajes de producción de frutos partenocárpicos se consideraron bajos en todos los tratamientos, así como en el testigo (Cuadro1); esto al compararlos con los porcentajes reportados por Pérez, *et al.* (2007b), donde encontraron que los valores de producción de frutos partenocárpicos variaron de 27.3 a 54.2 % en promedio dentro de las huertas de mango ‘Ataulfo’ en el estado de Nayarit.

**Cuadro 1. Rendimiento y porcentaje de frutos partenocárpicos y frutos con semilla en árboles de mango ‘Ataulfo’ con aspersiones foliares de fuentes de nitrógeno, calcio y boro.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento (kg árbol<sup>-1</sup>)</b>	<b>Frutos partenocárpicos (% por árbol)</b>	<b>Frutos con semilla</b>
T1 (1 % solubor)	70.43 <sup>NS</sup>	6.56 <sup>NS</sup>	93.44 <sup>NS</sup>
T2 (1 % urea)	71.74	6.99	93.01
T3 (1 % nitrato de calcio)	59.88	11.16	88.84
T4 (1 % solubor + 1 % urea)	78.38	11.19	88.81
T5 (1 % solubor + 1 % nitrato de calcio)	59.74	8.51	91.49
Testigo	77.46	12.22	87.78
DMS	61.09	19.21	19.21

<sup>NS</sup> No significativo.

DMS: Diferencia mínima significativa

### **Concentración nutrimental y calidad del fruto**

En lo que respecta al efecto de los tratamientos sobre la concentración nutrimental de los frutos, se encontró una concentración de N arriba de 8 mg g<sup>-1</sup> con 1 % de solubor + 1 % de urea, así como en el testigo. El K se concentró más al aplicar 1 % solubor + 1 %

nitrate de calcio y 1 % de solubor + 1 % de urea, mientras que el resto de los nutrientes presentaron valores similares, por debajo de los 12 mg·g<sup>-1</sup>; sin mostrar alguna diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Concentración nutrimental, sólidos solubles (°Brix) e índice de redondez en frutos de mango ‘Ataulfo’ por efecto de los tratamientos aplicados.**

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	B	°Brix	Índice de redondez	Peso frutos (g)
			(mg g <sup>-1</sup> )						
T1 (1 % solubor)	7.69 <sup>NS</sup>	1.43 <sup>NS</sup>	11.89 <sup>NS</sup>	3.56 <sup>NS</sup>	3.26 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	9.57 <sup>NS</sup>	0.64 <sup>NS</sup>	167.7 <sup>NS</sup>
T2 (1 % urea)	7.62	1.49	12.04	3.77	3.44	0.03	9.20	0.64	187.7
T3 (1 % nitrato de calcio)	7.88	1.41	11.53	3.73	3.22	0.04	9.90	0.63	170.7
T4 (1 % solubor + 1 % urea)	8.13	1.40	12.25	3.98	3.40	0.03	10.53	0.63	157.1
T5 (1 % solubor + 1 % nitrato de calcio)	7.69	1.36	12.47	3.80	3.46	0.03	10.27	0.62	148.7
Testigo	8.25	1.45	10.93	3.85	3.51	0.03	9.38	0.65	167.7
DMS	2.50	0.29	1.92	0.95	0.59	0.014	1.54	0.037	49.40

<sup>NS</sup> No significativo.

DMS: Diferencia mínima significativa

Los valores de SST más altos se encontraron con 1 % de solubor + 1 % de urea y con 1 % de solubor + 1 % de nitrato de calcio con valores de 10.53 y 10.27 ° Brix, respectivamente (Cuadro 2). Estos valores son bajos con relación a los señalados por Pérez *et al.* (2007a), donde encontraron valores de 14 a 18 °Brix para frutos con semilla y de 19 a 23 °Brix para frutos partenocárpicos; esta diferencia puede radicar en el grado de madurez del fruto en el que fueron evaluados los SST. En esta investigación, los frutos apenas habían alcanzado su madurez fisiológica a diferencia de los resultados que reportan Pérez *et al.* (2007a), donde los frutos evaluados ya se encontraban en madurez de consumo. Romero-Gomezcaña *et al.* (2006) encontraron que los valores de SST en frutos de mango ‘Haden’ fueron incrementando conforme alcanzaban su madurez de consumo. Algo similar mencionan Siller-Cepeda *et al.* (2009) para algunos cultivares, donde los valores de SST también aumentaron. Estos resultados, explican los valores bajos que se encontraron en esta investigación, además no se reportaron diferencias entre frutos con semilla y frutos partenocárpicos (Cuadro 3). Por otro lado, el índice de redondez se presentó ligeramente mayor en el testigo, aunque los valores entre todos los tratamientos fueron similares. En lo que respecta al peso fresco del fruto los valores mayores se encontraron con 1 % urea; no obstante, no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 2).

En el Cuadro 3, se observa que la concentración nutrimental fue mayor en los frutos que presentaron semilla, encontrándose cerca del doble de concentración de la que mostraron los frutos partenocárpicos. Esto puede deberse a que la semilla es un órgano que genera una fuerza de demanda nutrimental mayor; por lo que la falta de ésta en los frutos partenocárpicos los pone en desventaja. Wolstenholme (1990) señala que la semilla tiene

mayor fuerza de demanda que las partes del fruto, brotes en crecimiento y tejidos de almacenamiento del tallo; porque durante el desarrollo de la semilla, 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 así una fuerte demanda nutrimental. Por otra parte, el índice de redondez se mostró ligeramente mayor en frutos partenocárpicos que en frutos con semilla, mientras que el peso promedio de frutos con semilla fue cuatro veces mayor que el peso promedio de los frutos partenocárpicos (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Concentración nutrimental, sólidos solubles (°Brix) e índice de redondez en frutos de mango ‘Ataulfo’ con aspersiones foliares de fuentes de nitrógeno, calcio y boro.**

<b>Tipo de Fruto</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>B</b>	<b>°Brix</b>	<b>Índice de redondez</b>	<b>Peso (g)</b>
			(mg g <sup>-1</sup> )						
Partenocárpicos	5.38 b <sup>†</sup>	0.92 b <sup>†</sup>	8.55 b <sup>†</sup>	2.60 b <sup>†</sup>	1.79 b <sup>†</sup>	0.02 b <sup>†</sup>	9.84 a <sup>†</sup>	0.67 a <sup>†</sup>	68.4 b <sup>†</sup>
Con semilla	10.37 a	1.92 a	15.15 a	4.97 a	4.97 a	0.04 a	9.78 a	0.60 b	264.9 a
DMS	0.96	0.11	0.74	0.37	0.23	0.006	0.59	0.014	19.32

<sup>†</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

DMS: Diferencia mínima significativa.

