

# Determinación de las concentraciones críticas de fósforo y boro para el crecimiento del papayo

(*Carica Cardamarcensis* Hook f.)<sup>1</sup>

Iván Muñoz H.<sup>2</sup>, Federico Kocher G.<sup>3</sup> y Aurelio Villalobos P.<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

La nutrición del papayo cultivado en Chile no ha sido investigada en los países en que se cultiva y en Chile sólo existen algunos trabajos relativos a él (10) (12).

La presente investigación tuvo por objetivo estudiar las necesidades de los elementos P y B para el crecimiento del papayo cultivado en Chile, determinando las concentraciones críticas de ellos.

## REVISION DE LITERATURA

El uso de diagnóstico foliar, para determinar el estado de nutrición de las plantas ha tomado gran auge en los últimos años. Sin embargo, para hacer de esta técnica una herramienta útil, es necesario establecer las concentraciones críticas de los elementos esenciales en la hoja y su relación óptima, para poder usar la información del análisis de tejidos en la determinación de las necesidades de fertilizantes de las plantas.

<sup>1</sup>Parte de la tesis presentada por Iván Muñoz H., como uno de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Chile.

Recepción manuscrito: 2 de agosto de 1968.

<sup>2</sup>Ingenieros Agrónomos. Proyecto Fruticultura, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Villalobos actualmente en Universidad de Rutgers, N. J., USA.

<sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo Ph. D., Proyecto Fruticultura, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor de la Cátedra de Fruticultura General, Escuela de Agronomía, Universidad de Chile, por convenio Universidad de Chile-Instituto.

Ulrich (15) quien fue el primero que informó resultados de fertilización en vides basados en el análisis de tejidos, sugirió el término "Concentración crítica de elementos nutritivos" y lo definió como "el rango de concentración en el cual el crecimiento de la planta comienza a restringirse en comparación al de las plantas que tienen niveles nutricionales más altos". Este autor estatuyó más tarde que cuando la concentración del elemento nutritivo cae bajo la concentración crítica, la magnitud de la respuesta a un fertilizante dependerá de la relativa abundancia de los otros factores de crecimiento y del tiempo de duración de la deficiencia. Cook (2) está de acuerdo con este principio pero con la salvedad que en vides la capacidad frutal de ellas es la máxima cosecha que la planta puede soportar hasta una madurez normal. Es esta medida, producción de fruta normal, más que el crecimiento de la planta, a juicio de Cook la que debe reconocerse como el criterio principal al definir la concentración crítica del elemento en vides.

Macy (11) ha empleado el término "zona de deficiencia" definiéndolo como el porcentaje crítico de cada elemento nutritivo en cada tipo de plantas, sobre el cual existe un exceso de consumo y bajo el cual hay una regulación pobre de elementos nutritivos que es proporcional a la deficiencia.

Drosdorf (3) denominó a este punto "rango marginal" y Kenworthy (9), ha expandido

la idea de zonas, proponiendo cinco rangos para cada elemento: deficiencia, deficiencia oculta, normal, exceso aproximado y exceso o toxicidad.

## MATERIAL Y METODO

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimental La Platina.

Se trabajó con plantas obtenidas de semilla las cuales después de la aparición de la tercera hoja verdadera, se repicaron, previo lavado de raíces, a macetas plásticas individuales, las cuales contenían arena cuarzosa (malla 2 mm) lavada.

El lavado de la arena cuarzosa se efectuó en la siguiente forma: a) Agua potable; b) HCl al 5% durante 24 horas; c) Agua potable, y d) Agua destilada.

El diseño empleado fue de Aleatorización Completa con ocho tratamientos para cada elemento en estudio y cuatro repeticiones.

Los tratamientos correspondieron a las siguientes concentraciones:

Boro: 0,05 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 ppm.

P : 0,5 - 1 - 2 - 4 - 16 - 32 - 64 - 128 ppm; en este experimento los niveles de nitrógeno por tratamiento fueron: 196 - 196 - 196 - 198 - 203 - 210 - 225 - 256 ppm, respectivamente.

