

Capítulo 5
NUTRICION Y FERTILIZACION

Carmen Rosa Salamanca
Carlos Alberto Roman Hoyos

DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE FERTILIZACIÓN

El cultivo de la papaya presenta un desarrollo rápido y constante acompañado de una floración precoz, continua y paralela al desarrollo de los frutos, por lo cual requiere de un suministro alto de agua y nutrientes durante todo el ciclo. Dentro de los factores que pueden modificar la producción agrícola están el uso de fertilizantes asociado a la irrigación como principal medio para aumentar la productividad del cultivo.

La papaya responde muy bien a la fertilización y a la incorporación de materia orgánica. La aplicación de fertilizantes debe hacerse fraccionada y la fórmula del fertilizante a aplicar debe ser completa, obviamente teniendo en cuenta el análisis de suelo y en lo posible, el análisis de tejido de los pecíolos de las hojas que acaban de completar su desarrollo.

Los métodos más usados para determinar el estado nutricional del cultivo y las necesidades de fertilización son el análisis foliar y de pecíolos, el diagnóstico visual en el campo y finalmente, el análisis de suelo. Estos elementos agregados al análisis químico del suelo y en forma ideal disponiendo de experimentos de fertilización en campo, constituyen el mejor conjunto de elementos para obtener el óptimo rendimiento como resultado de la fertilización.

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

El análisis químico del suelo es utilizado en el cultivo de papaya desde antes de la siembra para determinar principalmente los suministros de cal dolomita, fósforo y yeso y demás, macro y micronutrientes de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

DIAGNÓSTICO FOLIAR

El análisis foliar es una herramienta de diagnóstico que se refiere al análisis cuantitativo de macro o micronutrientes en la planta o en parte de ella. Se asume que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.

Este método consiste en hacer una comparación entre una planta que presenta deficiencia con una planta normal. Una planta normal es aquella que presenta todos los nutrientes en las cantidades y relaciones adecuadas para el óptimo crecimiento y producción en todas las épocas de desarrollo del cultivo.

Para fines de diagnóstico del estado nutricional del cultivo de papaya, por lo general, se analiza el pecíolo de la hoja joven totalmente expandida que soporta la flor más

próxima a abrir, órgano que refleja la condición de nutrición de la planta. En la tabla 6 se observan los niveles de nutrientes en el peciolo de la hoja de papaya.

Tabla 5. Niveles de nutrientes en el peciolo de la hoja de papaya¹

Elemento	Unidad	Concentración adecuada	Crítica	
N	%	1.3 - 2.5	1.5	
P	%	0.2 - 0.4		
K	%	3.0 - 6.0		
S	%	0.3 - 0.8		
C	%	1.0 - 2.5		
Mg	%	0.5 - 1.5		
Na	%	<0.20		
Cl	%	<4.0		
Cu	mg/kg	4 - 10		
Zn	mg/kg	10 - 30		
Mn	mg/kg	25 - 150		
Fe	mg/kg	20 - 80		
B	mg/kg	20 - 50		17

Fuente: Chapman et-al (1980). Queensland consolidated Fertilizer Ltda. (1983)

¹ Peciolo de la hoja joven totalmente expandida que soporta la flor más próxima a abrir.

DIAGNÓSTICO VISUAL

Los síntomas de deficiencia, exceso o desbalance de nutrientes son a menudo difíciles de identificar debido a que diferentes factores puede causar síntomas similares.

Un síntoma inicial de deficiencia se manifiesta en los órganos más viejos para los elementos de mayor movilidad dentro de la planta (N, P, K y Mg). En cuanto a los elementos de menor movilidad los síntomas se inician en los órganos más nuevos (S, B, Fe, Mn, Zn y Cu).

Los síntomas de deficiencia nutricional de la papaya se presentan en la tabla 5, basados en el trabajo de Cibes y Caztambide (1978) los cuales indujeron las deficiencias en solución nutritiva durante 6 meses.

La deficiencia de boro es la más frecuente entre todos los elementos menores pues afecta el crecimiento de la planta y el desarrollo de las raíces. El fruto aparece deforme y cubierto de protuberancias, lo cual afecta la calidad. La deficiencia de boro es uno de los problemas que se observan más frecuentemente en los cultivos de papaya y ocurre también en Lejanías (Meta) donde ocasiona pérdidas considerables. Estos se describen a continuación:

- ∞ Los síntomas de deficiencia de boro se inician desde el estado de plántula, presentando ésta un desarrollo lento y falta de vigor. Posteriormente, se deforma el meristemo apical, suspendiéndose el crecimiento.