## Estado nutrimental de los árboles

El análisis estadístico no indicó efecto de los tratamientos sobre el estado nutrimental de los árboles, ya que no se encontraron diferencias estadísticas en comparación con el testigo. No obstante, al aplicar 1 % de solubor + 1 % de urea, la concentración N fue de  $7.94 \text{ mg g}^{-1}$  (Cuadro 4), este mismo tratamiento junto con 1 % de solubor fueron los que mostraron una concentración de B con valores cercanos a  $0.40 \text{ mg g}^{-1}$ . El contenido de P en el testigo fue de  $0.69 \text{ mg g}^{-1}$ , mientras que la concentración del K fue de  $5.72 \text{ mg g}^{-1}$  en árboles donde se aplicó 1 % de nitrato de calcio. Por otra parte, las concentraciones de Ca y Mg fueron más altas con 1 % de urea.

Al evaluar la concentración nutrimental en porcentaje de materia seca (en los macronutrientes) y en miligramos por kilogramo de materia seca (en el B) (Cuadro 5), se observa que los valores de N fueron bajos; esto de acuerdo con Agustí (2004) quien reporta que el nivel de suficiencia para N es de 1.0 a 1.54 %; asimismo, el B se mostró ligeramente bajo en los tratamientos 3, 2 y el testigo (Cuadro 5), ya que el nivel de suficiencia para B es de 30 a 200  $\text{mg kg}$  (Agustí, 2004). El resto de los nutrientes se encontraron dentro de su nivel de suficiencia en hojas.

**Cuadro 4. Concentración nutrimental en hojas de mango ‘Ataulfo’ en etapa de cosecha por efecto de los tratamientos aplicados.**

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>B</b>
	<b>(mg g<sup>-1</sup>)</b>					
T1 (1 % solubor)	7.18 <sup>NS</sup>	0.67 <sup>NS</sup>	4.97 <sup>NS</sup>	13.82 <sup>NS</sup>	2.02 <sup>NS</sup>	0.39 <sup>NS</sup>
T2 (1 % urea)	7.56	0.68	4.07	14.51	2.32	0.28
T3 (1 % nitrato de calcio)	7.56	0.60	5.72	13.70	1.76	0.26
T4 (1 % solubor + 1 % urea)	7.94	0.60	4.46	11.37	1.93	0.39
T5 (1 % solubor + 1 % nitrato de calcio)	5.80	0.62	5.05	11.26	2.09	0.32
Testigo	7.81	0.69	4.53	13.00	2.17	0.28
DMS	4.20	0.29	3.69	7.34	1.22	0.026

<sup>NS</sup> No significativo.

DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 5. Concentración nutrimental en hojas de mango ‘Ataulfo’ en etapa de cosecha por efecto de los tratamientos aplicados y su interpretación según Agustí (2004).**

Tratamientos	N	I <sup>w</sup>	P	I	K	I	Ca	I	Mg	I	B	I
					(%)						(mg g <sup>-1</sup> )	
T1 (1 % solubor)	0.72	B <sup>y</sup>	0.07	S <sup>z</sup>	0.50	S	1.38	S	0.20	S	38.8	S
T2 (1 % urea)	0.76	B	0.07	S	0.41	S	1.45	S	0.23	S	28.4	B
T3 (1 % nitrato de calcio)	0.76	B	0.06	S	0.57	S	1.37	S	0.18	S	26.3	B
T4 (1 % solubor + 1 % urea)	0.79	B	0.06	S	0.45	S	1.14	S	0.19	S	38.6	S
T5 (1 % solubor + 1 % nitrato de calcio)	0.58	B	0.06	S	0.51	S	1.13	S	0.21	S	32.4	S
Testigo	0.78	B	0.07	S	0.45	S	1.30	S	0.22	S	27.6	B

<sup>w</sup> Interpretación

<sup>y</sup> Bajo

<sup>z</sup> Suficiente

## **2.6. CONCLUSIONES**

No se encontraron diferencias en los tratamientos con respecto al testigo, en las variables de rendimiento y porcentaje de frutos partenocárpico; sin embargo, la aplicación foliar de solubor al 1% produjo el menor porcentaje de frutos partenocárpico. Los tratamientos evaluados no incrementaron la concentración nutrimental, ni mejoraron la calidad en el fruto. En madurez fisiológica, los frutos con semilla presentaron mayor concentración nutrimental que los frutos partenocárpico; mientras que ambos frutos presentaron valores similares de SST. El índice de redondez fue ligeramente mayor en los frutos partenocárpico. El estado nutrimental del árbol no representó cambios considerables por efecto de los tratamientos aplicados. La concentración de N en hojas se encontró abajo del nivel de suficiencia (1.0 a 1.54 %) para todos los tratamientos evaluados; mientras que la concentración de B se halló baja al aplicar 1 % de nitrato de calcio, 1 % de urea y en el testigo.

## **2.7. LITERATURA CITADA**

Agustí M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 493 p.

Alcántar G. G.; M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. México. 156 p.

Beasley D. R.; D. C. Joyce; P. J. Hofman. 1999. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in 'Kensington Pride' mango fruit. Australian Journal of Experimental Agriculture 39: 345-349.