Desde el trasplante a macetas con arena cuarzosa hasta la aparición de la decimasegunda hoja, las plantas se regaron con solución nutritiva completa Hoagland N° 2 (6).

Desde este momento se comenzó a regar con las soluciones que contenían los tratamientos diferenciales anteriormente mencionados, tomando como base la solución Hoagland N° 2 y variando las concentraciones de boro y fósforo y ajustando a pH 5,8.

Se usó como fuente de boro  $H_3BO_3$  y como fuente de fósforo,  $NH_4H_2PO_4$ .

El riego de cada planta se efectuó con 500 ml de solución nutritiva una vez al día y durante cinco días seguidos, y con agua destilada durante dos días.

Se midió semanalmente el crecimiento expresado en altura total de plantas; se midió, además, en cada muestreo para el análisis químico, el peso seco y fresco de láminas y pecíolos, y al final del ensayo se midió el peso fresco y seco de raíces.

Se analizó boro por colorimetría con curcumina (8) y fósforo por el método colorimétrico del cloruro estanoso (8).

Se efectuaron dos muestreos de hojas: 35 días después de iniciados los tratamientos y 78 días más tarde.

En ambos casos cada muestra consistió en el

conjunto de hojas N° 5 - 6 - 7 - 8, contadas a partir de la primera hoja expandida desde el ápice de la planta.

Las hojas una vez colectadas, se lavaron con agua destilada y se secaron en estufa de aire forzado a 75°C durante 48 horas, moliéndose en un molino a malla 20.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la determinación de la concentración crítica de boro, se relacionó crecimiento en altura, peso fresco y seco de raíces con la concentración de boro en pecíolos de hojas en el segundo muestreo. En el caso del fósforo se relacionó el peso fresco y seco de raíces con la concentración de fósforo obtenida en pecíolos de hojas en el segundo muestreo. (Figuras 1, 2, 3, 4).

Las figuras 1 y 2 se dibujaron considerando la mejor correlación de los puntos que corresponden a las medias de cuatro repeticiones y en base a la prueba del rango múltiple de Duncan para determinar dentro de cada variable cuales pertenecen a la misma población en el máximo.

La parte horizontal de las curvas se determinó por las medias de peso fresco y seco de raíces, y la aproximación vertical por las medias de la concentración de fósforo total en pecíolos.

No se relacionó crecimiento en altura con la concentración de fósforo en pecíolos como lo efectuado en boro, por no haberse manifestado diferencia en altura de plantas con los distintos tratamientos de fósforo aplicado.

Como puede verse en los cuadros 2 y 4 la primera fecha de muestreo no es la más apropiada como fecha de referencia debido a sus altos coeficientes de variación, a pesar de su alta significación para la prueba de F.

Por esta razón, se utilizó el segundo muestreo para determinar las concentraciones críticas, además de coincidir ésta, con la determinación del peso fresco y seco de raíces, fecha que es preconizada en los trabajos de Ulrich (14) (15).

La gran mayoría de los trabajos para determinar concentraciones críticas utilizando cultivos en arena o hidropónicos han sido efectuados en plantas pequeñas, que permiten trabajar con una gran población y de este modo determinar en forma muy precisa el rango de concentración crítica.

Como se ve en las Figuras 1, 2, 3 y 4 determinar en forma precisa el rango crítico, no es fácil pero al estudiar las relaciones de estas figuras y los datos de peso fresco y seco (Cuadro 1), se deduce que la concentración crítica se encontraría entre 0,100 y 0,125% de fósforo total en pecíolo.

