

DEFICIENCIAS NUTRICIONALES DEL PAPAYO (*Carica papaya* L.)  
EN LA SELVA CENTRAL DEL PERU<sup>1</sup> /

H. VILLACHICA\*  
K. RAVEN\*\*

Summary

*Between 1980 and 1983, a study was carried out at the experimental farms of La Genova (San Ramon) and Santa Teresa (Satipo), both of the Selva Institute of the Universidad Nacional Agraria La Molina, to evaluate the effect of several rates of lime and fertilizers in six papaya crops. The Entisol at La Genova had a pH of 6.0 and high base saturation, while the Ultisol at Santa Teresa had a pH of 4.7 and low base saturation. K, Ca and B deficiency, as well as Al toxicity symptoms, were encountered. Nutrient content in normal and deficient leaves is also presented.*

*Liming requirements of papaya should consider both exchangeable Al and Ca. Liming rates based on exchangeable Al should be multiplied by a factor of three or four. Highest papaya yields were obtained in soils with a pH of 6.4 or higher, and more than 8.0 meq of exchangeable Ca/100 g of soil. Calcium and B deficiencies alter plant growth, producing distinctive symptoms. Boron deficiencies produce frog leg-shaped leaves and lumpy fruits. Critical levels for Ca and B in the leaf blades are proposed as 1.5% and 17 ppm, respectively.*

Introducción

**E**l cultivo del papayo en el Perú está concentrado en la región de la Selva Central, especialmente en los valles de Chanchamayo, Perene y Satipo. La producción de papaya de estos valles está dirigida principalmente al mercado de Lima y en menor escala al de la Sierra.

En el valle de Chanchamayo, el papayo se sembró tradicionalmente en áreas menores de una hectárea hasta 1957-58. A partir de esa fecha, se empezaron las plantaciones de dos o tres hectáreas, para que en la década de 1960 hubiera agricultores que sembraban hasta 10 ha, alcanzando el cultivo su apogeo entre 1965 y 1974. Durante estos años existieron problemas agronómicos que limitaron el rendimiento del cultivo, pero se presentaron en casos aislados y en situaciones específicas. A partir de 1977-78, los problemas agronómicos se volvieron más graves, limitando fuertemente los rendimientos y en muchos casos destruyendo las plantaciones antes de poder cosechar los frutos. Ello causó fuertes pérdidas a los agricultores y los desanimó de seguir sembrando esta especie. Consecuencia de ello es que en 1984 se sembraron sólo 3 063 ha en la Selva, en comparación a las 3 005 que se sembraron durante 1979.

Es reconocida la importancia del aluminio como elemento limitante en los suelos ácidos de la selva peruana, recomendándose su neutralización con aplicaciones de cal en cantidades equivalentes a 1.0 – 1.5 veces el contenido de Al cambiante en el suelo (12,

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 5 de diciembre de 1985.

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Ings. Héctor Quillatupac, Pablo García y Pedro Carrasco, por su valiosa ayuda en la conducción de los cultivos. Al Ing. Eduardo Pando de la calera Bunyac, por su colaboración en suministrar la roca caliza molida empleada en el estudio. Al Sr. Víctor Villachica G., por haber enseñado al primer autor la técnica del cultivo del papayo.

\* Profesor Principal del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Actualmente Visiting Associate Professor of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh, N.C

\*\* Profesor Principal del Departamento de Entomología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

14) Sin embargo, observaciones de campo indican que este criterio no funciona adecuadamente en la papaya.

Este trabajo analiza el problema desde el punto de vista de la nutrición mineral de la planta, identificando algunas deficiencias nutricionales y proponiendo medidas para su prevención y corrección en plantaciones comerciales.

### Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en las plantaciones de papayo sembradas en fundos del Instituto Regional de Desarrollo de la Selva, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, los cuales están en San Ramón (Fundo La Génova) y Satipo (Fundo Santa Teresa).

De acuerdo con los datos del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, el clima para los años 1979 a 1982 presentó las siguientes características promedio: precipitación pluvial anual de 1 970 mm en San Ramón y 1 640 mm en Satipo, con 85% de las lluvias entre los meses de setiembre a mayo, todos ellos con más de 100 mm/mes. Las temperaturas mensuales estuvieron en el rango de 33 a 34°C para la máxima, 14 a 16°C para la mínima y 24 a 25°C para la media. Las temperaturas más bajas se registran en julio y agosto.

Los suelos de Chanchamayo y Satipo presentan características muy variables, en el rango entre fuerte-

mente ácidos (pH 4.6), con baja fertilidad a alcalinos (pH 7.5), con alta fertilidad. En el Cuadro 1 se presentan las características representativas de los suelos usados en el estudio, tanto en el fundo La Génova como en el fundo Santa Teresa. En este cuadro se observa que el suelo de La Génova (Troporthent) es de textura franco arenosa, pH ligeramente ácido con contenidos medios de materia orgánica, fósforo y potasio disponible, altos en calcio, magnesio y potasio cambiabile, con alta saturación de bases y sin problema de saturación con aluminio. El suelo de Santa Teresa (Hapludul) tiene textura franco arcillo arenosa, pH fuertemente ácido, bajo contenido en materia orgánica, P disponible y Ca y Mg cambiabile y 37% de saturación con Al. El K cambiabile es mayor que 0.3 meq por 100 g, considerado como adecuado para estos suelos (11).