Díaz M. D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor, S.A. D.F. México. 390 p.

García E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 156 p.

Jaganath Y.; C. J. Lovatt. 1998. pp. 181-184. *In*: Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and urea in 'Hass' avocados in California. Proceedings of World Avocado Congress III.

Jones Jr. B. J.; B Wolf; H. A. Mills. 1991. Plant Analysis and Interpretation. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. 535 p.

Jutamanee K.; E. Supathip; A. Pichakum; K. Krisanapook; L. Phavaphutanon. 1998. Effects of Calcium, Boron and Sorbitol on Pollination and Fruit Set in Mango cv. Namdokmai. Acta Horticulturae 575 (2): 829-834.

- Lovatt C. J.; W. M. Dugger. 1984. Boron. pp. 389-421. *In*: E Frieden (Ed.). Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements. Plenum Publisher Corporation. New York, USA.
- Lovatt C. J. 1999. Management of Foliar Fertilization. Manejo de la Fertilización Foliar en Frutales. *Terra* 17 (3): 257-264.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 p.
- Pérez B. M. H.; V. Vázquez V.; J. A. Osuna G. 2007a. Caracterización e Incidencia del Mango Niño en Huertas Comerciales de Mango 'Ataulfo' en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico No. 3. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 55 p.
- Pérez B. M. H.; V. Vázquez V.; J. A. Osuna G. 2007b. Incidencia de Frutos Partenocárpicos en Mango 'Ataulfo' en Huertas Comerciales de Nayarit. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13: 149-156.
- Romero-Gomezcaña N. R.; C. Saucedo-Veloz ; P. Sánchez-García; J. Rodríguez-Alcázar; V. M. Gonzalez-Hernández; M. N. Rodríguez-Mendoza; R. Báez-Sañudo. 2006. Aplicación foliar de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  fisiología y calidad de frutos de mango 'Haden'. *Terra Latinoamericana* 24 (4): 521-527.

SAS Institute. 1999. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 9. Cary, N. C. USA. 1028 p.

Singh Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *Journal of Plant Nutrition* 28: 1723-1737.

Siller-Cepeda J.; D. Muy-Rangel; M. Báez-Sañudo; E. Araiza-Lizarde; A. Ireta-Ojeda. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 ( 1): 45-52.

Trinidad S. A.; D. Aguilar M. 1999. Fertilización Foliar, Un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 17 (3):247-255.

Vázquez V. V.; M. H. Pérez B.; J. A. Osuna G. 2006. Importancia del Cultivo y Generalidades. pp. 1-30 . *In: El Cultivo del Mango: Principios y Tecnología de Producción*. Vázquez, V. V.; Pérez, B. M. H. (Eds.). INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico No. 1. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 321p.

Wolstenholme B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae* 275: 451-459.

### **CAPÍTULO III.**

## **FERTILIZACIÓN CON BORO Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN MANGO ‘ATAULFO’**

### 3.1. RESUMEN

México es el cuarto productor de mango (*Mangifera indica* L.) en el mundo. En años recientes el cultivar Ataulfo ha alcanzado gran importancia comercial por presentar mayor vida en anaquel, en comparación con la de otros cultivares; sin embargo, presenta la desventaja de producir frutos partenocárpicos que carecen de valor para la exportación. Para determinar si aplicaciones de boro al suelo pueden disminuir la producción de frutos partenocárpicos y mejorar el estado nutricional del árbol, se hicieron aplicaciones de boro al suelo de este elemento usando solubor, a los tres meses después de la cosecha, en dosis de 25, 50 y 100 g de B por árbol, en una huerta de ocho años de edad en el municipio de Tepic, Nayarit. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones. Se evaluó el porcentaje de frutos partenocárpicos, la concentración nutricional en hojas e inflorescencias y la concentración nutricional y distribución en frutos con y sin semilla. El análisis nutricional 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 partenocárpicos. Estas aplicaciones sólo mejoraron la concentración de Ca y B en la planta, así como la de B en brotes con inflorescencia y hojas al final del desarrollo del fruto. Las inflorescencias fueron una demanda importante de N, P, K y Mg. El Ca y B se concentraron en las hojas. La semilla concentró más N, P y Mg. Los frutos partenocárpicos presentaron la tercera parte de la concentración de N, P y Mg que se encontró en frutos con semilla y la mitad de la concentración de K, Ca y B. La carencia del embrión en los frutos partenocárpicos redujo considerablemente la demanda nutricional.

**PALABRAS CLAVE:** *Mangifera indica* L., macronutrientes, semilla, frutos, brotes vegetativos, brotes florales.

### 3.2. ABSTRACT

Mexico occupies the fourth position as leading country in mango (*Mangifera indica* L.) production. In recent years, 'Ataulfo' has become one of the most important cultivars because of its larger fruit postharvest life compared to other cultivars; however, this cultivar tends to develop parthenocarpic fruits, which are unacceptable for international marketing. In order to determine whether boron applications to soil are related to a decrease in parthenocarpic fruit formation and to an improvement in tree nutrient status, boron (Solubor) was applied three months after harvesting at the following rates: 25, 50 and 100 g B per tree, in a commercial orchard of eight-year-old, located in Tepic, Nayarit, Mexico. Treatments were set in a completely randomized design with five replicates; the parameters measured included number of parthenocarpic fruits, leaf and inflorescence nutrient concentrations, and nutrient concentration and distribution in normal and parthenocarpic fruits. Foliar nutrient analysis previous B applications to soil indicated that mango trees exhibited N deficiency. Boron applications to soil at 50 and 100 g per tree resulted in reduced number of parthenocarpic fruits by 45 and 35 %, respectively, and also induced improved Ca and B concentrations in flowering sprouts and leaves when fruits were fully developed. Inflorescences exhibited a strong demand for N, P, K, and Mg whereas Ca and B were highly concentrated in the leaves. Seeds exhibited high concentrations of N, P and Mg. Parthenocarpic fruits had a third of the

concentration of N, P and Mg, compared to normal fruits, and half of the K, Ca and B. Lack of embryo in parthenocarpic fruits decreased considerably fruit nutrient demand.

