# CONGRESO LATINOAMERICANO **DEL AGUACATE**



ORGANIZA

























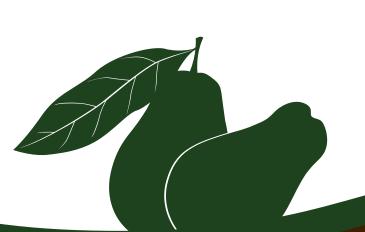








11, 12, 13 **NOVIEMBRE 2009** 





5. Simposio Nutrición y Fisiología



# Respuesta del aguacate 'Hass' a la fertilización con boro en huertos sin riego

Luis E. Cossio Vargas<sup>1\*</sup>, Samuel Salazar García<sup>2\*</sup>, José L. González Durán<sup>3\*</sup>

#### Resumen

En los huertos de aguacate 'Hass' del estado de Nayarit, son frecuentes los niveles foliares debajo de lo normal de boro (B) así como la presencia de síntomas visuales de su deficiencia en hojas y frutos. Esta investigación se desarrolló del 2001 al 2005 en dos huertos comerciales de 'Hass' cultivados sin riego (lluvia media anual = 1,225 mm, distribuida de junio a septiembre) en Tepic, Nayarit, con el objetivo de evaluar el efecto de las aplicaciones de boro al follaje (empleando Folboro 10% B, Ducor, México) y al suelo (empleando Boronat 32% B. Boratos Andino SSCM. Chile), sobre los niveles foliares de B, producción, tamaño y forma del fruto. El suelo de los huertos era de textura ligera, pH 5.8 y bajo contenido de B (0.64 a 1.08 mg•kg-1). Los tratamientos al follaje fueron aplicados en 8 L agua/árbol y consistieron en: a) una aspersión con 1 g B/L agua (10 ml Folboro), y b) dos aspersiones con 0.5 g B/L agua (5 ml Folboro); ambos tratamientos proporcionaron 8 g B/árbol. Los tratamientos de B al suelo fueron por m<sup>2</sup> del área de proyección de la copa del árbol (12.6 m<sup>2</sup>) y fueron: a) Una aplicación anual de 1.5 g B/m<sup>2</sup> (59 g Boronat/ árbol), y b) dos aplicaciones al año de 0.75 g B/m² (29.5 g Boronat/árbol/aplicación). Ambos tratamientos aportaron 18.9 g B/árbol/año. Los árboles Control no recibieron B. Las aspersiones con B al follaje no corrigieron la deficiencia foliar de B ni incrementaron la producción de fruto; sin embargo, dos aspersiones con 0.5 g B/L agua incrementaron 25% la producción de fruto tamaño primera (intervalo de peso = 170-210 g). Una o dos aplicaciones de B al suelo incrementaron 28% la producción de fruto/árbol, 39% la producción de fruto de tamaño grande (intervalo de peso = 170 - >266g) y la relación largo:ancho del fruto, reduciendo la cantidad de frutos pequeños y redondos. Sí hubo relación entre las dosis de B aplicadas al suelo y el contenido foliar de este nutrimento.

cossio.luiseduardo@inifap.gob.mx

2
samuelsalazar@prodigy.net.mx

3
gonzalez.joseluis@

INIFAP - Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México 63300.

inifap.gob.mx

# **Palabras Clave**

Persea americana, productividad, nutrición mineral.



#### Introducción

Los diagnósticos nutrimentales foliares realizados en huertos comerciales de aguacate 'Hass' del estado de Nayarit, México, han mostrado niveles debajo de lo normal de boro (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 1999). Lo anterior ha sido confirmado mediante la presencia de síntomas visuales típicos de esta deficiencia en aguacate y que han sido descritas como regiones corrugadas y corchosas entre las nervaduras de las hojas jóvenes, producción de brotes pequeños, corteza del tronco rugosa y agrietada, clorosis y defoliación, así como frutos con malformaciones (Salazar-García, 2002).