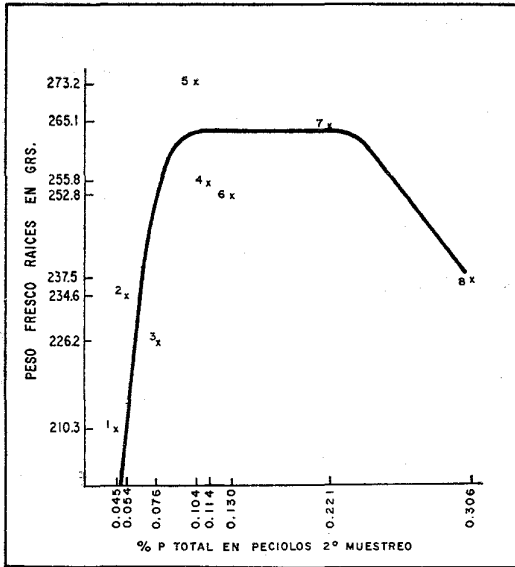


Figura 1 — Relación entre el % de P total en peciolo del 2º muestreo con el peso fresco de raíces expresado en gr.

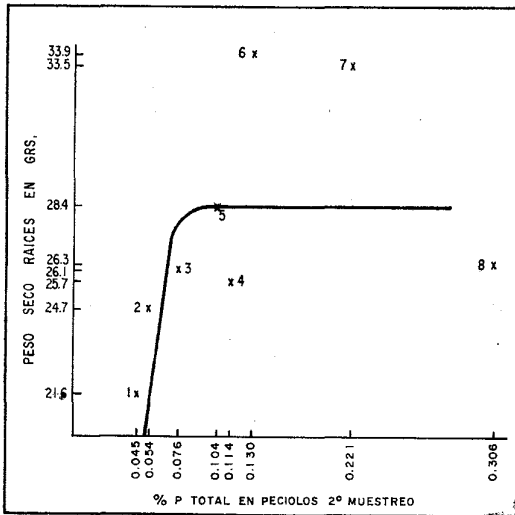


Figura 2 — Relación entre el % de P total en peciolo del 2º muestreo con el peso seco de raíces expresado en gr.

Durante el transcurso del ensayo, se presentaron síntomas de toxicidad en las plantas a partir de los tratamientos con 1 ppm de boro en la solución nutritiva; estos síntomas se manifestaron como necrosis en los ápices de los lóbulos de las hojas y además en los tratamientos 2,5 - 3 y 4 ppm de boro en la solución, se produjo una marcada epinastia acompañada de exudaciones de látex en el tallo. Estos síntomas de toxicidad corresponden a una

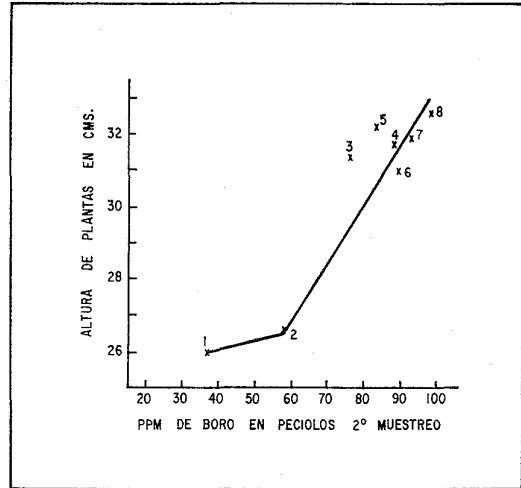


Figura 3 — Relación entre concentración de boro en peciolo en ppm. con la altura de plantas expresada en cm.

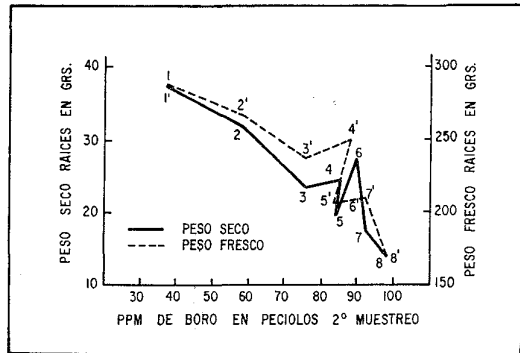


Figura 4 — Relación entre concentración de boro en peciolo en ppm. (2º muestreo) con el peso seco y fresco de raíces en gr.

concentración en la planta de 100 ppm de boro en láminas y 70 ppm en peciolo.