**KEY WORDS:** *Mangifera indica* L., macronutrients, seed, fruits, vegetative shoots, flowering sprouts.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutales tropicales más importantes en el país, se cultiva en cerca de 184 mil hectáreas con una producción aproximada de 1.5 millones de toneladas. México es el cuarto productor mundial, superado sólo por India, Tailandia y China; sin embargo, es el principal exportador (SIAP, 2009). 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 ha tenido 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 producción de una gran cantidad de frutos que quedan pequeños y no tienen valor de exportación; estos mangos son conocidos técnicamente como frutos partenocárpicos 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 producción de este tipo de frutos es variable dentro de las huertas, en algunas de ellas es mínima, pero en otras puede alcanzar hasta 80 % de los frutos (Pérez *et al.*, 2007). Las causas de la producción de estos frutos y la forma de evitarlo, hasta el momento se desconocen. Singh (2005) menciona que 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 producción de frutos pequeños sin semilla (Beasley *et al.*, 1999), los cuales pueden caer en etapas tempranas del desarrollo o bien llegar hasta cosecha.

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; Marschner, 1995; Delgado *et al.*, 1994), 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 el proceso de expansión (Díaz, 2002); algunos cultivares de mango son sensibles a la baja concentración de boro, presentando intensa caída de frutos jóvenes, aborto de semilla y por ende baja producción (Rossetto *et al.*, 2000).

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

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este estudio se realizó en una huerta de mango ‘Ataulfo’ con producción de frutos partenocárpicos, ubicada en la localidad de Atonalisco municipio de Tepic, Nayarit; la cual se encuentra entre las coordenadas geográficas 21° 37’ de latitud norte y 104° 48’ de longitud oeste a una altitud de 286 m (García, 1973). Las características del suelo (0 a 40 cm de profundidad) fueron: pH de 6.0, conductividad eléctrica de 0.4 dS m<sup>-1</sup>, capacidad de intercambio catiónico de 12 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, contenido de materia orgánica de 3.5 % y textura franco-arcillo-arenoso.

La huerta presentaba una densidad de 156 árboles por hectárea (en marco real de 8 m), con árboles de 8 años de edad, injertados sobre mango criollo de la región. En la huerta 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, con un total de 20 árboles, incluyendo un tratamiento testigo (sin fertilización con B). La aplicación del boro se hizo a los tres meses después de la cosecha; la aplicación de cada dosis se hizo 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, con la finalidad de conocer el estado nutrimental inicial de los árboles; posteriormente, durante la floración se realizó otro muestreo de hojas de brotes con y sin inflorescencias, así como de inflorescencias; finalmente, dos semanas antes de la cosecha, se realizaron muestreos de hojas, frutos partenocárpicos y frutos con semilla.

Para los muestreos foliares se recolectaron 40 hojas sanas por árbol de la parte media de los brotes maduros, alrededor de la copa. 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 partenocárpicos y 4 frutos normales por árbol. En el laboratorio los frutos normales se seccionaron en pulpa con epidermis y semilla, para realizarles el análisis nutrimental por separado.

Se hizo la estimación de frutos partenocárpicos por árbol, para lo cual se contabilizó el número de frutos partenocárpicos y frutos con semilla en 10 panículas por árbol, después se sumó el total de frutos por tratamiento y se calcularon los porcentajes para cada tipo de fruto.

Se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg y B en las muestras de cada órgano; para lo cual se pesaron 0.5 g de muestra seca, que se sometió a una digestión húmeda con una mezcla diácida ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ , 4:1) 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).

Para analizar los resultados se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) utilizando el programa de computo SAS versión 9.0 (SAS Institute, 1999).

### 3.5. 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 1.0 y 1.5 %, lo que implica que en los árboles de ‘Ataulfo’ utilizados en esta investigación la concentración de N fue baja; en tanto que las concentraciones del resto de los elementos se encontraron dentro de los intervalos óptimos. 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) lo que conlleva a mejorar el amarre de frutos.

**Cuadro 1. Concentración nutrimental en árboles de mango ‘Ataulfo’ en Nayarit México y su interpretación según Agustí (2004) antes del suministro de boro al suelo**

Elemento	Concentración	Interpretación
Nitrógeno (%)	0.73	Bajo
Fósforo (%)	0.07	Suficiente
Potasio (%)	0.49	Suficiente
Calcio (%)	1.70	Suficiente
Magnesio (%)	0.16	Suficiente
Boro (mg kg <sup>-1</sup> )	60.1	Suficiente

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre la concentración nutrimental en el árbol, se observó que la aplicación de B sólo influyó en la concentración de Ca y B en los árboles; la mayor concentración de Ca fue de 10.29 mg g<sup>-1</sup> de m.s., 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 junto con el Ca. Sin embargo, esto no coincide con Marschner (1995) y Castellanos *et al.* (2000) quienes señalan que en el suelo y en reacciones en la superficie de la raíz el B reduce la utilización de Ca.

**Cuadro 2. Concentración nutrimental en mango ‘Ataulfo’ con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.**

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

†Valores con la misma letra dentro de hileras son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>NS</sup> No significativo.

DMS: diferencia mínima significativa.

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 testigo (Cuadro 3). Esto 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.

**Cuadro 3. Concentración de boro en hojas de árboles de mango ‘Ataulfo’ con aplicación de diferentes dosis de boro al suelo en Nayarit, México.**

Dosis de boro (g por árbol)	Hojas de brotes con inflorescencia (mg g <sup>-1</sup> )	Hojas dos semanas antes de cosecha (mg g <sup>-1</sup> )
Testigo (sin aplicación)	0.036 b <sup>†</sup>	0.038 b <sup>†</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>†</sup>Valores con la misma letra dentro de hileras son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

DMS: diferencia mínima significativa.