Las aspersiones con boro (B), realizadas cuando las inflorescencias del aguacate están en el estado coliflor, el cual se caracteriza por la elongación de los ejes secundarios de la inflorescencia, los que todavía están cubiertos por sus brácteas y con flores pequeñas sin abrir (Salazar-García et al., 1998), pueden ser benéficas para el amarre de fruto (Jaganath y Lovatt, 1998). El B tiene un efecto positivo en la gametogénesis (formación del óvulo y grano de polen), germinación del polen, crecimiento del tubo polínico hacia el óvulo, así como en la división celular en las etapas iniciales del desarrollo del fruto. Los efectos positivos de la aplicación de B también se han observado en árboles sin deficiencia de este nutrimento (Jaganath y Lovatt, 1998). Es probable que la aplicación foliar de B alivie su deficiencia temporal en las flores, la cual puede deberse a deficiencia de B en el árbol o a la presencia de condiciones climáticas frías que reducen tanto la movilidad del boro en el floema de la planta como la velocidad de desarrollo del tubo polínico. En Sudáfrica, las aspersiones con B durante el otoño o la primavera a árboles de aquacate sin deficiencia de B (según análisis foliares) incrementaron el amarre de fruto (Robbertse et al., 1990, 1992). Resultados similares fueron obtenidos con aguacate 'Hass' en California, en donde una sola aplicación en el estado coliflor con Solubor (20.5% B) para proporcionar 6 g B/árbol, incrementó 26% el rendimiento (Lovatt, 1998). Sin embargo, evaluaciones adicionales realizadas en distintas regiones productoras muestran que las aplicaciones con B al follaje sólo incrementaron el rendimiento en algunos huertos y en algunos años (Coetzer et al., 1993; Lovatt, 1998). La absorción de B por las hojas no es fácil. Una aspersión foliar de 2 g/L Solubor cuando las hojas eran adultas, mostró una baja absorción de B y prácticamente no hubo absorción por la parte superior (adaxial) de la hoja (Robbertse et al., 1992).



Las aplicaciones de B al suelo suelen ser más efectivas que las aspersiones al follaje (Salazar-García, 2002). La dosis apropiada de boro puede variar con el nivel de producción, edad del huerto, magnitud de la deficiencia (determinada mediante el análisis de suelo y foliar), síntomas, así como la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua (Salazar-García, 2002). En California, la dosis sugerida fue 454 g de Bórax (11% B)/árbol (Embleton y Jones, 1966); en Hawai, la mejor dosis al suelo fue 336 g Solubor (20.5% B)/árbol, fraccionada en tres aplicaciones (febrero, agosto y diciembre) (Miyasaka *et al.*, 1992); en Australia, recomiendan aplicar 372 g Bórax/árbol dividido en dos aplicaciones iguales (Smith *et al.*, 1997); en Sudáfrica, la dosis recomendada es 280 g Bórax/árbol dividido en tres aplicaciones (julio, agosto y octubre) (Bard y Wolstenholme, 1998).

La deficiencia de B en aguacate 'Hass' es un problema común en los suelos de los municipios de Tepic y Xalisco, Nayarit; sin embargo, se carece de información sobre su respuesta a la fertilización con B. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las aplicaciones de boro al follaje o al suelo sobre los niveles foliares de B, producción, tamaño y forma del fruto.

# **Materiales y Métodos**

# Estudio I. Aspersiones con Boro al Follaje.

Este estudio se realizó del 2001 al 2002 en un huerto comercial de 'Hass' ubicado en Venustiano Carranza, Tepic, Nayarit (N 21° 32.0', O 104° 59.1'), a 927 msnm, cultivado sin riego y con precipitación media anual de 1,225 mm, distribuida de junio a septiembre. Los árboles tenían 10 años de edad y estaban establecidos a 8 x 8 m en un suelo migajón arenoso con pH 5.8 y contenido bajo de B (1.08 mg•kg-¹).

#### **Tratamientos**

Para asegurar un buen suministro de B a las hojas en desarrollo, las aspersiones fueron realizadas cuando ya se había iniciado el crecimiento del flujo vegetativo de invierno. Los tratamientos con boro (Folboro, 10% B, Ducor, México) fueron aplicados en 8 L agua (ajustada a pH 5.5)/árbol y fueron: (T-1) Dos aspersiones con 0.5 g B/L agua/árbol (cada una con 5 ml Folboro/L agua) (Mar. y Abr. 2001 y 2002), (T-2) Una aspersión con 1 g B/L agua/árbol (10 ml Folboro/L agua) (Mar. 2001 y 2002), (T-3) Control (sin B).



