



ANALISIS FOLIAR DE ALGUNOS
CULTIVOS TROPICALES

Reinhardt H. Howeler*

Marzo, 1974



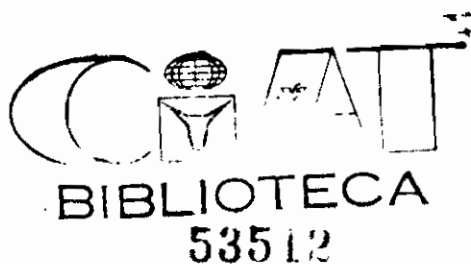
* Especialista en Suelos, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

6673

SERVICIO REFERENCIAL Y BIBLIOGRAFICO

C O N T E N I D O

Introducción.....	1
El Muestreo, la preparación de las muestras y la interpretación de los resultados.....	2
1. La toma de muestras.....	2
2. El lavado de las muestras.....	2
3. El secado de las muestras.....	3
4. El molido de las muestras.....	4
5. La conservación de las muestras.....	4
6. La interpretación de los resultados.....	4
7. Niveles críticos.....	4
Maíz.....	7
Arroz.....	9
Soya y Frijol.....	12
Yuca.....	17
Pastos y Forrajes.....	19



INTRODUCCION

El análisis foliar puede ser uno de los métodos más efectivos para diagnosticar problemas nutricionales de las plantas. Además, sirve para determinar si los niveles de minerales en pastos y forrajes son bajos, suficientes, o demasiado altos para el consumo de animales.

El análisis foliar determina el contenido total de nutrimentos en las plantas, mientras que el análisis de suelo determina el contenido de nutrimento "disponible" para la planta. El último es únicamente una parte del contenido total y la cantidad medida depende de la solución extractora utilizada, la temperatura y el tiempo que dura la extracción. Por lo tanto, el análisis foliar da resultados que pueden ser comparables de un lugar a otro en mayor grado que los resultados obtenidos del análisis de suelo; por tal razón, es aceptado casi universalmente como el método más conveniente para la determinación de la nutrición óptima de las plantas, especialmente, en cuanto a elementos menores. Sin embargo, debido a que los niveles de nutrimentos varían bastante en las diferentes partes de la planta y cambian de acuerdo a su estado de crecimiento, es muy importante utilizar métodos uniformes de muestreo. Además, para hacer comparaciones dentro de un ensayo, ó para hacer comparaciones con datos que se obtienen al revisar la literatura, es necesario tomar las muestras de las mismas partes de la planta y en la misma etapa de crecimiento. Con el propósito de señalar los métodos de muestreo más utilizados y aceptados mundialmente se detallan a continuación algunos factores como el estado de crecimiento de la planta al tomar la muestra, la parte de la planta en la que se tomó la muestra y el tratamiento de la muestra más apropiados para cada cultivo.

EL MUESTREO, LA PREPARACION DE LAS MUESTRAS Y LA INTERPRETACION

DE LOS RESULTADOS

- 1.- La toma de muestras. En general, para reducir contaminaciones, el mejor tiempo para tomar muestras es cuando las plantas se han secado después de una lluvia. Las muestras menos contaminadas con polvo y más representativas son las hojas más nuevas que han completado su desarrollo normal en la parte superior de la planta. No se deben incluir hojas dañadas por insectos, enfermedades, herbicidas, etc. Si se toman muestras para estudios sobre deficiencia o toxicidad de algunos elementos se puede tomar muestras de plantas sanas y de plantas afectadas teniendo en cuenta que la parte de la planta y el estado de crecimiento (no necesariamente la edad) de las plantas tienen que ser comparables. No se incluyen hojas secas con formación defectuosa, o con manchas necróticas.