La concentración de N foliar inicial, 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 partenocárpicos presentaron la misma concentración que las hojas de brotes vegetativos y florales. 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 partenocárpicos 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 partenocárpicos presentaron la menor concentración de este elemento (Cuadro 4).

Estos resultados indican que el N, P, K y Mg fueron transportados a los puntos de demanda, como 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 de los dos tipos recibieron muy poco Ca; las inflorescencias y los frutos normales tuvieron la misma concentración de B que las hojas (Cuadro 4); esto se debe a que el transporte de estos elementos depende de la transpiración del órgano y las hojas son las estructuras con mayor tasa transpiratoria. Por otra parte, el Ca es considerado de muy baja movilidad en el floema, por lo que no puede cubrir la necesidad de las demandas; de tal forma que la mayoría del Ca demandado por los puntos en crecimiento, como ápices de brotes, hojas jóvenes o frutos tiene que ser cubierto 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. El B, aunque generalmente se considera como inmóvil en las plantas (Epstein y Bloom, 2005; Fageria, 2009), algunos trabajos han demostrado que tiene una movilidad limitada en floema, debido a que en algunas especies frutales y nueces se forman complejos boro-sorbitol, que son móviles en el floema (Brown y Hu, 1996). Después de aplicaciones foliares a árboles frutales, se han registrado altas concentraciones de B en exudados del floema y cantidades importantes del elemento son transportadas vía floema hacia yemas florales (Hanson, 1991).

**Cuadro 4. Concentración nutrimental en hojas, inflorescencias y frutos de árboles de mango ‘Ataulfo’ en Nayarit, México, tratados con boro al suelo.**

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	B
	(mg g <sup>-1</sup> )					
Hojas inicial	7.31 b <sup>†</sup>	0.70 c <sup>†</sup>	4.87 e <sup>†</sup>	17.05 a <sup>†</sup>	1.58 d <sup>†</sup>	0.060 a <sup>†</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/infl	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
F. partenocárpicos	3.41 c	0.73 c	7.21 c	1.83 c	0.81 e	0.019 e
F. normales	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

†Valores con la misma letra dentro de hileras son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

DMS: diferencia mínima significativa.

#### **Porcentaje de frutos normales (con semilla) y partenocárpicos**

Las dosis de 50 g de B por árbol disminuyó a la mitad el porcentaje de frutos partenocárpicos con respecto al testigo; 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 mangos normales. En las flores, la deficiencia 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 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 m.s.); 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. En este estudio en mango ‘Ataulfo’, se encontraron antes de la floración  $60 \text{ mg B kg}^{-1}$  de m.s. en las hojas, en floración  $41 \text{ mg}$  en las hojas de brotes sin inflorescencias y  $48 \text{ mg}$  en hojas de brotes con inflorescencias (Cuadro 4). Con el tratamiento de  $100 \text{ mg}$  de B, la concentración foliar de brotes productivos se elevó a  $63 \text{ mg kg}^{-1}$  de m.s. (Cuadro 3); lo que indica que en ‘Ataulfo’ las flores requieren más B que en otros cultivares y que con las dosis de  $50$  y  $100 \text{ g}$  de B (Cuadro 5) se alcanzaron concentraciones en los brotes productivos que pudieron evitar el aborto del embrión.

**Cuadro 5. Porcentaje de frutos partenocárpicos y con semilla en árboles de mango ‘Ataulfo’ con aplicaciones de boro al suelo en Nayarit, México.**

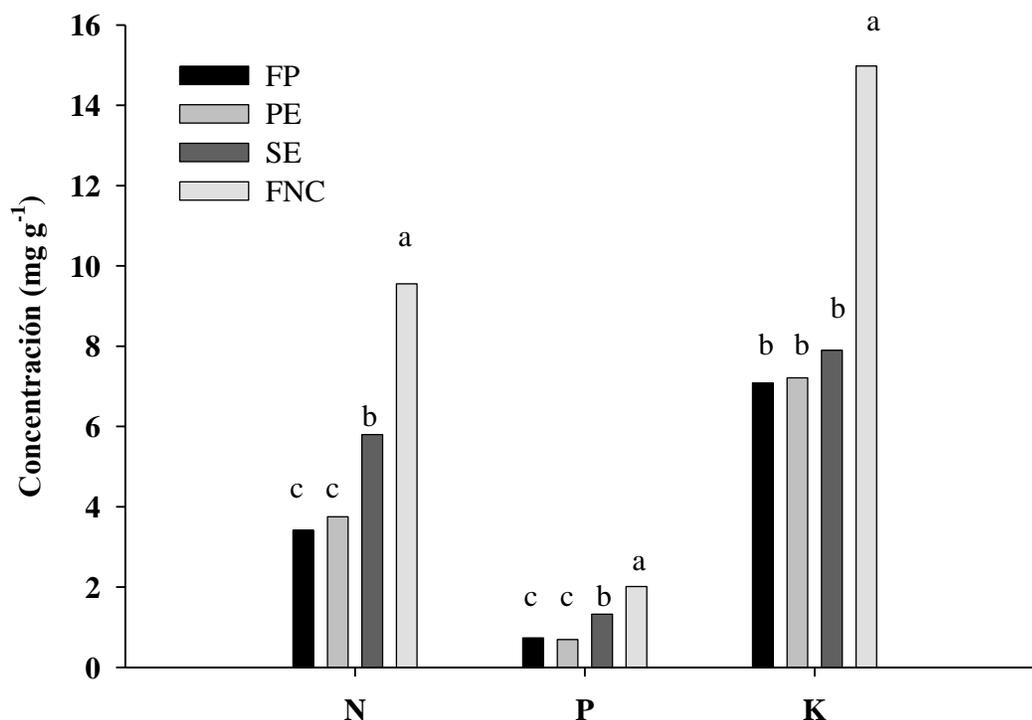
<b>Dosis de boro</b>	<b>Frutos partenocárpicos</b>	<b>Frutos con semilla</b>
Testigo (sin aplicación)	40.7 a <sup>†</sup>	59.3 c <sup>†</sup>
25 g	36.2 ab	63.7 bc
50 g	22.6 c	77.4 a
100 g	26.4 bc	73.5 ab
DMS	13.58	13.58

<sup>†</sup>Valores con la misma letra dentro de hileras son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

DMS: diferencia mínima significativa.