Los árboles recibieron la siguiente fertilización al suelo en julio, al inicio de las lluvias: 2.780 kg sulfato de amonio (20.5% N), más 2.100 kg sulfato de potasio (50% K²O). En septiembre se aplicó una cantidad similar. Una aplicación adicional de 0.489 kg de urea (46% N) fue realizada en agosto.

# Aspectos evaluados

El efecto a corto plazo de las aspersiones con B al follaje se determinó con un muestreo de hojas recientemente maduras realizado cuatro meses (julio 2001) después de la primera aspersión (marzo). Siete meses después (octubre 2001) de la primera aspersión, se efectuó un muestreo de hojas maduras.

En cada muestreo foliar se colectaron 30 hojas completas (lámina + pecíolo) del flujo vegetativo de invierno (que recibió las aspersiones), sanas y de la parte media de los brotes en cada uno de tres árboles por tratamiento. Las hojas colectadas se lavaron con agua corriente, después con agua destilada y se secaron en una estufa con aire forzado a 70 °C durante 72 h (Salazar-García *et al.*, 2006). Posteriormente, se realizó la digestión húmeda con ácido perclórico y nítrico y el contenido de B fue determinado mediante absorción atómica con un equipo Spectrometer M Series (Thermo Electron Corporation, USA).

El diagnóstico nutrimental del contenido foliar de B en hojas maduras fue realizado empleando un programa de cómputo desarrollado para el cv. Hass en Nayarit (Salazar-García et al., 2009). Dicho programa calcula un Índice da balance (IB) a partir de un valor estándar (42.51 mg•kg<sup>-1</sup>) y su coeficiente de variación, definidos para obtener la mejor relación entre la producción de fruto y el tamaño del mismo. Un diagnóstico de normalidad considera valores de IB entre 83 y 117.

En cada árbol experimental se obtuvo la producción de fruto en el 2001. Para el 2002 no se evaluó la cosecha debido a los daños causados por el huracán "Kenna". Sin embargo, si fue posible evaluar el tamaño del fruto en octubre 2002 (previo al huracán), midiendo en cada punto cardinal del árbol la longitud y diámetro de todos los frutos presentes en una sección de 0.25 m² de la parte media de la copa (total = 1 m²). Las medidas se ajustaron a las siguientes clasificaciones de tamaño de fruto (g/ fruto): Canica (<135 g), Segunda (135-169 g), Primera (170-210 g), Extra (211-265 g) y Súper extra (>266 g).



#### Análisis estadístico

Se emplearon 10 árboles como repeticiones, en un diseño experimental completamente al azar. Previo al análisis de la varianza, los valores expresados en porcentaje fueron transformados por el arcoseno de la raíz cuadrada de la observación (Steel y Torrie, 1980). La comparación de medias se hizo con la prueba de Duncan (P = 0.05).

# Estudio II. Aplicaciones de Boro al Suelo.

El estudio se realizó del 2001 al 2005 en un huerto comercial de 'Hass' ubicado en Platanitos, Mpio. de Tepic, Nayarit (N 21° 31.6', O 105° 02.9'), a 931 m sobre el nivel del mar, cultivado sin riego y con precipitación media anual de 1,225 mm distribuida de junio a septiembre. Los árboles tenían 10 años de edad, estaban establecidos a 8 x 8 m y mostraban síntomas visuales de deficiencia de B. El contenido de B en el suelo a las profundidades de 0-30 cm y 31-60 cm fue de 1.08 y 1.12 mg•kg<sup>-1</sup> (extraído con el método DTPA), respectivamente, el cual es considerado "bajo". La textura del suelo varió de franca a migajón arcillo arenosa, con un pH (1:2 agua) de 5.8.

#### **Tratamientos**

Se aplicaron los siguientes tratamientos con boro (Boronat, 32% B, Boratos Andino SSCM, Chile) al suelo de árboles de aguacate con 4 m de diámetro de copa (12.6 m²): (T-1) dos aplicaciones al año de 0.75 g B/m² (29.5 g Boronat/árbol/aplicación) (julio y septiembre 2001 al 2005), (T-2) una aplicación anual de 1.5 g B/m² (59 g Boronat/árbol) (julio 2001 al 2005), (T-3) Control (sin B).

