



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**CONCENTRACIÓN DE BORO EN DIFERENTES
TEJIDOS DE PALTO (*Persea americana* Mill.) COMO
RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BÓRAX AL SUELO**

MARÍA JOSÉ CASTRO PAULSEN

SANTIAGO - CHILE

2004

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
MATERIALES Y MÉTODO.....	7
Ensayo 1.....	7
Ensayo 2.....	8
Diseño experimental y análisis estadístico.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
Ensayo 1.....	10
Concentración de boro en los tejidos.....	10
Crecimiento del árbol.....	14
Ensayo 2.....	15
Concentración de boro en los tejidos.....	15
Crecimiento del árbol.....	19
Frutos cuajados.....	21
CONCLUSIONES.....	22
LITERATURA CITADA.....	23

RESUMEN

Se realizaron dos ensayos con el objetivo de ver si existe un tejido distinto a la hoja, en este caso la inflorescencia, pulpa o pedúnculo del fruto, más certero que la hoja para realizar un diagnóstico nutricional de boro.

En el Ensayo 1 se seleccionaron 12 árboles homogéneos y con abundante carga frutal. El día 29 de Enero del 2003, a cada árbol se le aplicó una dosis de boro, en forma de bórax (0; 75; 150 y 300 g de bórax), en tres repeticiones de un árbol cada una. El día 22 de mayo de 2003 se colectaron 30 hojas y 15 frutos con pedúnculo, por árbol. En las muestras de hojas, pedúnculo y pulpa del fruto se determinó el contenido de boro, mediante espectrocolorimetría (Azometina H). La concentración promedio de boro fue de $33,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en el pedúnculo, $75,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la pulpa del fruto y $45,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la hoja. La concentración de boro en la hoja no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El pedúnculo sí mostró diferencias entre el testigo y todas las dosis, al igual que la pulpa del fruto. Se obtuvieron altas relaciones entre la concentración de boro en los tejidos analizados y la dosis de bórax aplicada al suelo ($R^2 = 0,77$ en el pedúnculo; $R^2 = 0,75$ en la pulpa de fruto y $R^2 = 0,53$ en la hoja). Consecuentemente, el pedúnculo y la pulpa del fruto serían mejores tejidos que la hoja para diagnosticar el nivel de boro en el árbol. Los árboles tratados con la dosis más alta de bórax presentaron un menor crecimiento que los demás, aunque no mostraron síntomas de toxicidad.

En el Ensayo 2 se seleccionaron 12 árboles homogéneos, pero sin carga frutal, para asegurar producción de inflorescencias. El día 29 de Enero del 2003, se aplicaron las mismas dosis de bórax que en el Ensayo 1. El 22 de mayo de 2003 se tomaron muestras de hojas, el 10 de octubre se volvió a colectar muestras de 30 hojas y además 60 inflorescencias por árbol. A cada una de las muestras se le determinó su concentración de boro.

La concentración de boro fue $44,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para la inflorescencia, $41,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para la hoja tomada en mayo y $22,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para la hoja tomada en octubre. La hoja de mayo sólo mostró diferencias significativas entre los tratamientos extremos, mientras que la inflorescencia y la hoja de octubre lo hicieron entre varios de ellos. Se obtuvieron altas relaciones entre la concentración de boro en los tejidos y la dosis de bórax ($R^2 = 0,82$ en la inflorescencia; $R^2 = 0,78$ en la hoja de octubre; $R^2 = 0,63$ en la hoja de mayo). La inflorescencia y la hoja de octubre serían tejidos más representativos del nivel de boro en el árbol que la hoja de mayo, tejido comúnmente utilizado para la recolección de muestras en el palto.

Para determinar el efecto de los tratamientos en el cuajado de frutos, se seleccionaron seis ramillas alrededor de cada árbol, y en cada ramilla se realizó un conteo de panículas. Luego, después de cada caída natural, se contó el número de panículas con fruto y el número de frutos por panícula. No se encontró diferencia significativa en el cuajado de frutos con los tratamientos realizados.

SUMMARY

Two tests were carried out in avocado trees with the objective of seeing if there is a plant tissue, in this case the inflorescence, pulp or peduncle of fruit, that proves more accurate than the leaf tissue for a nutritional diagnose of boron.

In Test N°1, 12 homogeneous trees with abundant fruit load were selected. Each tree was given a dose of boron in the form of borax (0; 75; 150; 300 g of borax), each one being replicated three times in each tree. On May 22, 2003, 30 leaves and 15 fruits with peduncle were collected from each tree. In samples of leaves, peduncle and fruit pulp the existence of boron content was determined by spectrophotometry (Azometin H.) The mean boron concentration was $33.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the peduncle, $75.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the fruit pulp and $45.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the leaf. Boron concentration in the leaf did not show a significant difference among the treatments. The peduncle and fruit pulp did show differences between the control and all the doses. High relationships were obtained between boron concentration in the tissues analyzed and the borax dose applied to the soil ($R^2 = 0.77$ in the peduncle; $R^2 = 0.75$ in the fruit pulp; and $R^2 = 0.53$ in the leaf). Consequently, the peduncle and fruit pulp would be better tissues than the leaf to diagnose the boron level in the tree. The trees treated with the highest borax dose presented less growth than the others, although they did not show any toxicity symptoms.