En la interpretación de los análisis de plantas sanas y de plantas que no son normales se debe tomar en cuenta que las últimas a veces contienen niveles más altos de nutrimentos que las plantas normales por la "concentración" de elementos en plantas pequeñas. Así, el contenido de nutrimentos podría ser más alto en plantas muy deficientes y achaparradas que en plantas deficientes (Fig. 1). Para tomar muestras de parcelas correspondientes a ensayos de campo se toma material de toda la parcela, excepto de plantas en los surcos de borde, en los dos extremos, o de áreas que no sean uniformes. La cantidad mínima para hacer los análisis de elementos mayores y menores es 3-5 g de materia seca.

- 2.- El Lavado de las muestras. Para determinar si es necesario lavar las muestras se debe tomar en cuenta el grado de contaminación, la condición de la muestra

y los elementos a determinar. En general, es necesario eliminar contaminaciones de suelo y polvo para hacer análisis de Fe, Mn, Si y Al, mientras que para la determinación de B, Cu, Mo y Zn, este tipo de contaminación no afecta mucho los resultados. Se lavan las muestras frescas y tñrgidas en una solución de 1 g de detergente (preferiblemente, Teepol u otro producto que no contenga mucho P) por litro de agua, y se enjuagan con agua corriente y después, con agua deionizada. Si se han aplicado al cultivo insecticidas, fungicidas, etc., a base de Cu, Zn, Mn u otros, las muestras se deben lavar antes de determinar el contenido de estos elementos. También, para plantas a las que se hizo aplicación de elementos menores, es necesario lavar las muestras muy bien en una solución de detergente 6 con 0.1 NHCl.

Se debe tener siempre en cuenta que con el lavado se pueden perder compuestos inorgánicos muy solubles. Además, con el uso de detergentes, se puede contaminar las muestras con P. Por lo tanto, es importante reducir el lavado hasta el mínimo necesario para eliminar posibles contaminaciones.

En la toma de muestras en las praderas para la determinación del valor nutritivo de los forrajes sería preferible no lavar las muestras porque el ganado también ingiriese hojas contaminadas con polvo, etc.

- 3.- El secado de las muestras. Para evitar que las muestras sigan respirando y por consiguiente cambiando su contenido de materia seca, es importante secarlas en estufa tan pronto como sea posible a una temperatura de 60-80°C., por 24-48 horas. Si no hay estufa disponible, se pueden secar las muestras durante varios días en el sol.

4.- El molido de las muestras. Cuando las muestras estan secas, se muelen en un molino de laboratorio (tipo Wiley). Para análisis de Cu se debe utilizar mallas de acero inoxidable; para análisis exactos de Fe es preferible utilizar un mortero de ágata.

5.- La conservación de las muestras. Las muestras se pueden guardar en bolsas plásticas o en frascos de vidrio. Para análisis de B no se deben utilizar frascos de vidrio debido a la posible contaminación de las muestras con el B en el vidrio común el cual es fabricado a base de silicatos de boro.

Antes de analizar las muestras se secan nuevamente durante 20 horas a 90°C., y se mezclan bien antes de tomar submuestras para hacer el análisis.

6.- La interpretación de los resultados. Para facilitar la interpretación de los resultados del análisis a continuación se enumeran los niveles deficientes, normáles ó tóxicos para cada cultivo, en varias partes de la planta y en diferentes estados de crecimiento. En relación con estos factores los datos que se encuentran en la literatura varían bastante entre las fuentes de información. Por esta razón, es mejor utilizar los datos de una sola guía en la interpretación de los resultados. El Cuadro 1 presenta el contenido de nutrimentos en una sola parte de la planta de cada cultivo, y el estado de crecimiento de esa planta cuando se obtuvo la muestra.

En las secciones siguientes se presenta información más específica para cada cultivo sobre métodos de muestreo y contenido de nutrimentos, en varias partes de la planta y en diferentes estados de crecimiento.