El boro fue aplicado manualmente en el área de sombreo de la copa del árbol, incorporándolo en una franja de suelo de 60 cm de ancho y 15 cm de profundidad. La fertilización adicional al B que recibieron los árboles fue similar a la descrita en el Estudio I.

# **Aspectos evaluados**

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre los niveles foliares de B se hicieron muestreos de hojas maduras en septiembre 2004 y agosto 2005. La colecta, lavado y secado de las hojas, así como el método analítico para determinar su contenido de B y el diagnóstico respectivo fueron iguales a los descritos en el Estudio I.

En octubre 2002, se colectaron cinco frutos de cada uno de cinco árboles de los tratamientos con dos aplicaciones anuales de 0.75 g B/m² y el Control. Los frutos estaban en madurez legal (≥21.5 materia seca de



la pulpa) y de cada uno de ellos se obtuvieron 50 g de pulpa para determinar su contenido de B.

En el 2003, 2004 y 2005 se obtuvo para cada árbol experimental la producción total y el tamaño del fruto a la cosecha. Adicionalmente, se determinó evaluó la influencia de los tratamientos aplicados sobre la forma del fruto midiendo la longitud y diámetro de una muestra al azar de 100 frutos por árbol.

#### Análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones (árboles). La comparación de medias fue hecha con la prueba de comparación múltiple de Duncan (P = 0.05).

#### Resultados

### Estudio I. Efecto de las Aspersiones con Boro al Follaje. Contenido foliar de B

El muestreo foliar realizado a hojas jóvenes en julio 2001, cuatro meses después de la primera aspersión con boro al follaje, mostró incrementos en el contenido de B. Los árboles control presentaron 75 mg•kg<sup>-1</sup>, mientras que los tratamientos con una y dos aspersiones con B aumentaron los niveles de B a 121 y 114 mg•kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Para el muestreo de octubre 2001, cuando las hojas eran adultas, no hubo diferencias estadísticas en el contenido foliar de B entre los distintos tratamientos y fluctuó de 28.3 a 33.7 mg•kg<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Sin embargo, el diagnóstico nutrimental realizado resultó "Normal" para el control y el tratamiento con una sola aspersión de B. El diagnóstico para el tratamiento con dos aspersiones de B mostró valores de B "Debajo de lo Normal" (28.3 mg•kg<sup>-1</sup>).

Cuadro 1. Efecto de las aspersiones con boro al follaje sobre el contenido foliar de B en hojas recientemente maduras (julio) y maduras (octubre).

	B (mg•kg⁻¹, m.s.)		
Tratamientos	<b>5</b> Jul. 2001	12 Oct. 2001	
Dos aspersiones con 0.5 g B/L agua (Mar. y Abr. 2001)	121.0 a <sup>z</sup>	<b>2</b> 8.3 a	
Una aspersión con 1 g B/L agua (Mar. 2001)	114.3 a	<b>3</b> 3.3 a	
Control	<b>7</b> 5.0 b	<b>3</b> 3.7 a	

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Medias con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Duncan, P = 0.05).



#### Producción de fruto

En la cosecha 2001, la producción fluctuó de 175.5 a 229.6 kg/árbol y no fue afectada por las aspersiones con boro al follaje (Cuadro 2). En la cosecha 2002, la proporción de fruto en tamaños primera y súper extra se incrementó con el tratamiento con dos aspersiones de 0.5 g B/L agua, comparado con el que recibió una sola aspersión y el control. Resultó notable que la mayor proporción de fruto se concentró en el tamaño segunda, que fluctuó de 58 a 70% del total de fruto presente en los árboles (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efecto de las aspersiones con boro al follaje sobre la producción de fruto en aguacate 'Hass'. Cosecha realizada en octubre 2001.

Tratamientos	Producción (kg/árbol)
Dos aspersiones con 0.5 g B/L agua (Mar. y Abr. 2001)	175.5 a <sup>z</sup>
Una aspersión con 1 g B/L agua (Mar. 2001)	<b>2</b> 29.6 a
Control	<b>1</b> 97.1 a

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Medias con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Duncan, *P* = 0.05).

Cuadro 3. Efecto de las aspersiones con boro al follaje sobre el tamaño del fruto en aguacate 'Hass'. Cosecha 2002.