La Figura 3 nos muestra que al relacionar concentración de boro con crecimiento en altura, la curva no tiene punto de quiebre, como los síntomas de toxicidad comienzan a manifestarse con una concentración de 70 ppm de boro en peciolo, la concentración crítica se encontraría entre 30 y 60 ppm de boro por no haber mayor diferencia en cuanto al crecimiento entre estos puntos.

Sin embargo, la Figura 4 muestra claramente que el nivel óptimo para peso fresco y seco de raíces es alrededor de 30 ppm, ya que a mayores concentraciones de boro se tiene una disminución en el peso fresco y seco.

Al combinar estos resultados se obtiene que la concentración crítica para el boro se encontraría entre 20 - 30 ppm.

Como se puede observar en el Cuadro 1 el suministro creciente de fósforo en la solución nutritiva, produce un aumento en el peso fresco y seco de raíces.

Esto estaría de acuerdo con lo encontrado por Hylton *et al.* (7) en experimentos similares.

Sin embargo, el peso fresco y seco de raíces se vio disminuido con la concentración máxima de fósforo en la solución nutritiva, lo que podría deberse a una interacción fósforo-calcio como la propuesta por Greenwood y Hallsworth (5).

En el caso del boro, no se obtuvo el mismo efecto que el fósforo ya que como se puede apreciar en el Cuadro 3 el peso fresco y seco de raíces disminuyó a medida que se incrementaron los niveles de boro en la solución nutritiva.

**Cuadro 1 — Influencia de ocho niveles de fósforo en el peso fresco y seco de raíces de papayo, expresado en gramos.**

Nº	TRATAMIENTO CONCENTRACION P EN PPM.	PESO FRESCO PROMEDIO	PESO SECO PROMEDIO
1	0,5	210,3	21,6
2	1	234,6	24,7
3	2	226,2	26,1
4	4	255,8	25,7
5	16	273,2	28,4
6	32	252,8	33,9
7	64	265,1	33,5
8	128	237,5	26,3
C. V.		4,78%**	20,92%**

\*\*Significativo al 1%.

**Cuadro 2 — Influencia de ocho niveles de fósforo en la concentración de este elemento en láminas y peciolo de papayo en dos épocas de muestreo, expresado en porcentaje de peso seco<sup>1</sup>.**

Nº	TRATAMIENTOS CONCENTRACION P EN PPM.	% P			
		1.ER MUESTREO		2º MUESTREO	
		PECIOLO	LAMINA	PECIOLO	LAMINA
1	0,5	0,061	0,187	0,045	0,087
2	1	0,084	0,128	0,054	0,065
3	2	0,077	0,186	0,076	0,081
4	4	0,147	0,134	0,114	0,079
5	16	0,158	0,343	0,104	0,135
6	32	0,205	0,256	0,130	0,216
7	64	0,292	0,315	0,221	0,208
8	128	0,386	0,394	0,306	0,317
C.V.		46,47%**	39,91%**	20,00%**	26,21%**

\*\*Significativo al 1%.

<sup>1</sup>Promedio de cuatro análisis por tratamiento.

**Cuadro 3 — Influencia de ocho niveles de boro en el tamaño de plantas, expresado en cm. y en el peso fresco y seco de raíces de papayo, expresado en gramos.**

Nº	TRATAMIENTOS CONCENTRACION B EN PPM.	PESO FRESCO PROMEDIO GR.	PESO SECO PROMEDIO GR.	TAMAÑO PLANTAS PROMEDIO GR.
1	0,05	286,4	37,6	26,0
2	0,5	265,8	31,9	26,5
3	1	236,5	23,4	31,4
4	1,5	250,1	25,2	31,7
5	2	204,1	20,1	32,2
6	2,5	209,0	29,0	31,0
7	3	210,2	17,6	32,0
8	4	167,9	13,8	32,6
C.V.		13,03%**	23,91%**	10,09%**

\*Significativo al 5%.