EL CULTIVO DE LA PAPAYA EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

- ∞ Cuando se inicia la floración y fructificación, ésta es pobre porque ocurre una gran pérdida de flores.
- ∞ Cuando los frutos se forman en la fase inicial, éstos presentan secreción espontánea de látex, el cual es lechoso y luego se torna marrón. En la fase final del desarrollo de los frutos, la superficie de éstos se vuelve rugosa o llena de protuberancias.

Tabla 6. Síntomas de deficiencia nutricional según elementos en papaya

Elemento	Síntomas
Nitrógeno	^{1/} Hojas verde-amarillento, que después quedan totalmente amarillas; menor tamaño y menos lóbulos.
Fósforo	^{1/} Clorosis anaranjada a lo largo de los márgenes, seguido de necrosamiento y enrollamiento y por último, caída de la hoja; las hojas nuevas son pequeñas y de color verde oscuro.
Potasio	^{1/} Pecíolo con un ángulo de inserción al tallo mayor de 90 grados, hojas amarillo verdoso con leve necrosis en los márgenes, seguido de secamiento de las puntas hacia el centro.
Calcio	^{1/} Hojas verde oliva, pálidas con manchas amarillas en limbo; después completamente amarilla; menos lóbulos; caída de la hoja.
Magnesio	^{1/} Numerosas manchas necróticas en las márgenes de las hojas que después se juntan produciendo áreas grandes color paja; las nervaduras permanecen verdes.
Azufre	^{2/} Hojas levemente amarillas.
Boro	^{2/} Parálisis al crecimiento terminal del tallo; hojas menores, verde oscuro, coriáceas y deformadas.
Hierro	^{2/} Hojas verde amarillentas y después amarillas o casi blancas; quebramiento de la parte apical del tallo.
Manganeso	^{2/} Leve clorosis reticulada intervenal que posteriormente se convierte en un amarillento general de la hoja.

Fuente: Malavolta, 1980.

^{1/} Organos más viejos son afectados primero.

^{2/} Organos más jóvenes son afectados primero

EXIGENCIAS NUTRICIONALES

Para la evaluación de las exigencias nutricionales es importante determinar las cantidades extraídas por la raíz y la parte aérea y las exportadas a flores y frutos, también las épocas de mayor demanda de nutrientes (marcha de absorción).

La extracción y exportación de macro y micronutrientes fue estudiada por Cunha y Haag (1980) para la papaya en condiciones de campo en el primer año de producción, con una población de 1.650 plantas/ha, una producción de materia seca de la parte aérea de 3.7 ton./ha. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 8 adaptada por Malavolta (1980).

Tabla 7. Extracción y exportación de nutrientes en el cultivo de la papaya

Elemento	Parte aérea cantidad/ha	Fruta fresca gramos/tonelada
N	110.1 kg.	1.770
P	10.4 kg.	200
K	103.6 kg	2.120
Ca	40.9 kg.	350
Mg	17.0 kg.	180
S	12.0 kg.	200
B	122.4 g.	0.989
Cu	33.0 g.	0.330
Fe	329.2 g.	3.364
Mn	246.0 g	1.847
Mo	0.2 g.	0.008
Zn	131.5 g.	1.385

Fuente: Cunha y Hag (1980) adaptado por Malavolta (1980).

Al analizar estos datos se observa que :

- El nitrógeno (N) y el potasio (K) son los elementos más requeridos.
- Las cantidades de fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S) son similares.
- Las flores y frutos representan entre el 20 y 30% del total de nutrientes extraídos del suelo.

La extracción de nitrógeno (N) del cultivo de papaya es relativamente alta, por lo tanto exige altas dosis de fertilizantes para obtener una alta producción de frutos de buena calidad, como también para obtener plantas con resistencia al ataque de plagas o variaciones de clima. El fruto presenta dos períodos de mayor desarrollo: primero, durante los tres meses posteriores a la abertura de la flor y segundo, durante los treinta días anteriores a la cosecha, debido en gran parte a la mayor acumulación de agua en los tejidos.

Los dos elementos mayores que más consume la papaya son en su orden, el potasio (K) y el nitrógeno (N), y en bastante menor cantidad, en orden descendente, el calcio (Ca), el fósforo (P), el azufre (S) y por último el magnesio (Mg) (9). Los elementos menores de mayor consumo son en su orden, el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn), pero el más limitantes es el boro. En relación a la exportación de macro y micronutrientes se verifica que el orden decreciente es: $K > N > Ca \geq P \geq S \geq Mg$; $Cl > Fe > Mn > Zn \geq B > Cu > Mo$.

La interacción entre nutrientes o relación, que más afecta la producción y calidad de la papaya es la relación N/K. Una relación N/K elevada puede provocar excesivo crecimiento vegetativo y menor producción, frutos más distanciados y de menor calidad, sin sabor y con aspecto acuoso. Ruggiero (1988), Awada y Long (1971) encontraron una alta relación entre el contenido de potasio, el rendimiento y el contenido de azúcares del fruto.