	Frutos/	Porcentaje según el tamaño de fruto				
Tratamientos	m² de	Canica	Segunda	Primera	Extra	S. extra
	copa	(<135 g)	(135-169 g)	(170-210 g)	(211-265 g)	(>266 g)
Dos aspersiones						
<b>c</b> on 0.5 g B/L	<b>4</b> 9.7	<b>1</b> 1.39 a <sup>z</sup>	<b>5</b> 8.37 a	<b>2</b> 8.32 a	<b>0</b> .00 a	1.92 a
agua (Mar.	<del>4</del> 9.7	11.59 a	<b>3</b> 0.37 a	<b>2</b> 0.32 a	<b>0</b> .00 a	1.92 a
y Abr. 2001)						
Una aspersión						
con 1 g B/L	<b>5</b> 5.5	<b>3</b> 4.71 a	<b>6</b> 1.71 a	<b>3</b> .58 b	<b>0</b> .00 a	<b>0</b> .00 b
<b>a</b> gua (Mar. 2001)						
Control	<b>6</b> 5.5	<b>2</b> 4.49 a	<b>7</b> 0.30 a	<b>3</b> .61 b	1.60 a	<b>0</b> .00 b

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Medias con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Duncan, *P* = 0.05).



# Estudio II. Efecto de las Aplicaciones de Boro al Suelo. Contenido foliar de B

Tres años después (septiembre 2004) de las primeras aplicaciones de boro al suelo no se detectaron cambios significativos en los niveles foliares de B, variando éstos de 20.8 a 28.5 mg•kg<sup>-1</sup> (Cuadro 4). Para ese muestreo, el diagnóstico foliar fue "Abajo de lo normal". Cuatro años después (agosto 2005) los árboles Control presentaron los más bajos niveles foliares de B (26.2 mg•kg<sup>-1</sup>), comparado con dos aplicaciones anuales de B (34.9 mg•kg<sup>-1</sup>). Los tratamientos con una o dos aplicaciones anuales de B no mostraron diferencias en su contenido foliar de B.

El diagnóstico nutrimental del contenido foliar de B fue "Normal" para el tratamiento con dos aplicaciones anuales de B y "Abajo de lo normal" para el control y el tratamiento con una sola aplicación anual de B al suelo. Entonces, según los análisis foliares, la deficiencia foliar de B fue controlada tres años después de las primeras aplicaciones de B al suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la a	plicación de boro al s	suelo sobre el contenido fol	iar de B en aguacate 'Hass'.

Tratamientos	B (mg•kg <sup>-1</sup> , m.s.)		
	<b>S</b> ep. 2004	<b>A</b> go. 2005	
Dos aplicaciones al año de 0.75 g B/m <sup>2</sup>	<b>2</b> 8.5 a <sup>z</sup>	<b>3</b> 4.9 a	
de área de sombreo de la copa	<b>2</b> 0.5 a -	<b>3</b> 4.9 a	
Una aplicación anual de 1.5 g B/m <sup>2</sup>	<b>2</b> 4.8 a	<b>3</b> 1.5 ab	
de área de sombreo de la copa	<b>2</b> 4.0 a		
Control	<b>2</b> 0.8 a	<b>2</b> 6.2 b	

<sup>&</sup>lt;sup>z</sup> Medias con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Duncan, P = 0.05).

# Contenido de B en la pulpa

Un año después del inicio de esta investigación (2002) el contenido de B en la pulpa del fruto no fue afectado significativamente por la aplicación de B al suelo y fluctuó de 53.4 mg•kg<sup>-1</sup> a 64.1 mg•kg<sup>-1</sup>.

# Producción de fruto

Las aplicaciones de boro al suelo incrementaron la producción de fruto. Dos años después de iniciado el estudio (Cosecha 2003). Una o dos aplicaciones anuales de boro al suelo incrementaron en más de 40 kg la producción de fruto por árbol, en comparación al Control (Cuadro 5).



En el 2004 y 2005, las aplicaciones de boro al suelo no incrementaron la producción total de fruto y esta presentó poca variación (142.9 a 154.8 kg/árbol) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de boro al suelo en árboles de aguacate 'Hass' sobre la producción anual de fruto y la producción de fruto en tamaños grandes (Primera + Extra + Súper extra; 170 - >266 g).