In Test N°2, 12 homogeneous trees with no fruit load were selected, so as to assure the inflorescence production. Borax doses applied were the same as those applied in Test N°1. On May 22, 2003, leaf samples were taken and, again, on October 10, 2003, a total of 30 leaf samples and 60 inflorescences were collected from each tree. Boron concentration was determined in each sample. This was $44.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, in the inflorescence and $41.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $22.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ for the leaves collected in May and October, respectively. The May leaf only showed significant differences between extreme treatments, while the inflorescence and October leaf showed significant differences among various treatments. High

relationships were observed between the boron concentration in the tissues and the borax dose ($R^2 = 0.82$ in the inflorescence; $R^2 = 0.78$ in the October leaf; and $R^2 = 0.63$ in the May leaf). The inflorescence and the October leaf tissues would be better indicators of the boron levels in the tree than the May leaf, whose tissue is commonly used for avocado sampling.

To determine the effect of treatments on fruit set, six twigs were collected from around the base of the tree and the panicles on each twig were counted. Afterwards, after each natural fall, the number of panicles with fruit and the number of fruits per panicle were counted. No significant difference was found in fruit set in the treatments carried out.

INTRODUCCION

El análisis foliar ha sido la herramienta más certera para determinar el estado nutricional de las plantas. No obstante, desde hace años se han realizado diferentes investigaciones tendientes a probar tejidos complementarios a la hoja, en procura de una mayor precisión en el diagnóstico nutricional de algunos elementos minerales. Ello ha dado como resultado, por ejemplo, el uso ya rutinario del análisis de arginina en sarmientos y raíces de vid, y el análisis de nitrógeno, calcio y potasio en frutos de manzano.

Otros tejidos también aparecen como promisorios. El raquis del racimo en la vid representa mejor que la hoja el efecto de la aplicación de potasio al suelo (Dulac, citado por Fregoni 1980). Al mismo tiempo hay reportes que demuestran una respuesta lineal en el raquis según el incremento de nitrógeno suministrado al suelo (Ismail, citado por Fregoni 1980). Adicionalmente, se señala al análisis de flores como una herramienta útil para evaluar el nivel de hierro en duraznero, elemento que, como es sabido, no tiene buena respuesta al análisis foliar (Sanz *et al.*, 1997).

En lo referente al boro, se sostiene que las flores son muy útiles para el estudio de la deficiencia de este nutriente en la vid (Fregoni, 1980). Algo similar ocurre con el exocarpo de la almendra, que se señala como interesante de estudiar para determinar el nivel de abastecimiento de boro en el árbol, por ser el tejido donde más se acumula ese elemento (Nyomara y Brown, 1997).

En el caso del palto, después de realizar una prospección en 14 huertos de la Zona Central de Chile, en la que se comparó diversos tejidos, se determinó que la flor y el pedúnculo del fruto son tejidos muy promisorios para determinar el nivel de abastecimiento de los elementos minerales en esta especie frutal (Granger, 2001; Razeto *et al.*, 2003). En estos estudios, la flor presentó una concentración de boro más alta que la hoja, mientras que

el pedúnculo fue el tejido con mayor sensibilidad para detectar diferencias entre huertos. Adicionalmente, el pedúnculo fue el único tejido cuya concentración de boro tuvo una alta correlación con la producción del árbol.

Aplicaciones de dosis crecientes de nitrógeno al suelo en palto var. Hass, también se relacionan con la mayor concentración de nitrógeno en la flor, pero el pedúnculo fue el tejido que mayor relación tuvo con la dosis de nitrógeno y con el crecimiento del árbol, concluyendo que el pedúnculo y la flor aparecen como tejidos más certeros que la hoja, para representar el nivel de nitrógeno del árbol (Salgado, 2002; Razeto y Salgado, 2004).

En el cultivo del palto, el boro presenta una gran importancia, pues se ha encontrado que las aspersiones foliares con este elemento, a inicios del período de floración aumentan la producción debido a un mayor cuajado de frutos, el que en el palto suele ser insuficiente. El efecto positivo sería el resultado de una mejor germinación del grano de polen en el estigma y un desarrollo más rápido del tubo polínico (Robbertse *et al.*, 1990; Smith *et al.*, 1997 ; Jaganath y Lovatt, 1998). La germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico son adecuados cuando la concentración de boro en la flor del palto es de $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Robbertse *et al.*, 1990 y Coetzer *et al.*, 1993, citados por Gazit y Degani, 2002). Sin embargo, no existe referencia si igual efecto se logra con aplicaciones de boro al suelo.