7.- Niveles críticos. Los niveles críticos de deficiencia se pueden definir

utilizando en distintas formas la curva que indica la relación entre rendimiento y la concentración de nutrimento en la planta (Ver figura 2):

1) Niveles bajo los cuales se producen síntomas de deficiencias (los niveles críticos de toxicidad son aquellos por encima de los cuales se producen síntomas de toxicidad); 2) Niveles que corresponden al 90 ó 95 por ciento del rendimiento máximo; 3) Niveles que corresponden a la curvatura máxima de la curva; 4) Niveles que corresponden a la intercepción de las tangentes a la curva en el rango de deficiencia y/ó de absorción "de lujo" (absorción excesiva).

REFERENCIAS*

- 1.- Chapman, H. D. 1967. Plant analysis values suggestive of nutrient status of selective crops. In "Soil Testing and Plant Analysis" p. 77-92, SSSA Special Publication No. 2. Madison, Wisconsin, U. S. A.

* Las referencias que corresponden a los métodos de toma de muestras para diferentes cultivos aparecen después del texto respectivo.

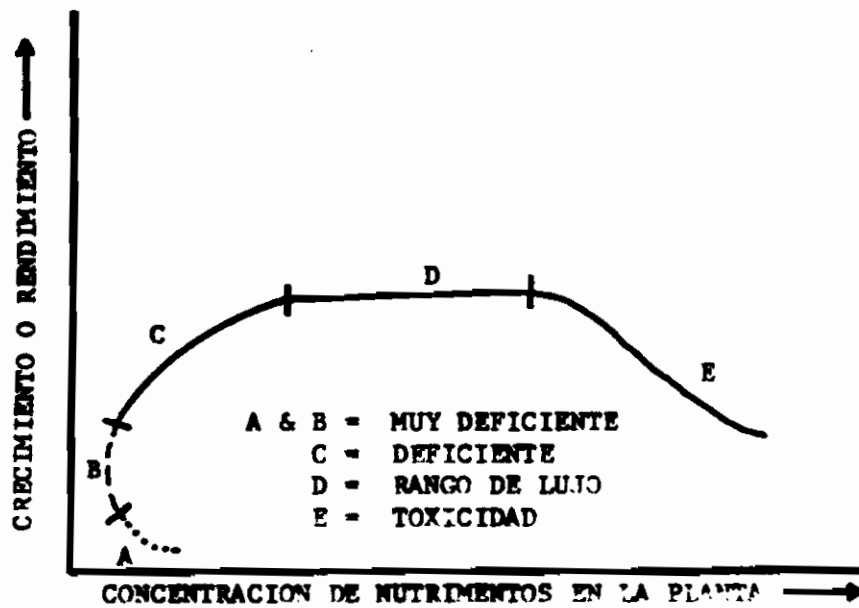


FIG. 1: RELACION ENTRE CONCENTRACION DE NUTRIMENTOS EN EL TEJIDO CON CRECIMIENTO O RENDIMIENTO. (CHAPMAN, 1967)