	Año de cosecha y producción de fruto (kg/árbol)					
	<b>2</b> 003		<b>2</b> 004		<b>2</b> 005	
Tratamientos	Total	P+E+SE	Total	P+E+SE	Total	P+E+SE
Dos aplicaciones						
<b>a</b> l año de 0.75 g	152.1 a	<b>8</b> 6.4 a z	154.1 a	<b>8</b> 9.2 a	<b>1</b> 45.9 a	<b>9</b> 2.1 a
B/m² de área de						
<b>s</b> ombreo de la copa						
<b>U</b> na aplicación						
<b>a</b> nual de 1.5 g	<b>1</b> 49.1 a	<b>7</b> 8.0 a	<b>1</b> 51.1 a	<b>8</b> 3.8 a	<b>1</b> 42.9 a	<b>7</b> 5.5 b
B/m² de área de	149.1 a 	70.0 a	131.1 a	<b>o</b> s.o a	142.9 a	75.50
<b>s</b> ombreo de la copa						
Control	109.5 b	<b>3</b> 8.6 b	<b>1</b> 54.8 a	<b>6</b> 1.0 b	<b>1</b> 45.9 a	<b>7</b> 8.2 b

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Medias con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Duncan, *P* = 0.05).

# Tamaño y forma del fruto

El tamaño del fruto fue incrementado con las aplicaciones de B al suelo. En las cosechas 2003 y 2004 los tratamientos con una o dos aplicaciones de boro al suelo incrementaron la producción de fruto grande (P+E+SE) en comparación con el control. Para el 2005 la mayor producción de fruto grande (92.1 kg/árbol) fue obtenida con el tratamiento de dos aplicaciones de boro al suelo (Cuadro 5). Los incrementos en el tamaño del fruto se reflejaron en una menor producción de fruto tamaño pequeño (Canica + Segunda).

La aplicación de boro al suelo estimuló el crecimiento longitudinal del fruto. Esta respuesta se observó a partir desde la primera aplicación de B al suelo y se mantuvo durante los cuatro años del estudio (Figura 1).



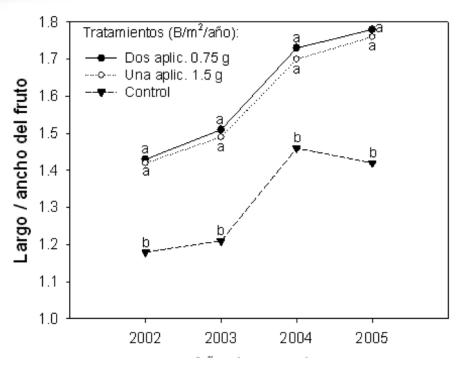


Figura 1. Efecto anual de las aplicaciones de boro al suelo sobre la forma del fruto (relación largo/ancho) en aguacate 'Hass'. Medias con la misma letra dentro de cada año son iguales estadísticamente (Duncan, P = 0.05).

#### Discusión

Las aspersiones foliares con boro a hojas en expansión (jóvenes) incrementaron el contenido foliar de B a corto plazo (cuatro meses). Esto difiere de lo reportado por Robbertse et al., (1992) quien demostró una baja absorción de B por las hojas de aguacate. Para el muestreo realizado cuando las hojas estuvieron adultas (octubre) el efecto de las aplicaciones no fue claro ya que el tratamiento con dos aspersiones de boro mostró niveles "Abajo de lo normal", comparado contra una aspersión y el control.

Respecto al tamaño de fruto, el tratamiento con dos aspersiones de boro fue el que produjo la mayor proporción de fruto tamaño primera, pero ningún tratamiento con boro al follaje mejoró la producción. Estos resultados coinciden con el planteamiento de Coetzer *et al.* (1993) y Lovatt (1998), en el sentido que las aspersiones con B al follaje sólo han incrementado el rendimiento en algunos huertos y en algunos años.

La presente investigación mostró que las aspersiones con boro al follaje no fueron efectivas para corregir esta deficiencia a corto plazo y por lo tanto no fueron redituables para el aguacate 'Hass' en Nayarit. Sin embargo, según Jaganath y Lovatt (1998), las aspersiones con B en prefloración mejoran la viabilidad del polen y la longevidad del óvulo, sobre todo cuando el clima es frío y lluvioso. Estas condiciones no se presentan en el clima semicálido de Nayarit.