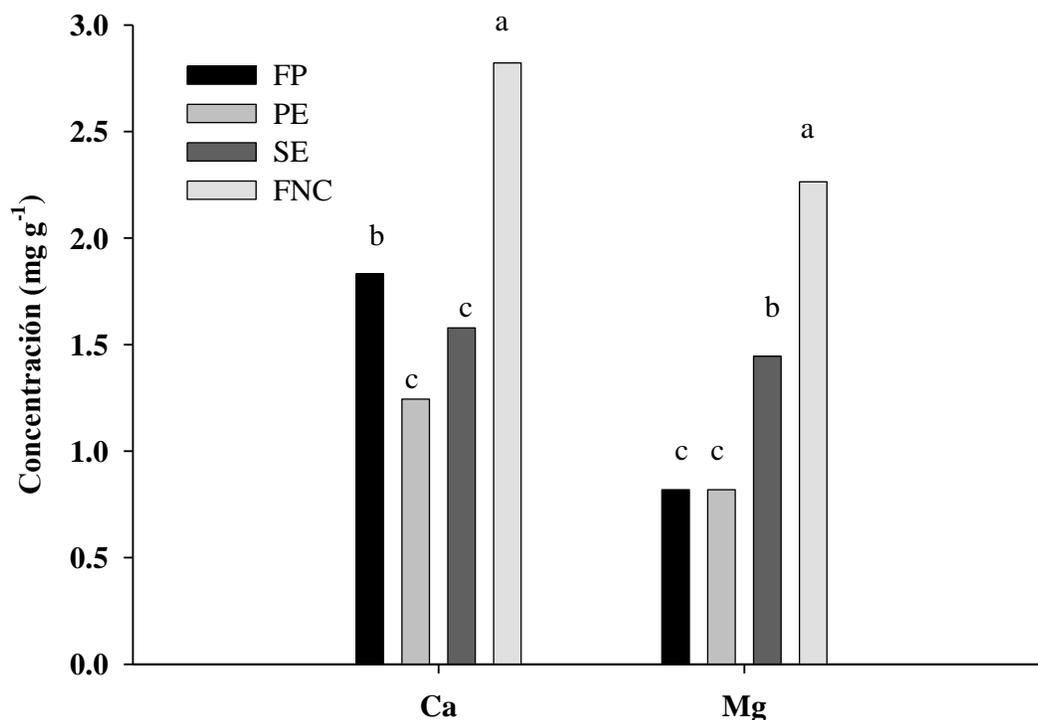
### **Distribución nutrimental en los frutos y comparación entre frutos**

La distribución nutrimental en frutos mostró que la concentración de todos los elementos fue significativamente mayor en los frutos normales que en los frutos partenocárpicos. En los frutos normales, la semilla fue la estructura que concentró más N, P y Mg (Figuras 1 y 2). La pulpa con epidermis presentó menor concentración nutrimental que la semilla; en el caso de K (Figura 1), Ca (Figura 2) y B (Figura 3) las concentraciones fueron similares entre las dos estructuras del fruto normal.



**Figura 1. Distribución de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en frutos partenocárpicos (FP), en la pulpa con epidermis (PE) y en la semilla (SE) de frutos normales, y en frutos normales completos (FNC). Valores con la misma letra en cada elemento son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.05$ ).**

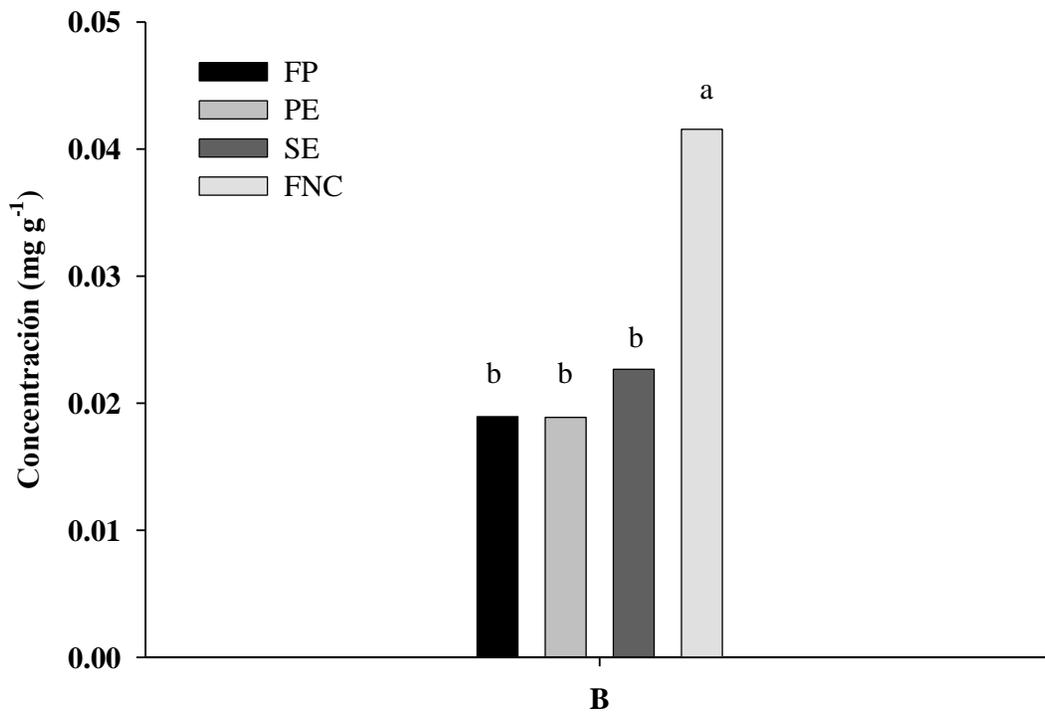
Los frutos partenocárpicos presentaron concentraciones muy bajas de todos los elementos, en comparación con los frutos normales; la concentración de N, P, K, Mg y B fue similar a la encontrada en la pulpa con epidermis de los frutos normales; sólo la concentración de Ca en el fruto partenocárpico ( $1.8 \text{ mg g}^{-1}$  de m.s.) superó a la de la semilla (1.5 mg) y pulpa con epidermis (1.2 mg) (Figuras 1 a 3). En los frutos partenocárpicos la concentración de N, P y Mg fue de sólo una tercera parte de la que presentaron los frutos con semilla; mientras que la de K, Ca y B fue 50 % más baja.