En consideración a estos antecedentes, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de aplicaciones de bórax al suelo, sobre la concentración de boro en distintos tejidos del palto y sobre el cuajado de frutos.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizaron dos ensayos en un huerto de palto var. Hass, ubicado en La Aparición Sur, Parcela 18, Comuna de Paine, Provincia de Maipo, Región Metropolitana (33° 44' latitud sur, 70° 39' longitud oeste). Los árboles de 5 años de edad estaban sobre portainjerto Mexícola, plantados a 5 x 5 m, regados por surcos. Al momento de iniciar los ensayos, los árboles presentaban un nivel normal de boro en las hojas (41 mg·kg⁻¹ y 42 mg·kg⁻¹ en el Ensayo 1 y 2, respectivamente).

Ensayo 1

Se seleccionaron 12 árboles homogéneos, con abundante carga frutal y aislados entre sí. En estos 12 árboles se aplicaron 4 dosis de bórax al suelo (0; 75; 150 y 300 g de bórax por árbol), en número de tres árboles por dosis, distribuidos al azar.

La dosis correspondiente a cada árbol se aplicó incorporándola al suelo, por mitades en un surco a cada lado del árbol. La dosis fue aplicada el día 29 de enero del 2003 aproximadamente, dos meses y medio después de la plena floración.

El día 22 de mayo (aproximadamente cuatro meses antes de la fecha de cosecha, con las yemas florales en estado fenológico 3, según Salazar-García *et al.*, 1998) se colectó una muestra individual y representativa de 15 frutos con pedúnculo, y 30 hojas por árbol de brotes desarrollados la primavera anterior. Las muestras fueron tomadas alrededor de todo el árbol a la altura del hombro.

Las muestras fueron llevadas, el mismo día de su recolección, al Laboratorio de Análisis Foliar de la Facultad, donde las hojas y los pedúnculos fueron lavados con agua destilada y bidestilada, mientras que el fruto fue pelado, deshuesado, partido en la mitad, sacando dos lonjas del fruto. Estas muestras se colocaron en bolsas de papel, para ser secadas en una estufa con circulación forzada de aire por 48 horas a 70 ° C. Una vez secas, fueron molidas en molinillo, envasadas en frascos de vidrio, almacenadas en una desecadora de vidrio y luego analizadas para determinar su concentración de boro. Los análisis se realizaron mediante espectrocolorimetría (azometina H), en el mismo laboratorio.

En cada árbol se midió el perímetro del tronco sobre la unión patrón-injerto, al inicio y término del ensayo, con el fin de determinar el efecto de los tratamientos en el crecimiento del árbol.

Ensayo 2

Para este ensayo, también se seleccionaron 12 árboles homogéneos y aislados entre sí, pero sin frutos. Se seleccionaron árboles sin frutos para asegurar la producción de inflorescencia, debido a la producción alternada (añerismo) que afecta a esta variedad. Se aplicaron las mismas dosis que en el Ensayo 1, es decir, 0; 75; 150 y 300 g de bórax por árbol, de igual manera y en la misma fecha. El día 22 de mayo se colectó una muestra individual y representativa de 30 hojas por árbol, desde brotes de la primavera anterior. El día 10 de octubre se colectó una muestra de 60 inflorescencias, con sus flores completamente diferenciadas, pero cerradas (estado fenológico 10 según Salazar-García *et al.*, 1998), y 30 hojas por árbol, tomadas alrededor del árbol. Las muestras fueron procesadas de igual manera que en el Ensayo 1, para determinar su concentración de boro.

Para evaluar el cuajado de frutos, el día 21 de octubre, en plena flor, se marcaron 6 ramillas por árbol, al alcance de la mano alrededor del árbol. En cada ramilla se contó el

número de panículas. Luego, después de cada caída natural, los días 29 de noviembre, 26 de diciembre, 29 de enero, 26 de febrero y 30 de marzo, se contó el número de panículas con fruto y el número promedio de frutos por panícula.

Al igual que en el Ensayo 1, se midió el perímetro del tronco sobre la unión patrón-injerto, al inicio y término del ensayo.