\*\*Significativo al 1%.

**Cuadro 4 — Influencia de ocho niveles de boro, en la concentración de este elemento en láminas y peciolo de papayo en dos épocas de muestreo expresado en ppm. de peso seco<sup>1</sup>.**

Nº	TRATAMIENTOS CONCENTRACION B EN PPM.	PPM. DE B			
		1.ER MUESTREO		2º MUESTREO	
		PECIOLO	LAMINA	PECIOLO	LAMINA
1	0,05	32,50	27,75	36,90	27,30
2	0,5	36,90	52,85	58,30	68,30
3	1	66,90	85,00	76,20	113,80
4	1,5	70,00	130,00	87,70	158,80
5	2	81,20	124,35	83,10	136,20
6	2,5	90,70	150,00	88,90	213,80
7	3	115,00	165,00	91,90	198,80
8	4	93,10	286,25	98,10	220,00
C.V.		27,13%**	45,46%**	22,69%**	22,23%**

\*\*Significativo al 1%.

<sup>1</sup>Promedio de cuatro análisis por tratamiento.

Una posible explicación al efecto que tuvieron las concentraciones crecientes de boro en el peso fresco y seco de raíces, podría ser atribuida al bloqueo parcial de los tejidos del floema del tallo que habrían impedido la movilización de los hidratos de carbono y/u otras sustancias a las raíces.

Este mismo fenómeno podría explicar la respuesta lineal del crecimiento aéreo de la planta a los incrementos de boro en la solución (Cuadro 3).

Aumentos similares en el crecimiento debido al boro han sido reportados por Beattie *et al.* (1) trabajando en manzanos en condiciones de campo, lo que se contrapone a lo encontrado por Eaton (4) en especies como be-

tarraga azucarera y forrajera, melón, rábano, maíz y frejol, en que a concentraciones crecientes de boro en la solución nutritiva obtuvo disminución en el crecimiento.

Las concentraciones de boro y fósforo en láminas y pecíolos son estadísticamente iguales en las dos épocas de muestreo.

Como se ve en los Cuadros 2 y 4, las concentraciones aumentaron tanto en láminas como en pecíolos a medida que se incrementó el contenido de boro y fósforo en la solución nutritiva, lo que está de acuerdo con lo encontrado por otros autores (7) (13) (4).

## R E S U M E N

Se determinaron las concentraciones críticas de fósforo y boro en plantas de papayo.

El cultivo se hizo en arena cuarzosa utilizando solución nutritiva Hoagland N° 2.

Las concentraciones de fósforo y boro fueron las siguientes:

Fósforo: 0,5 - 1 - 2 - 4 - 16 - 32 - 64 - 128 ppm.

Boro: 0,05 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 ppm.

Se midió semanalmente la altura de plantas. Se efectuaron dos muestreos de hojas, el primero 35 días después de iniciados los tratamientos y el segundo 78 días más tarde. En ambos casos se hizo análisis de P y B en láminas y pecíolos.

Junto con el segundo muestreo se midió peso fresco y seco de raíces y hojas.

Las conclusiones más importantes fueron:

El tamaño total de la planta no se vio afectado por los niveles de fósforo en la solución nutritiva. Sin embargo, se afectó el tamaño total de la planta con concentraciones crecientes de boro en la solución nutritiva.

El peso fresco y seco de hojas y raíces en el segundo muestreo aumentó con concentraciones crecientes de fósforo en la solución nutritiva, aunque el peso fresco y seco de raíces disminuyó con la máxima concentración de fósforo utilizada.

Las concentraciones crecientes de boro actuaron reduciendo el peso fresco y seco de raíces.

Las concentraciones de fósforo y boro en pecíolos y láminas aumentaron a medida que se incrementó el fósforo y el boro en la solución nutritiva.