Para el cultivo de papayo se sembraron cinco semillas del cultivar Pauna, en bolsas plásticas, para luego de 30 días transplantarlas a campo definitivo. Una vez observado el prendimiento de las plantas en el campo definitivo, generalmente 45 días después del trasplante, se seleccionaron dos de las mejores de cada grupo, eliminando el resto. Tres meses después, al momento de la diferenciación floral, se volvía a seleccionar para dejar una planta por mata, preferentemente las hermafroditas. El distanciamiento usado fue de 2.0 m x 2.5 m, intercalado entre la plantación paralela de naranjos de un año a 6 m x 7 m, dando una densidad de alrededor de 1 900 plantas/ha. Las siembras en almácigo se realizaron mensualmente a

Cuadro 1. Principales características de los suelos (0-30 cm) en los fundos La Génova y Santa Teresa del IRD Selva.

Características	La Génova (Troporthent)	Santa Teresa (Hapludul)
Textura (Bouyoucos)	Franco arenoso	Franco arcilloso arenoso
Arena: %	65	58
Limo: %	24	22
Arcilla: %	11	20
Conduct Llect (Extrc Sat ) mmhos/cm	0.4	0.6
CaCO <sub>3</sub> : %	0.0	0.0
pH (1:1 en agua)	6.0	4.7
Mat Org (Walkley y Black): %	3.6	2.3
N total (Kjeldahl): %	0.16	0.10
P disp: (Olsen): ppm	8	4
K <sub>2</sub> O disp (Na OAc 1N pH 4.8): kg/ha	330	272
CIC (NH <sub>4</sub> OA <sub>c</sub> 1N pH 7.0): meq/100 g	16.60	7.00
Ca <sup>2+</sup> (EDTA): meq/100 g	11.04	0.80
Mg <sup>2+</sup> (amarillo tiazol): meq/100 g	0.82	0.19
K <sup>+</sup> (Fotometro de llama): meq/100 g	0.30	0.38
Na <sup>+</sup> (Fotometro de llama): meq/100 g	0.10	0.06
Al <sup>3+</sup> (KCL 1N): meq/100 g	0.00	0.84
Saturación con Al: %	0.00	37.0

principios de octubre, noviembre y diciembre en 1979, 1980, 1981 y 1982 en La Génova y en 1981 y 1982 en Santa Teresa. La cosecha empezó aproximadamente a los 11 meses después del trasplante.

El almacigado se realizó utilizando suelos con pH 6.0, el cual fue mezclado previamente con 2 kg de cal y 500 g de c/u: urea, superfosfato triple y sulfato de K y Mg, por cada m<sup>3</sup> de tierra. Los suelos de los campos sembrados fueron encalados con 2 a 3 t de roca caliza (36% Ca) por ha en La Génova y con 4 a 8 t/ha en Santa Teresa. La cantidad de cal varió en función al pH y al Ca cambiante del suelo en La Génova y al Al cambiante en Santa Teresa. Adicionalmente en las plantaciones de Santa Teresa se aplicó 250 g de hidróxido de calcio (40% Ca) por planta a los 6, 12 y 16 meses del trasplante. La dosis de fertilización promedio con N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub> MgO, en kg/ha, fue de 180-160-180-30 durante el primer año de cultivo y de 240-160-250-45 para el segundo año. Las siembras efectuadas desde 1980 en adelante recibieron 2 kg de Zn/ha (Sulfato de Zinc con 30% Zn) y 3 kg de B/ha (Borax con 11%, B). Durante 1982 y 1983 la dosis de B se aumentó a 4 kg/ha/año. Las fuentes de macronutrientes fueron: urea, superfosfato triple de calcio, sulfato de potasio y magnesio y cloruro de potasio.

Para todos los cultivos se realizaron aplicaciones foliares de urea al 0.5 y 1.0%, de borax al 2 por mil, de sulfato de zinc al 2 por mil y de fertilizantes comerciales conteniendo micronutrientes, ejemplo Fertilón Combi al 2 por mil. Estas aspersiones fueron realizadas cada 15 días combinándose la urea al 1% con el borax y el sulfato de zinc en una oportunidad y la urea al 0.5% con el fertilizante comercial en la siguiente aplicación. Las aplicaciones de sulfato de zinc fueron neutralizadas con cal apagada al 2 por mil. También se realizaron aplicaciones de fungicidas como Dithane M-45 al 1 por mil, Tecto-60 al 1.5 por mil, Bayleton al 1 por mil, Kocide al 5 por mil e insecticidas como el Metasystox al 1.5%.

La roca caliza fue aplicada al voleo e incorporada con tractor entre 20 y 30 cm de profundidad, por lo menos 60 días antes del trasplante. Los fertilizantes conteniendo N, K, Mg, Zn y B fueron aplicados en tres fracciones iguales: al trasplante (al fondo del pozo), a los tres meses y a los nueve meses. En el segundo año las fracciones se aplicaron en el segundo, cuarto y octavo mes. Todo el P fue aplicado conjuntamente con la primera fracción de N. Todas las fertilizaciones excepto la del trasplante, fueron efectuadas en una franja de 4 a 5 cm de profundidad, en la proyección de la copa y cubiertas con tierra inmediatamente después de la aplicación.