Diseño experimental y análisis estadístico

En cada ensayo el diseño experimental fue completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental fue un árbol.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) y test de comparación múltiple de LSD. Se realizaron análisis de correlación y regresión entre variables, considerando la dosis de bórax como variable independiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1

Concentración de boro en los tejidos

La concentración de boro, tanto en la hoja como en el pedúnculo y la pulpa del fruto, aumentó a medida que la dosis de bórax fue mayor (Cuadro 1). En el caso de la hoja se ratifica lo encontrado por Bard y Wolstenholme (1999) y por Whiley *et al.*, (1996). La concentración de boro fue mayor en la pulpa del fruto, seguido por la hoja y finalmente el pedúnculo. Según este parámetro, la pulpa sería el tejido más adecuado para diagnóstico nutricional. Sin embargo, desde el punto de vista del coeficiente de variación, el cual indica la amplitud de los datos en cada tejido y, probablemente, la capacidad para detectar diferencias dentro de los árboles tratados, el pedúnculo aparece como el mejor tejido, al presentar el coeficiente de variación más alto. De hecho, la diferencia entre el árbol con concentración más alta de boro y aquel con la menor concentración fue de 4,1 veces en el pedúnculo, y de sólo 2,4 y 2,6 veces en la pulpa y la hoja, respectivamente.

Cuadro 1. Concentración de boro en diferentes tejidos y árboles de palto, según la dosis de bórax aplicada al suelo.

Dosis de Bórax	Nº árbol	Concentración de boro		
		Pedúnculo	Pulpa de fruto	Hoja
g/árbol			mg·kg ⁻¹	
0	1	18	44	35
	5	13	45	27
	9	16	50	31
75	2	35	70	43
	6	33	84	48
	10	36	74	49
150	3	53	98	64
	7	33	88	40
	11	32	68	37
300	4	53	100	70
	8	46	106	50
	12	39	74	50
Promedio		33,9	75,1	45,3
Desviación estándar		13,2	21,2	12,7
Coefficiente de variación		39	28,2	28

Por otra parte, la concentración de boro en el pedúnculo de los árboles tratados con bórax al suelo presentó diferencia significativa con la de los árboles que no recibieron este producto, asimismo ocurrió en el caso de la pulpa del fruto (Cuadro 2). En cambio, la hoja no alcanzó a detectar diferencias entre los árboles, lo cual la desplaza como tejido de análisis nutricional para el boro en el palto.

Cuadro 2. Concentración promedio de boro en diferentes tejidos de palto según la dosis de bórax aplicada al suelo.

Dosis de bórax	Concentración de B		
	Pedúnculo	Pulpa fruto	Hoja
g/árbol		mg·kg ⁻¹	
0	15,6 a	46,3 a	31,0 a
75	34,6 b	76,0 b	46,6 a
150	39,3 b	84,6 b	47,0 a
300	46,0 b	93,3 b	56,6 a

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

La efectividad del pedúnculo, como tejido indicador del nivel de boro en el árbol, queda corroborada al presentar la mayor relación con la dosis de bórax aplicada, seguido muy de cerca por la pulpa y finalmente la hoja (Figuras 1; 2 y 3).

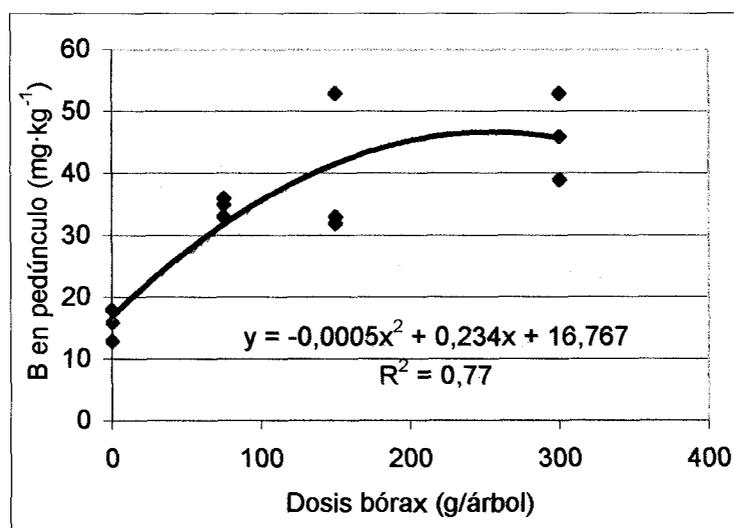


Figura 1. Relación entre la dosis de bórax al suelo y la concentración de boro en el pedúnculo del fruto de palto.

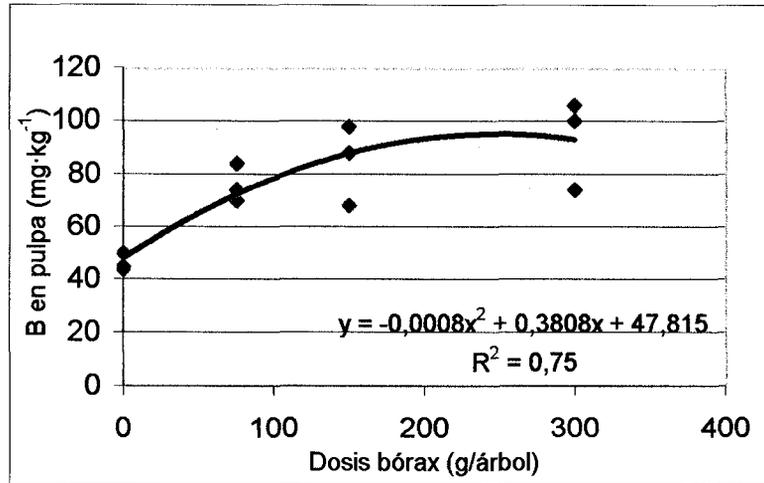


Figura 2. Relación entre la dosis de bórax al suelo y la concentración de boro en la pulpa del fruto de palto.