Los efectos de la aplicación de boro al suelo sobre los niveles foliares de B fueron detectados cuatro años (2005) después de las primeras aplicaciones de B realizadas en el verano 2001. Esto no necesariamente significa que el B aplicado no haya sido absorbido por las raíces o que no haya habido respuesta a las aplicaciones. El B pudo haber sido tomado por el árbol desde las primeras aplicaciones; sin embargo, dada la deficiencia aguda en que se encontraban los árboles, al principio el B absorbido pudo haber sido transportado a sitios de fuerte demanda, como las flores, frutos y ramillas, así como los sitios de reserva (ramas, tronco y raíces). Una vez cubierto esto, los niveles foliares de B se estabilizaron en el árbol y empezaron a reflejar el efecto de los niveles de boro aplicados al suelo.

Lo anterior tiene lógica dado el incremento de más de 40 kg en la producción de fruto que una o dos aplicaciones anuales de B al suelo tuvieron sobre la cosecha 2003. En las cosechas posteriores la diferencia entre las producciones de fruto fue mínima (aprox. 4 kg/árbol) por lo que no se detectaron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, los rendimientos obtenidos se consideran aceptables para huertos de temporal (más de 23 ton/ha). Es importante notar que la aplicación de B siempre incrementó la producción de fruto de tamaños grandes (primera, extra y súper extra), que tienen mayor valor en el mercado. El mayor incremento se obtuvo con dos aplicaciones anuales de 0.75 g de B/m² de área de sombreo de la copa del árbol.

El costo de dos aplicaciones de 0.75 g de B/m²/año por los tres años fue de \$3,300.00 (USD \$244); entonces, si la cosecha se vendió a \$7,000.00 ton (precio moderado) se obtuvo un ingreso extra de \$116,151.00 (USD \$8,603) por hectárea.

La producción acumulada de fruto grande (P+E+SE) de las cosechas 2003 al 2005 fue mayor (237.3 y 267.7 kg/árbol, respectivamente) para una o dos aplicaciones anuales de B al suelo, comparada con el Control (177.8 kg/árbol) (Figura 2). Esto significó incrementos anuales que fluctuaron de 8.3 a 9.0 ton/ha y deben ser considerados como una ganancia adicional al incremento en la producción total de fruto.



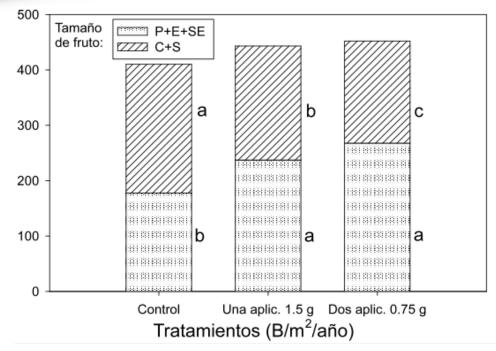


Figura 2. Efecto de la aplicación de boro al suelo en árboles de aguacate 'Hass' sobre la producción acumulada de fruto (cosechas 2003+2004+2005) y su distribución según el tamaño del fruto: grandes (Primera + Extra + Súper extra; P+E+SE) y pequeños (Canica + Segunda; C+S). Medias con la misma letra para cada grupo de tamaño de fruto son iguales estadísticamente (Duncan, *P* = 0.05).

Adicional al incremento en el tamaño de fruto, estos fueron más largos y estéticos para el cv. Hass; es decir, presentaron una mayor relación largo/ ancho, reduciendo significativamente la cantidad de frutos pequeños y redondos. El efecto de una o dos aplicaciones anuales de B al suelo sobre la forma del fruto fue rápido, ya que se manifestó claramente al siguiente año (cosecha 2002) de las primeras aplicaciones de boro al suelo.

Nuestros resultados mostraron que dos aplicaciones al año de 0.75 g B/m² de área de sombreo de la copa del árbol fueron suficientes para eliminar la deficiencia foliar de B e incrementar el tamaño, forma y calidad del fruto. Lo anterior es ligeramente superior a las aplicaciones óptimas reportadas para Sudáfrica (0.5 a 1.0 g B/m²/año) (Bard y Wolstenholme, 1998).