Las áreas sembradas en La Génova fueron de 9 ha en 1980, 8 ha en 1981, 8 ha en 1982 y 6 ha en 1983, mientras que en Santa Teresa fueron de 6 ha en 1982 y 6 ha en 1983. Los tratamientos fueron efectuados en cada una de las plantaciones, considerando toda ella como una unidad experimental y realizando ensayos de comprobación en tres filas de 20 ó más plantas cada una, o en algunos casos aplicándose un tratamiento específico a una ha de plantación mientras que la ha adyacente no recibía, buscando siempre obtener una producción comercial de frutos. Por lo tanto, el área de observación fue variable en cada año y para cada problema estudiado, sin ajustarse a un diseño estadístico definido. Las comparaciones entre tratamientos se realizaron entre las parcelas donde sólo se aplicó N P K al suelo, contra aquellas que recibieron N P K y cal; N P K, cal, Zn y B al suelo; N P K, cal y micronutrientes al follaje.

El muestreo foliar se realizó colectando hojas que presentaban problemas y hojas normales de aproximadamente la misma edad. Las hojas fueron tomadas en el tercio superior de la planta (hojas jóvenes) y en el tercio inferior (hojas viejas). Cuando se muestrearon plantas, éstas fueron extraídas en su totalidad, buscando siempre plantas de la misma edad, para tomar muestras representativas de partes comparativas de las plantas. Las muestras vegetales fueron atacadas por la vía seca a 500 C, diluidas con ácido clorhídrico y analizadas por espectrofotometría de absorción atómica, excepto el P que fue analizado por el método del molibdato de amonio, reductor ácido ascórbico y el N por microkjeldahl. Algunas variaciones se produjeron en referencia a la metodología indicada anteriormente, las cuales serán explicadas cuando sean oportunas.

## Resultados y discusión

### Efecto de la acidez del suelo

El Cuadro 2 presenta el efecto de la aplicación de dos dosis de cal a un suelo de pH 5.7 y con 7.6 meq de Ca/100 g, en La Génova, observándose una mayor concentración de Ca tanto en las hojas jóvenes como viejas con el aumento de la dosis de cal. No se observa efecto de la cal en la concentración de los macronutrientes, pero sí se observa un aumento en la concentración foliar de los micronutrientes, excepto el Mn.

Los datos del Cuadro 3 indican que se obtienen hojas sin deficiencia de Ca y mayores concentraciones foliares de este nutriente cuando el pH del suelo es elevado sobre 6.4 y el contenido de Ca cambiante a 10 meq/100 g. Este resultado confirma la hipótesis de que el papayo requiere aplicación de cal al suelo en

cantidades mayores al Al cambiabile y que puede responder al encalado de suelos ácidos sin problemas de Al. El experimento de García (datos no publicados), en un suelo de Santa Teresa sugiere que si se utiliza el Al cambiabile como referencia para determinar el requerimiento de encalado para el papayo, entonces se deben aplicar cantidades de cal equivalentes a 3 ó 4 veces el Al cambiabile (alrededor de 6 a 8 t de cal molida/ha). Estos resultados coinciden con la respuesta positiva que se observa en el papayo cultivado en Chanchamayo, cuando los suelos de pH entre 5.5 y 6.0 y menos de 15% de saturación con Al, son encalados con 200 a 300 g de hidróxido de calcio por planta y confirman asimismo, el carácter calcófilo de la planta de papaya.

Cuando el papayo fue cultivado en suelos con 45% de saturación de Al, pero encalado superficialmente, la toxicidad del Al produjo raíces secundarias de tamaño pequeño y muy gruesas. La raíz principal creció normalmente mientras estuvo en la capa encalada, pero, al llegar a la capa subyacente no encalada, detuvo su desarrollo o hizo un giro de 90°, creciendo en forma paralela a la capa no encalada, pero con desarrollo de raicillas sólo en la zona encalada.

La aplicación de cal en las cantidades indicadas en los Cuadros 2 y 3 puede parecer alta, pero también puede ser la diferencia entre no cosechar nada y cosechar 10 a 20 t de frutos/ha, de acuerdo al manejo de los otros factores agronómicos. Para el caso del fundo Santa Teresa, la aplicación de 5 t de cal molida al suelo descritos en el Cuadro 1 y 250 g de cal apagada (hidróxido de calcio) por planta al momento del trasplante y a los 6, 12 y 16 meses, produjo una cosecha de 15 t/ha entre los meses 11 y 24 del cultivo, mientras que campos adyacentes no encalados no soportan más de 12 meses de cultivo con una producción que no alcanzó las 2 t/ha.

La aplicación de cal durante el segundo año de cultivo parece recomendable por cuanto el poder residual de la enmienda es relativamente corto en el trópico peruano. De ahí también la ventaja de utilizar roca caliza molida de lenta reacción y mayor poder residual, lo que permite aplicar dosis mayores al momento de preparar el terreno. En este sentido, los resultados del Cuadro 3 y los de Awada *et al.* (5) indican un bajo riesgo de sobreencalado para el papayo, en las condiciones estudiadas. La disminución en el contenido de Mn foliar no es considerada muy

Cuadro 2. Efecto del encalado en la concentración foliar en las hojas de papayo a la fructificación. La Génova 1982.