APLICACIONES PRACTICAS

La producción de papaya requiere de altas cantidades de nutrientes durante todo el desarrollo del cultivo, distribuidos en dosis por mes y por planta y calculada con base en la siguiente fórmula: **fertilización = (a - b) x f**; en donde:

a = cantidad de nutrientes extraída por la planta para formar su raíz y parte aérea.

b = cantidad de nutrientes suministrada por el suelo

f = factor de eficiencia > **1.0** para compensar las pérdidas de nutrientes por lixiviación, erosión, volatilización, o fijación en el caso del fósforo.

Para los macronutrientes principales el índice de aprovechamiento (eficiencia) medio en condiciones tropicales es el siguiente: **N = 60%**; **P₂O₅ = 30%**; **K₂O = 70%**

Con base en el análisis de suelos promedio de 15 fincas de la zona de Lejanías, tabla 8, y considerando las observaciones y experimentos de fertilización en campo realizados en la región, se presenta un plan de fertilización que puede ser aplicado en condiciones similares de fertilidad de suelos. Es importante señalar que este plan debe tomarse como una guía general, pues los niveles de aplicación de productos deben ajustarse en función de los resultados del análisis químico del suelo ó de las plantas.

Tabla 8. Analisis de suelo promedio de 15 fincas en Lejanías (Meta)

	Unidad	Características
Textura		Franco
pH		5.6
Materia Orgánica	%	4.8
Fósforo (P)	ppm	38
Aluminio (Al)	meq/100g de suelo	0.4
Calcio (Ca)	meq/100g de suelo	7.57
Magnesio (Mg)	meq/100g de suelo	0.63
Potasio (K)	meq/100g de suelo	0.17
Sodio (Na.)	meq/100g de suelo	0.03
Hierro (Fe)	ppm	112
Boro (B)	ppm	0.39
Cobre (Cu)	ppm	3.3
Manganeso (Mn)	ppm	14.1
Zinc (Zn)		1.3

Fuente: Laboratorio de Suelos, C.I. La Libertad

EL CULTIVO DE LA PAPAYA EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Teniendo en cuenta los análisis de suelos para este caso, tabla 9, se recomienda aplicar e incorporar en las líneas de siembra 100 g de cal dolomita y 50.0 g de roca fosfórica parcialmente acidulada y posteriormente iniciar la fertilización por planta con una mezcla bien homogénea de los siguientes productos:

Tabla 9. Productos y dosis recomendados por planta

Fertilizante	g/planta
Urea	25
Cloruro de potasio	30
Superfosfato triple	12.5
Sulfato de magnesio	12.5
Bórax	5
Sulfato de zinc	5
Sulfato de cobre	2
Flor de azufre	8
Total	100

Para evitar daños a las plantas la anterior mezcla de fertilizantes debe repartirse en cantidades mensuales, que aumentan gradualmente desde 25 hasta 100 g por planta, iniciando en el transplante como se aprecia en la tabla 10.

Tabla 10. Forma de aplicación de fertilizantes

Aplicación	Cantidad	Distribución en banda circular (BC)
1o al transplante (T)	25	BC de 10 a 10 cm del tronco
2o 30 días después de T	50	BC de 10 a 20 cm del tronco
3o 60 días después de T	75	BC de 15 a 30 cm del tronco
4o 90 días después de T	100	BC de 20 a 50 cm del tronco
5o En adelante, cada 30 días	100	BC de 20 a 50 cm del tronco

En resumen, un cultivo de papaya en las condiciones del piedemonte debe recibir durante su vida útil aproximadamente entre 2.5 y 3 toneladas de un fertilizante completo por hectárea.

ENMIENDAS

El efecto de la cal se expresa en el aumento de la disponibilidad de los nutrientes, disminución de la toxicidad del aluminio y manganeso, en el aumento de la actividad microbiana y aporte de calcio y magnesio como nutrientes, lo cual se refleja en el aumento de peso de las raíces, tallo y hojas, aumento de la tasa de crecimiento, en el diámetro del tallo y en una mayor producción.

EL CULTIVO DE LA PAPAYA EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Ensayos de campo realizados en Hawai, confirman que una producción óptima de papaya se obtiene cuando el pH del suelo está entre 5.5 y 6.7. En cuanto a la recomendación de cal se han logrado excelentes resultados a nivel del Piedemonte llanero usando la fórmula sugerida por Raij (1981) citado por Vitti, et al (1988) para elevar la saturación de las bases y teniendo en cuenta el análisis químico del suelo:

$$\text{CAL Ton/Ha} = \text{CIC (SB2 - SB1) / PRNT}$$

$$\text{CIC} = \text{H}^+ + \text{Al}^{3+} + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} \text{ (meq/100 g. de suelo)}$$

$$\text{SB1} (\% \text{ saturación de bases del suelo}) = \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} / \text{CIC} \times 100$$

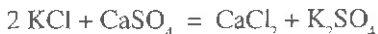
$$\text{SB2} (\% \text{ saturación de bases adecuado para papaya}) = 70\text{-}80\%$$

$$\text{PRNT} (\% \text{ relativo de neutralización de la cal dolomita}) = 90\%$$

El encalamiento se debe realizar dos o tres meses antes de la siembra, comprobar el tipo y calidad de la cal y preferir la cal dolomita (MGO > 12%).