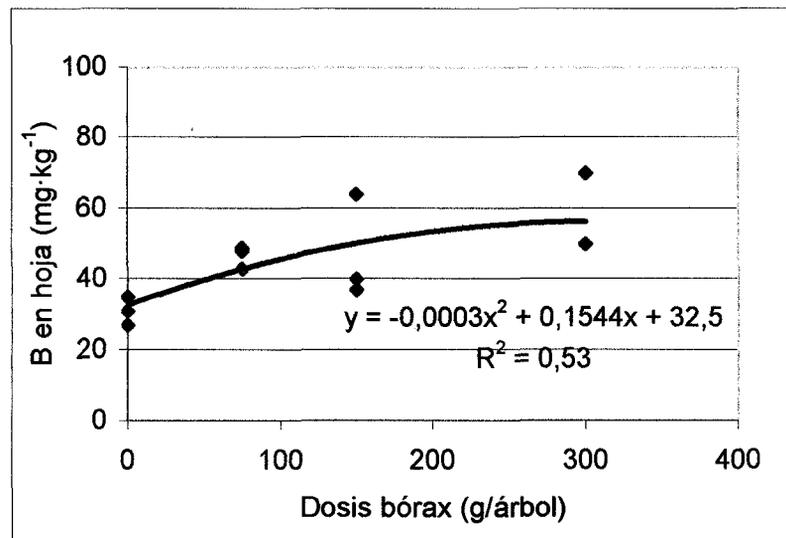


Figura 3. Relación entre la dosis de bórax al suelo y la concentración de boro en la hoja de palto.

Resulta interesante destacar al pedúnculo como tejido indicador del nivel de boro en el árbol de palto, coincidiendo con lo obtenido en un ensayo similar por Razeto y Salgado (2004), en ese caso referente al nitrógeno. También, el análisis del pedúnculo apareció como más preciso que el análisis foliar para determinar el nivel de nitrógeno en el árbol de palto, como respuesta a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado al suelo.

Una ventaja adicional del pedúnculo, la constituye el hecho que se desarrolla y va madurando siempre en el mismo lugar del árbol, independiente de los ciclos de emisión de brotes, de la caída de hojas, del crecimiento de brotes y ramas en longitud. Además, no se encuentra muy expuesto a las aspersiones de productos químicos que pueden, en determinadas ocasiones, distorsionar los análisis de elementos minerales. La hoja, en cambio, está continuamente sujeta a las fuentes de variación señaladas, lo que dificulta el muestreo y la interpretación de resultados. No menos importante es el hecho que el pedúnculo sea el tejido que abastece de nutrientes al fruto.

El análisis de boro en la pulpa del fruto, aunque algo menos certero que el de pedúnculo, también aparece como mejor indicador del nivel de boro en el árbol que el análisis foliar y con las mismas ventajas adicionales.

Crecimiento del árbol

No se presentó una respuesta positiva en el crecimiento de los árboles a las aplicaciones de bórax realizadas al suelo (Cuadro 3), probablemente debido a que los árboles utilizados en el ensayo presentaban un nivel normal de boro en las hojas ($41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Incluso en la dosis más alta, 300 g de bórax por árbol, el crecimiento experimentado por los árboles fue significativamente menor que en los demás, probablemente a causa de un exceso de este nutriente, aunque no se observaron síntomas de toxicidad. La dosis empleada en estos últimos árboles, intencionalmente, superó a aquellas usualmente recomendadas para palto, que van de 50 a 125 g de bórax por árbol (Rodríguez, 1993).

Cuadro 3. Crecimiento de los árboles de palto según la dosis de bórax aplicada al suelo.

Dosis de bórax	Incremento en perímetro de tronco	Incremento absoluto en perímetro de tronco
g/árbol	%	cm
0	46,2 a	15,2 a
75	50,0 a	16,5 a
150	42,3 a	13,2 a
300	26,0 b	11,0 a

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Ensayo 2

Concentración de boro en los tejidos

La concentración de boro en los tres tejidos analizados (hoja de mayo, hoja de octubre e inflorescencia) aumentó a medida que la dosis de bórax fue mayor (Cuadro 4). En el caso de las hojas se ratifica lo encontrado por Bard y Wolstenholme (1999) y por Whiley *et al.*, (1996). Sin embargo, la concentración de boro fue mayor en la inflorescencia, seguida de cerca por la hoja de mayo y de lejos por la hoja de octubre, con una concentración cercana a la mitad. Según este parámetro, la hoja de mayo y la inflorescencia serían los tejidos más adecuados para detectar diferencias en el nivel de boro entre árboles. No obstante, en el Cuadro 5 se puede observar que la inflorescencia y la hoja de octubre fueron tejidos que permitieron determinar mejor que la hoja de mayo la respuesta a las dosis de bórax aplicadas al suelo. En efecto, esta última sólo presentó diferencia significativa entre los tratamientos extremos, mientras que la inflorescencia y la hoja de octubre lo hicieron entre varios de ellos.