Hidróxido calcio <sup>1</sup>	Concentración foliar									
	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Mn	Cu
kg/planta	%		ppm							
	Hojas jóvenes									
0	5.07	0.56	3.90	1.16	0.57	32	258	58	99	27
1	4.93	0.45	3.99	3.08	0.65	45	509	72	64	38
	Hojas viejas									
0	3.84	0.35	2.14	3.89	0.64	19	205	43	116	71
1	3.81	0.37	2.05	6.57	0.69	42	500	82	64	127

1 Dosis basal de dos toneladas de cal molida/ha.

Cuadro 3. Concentración foliar de nutrimentos en hojas jóvenes de papayo deficientes en calcio ante diferentes contenidos de calcio cambiabile en el suelo. La Génova 1980.

Suelo	Síntomas deficiencia		Concentración foliar					
	Ca <sup>++</sup>	pH	N	P	K	Ca	Mg	B
Meq/100 g			%		ppm			
10.8	6.6	Sin síntomas	4.79	0.47	3.26	1.94	0.54	43
7.6	6.4	Incipiente	5.94	0.77	4.63	1.31	0.54	43
6.4	5.8	Aguda	5.99	0.80	4.53	1.15	0.55	47

crítica por cuanto este nutrimento es absorbido en cantidades muy altas cuando hay una fuerte fertilización nitrogenada de los suelos de la zona, reduciendo el rendimiento del maíz, planta menos susceptible que el papayo (13).

#### Nitrógeno, fósforo y potasio

No se observó deficiencia de N ni de P por cuanto estos nutrimentos fueron aplicados en cantidades suficientes en todos los cultivos. En el fundo La Génova hubo algunas áreas con suelos que tenían menos de 0.20 meq k/100 g, los que al recibir la aplicación de sólo 80 kg K<sub>2</sub>O/ha presentaron plantas con síntomas de deficiencia de K, comparados con aquellos que recibían 240 kg K<sub>2</sub>O/ha. Las plantas deficientes en K muestran un aspecto general similar a la de una planta deficiente en agua; las hojas inferiores se presentan caídas y forman un ángulo de inclinación mayor de 90° en su inserción en el tallo y se observa necrosis de tejido en los bordes de las hojas viejas, mientras que las hojas normales forman un ángulo agudo en su inserción con el tallo. Resultados similares fueron observados por Cibes y Gaztambide (7) quienes informan que en la etapa siguiente a la de las hojas oblicuas es que las hojas viejas se tornan

de color amarillo verdoso con una ligera necrosis marginal en algunos de los lóbulos más profundos, con la tendencia de las hojas a secarse de las puntas hacia el centro.

Los resultados presentados en los Cuadros 4 y 5 muestran concentraciones de N, P y K para diferentes partes de plantas de nueve meses, sin síntomas de deficiencia de N P K, observándose una mayor concentración en las hojas jóvenes que en las hojas viejas. Los resultados de Cibes y Gaztambide (7) y de Pérez y Childers (9) sugieren que probablemente el nivel crítico de N P K en las hojas esté entre 3 a 4% para el N, 0.2% para el P y debajo de 1.5% para el K. Los resultados presentados en los Cuadros 3 y 4 indican que las plantas tuvieron un adecuado contenido de N P K en las hojas según estos criterios. En los suelos estudiados ello se consiguió con la fórmula (kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/ha) 180-160-180 para el primer año y 240-160-240 para el segundo año.

En este estudio se utilizó el contenido de nutrimentos en la lámina de las hojas para evaluar su estado nutricional en la planta; sin embargo, existen informes que indican la conveniencia de utilizar el análisis de los peciolo recientemente madurados, por pre-

Cuadro 4. Contenido de nutrimentos en plantas de papayo a los nueve meses del trasplante. La Génova. 1982.

Planta	Concentración de nutrimentos									
	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Mn	Cu
	%					ppm				
	Hojas jóvenes									
Enferma	5.46	0.59	3.80	1.89	0.64	17	402	53	64	15
Sana	5.07	0.56	3.90	2.16	0.57	32	258	58	98	27
	Hojas viejas									
Enferma	3.75	0.41	1.56	4.73	0.69	13	209	43	116	60
Sana	3.84	0.35	2.14	3.89	0.64	19	205	43	116	71
	Tallo									
Enferma	0.98	0.25	3.02	2.80	0.60	11	142	29	29	27
Sana	1.73	0.28	2.83	2.16	0.62	19	161	53	64	27
	Raíz principal									
Enferma	1.12	0.30	3.71	1.64	0.60	32	937	34	99	27
Sana	1.62	0.37	3.99	1.74	0.61	19	759	48	133	15
	Raíces secundarias									
Enferma	1.34	0.46	3.31	1.66	0.61	21	1 025	38	185	27
Sana	1.85	0.44	3.41	2.42	0.64	30	1 025	97	324	38