**Figura 2. Distribución de calcio (Ca), magnesio (Mg) en frutos partenocárpicos (FP), en la pulpa con epidermis (PE) y en la semilla (SE) de frutos normales, y en frutos normales completos (FNC). Valores con la misma letra en cada elemento son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.05$ ).**

Al parecer la distribución nutrimental puede variar ligeramente de acuerdo con el cultivar y sobre todo en la pulpa y epidermis, ya que en mango ‘Manila’ Guzmán *et al.* (1996) encontraron que la epidermis del fruto es 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, en el presente estudio, 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 pulpa, ni en las de P y Ca en pulpa de frutos sin semilla y frutos con semilla en cinco cultivares evaluados.



**Figura 3. Distribución de boro (B) en frutos partenocárpicos (FP), en la pulpa con epidermis (PE) y en la semilla (SE) de frutos normales, y en frutos normales completos (FNC). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.05$ ).**

Como ya se mencionó, existe una alta correlación positiva entre la distribución de Ca y la tasa de transpiración de los órganos, lo que explica el contenido bajo de Ca (<0.3 %) en la pulpa de frutos con poca transpiración, comparada con la de las hojas (3 a 5 %) en la misma planta (Marschner, 1995); por lo cual, en los frutos normales de mango ‘Ataulfo’ se tuvo baja concentración en pulpa con epidermis y semilla 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. 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 de este micronutriente (Delgado *et al.*, 1994).

En el caso de los frutos partenocárpicos, la ausencia de embrión en la semilla, hace que la demanda por los elementos disminuya considerablemente, y por lo tanto se concentren menos. La producción 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 nutrientes, 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 nutricional. El orden de prioridad entre demandas de un árbol en la distribución de fotosintatos y nutrientes, 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 tejido de almacenamiento del tallo (Wolstenholme, 1990).

### **3.6. CONCLUSIONES**

La aplicación de B al suelo en dosis de 50 y 100 g disminuyó la producción de frutos partenocárpicos. Los árboles de mango ‘Ataulfo’ usados en este trabajo, presentaron deficiencia de N y habrá que valorar si esto influyó en la producción de frutos partenocárpicos. 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 nutrimentos en el fruto fue la siguiente: la semilla acumuló más N, P y Mg que la pulpa con epidermis; mientras que la semilla y la pulpa con epidermis tuvieron la misma acumulación de K, Ca y B. Los frutos normales presentan mayor concentración de nutrimentos que los partenocárpicos.

### **3.7. LITERATURA CITADA**

Agustí M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 493 p.

Alcántar G. G.; M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. México. 156 p.

Beasley D. R.; D. C. Joyce; P. J. Hofman. 1999. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in ‘Kensington Pride’ mango fruit. Australian Journal of Experimental Agriculture 39: 345-349.

- Brown P. H.; H. Hu. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. *Annals of Botany* 77: 497-505.
- Castellanos J. Z.; J. X. Uvalle-Bueno; A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. 2ª Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Guanajuato, México. 226 p.
- Delgado A., M. Benlloch and R. Fernández-Escobar. 1994. Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. *HortScience* 29(6): 616-618.
- Dell B.; L. Huang . 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*. 193:103-120.
- Díaz M. D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor, S.A. D.F. México. 390 p.
- Epstein E.; A. J. Bloom. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 400 p.
- Fageria N. K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press, Boca Raton, Florida. USA. 430 p.

- García E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 156 p.
- Gupta U. C. 2007. Boron. pp. 241-277. *In: Handbook of Plant Nutrition*. A V Barker, D J Pilbeam (Eds.). Taylor & Francis Group, LLC. U.S.A.
- Guzmán E. C.; B. S. Alcalde; V. R. Mosqueda; J. A. Martínez. 1996. Contenido y extracción de algunos nutrimentos por el fruto de mango cv. Manila. *Agronomía Tropical* 46 (4): 431-446.
- Hanson E. J. 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. *HortScience* 26: 271-273.
- Lovatt C. J.; W. M. Dugger. 1984. Boron. pp. 389-421. *In: E Frieden (Ed.). Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements*. Plenum Publisher Corporation. New York, USA.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 p.
- Medeiros A. A.; J. R. A. Amorim; D. J. Silva; J. A. Dantas; A. G. Guerra. 2004. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. *Acta Horticulturae* 645: 403-408.

Pérez B. M. H.; V. Vázquez V.; J. A. Osuna. 2007. Caracterización e Incidencia del Mango Niño en Huertas Comerciales de Mango 'Ataulfo' en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico No. 3. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 55 p.

Rossetto C. J.; P. R. Furlani; N. Bortoletto; J. A. Quaggio; T. Igue. 2000. Differential response of mango varieties to boron. *Acta Horticulturae* 509: 259-264.

SAS Institute. 1999. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 9. Cary, N. C. USA. 1028 p.

SIAP. 2009. 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\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350). Consultada el 30 de mayo del 2011.