Cuadro 4. Concentración de boro en diferentes tejidos y árboles de palto según la dosis de bórax aplicada al suelo.

Dosis de Bórax g/árbol	Nº árbol	Concentración de boro		
		Hoja mayo	Hoja octubre	Inflorescencia
		mg·kg ⁻¹		
0	1	38	19	37
	5	31	17	32
	9	30	15	33
75	2	24	18	40
	6	43	20	40
	10	34	22	44
150	3	57	25	40
	7	42	25	54
	11	40	24	43
300	4	57	32	64
	8	57	31	55
	12	49	25	54
Promedio		41,8	22,8	44,7
Desviación estándar		11,3	5,3	9,9
Coeficiente de variación		26,9	23,3	22,2

Cuadro 5. Concentración promedio de boro en diferentes tejidos de palto según la dosis de bórax aplicada al suelo.

Dosis de bórax g/árbol	Concentración de B mg·kg ⁻¹		
	Hoja mayo	Hoja octubre	Inflorescencia
0	33,0 a	17,0 a	34,0 a
75	33,6 a	20,0 a	41,3 ab
150	46,3 ab	24,6 b	45,6 b
300	54,3 b	29,3 c	57,6 c

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

En adición a lo anterior, la inflorescencia, con un $R^2 = 0,82$, fue el tejido que mayor relación tuvo con la dosis de bórax (Figura 4). Le sigue muy de cerca la hoja de octubre con un $R^2 = 0,78$ y, más atrás, la hoja de mayo con un $R^2 = 0,63$ (figuras 5 y 6).

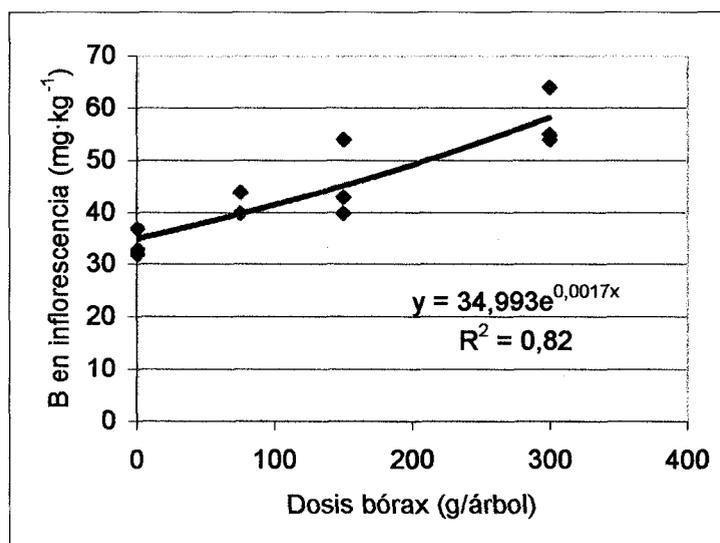


Figura 4. Relación entre la dosis de bórax aplicada al suelo y la concentración de boro en la inflorescencia de palto.

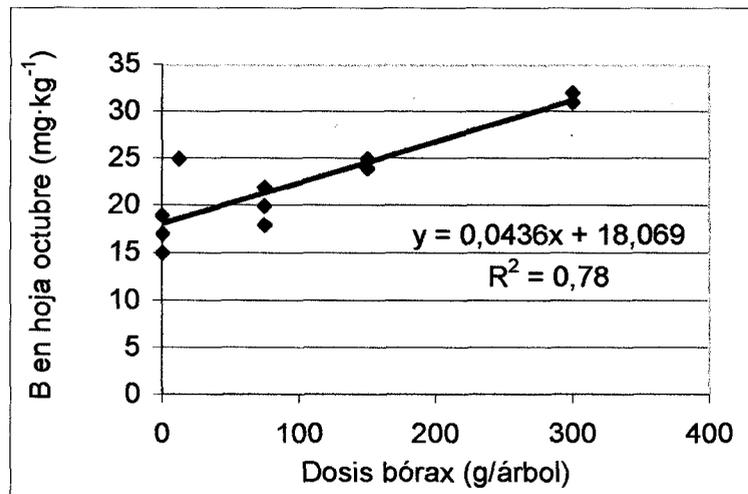


Figura 5. Relación entre la dosis de bórax aplicada al suelo y la concentración de boro en la hoja de octubre del palto