El uso del yeso puede tener tres fines principales :

- **Acondicionador del subsuelo:** cuando el suelo presenta barreras químicas para el desarrollo de las raíces o el subsuelo presenta bajos niveles de calcio ($\text{Ca} < 0.3 \text{ meq/100g}$), o toxicidad de aluminio ($\text{Al} > 0.5 \text{ meq/100g}$) o más de 20-40% de saturación de aluminio. el cálculo del yeso siempre está asociado a la cantidad de cal aplicada, se sugiere sustituir no más del 25% de la cal por yeso agrícola.
- **Fuente de calcio:** en suelos con pH adecuado pero con relación $\text{Ca/mg} < 3.0$ se puede usar yeso agrícola para aumentar la relación.
- **Fuente de azufre:** Vitti y Malavolta (1988) afirman que de acuerdo con los requerimientos nutricionales las cantidades de S extraídas por la papaya son similares a los de P y Mg. El azufre desempeña funciones que determinan aumento en la producción y calidad del fruto, específicamente participa en la composición química de la papaina (enzima proteolítica). Además, se recomienda usar yeso agrícola como fuente de S para atenuar el efecto negativo del Cl, aplicado al fertilizar con KCl y que pueda deteriorar la calidad del fruto. La reacción entre el yeso (SO_4Ca) y el KCl es la siguiente:



ABONOS ORGANICOS

El empleo de materiales de origen natural provenientes de fuentes orgánicas proporcionan beneficios al suelo por los efectos en las propiedades químicas como fuente de nutrientes, aumento de la capacidad catiónica, quelatación de los micronutrientes, en las propiedades físicas por el aumento de la retención de agua, mejora la estructura del suelo y en las propiedades biológicas por aumento en la población microbiana.

EL CULTIVO DE LA PAPAYA EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

En suelos con bajo contenido de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, pobres en fósforo y micronutrientes se recomienda la utilización de la fertilización orgánica, principalmente con gallinaza. Se recomienda la aplicación de gallinaza al momento de preparar el suelo, distribuirla sobre la superficie del terreno e incorporarla. En Colombia la dosis de 2 kg. de gallinaza por planta al momento de la siembra ha dado buenos resultados.

Las aplicaciones de materia orgánica se hacen incorporándola en bandas de 1 m de ancho en los surcos de siembra. Normalmente se aplica entre 5 y 20 t/ha, de acuerdo al contenido inicial de materia orgánica del suelo a sembrar. En las condiciones de suelos del piedemonte Llanero y específicamente de la zona papayera de Lejanías, no sería necesario aplicar materia orgánica.

BIBLIOGRAFIA

- AVILAN, L. 1985. Fertilización. En: Manual de Fructicultura. Venezuela. p. 629-640.
- CHAPMAN, K.R.; GLENIE, J.D.; AQUILIZAN, F.A. y PAXTON, B.F. 1978. Boron deficiency in papaws. Queensland Journal. Nov. - Dic. p. 31-34.
- HAAG, H. 1986. Nutrição Cargill, Campinas. p. 192.
- MENDEZ P., R. 1994. Establecimiento de un huerto comercial de papaya. En: Primer Seminario Taller «El cultivo de la papaya» Memorias. CORPOICA - COMITE FRUTI HORTICOLA DE CORDOVA. Montevía, Colombia. p. 132-135.
- MALAVOLTA, E. 1980. Exigencias nutricionais do mamoeiro. En: Simposio brasileiro a cultura do mamoeiro, 1o Jaboticabal FCAV. p.103-126.
- SALAZAR, R. 1993. El cultivo de la papaya. En: Curso de frutas tropicales. Convenio ICA-DRI. Villavicencio. p. 251-290.
- TORRES, R. 1977. Papaya. En: Manual de Asistencia Técnica No. 4 Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. p. 251-290.
- VITTI, G.C; MALAVOLTA, E.; DO BRASIL SOBR; M.O.C e MARIN, S.L.D. 1988. Nutrição do mamoeiro. En: MAMAQ. Simposio brasileiro sobre a cultura do mamoeiro 2º. FCAV. UNESP. Jaboticabal - Sao Paulo. p. 121-159.