sentar las mejores correlaciones entre el contenido de N, P y K y el rendimiento (1). Las concentraciones óptimas en los peciolo para la mayor producción de papaya, variedad Solo, han sido establecidas en 1.48% N en suelos bajos en P y 1.69% N en suelos altos en P, y en 1.27% N a la fructificación (4). Para el caso del P, se considera que el rango de 0.18 a 0.25% P en el peciolo es adecuado para obtener un excelente rendimiento (2). El 90% del rendimiento máximo se obtiene con concentraciones en el peciolo de 2.30 a 2.52% K, mientras que el 100% requiere de 3.57 a 3.87% (3). Los resultados de los Cuadros 4 y 5 indican que la concentración de N, P y K en los tallos, tanto en plantas sanas y enfermas, excepto el N en La Génova, estuvo dentro del rango indicado anteriormente para los peciolo.

### Calcio y magnesio

Generalmente la deficiencia de Ca es una de las manifestaciones de la toxicidad del Al, pero, en el caso del papayo, la deficiencia de Ca se observa aún en suelos sin problemas de Al. El encalado de los suelos de Satipo con cantidades equivalentes a 1.0 a 1.5 veces el Al cambiante disminuyó la saturación

con Al a menos de 20%, aumentó el pH a 5.6, pero no elevó el Ca cambiante a más de 4 meq/100 g de suelo. En estas condiciones se observó que las hojas se tornaban verde claro y presentaban moteaduras amarillas distribuidas desuniformemente en la hoja. Estas hojas se desprenden con facilidad y las plantas especialmente las jóvenes, quedan con unas cuantas hojas en el ápice del tallo. En plantas adultas la toxicidad de Al impide el crecimiento apical y la formación de hojas nuevas. La deficiencia de Ca fue asociada con concentraciones de Ca menores de 1.5% en las hojas jóvenes (Cuadro 3), concordando con los datos de Cibes y Gaztambide (7). Los resultados presentados en el Cuadro 3 también indican que la deficiencia de Ca produce una acumulación de N, P y K en las hojas.

No se observaron síntomas de deficiencia de Mg en ninguno de los cultivos efectuados. Las concentraciones foliares de este nutrimento estuvieron entre 0.5 y 0.6% (Cuadros 3, 4 y 5), lo cual está dentro de los niveles encontrados por Pérez y Childers (10) para plantas con un suministro medio de N. La fertilización con dosis altas de N va acompañada de mayores concentraciones foliares de Mg, aunque sin un patrón definido (9).

Cuadro 5. Contenido de nutrimentos en plantas de papayo a los nueve meses del trasplante. Santa Teresa, 1982.

Planta	Concentración de nutrimentos									
	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Mn	Cu
	%					ppm				
Hojas jóvenes										
Enferma	5.68	0.46	3.71	1.28	0.60	9	272	43	64	15
Sana	5.15	0.45	3.41	1.89	0.57	17	236	82	64	35
Hojas viejas										
Enferma	4.09	0.38	3.02	1.98	0.61	15	250	48	47	38
Sana	4.25	0.38	2.54	4.11	0.65	32	112	43	64	70
Tallos										
Enferma	1.51	0.18	3.02	1.66	0.64	17	321	34	29	27
Sana	1.26	0.18	2.83	1.84	0.65	19	330	29	29	15
Razón										
Raíz principal										
Enferma	1.29	0.19	5.07	1.08	0.54	39	893	43	47	15
Sana	1.57	0.22	5.46	1.12	0.57	17	714	29	29	15
Razón										
Raíces secundarias										
Enferma	1.65	0.28	5.26	1.28	0.60	58	250	58	81	27
Sana	1.90	0.25	5.07	1.00	0.61	39	231	24	64	27

### Boro

La deficiencia de B se manifestó desde los primeros meses del cultivo en ambos sitios, pero con mayor intensidad en La Génova. En plantas de tres a cinco meses de transplantadas las hojas más jóvenes se deforman, presentándose hojas pequeñas con lóbulos estrechos, consistencia coriácea y dura, con colores verde amarillentos a amarillos (Figs. 1a, 1b), tomando la apariencia de una pata de rana, por lo que en la zona se le denomina "enfermedad de la pata de rana". Esta sintomatología se conoce desde hace algún tiempo, habiendo sido en algunos casos atribuida al virus de la mancha anillada o "ring spot" (6). Los resulta-

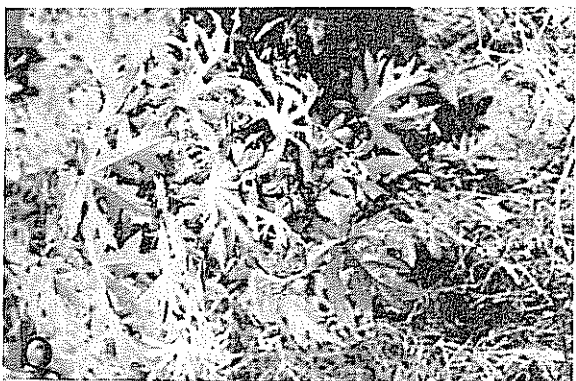
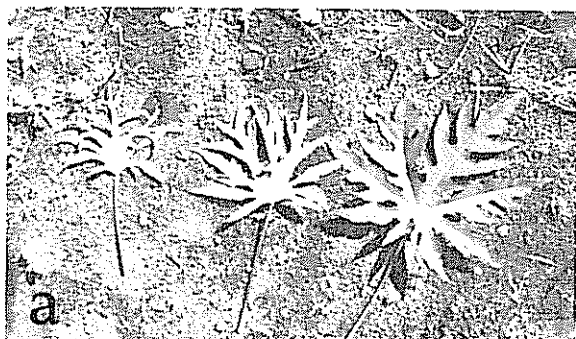