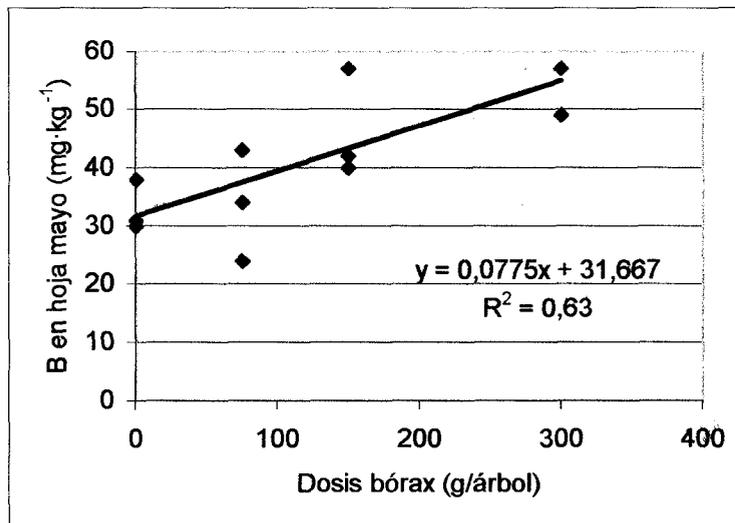


Figura 6. Relación entre la dosis de bórax aplicada al suelo y la concentración de boro en la hoja de mayo en palto.

Los resultados descritos permiten perfilar a la inflorescencia como un tejido superior a la hoja, para detectar diferencias en el nivel de boro entre árboles de palto. Cabe destacar que, la hoja de mayo aparece como el tejido menos adecuado, no obstante, ser aquél generalizadamente utilizado para el análisis foliar en palto. Los resultados de la presente investigación coinciden con los presentados por Razeto y Salgado (2004), para un ensayo similar realizado con nitrógeno. En ese ensayo, la inflorescencia también aparece como un tejido promisorio a ser analizado para representar el nivel de nitrógeno en el árbol de palto.

Es significativo que la inflorescencia aparezca como un tejido representativo del nivel de boro del árbol, si se considera el papel que este nutriente desempeña en el cuajado de frutos. Es un hecho, ampliamente reconocido, el positivo efecto que tiene el boro en la germinación del grano de polen y posterior crecimiento del tubo polínico. Por otra parte, la inflorescencia del palto constituye un órgano fácil de identificar, no expuesto a las variaciones que tiene la hoja según su edad y ubicación en el árbol, y mucho menos expuesta que ésta a una posible contaminación con productos químicos u otros que puedan alterar los análisis.

Crecimiento del árbol

No se presentó respuesta positiva en el crecimiento de los árboles a las aplicaciones de bórax realizadas al suelo (Cuadro 6), probablemente debido a que los árboles utilizados en el ensayo presentaban un nivel normal de boro en las hojas ($42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Cuadro 6. Crecimiento de los árboles de palto según la dosis de bórax aplicada al suelo.

Dosis de bórax	Incremento en perímetro de tronco	Incremento absoluto en perímetro de tronco
g/árbol	%	cm
0	39,8 a	15,7 a
75	50,5 a	18,1 a
150	28,7 a	11,5 a
300	51,9 a	20,2 a

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Frutos cuajados

A pesar del efecto positivo de las aplicaciones de bórax al suelo, en cuanto a aumentar el nivel de boro en la inflorescencia, y contrariamente a lo esperado, no se encontró un efecto significativo de las dosis de bórax sobre los frutos cuajados (Figura 7). Este resultado contradice aquellos obtenidos por Lovatt (1999), con aspersiones de boro al follaje del palto. Sin embargo, coincide con los resultados obtenidos por Cruzat (1993) y por Bard y Wolstenholme (1999), quienes no lograron aumentar la cuaja de frutos con aplicaciones de bórax al suelo en palto.

Una concentración de $34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de boro en la inflorescencia fue suficiente para el cuajado de frutos en esta variedad de palto, pues concentraciones superiores no aumentaron dicho proceso.