### **Conclusiones**

Las aspersiones con B al follaje no corrigieron la deficiencia foliar de B ni incrementaron la producción de fruto; sin embargo, dos aspersiones con 0.5 g B/L agua incrementaron 25% la producción de fruto tamaño primera (intervalo de peso = 170-210 g). Una aplicación anual de 1.5 g B/m² de área de sombreo de la copa del árbol o dos aplicaciones al año de 0.75 g B/m² al suelo incrementaron 28% la producción de fruto por árbol, 39% la producción de fruto de tamaño grande (intervalo de peso = 170 - >266 g) y la relación largo:ancho del fruto, reduciendo la canti-



dad de frutos pequeños y redondos. Se encontró una pobre relación entre las dosis de B aplicadas al suelo y el contenido foliar de B.

# **Agradecimientos**

Se reconoce el apoyo económico de la USPR Aguacate Hass de Nayarit, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit. Agradecemos a Juan Carlos Bermúdez su apoyo técnico y a los productores Rubén Bermúdez y Alberto Ante por facilitar sus huertos para esta investigación.

#### Literatura Citada

- 1. Bard, Z.U. and B.N. Wolstenholme. 1998. Soil boron application for control of boron deficiency in the avocado in the Kwa-Zulu-Natal midlands. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 21:22-25.
- 2. Coetzer, L.A., P.J. Robbertse, and B.P.H. Janse Van Vuuren. 1993. The role of boron in avocados. Theory, practice, and reality. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 16:2-4.
- 3. Embleton, T.W. and W.W. Jones, 1966. Avocado and mango nutrition. In: Childers, N.F. (ed.) Fruit Nutrition. Horticultural Publications. Rutgers Uni v. New Brunswick, NJ. pp. 51-76.
- 4. Jaganath, I.B. and C.J. Lovatt. 1998. Efficacy studies on prebloom canopy applications of boro and/or urea to 'Hass' avocados in California. Proc. World Avocado Congress III, Tel Aviv, Israel, Oct. 22-27, 1995. pp.181-184.
- 5. Lovatt, C.J. 1998. Management of foliar fertilization. First National Symposium on Crop Nutrition, September 21-23, 1998. Querétaro, México.
- 6. Miyasaka, S.C., T.G. Mcdonald, T. Matsuyama, E.A. Graser and I.S. Campbell. 1992. Boron Fertilization of 'Sharwil' Avocados in Kona, Hawaii. Proc. Second World Avocado Congress 1992 pp. 343-348.
- 7. Robbertse, P.J., L.A. Coetzer, and F. Bessinger. 1992. Boron: uptake by avocado leaves and influence on fruit production. pp. 173-178. In: Lovatt, C.J. (ed.). Proc. World Avocado Congress. II. Orange, Calif. USA. April 21-26, 1991.
- 8. Robbertse, P.J., L.A. Coetzer, M. Slabbert, and J.J. Bezuidenhout. 1990. The influence of boron on fruit set in avocado. Acta Hort. 275:587-594.



- 9. Salazar-García, S. 2002. Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) e Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México. 165 p.
- 10. Salazar-García, S., L.E. Cossio-Vargas y I.J.L. González-Durán. 2006. Técnica de muestreo foliar para el diagnóstico nutrimental del aguacate 'Hass' en Nayarit. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 2. Nayarit, México. 17 p.
- 11. Salazar-García, S., E.M. Lord and C.J. Lovatt. 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (Persea americana Mill.) during "on" and "off" crop years. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 537-544.
- 12. Salazar-García, S., I.J.L. González-Durán y L.E. Cossio-Vargas. 2009. Sistema para el diagnóstico nutrimental foliar del aguacate 'Hass' en Nayarit, México. INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Programa de cómputo No. 4.
- 13. Salazar-García, S. y I. Lazcano-Ferrat. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate 'Hass' bajo condiciones de temporal. Rev. Chapingo Serie Horticultura 5:173-184.
- 14. Smith, T.E., P.J. Hofman, R.A. Stephenson, C.J. Asher, and S.E. Hetherington. 1997. Improving boron nutrition improves 'Hass' avocado fruit size and quality. In: Cutting, J.G (Ed.).Proc. Conference '97: Searching for Quality. Joint Meeting of the Australian Avocado Grower's Federation, Inc. and NZ Avocado Growers Assn. Inc., 23-26 September 1997. pp. 131-137.
- 15. Steel, R.G.D. and Torrie. J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill. USA.