Fig. 1. Hojas deficientes y normal en concentración de B (1a), planta con hojas deficientes en B y hojas nuevas normales (1b) y frutos de planta deficiente en B (1c)

dos presentados en el Cuadro 6 indican que las plantas que presentan la sintomatología de "pata de rana" son deficientes en B y Ca y tienen relativamente menores contenidos de Cu, siendo en este caso el factor limitante la deficiencia de B. Una sintomatología similar ha sido producida en soluciones nutritivas sin B, por Cibes y Gaztambide (7) y Pérez y Childers (10) con papayo de la variedad Solo.

El desarrollo de los tallos en las plantas deficientes en B disminuye fuertemente, después del sexto a octavo mes, especialmente en el ápice. Las hojas son cloróticas, se presentan en un tallo ya reducido en longitud y tampoco alcanzan su tamaño normal, dando la apariencia de un racimo de hojas que salen del ápice del tallo. La forma de la planta es entonces similar a la de planta afectada por la punta arracimada o "bunchy top" (6). Cibes y Gaztambide (7) también encontraron que la deficiencia de B producía esta sintomatología e indican que estas plantas secretan latex cuando se cortan superficialmente, mientras que las afectadas por la punta arracimada no lo hacen.

Cuando la deficiencia de B no es corregida oportunamente los frutos se deforman presentando corrugaciones, lóbulos o pequeñas jibas (Fig. 1c). Las zonas donde el fruto presenta la deformación son normalmente corchosas. Estos síntomas han sido reportados antiguamente como de agente causal desconocido (8). Sin embargo, los resultados de este estudio y los de Pérez y Childers (10) indican que la deficiencia de B también produce estos frutos deformados.

Los resultados de los análisis foliares presentados en los Cuadros 4, 5 y 6 sugieren que la deficiencia se presenta en hojas jóvenes con concentraciones de 17 ppm de B o menos, mientras que las hojas con más

Cuadro 6. Contenido de nutrimentos en hojas de papayo sin y con síntomas de "pata de rana" a los cuatro meses del trasplante. La Génova, 1982.

Nutrimento	Síntomas pata de rana	Hoja normal
N: %	5.57	4.62
P: %	0.49	0.39
K: %	4.39	2.92
Ca: %	1.09	3.13
Mg: %	0.49	0.41
B: ppm	11	24
Fe: ppm	359	262
Zn: ppm	64	56
Mn: ppm	78	106
Cu: ppm	52	84

de 17 ppm de B no presentaban síntomas de deficiencia. Pérez y Childers (10) encontraron que el nivel crítico del B, tanto en el peciolo como en la lámina de las hojas, era alrededor de 20 ppm lo cual es bastante aproximado.

La deficiencia de B fue corregida con la aplicación al suelo de 30 kg de borax/ha fraccionado en tres aplicaciones iguales al transplante, 4 y 8 meses después. Durante el segundo año se realizaron aplicaciones de 10 kg de borax/ha cada cuatro a cinco meses, dependiendo del estado de la plantación y su senescencia. La aplicación de boratos de calcio menos solubles (10% B) en dosis de hasta 3 kg B/ha al transplante, fue solo parcialmente efectiva en prevenir la deficiencia durante el desarrollo de las plantas, pero no evitó la deformación de los frutos. Dado el costo mucho menor que tienen estos boratos menos solubles y las condiciones de alta lixiviación en la zona, se sugiere estudiar con mayor detalle el efecto de este abono en prevenir la deficiencia en B.

La aplicación foliar de borax al tres por mil, cada 10 días, por cuatro veces consecutivas, corrigió la deficiencia en las hojas con síntomas incipientes y la previno en las hojas nuevas (Fig. 1b), pero no fue suficiente para evitar la deformación de los frutos cuando se produjo durante la floración. En este caso fue necesario completar la aplicación foliar con aplicaciones al suelo, en la dosis indicadas anteriormente.

#### Zinc, manganeso y cobre

En 1980, al presentarse por primera vez los síntomas de "pata de rana" descritos anteriormente, la sintomatología y la respuesta a la aplicación foliar de micronutrientes sugirió la deficiencia de B y de Zn. Algunos agricultores tomaron conocimiento de ello y empezaron a aplicar borax y sulfato de zinc, lo cual se está haciendo común para el cultivo en el valle de Chanchamayo y de Satipo. Sin embargo, los resultados de los análisis foliares presentados en el Cuadro 6 indican que las hojas con forma de "pata de rana" tienen mayor contenido de Zn que las hojas normales, estando esta concentración foliar dentro del rango de 40 a 60 ppm de Zn encontrado por Pérez y Childers (10) para hojas normales de papayo. Por estos motivos, se concluye que no fue el Zn, sino que fue el B el que limitó el desarrollo de las plantas en esas siembras.