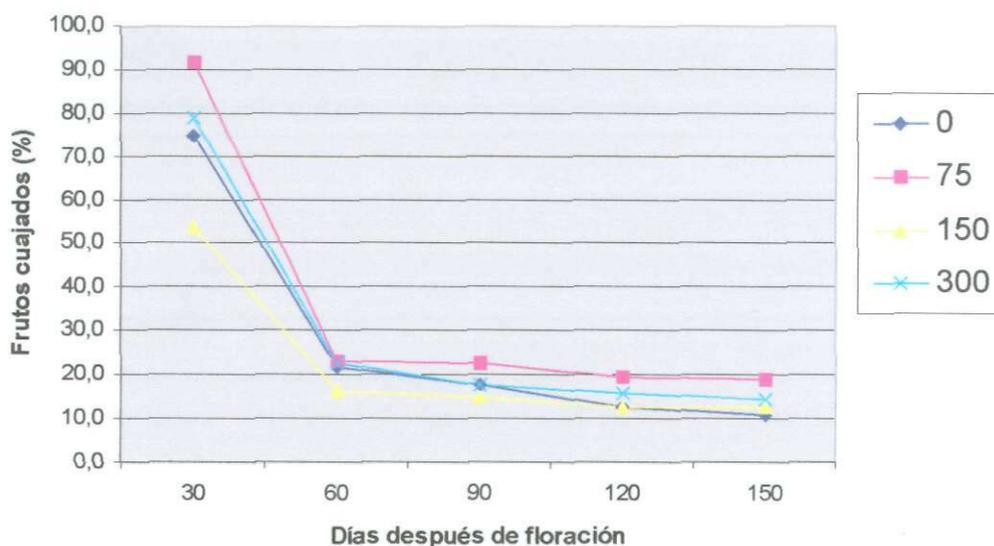


Figura 7. Cuajado de frutos en el árbol de palto tratado con diferentes dosis de bórax.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este ensayo es posible concluir que:

- La concentración de boro en el pedúnculo, pulpa del fruto e inflorescencia, aparecen como herramientas superiores que el análisis de hojas para detectar diferencias en el nivel de este nutriente en árboles de palto, al menos en los rangos normales y altos.
- La aplicación de boráx al suelo, en árboles de palto con un nivel foliar normal de boro, no influye en el cuajado de frutos, a pesar del aumento en la concentración de boro en la inflorescencia.

LITERATURA CITADA

BARD, Z. and WOLSTENHOLME, N. 1999. Soil boron application for the alleviation of boron deficiency of avocado (*Persea americana* Mill.) in the kwazulu-natal midlans. Revista Chapingo, Serie Horticultura, volumen V, número especial. 185-189.

CRUZAT, C. 1993. Efecto de aplicaciones de boro al follaje y al suelo en palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Quillota, Chile. Memoria de Título, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso. 93p.

FREGONI, M. 1980. Nutrizione e fertilizzazione della vite. Edagricole. Bologna, Italia. 418 p.

GAZIT, S. and C. DEGANI. 2002. Reproductive biology. pp. 101-133. In: Whiley, A. Schaffer, B. and Wolstenholme, B (Eds). The avocado, botany, production and uses. CABI Publishing, New York, USA. 416p.

GRANGER, C. 2001. Análisis químico de flores y frutos para el diagnóstico de la nutrición mineral en el palto. Santiago, Chile. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 16p.

JAGANATH, L and C. J. LOVATT, 1998. Efficacy studies on prebloom canopy application of boron and/or urea to Hass avocados in California, pp. 181-184. In: Proceedings of The World Avocado Congress III. Tel Aviv. Israel.

LOVATT, C. J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. HortTechnology 9 (4): 607-612.

NYOMARA, A. and BROWN, P. 1997. Fall foliar – applied boron increased tissue boron concentration and nut set in almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122 (3): 405 – 410.

RAZETO, B., C. GRANGER, y T. FICHET, 2003. Análisis de diferentes tejidos como indicadores del nivel de boro en el árbol de aguacate. pp. 359-363 In: Actas (Volumen I), V Congreso Mundial del Aguacate. Málaga, España.

RAZETO, B. y SALGADO, J. 2004. The inflorescence and fruit peduncle as indicators of nitrogen status of the avocado tree. HortScience 39 (6). (En prensa).

ROBBERTSE, P. J., L.A. COETZER, M. SLABBERT, and J.J. BEZUIDENHOUT, 1990. The influence of boron on fruit set in avocado. Acta Horticulturae 275:587-594.

RODRÍGUEZ. 1993. Manual de fertilización., Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Colección de agricultura .361 p.

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.

SALGADO, J. 2002. Análisis mineral del pedúnculo y flor para el diagnóstico del estado nutricional en palto. Santiago, Chile. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 25 p.

SANZ, M.; R. BELKHODJA, ; M. TOSELLI.; L. MONTAÑES.; A. ABADÍA.; M. TAGLIASINI.; B. MARANGONI and J. ABADÍA. 1997. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. Acta Horticulturae 448: 241 – 246.

SMITH, T. E., R. A. STEPHENSON., C. J. ASHER and S. E. HETHERINGTON. 1997. Boron deficiency of avocado. 1. Effects on pollen viability and fruit set, pp. 131-134. In:

Bell, R. and Rerkasem, B. (Eds). Boron in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

WHILEY, A.W.; T.E. SMITH.; B.N. WOLSTENHOLME, and J.B. SARANAH. 1996. Boron nutrition of avocados. S. Afr. Avocado Growers' Yearbook. 20:1-6.