La concentración crítica para fósforo se encontraría entre 0,100 y 0,125% de fósforo total en pecíolos y entre 20 - 30 ppm. en pecíolos para boro.

## S U M M A R Y

Critical levels for boron and phosphorus were determined on the Mountain Papaw. The plants grew on Hoagland N° 2 solution with the following P and B concentrations:

Phosphorus: 0,5 - 1 - 2 - 4 - 16 - 32 - 64 - 128 ppm.

Boron: 0,05 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 ppm.

The plants were weekly measured for height; B and P analyses were made in leaves (petioles and leaf blades separately) harvested 35 days after the treatments started and 78 days after the first sampling. Fresh and dry weight of leaves and roots were also made.

The following are the main conclusions:

Total height of the plant was not affected by the P levels on the nutrient solution. Nevertheless, increasing concentrations of B on the solution gave higher plants.

Fresh and dry weight of leaves and roots increased with higher P concentrations, but fresh and dry weight of roots decreased with the higher concentrations.

Fresh and dry weight of roots diminished with increased B concentration in the solution.

Concentrations of P and B in petioles and leaf blades increased with increasing levels of P and B in the solutions.

The critical level for P seems to be found 0,100 - 0,125% in petioles and between 20 - 30 ppm in petioles for B.

## LITERATURA CITADA

1. BEATTIE, J. M., and ELLENWOOD, C. W. A survey of the nutrient status of Ohio apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55:47-50. 1950.
2. COOK, J. A. Grape nutrition. In nutrition of fruit crops. N. F. Childers, Ed. Sommerset Press. N. J. pp. 777-812. 1966.
3. DROSDOF, M. Role of leaf analysis in fertilization tung trees. Plant Analysis and Fertilizer Problems, Academia Press. pp. 181-190. 1954.
4. EATON, S. V. Effects of boron deficiency and excess on plants. Plant Physiol. 15: 95-107. 1940.
5. GREENWOOD, E. A. N., and HALLSWORTH, E. G. Studies on the nutrition of forage legumes. II Some interactions of calcium, phosphorous, copper and molybdenum on the growth and chemical composition of *Trifolium subterraneum*. L. Plant and soil. 12: 97-127. 1960.
6. HOAGLAND, D. R. and ARNON, D. F. The water-culture method for growing plants without soil. Cal. Agr. Exp. Sta. Circular 347. 1938. 39 p.
7. HYLTON, L. D. JR., ULRICH, A., et al. Phosphorous nutrition of Italian Ryegrass relative to growth, moisture contents and mineral constituents. Agron. Jour. 57: 505-508. 1965.
8. JOHNSON, C. M. and ULRICH A. Analytical methods for using plant analysis. California Station. Bulletin 766. 1959. pp. 25-78.
9. KENWORTHY, A. L. Wheels of nutrition. A method of demonstration nutrient element balance. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54: 47-52. 1949.
10. KOCHER, G. F., y VILLALOBOS, P. A. Comparación entre los constituyentes nitrogenados de hojas de papayos como indicadores del estado de nutrición nitrogenada de la planta. Agricultura Técnica (Chile) 26 (4): 155-158. 1966.
11. MACY, P. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. Plant Physiol. 11: 749-764. 1936.
12. MUÑOZ, SCH. M. Síntomas de deficiencias nutricionales en plantas de papayo (*Carica candamarcensis* Hook. f.). Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile. 1965. 55 p. (Mimeografiada).
13. REICHMAN, G. A., GRUNES, D. L. et al. N and P composition and yield of corn as affected by fertilization. Agr. Journal, 51: 575-578. 1959.
14. ULRICH, A. and BERRY, W. L. Critical phosphorous levels for Lima bean growth. Plant Physiol. 36 (5): 626-632. 1961.
15. ULRICH, A. Physiological bases of assessing the nutritional requirements of plants. Ann. Rev. of Plant Physiol. 3: 207-226. 1952.