Los resultados del Cuadro 6 también sugieren que las hojas con sintomatología de "pata de rana" eran deficientes en Mn y Cu. Se descarta la deficiencia de Mn ya que este micronutriente estuvo en niveles adecuados en las hojas, 64 y 98 ppm en hojas jóvenes (Cuadros 4 y 5), estando la concentración normalmen-

te en el rango de 40 a 140 ppm (7, 9, 10). Por otro lado, los bajos contenidos de Cu foliar (Cuadros 4 y 5) no indican necesariamente deficiencia en este nutriente el cual estuvo en concentraciones foliares mayores a 15 ppm, aún en plantas "enfermas". Pérez y Childers (9) encontraron que las concentraciones normales fueron de 8 a 18 ppm.

#### Conclusiones

Los mejores rendimientos se obtuvieron en suelos que fueron encalados hasta pH 6.5, elevando el contenido de Ca cambiante por lo menos a 8.0 meq/100 g y suplementándolo con tres aplicaciones de 250 g de hidróxido de calcio (cal apagada) por planta. Cuando se consideró el criterio de Al cambiante, esto correspondió a un equivalente de 3 a 4 veces el contenido de Al cambiante en el suelo. La aplicación de hasta 8 t de roca caliza molida por ha/año no produjo efectos negativos de sobreencalado en el suelo de Santa Teresa. La respuesta en concentración foliar de Ca permiten establecer el carácter calcófilo del papayo.

La deformación de la hoja del papayo produciendo la sintomatología de la "pata de rana" fue producida por la carencia de B y prevenida con la aplicación de este micronutriente al follaje, siendo necesaria su aplicación al suelo para un mejor control de la deficiencia.

Tentativamente se puede establecer que el nivel crítico para las hojas deficientes en Ca y B está en 1.5% y 17 ppm, respectivamente.

Las concentraciones foliares de los macronutrientes en las láminas de las hojas jóvenes normales estuvo durante la fructificación en el rango de 4.8 a 5.2% de N; 0.45 a 0.56% de P; 3.4 a 3.9% de K y 0.54 a 0.69% de Mg. Simultáneamente, el contenido foliar de los micronutrientes fue de 240 a 500 ppm de Fe, 58 a 82 ppm de Zn y 27 a 38 ppm de Cu.

Es conveniente indicar que si bien este artículo aclara algunas deficiencias nutricionales que producen síntomas parecidos a los atribuidos a ciertos virus, existe realmente en la selva central un problema fuerte para el cultivo de papayo por la alta incidencia del ataque de virus y la ausencia de clones o variedades tolerantes. Los autores creen que la búsqueda de variedades de papayo tolerantes a virus debe estar coordinada con el estudio más detallado de la fertilización y nutrición mineral del cultivo.

#### Resumen

En suelos del fundo La Génova en San Ramón y Santa Teresa en Satipo, ambos del IRD Selva de la



Universidad Nacional Agraria La Molina, se evaluó el efecto de diferentes dosis de encalado y fertilización en seis cultivos de papayo durante 1980 a 1983. Los suelos en La Génova tenían pH alrededor de 6.0 y alta saturación de bases, mientras que en Santa Teresa tenían pH 4.7 y baja saturación de bases. Se describen los síntomas de las deficiencias de K, Ca y B y de la toxicidad de Al. Se presenta el contenido de nutrientes en hojas normales y deficientes.

El requerimiento de encalado del papayo debe considerar tanto el Al como el nivel de Ca cambiante en el suelo. Cuando se considera el Al cambiante, debe aplicarse una cantidad de cal equivalente a tres o cuatro veces este contenido. Los mejores cultivos se obtuvieron en suelos con pH 6.4 o mayor y más de 8.0 meq de Ca/100 g. La deficiencia de Ca y de B alteraron el desarrollo de la planta produciendo patologías características. Por ejemplo, la carencia de B produce la "pata de rana" en la hoja y las protuberancias en los frutos. Tentativamente se establece el nivel crítico de 1.5% y 17 ppm para el Ca y B foliar, respectivamente.