Singh Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *Journal of Plant Nutrition* 28: 1723-1737.

Vázquez-Valdivia V.; M. H. Pérez-Barraza; J. A. Osuna-García. 2006. Importancia del cultivo y generalidades. *In: El Cultivo del Mango: Principios y Tecnología de Producción*. V. Vázquez-Valdivia; M. H. Pérez-Barraza (Eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico No. 1. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. pp: 1-30.

Wolstenholme B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae* 275: 451-459.

## DISCUSIÓN GENERAL

### **Dinámica nutrimental entre árboles con alta y baja producción de frutos partenocárpicos**

La dinámica nutrimental en árboles con alta producción de frutos partenocárpicos (70 %) y con baja producción (20%) fue similar, ya que no se vio afectada considerablemente por las diferencias encontradas en las etapas evaluadas (después de cosecha, brotación vegetativa, floración, amarre de frutos y antes de cosecha). En ambos tipos de árboles se presentaron dinámicas con altibajos, pero sin llegar a ser un factor influyente para la alta producción de frutos partenocárpicos; esto al evaluarlas en un ciclo productivo de mango. Aunque se encontró que el N presentó valores bajos ( $< 1\%$ ) y el Mn valores altos ( $> 500 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) con respecto al nivel de suficiencia en hojas de mango que reporta Agustí (2004), no fue motivo de la producción de frutos partenocárpicos, ya que en ambos tipos de árboles se encontraron estos valores.

La concentración de nutrientes demostró que los frutos con semilla fueron los de mayor concentración, ya que los valores encontrados en la pulpa con cáscara y la semilla de los frutos con semilla presentaron concentraciones similares e inclusive mayores a la de los frutos partenocárpicos, lo que hizo suponer que en los frutos partenocárpicos, la ausencia de semilla genera una menor demanda por los elementos. Con base a esto, a la semilla se le considera un factor importante en el crecimiento de los frutos, ya que es el órgano regulador del desarrollo de los mismos (Díaz, 2002). La semilla es la estructura de la planta con mayor fuerza de demanda con respecto a las partes del fruto fresco,

ápices de brotes, hojas, raíces y tejido de almacenamiento del tallo (Wolstenholme, 1990). 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.

### **Efecto de N, Ca y B sobre la producción de frutos partenocárpicos**

En relación al rendimiento y porcentaje de producción de frutos partenocárpicos en el árbol, ninguno de los tratamientos mostró ser significativo en relación al testigo. Sin embargo, al aplicar 1 % de solubor, se encontró 6% de estos frutos en el árbol, comparado con el testigo que mostró 12 % de frutos partenocárpicos. Con respecto a esto, se ha reportado que al aumentar el contenido del boro en el pistilo y en los granos de polen se puede compensar en parte el amarre irregular de los frutos (Marschner, 1995). Asimismo, se ha visto que en aguacatero 'Hass', mediante aspersiones foliares de B antes de floración, se puede incrementar el número de tubos polínicos que alcanzan al óvulo y aumentar la viabilidad del óvulo (Jaganath y Lovatt, 1998); lo que resulta en una adecuada fecundación y amarre de frutos.

### **Efecto de la fertilización con B al suelo en la producción de frutos partenocárpicos**

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre la concentración nutrimental en el árbol, se observó que la aplicación de B sólo influyó en la concentración de Ca y B en los árboles; la mayor concentración de Ca fue de 10.29 mg g<sup>-1</sup> de m.s., 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. Esto significa que el B aplicado fue absorbido y transportado vía xilema a la copa del árbol junto con el Ca. 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.

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 testigo. Esto 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.

Las dosis de 50 g de B por árbol disminuyó a la mitad el porcentaje de frutos partenocárpicos con respecto al testigo; en tanto que la dosis de 100 g presentó 35 % menos de estos frutos. Esto se debe a que el B es un micronutriente esencial para la producción de mangos normales. 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 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 m.s.); 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. En este estudio en mango 'Ataulfo', se encontraron antes de la floración 60  $\text{mg B kg}^{-1}$  de m.s. en las hojas, en floración 41  $\text{mg}$  en las hojas de brotes sin inflorescencias y 48  $\text{mg}$  en hojas de brotes con inflorescencias. Con el tratamiento de 100  $\text{mg}$  de B, la concentración foliar de brotes productivos se elevó a 63  $\text{mg kg}^{-1}$  de m.s. ; lo que indica que en 'Ataulfo' las flores requieren 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 ayudaron en el desarrollo del embrión.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Se concluye que el estado nutrimental de las huertas analizadas no está relacionado con la producción de frutos partenocárpicos, ya que se encontraron concentraciones nutrimentales similares tanto en el árbol como en el suelo de las huertas con alta y baja producción de frutos partenocárpicos. Con respecto a la fertilización se encontró que la aplicación de boro (solubor) al suelo tuvo efecto positivo sobre la reducción de frutos partenocárpicos, aunque esto permite dar pauta para realizar investigaciones posteriores, no se debe considerar como la solución a este problema, ya que solo es una herramienta en la disminución de la producción de frutos partenocárpicos.

## **LITERATURA CITADA**

Agustí M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 493 p.

Castellanos J. Z.; J. X. Uvalle-Bueno; A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. 2ª Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Guanajuato, México. 226 p.

Dell B.; L. Huang. 1997. Physiological response of plants to low boron. Plant and Soil. 193:103-120.

Delgado A.; M. Benlloch; R. Fernández-Escobar. 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. D.F. México. 390 p.

Jaganath Y.; C. J. Lovatt. 1998. pp. 181-184. *In: Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and urea in 'Hass' avocados in California. Proceedings of World Avocado Congress III.*

Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 p.

Rossetto C. J.; P. R. Furlani; N. Bortoletto; J. A. Quaggio; T. Igue. 2000. Differential response of mango varieties to boron. *Acta Horticulturae* 509: 259-264.

Wolstenholme B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae* 275: 451-459.