#### Literatura citada

1. AWADA, M. 1969. The selection of the nitrogen index in papaya tissue analysis. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94:687-690.
2. AWADA, M. 1976. Relation of phosphorus fertilization to petiole phosphorus concentrations and vegetative growth of young papaya plants. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 53:173-181.
3. AWADA, M. 1977. Critical potassium level in petioles of papaya. *Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin* 99. 17 p.
4. AWADA, M.; LONG, C. 1978. Relation of nitrogen and phosphorus fertilization to fruiting and petiole composition of "Solo" papaya. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103:217-219.
5. AWADA, M.; KANEHIRO, Y. 1975. Effects of lime and phosphorus on yield, growth and petiole composition of papaya. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100:294-298.
6. CALZADA, J. *et al.* 1975. Cultivo del papayo. Universidad Nacional Agraria. Programa de Frutales Nativos, Boletín Técnico No. 3, 50 p.
7. CIBES, H.R.; GAZTAMBIDE, S. 1978. Mineral-deficiency symptoms displayed by papaya grown under controlled conditions. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 62:413-423.
8. HINE, R.B., HOLTZMANN, O.V.; RAABE, R.D. 1965. Diseases of papaya (*Carica papaya* L.) in Hawaii. *Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin* 136. 26 p.
9. PEREZ, A.; CHILDERS, N.F. 1982a. Growth, yield, nutrient content and fruit quality of *Carica papaya* L. under controlled conditions I. Nitrogen effects. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 66:71-79.
10. PEREZ, A.; CHILDERS, N.F. 1982b. Growth yield, nutrient content and fruit quality of *Carica papaya* L. under controlled conditions. II. Boron effects. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 66:80-88.
11. SEMINARIO, C.; VILLACHICA, H. 1982. Caracterización del potasio en algunos suelos de Chanchamayo, Selva Alta del Perú. *Turrialba* 32:471-480.
12. VILLACHICA, H.; BUENDIA, H. 1976. Respuesta del maíz a seis enmiendas cálcicas aplicadas a un Ultisol de Pucallpa. *Anales Científicos UNA*, 14:112-132.
13. VILLACHICA, H.; CABREJOS, O. 1974. Efecto de la cal, nitrógeno y manganeso en el rendimiento y la concentración de nutrientes en el maíz. *Turrialba* 24:319-326.
14. VILLACHICA, H., BORNEMISZA, E.; ARCA, M. 1973. The effect of lime and phosphate treatments on yield and macronutrient content of pangola grass grown on a soil from Pucallpa, Perú. *Agrochimica* 18:344-353.

## Notas y comentarios

### Premio Nobel de Economía de 1986

El Premio Nobel de Economía de 1986 ha sido concedido a James M. Buchanan, de la Universidad de George Mason, en Fairfax, Virginia, quien es el principal exponente de la teoría de la opción pública (public-choice), una rama relativamente nueva de la economía. Con este premio, tanto la novel teoría como la joven universidad (fundada en 1957) han recibido la acolada definitiva.

La teoría de la opción pública enseña que, debido a que los políticos responden a grupos de presión y al deseo de ser reelectos, las acciones de los gobiernos a menudo crean o aumentan las imperfecciones del mercado en lugar de vencerlas. Debido a esto, los seguidores de la teoría tienden a sostener, lógicamente, que las acciones del gobierno deben ser limitadas. De ahí la popularidad entre los teóricos de la opción pública de cosas como una enmienda constitucional que obligue a un presupuesto balanceado, de mínimos esfuerzos anti-trust, y de tener un mínimo de reglamentación en el mercado.

Al otorgar el premio a Buchanan, el comité Nobel ha honrado a su teoría y a una universidad muy en armonía con el espíritu de la era norteamericana. La teoría da primacía al fundamental egoísmo del hombre, del cual se forman políticas hostiles al gobierno y de simpatía a los mercados y la competencia. La universidad, nacida hace menos de 30 años con 17 estudiantes, se ha convertido en una institución de prestigio internacional. Tanto la teoría como la universidad tienen sus raíces en sureste de los Estados Unidos (el llamado "sunbelt") pero su influencia es ahora extensa, particularmente en la administración Reagan.

La teoría también sostiene que se necesitan acciones en grande, no pequeñas medidas, para lograr un cambio. De esta manera, se expelen los finos ajustes

y entran en su lugar las medidas de corte de impuestos de Reagan y todas las presiones por reformas radicales de la tributación.

También la teoría puede tratar otros problemas como la política fiscal y el desempleo, o la deuda externa frente a la deuda interna. Esto lo discutía ya Buchanan (1) hace unos 30 años, como lo señala Samuelson en la quinta edición de su clásica introducción a la economía (2).

Entre los que admiten abiertamente su deuda a este enfoque político-económico están James Miller, director de presupuesto del gobierno Reagan; Phil Cramm, republicano de Texas; Manuel Johnson, Vicepresidente del Federal Reserve System; William Niskamen, ex miembro de Council of Economic Advisors del presidente; y Robert Tollison, quien hace poco dejó la Federal Trade Commission y ahora trabaja también en la Universidad George Mason.

Todas estas personas consideran a Buchanan y a Gordon Tullock como los padres de la teoría. Estos dos economistas fueron incorporados a su universidad actual, cuando ésta, en sus planes de crecimiento, simplemente compró, en 1983, el Centro para el Estudio de la Opción Pública, que había estado a cargo del Instituto Politécnico de Virginia, en Blacksburg. El dinámico presidente de la Universidad George Mason, el Dr. George Johnson, hizo algo parecido para agrandar las disciplinas de Derecho e Ingeniería, y en la actualidad, las de Artes y Humanidades. Nadie duda que con un ganador del Premio Nobel en su personal, tendrá ahora menos molestias para atraer más dinero, fama y excelencia. **Adalberto Gorbitz.**

### Literatura citada

1. BUCHANAN, J.M. 1958. Public principles of public debt. Homewood, Ill., Irwin., 256 p.
2. SAMUELSON, P.A. 1961. Economics, an introductory analysis. Fifth edition. New York, McGraw-Hill, 853 p.