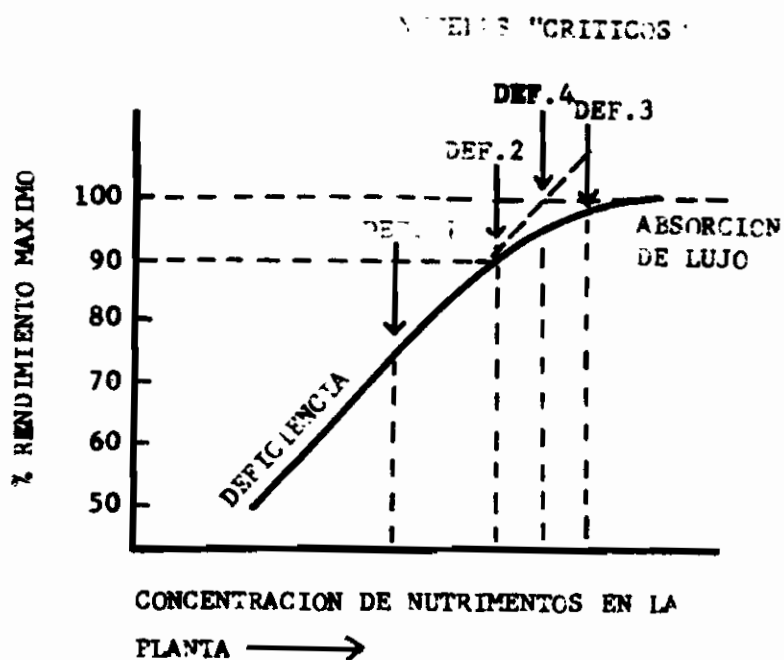


FIG. 2: CUATRO METODOS PARA DEFINIR EL NIVEL CRITICO DE NUTRIMENTOS EN LA PLANTA (VEA LA PAG. 4).

tenido de nutrimentos en algunos cultivos tropicales en partes definidas en la planta y estados de crecimiento.

Parte de la planta y Estado de Crecimiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mo ppm	Estado Nutricional de la Planta
Hoja de mazorca a iniciación del cabello	2.5	0.16	1.26	0.10	0.10	2	15	10	2	10	nunca	Deficiente Intermedio Exceso
	3.0	0.30	2.0	0.35	0.35	10	100	100	10	40		
	3.7	0.50	2.5	0.90	0.55	35	200	350	50	100		
Lámina foliar al macollamiento	2.5	0.1	1.0	0.15	0.10	3	20	70	6	10		Deficiente Intermedio Exceso
		1.0				100	2500	300	30	1500		
Hojas superiores bien desarrolladas, sin pecíolos, a 10% de la floración	2.1	0.17	1.0	1.16	0.22	3		335	5	25	0.4	Deficiente Intermedio Exceso
	5.2	.40	2.0	2.18	1.18	50	68	416	19	120	1.4	
						150						
Hojas superiores	3.8	0.23	0.80	0.45								Deficiente Intermedio Exceso
Toda la parte aérea inmediatamente antes de la floración	3.7	0.17 0.21	0.60 1.74	1.16 1.16	0.40							Deficiente Intermedio Exceso
Toda la parte aérea inmediatamente antes de la floración	2.5	0.22	1.42	0.28	0.71							Deficiente Intermedio Exceso

MAIZ

Método de muestreo sugerido por Jones, 1972.

Estado de Crecimiento	Parte de la planta	No. Plantas por muestra
1. Plántulas (< 30 cm)	Toda la parte aérea	20-30
2. Antes del espigamiento	Todas las hojas superiores bien desarrolladas	15-25
3. Del espigamiento hasta la formación de cabello	Todas las hojas hasta el nudo de la mazorca; se analiza la mitad central de la hoja	15-25

Observaciones (Jones, 1971)

1. Existe mucha variación en el contenido de B en varias partes de la planta y en los diferentes estados de crecimiento.

El contenido de B disminuye durante el crecimiento inicial, permanece constante hasta la floración y disminuye después de la formación de cabello.

B: hojas superiores > hojas inferiores > tallo.

2. El contenido de Cu es más o menos constante durante el ciclo vegetativo.

Cu: hojas inferiores > hojas superiores > tallo.

3. El contenido de Mn disminuye con el crecimiento.

Mn: hojas inferiores > hojas superiores. En los bordes de las hojas hay mayor cantidad de Mn.

4. El contenido de Zn disminuye con la madurez.

Zn: hojas superiores > hojas inferiores.

5. Los granos tienen un contenido más bajo de N, K, y Ca pero más alto del

P que las hojas.

Niveles críticos: Vea el Cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles de nutrimentos en la hoja de mazorca de maíz a la iniciación de la formación de cabello, en varios estados nutricionales de la planta (Jones, 1967).

Elemento	Estado Nutricional de la Planta*				
	Deficiente	Bajo	Suficiente	Alto	Exceso
N -%	< 2.45	2.46-2.75	2.76-3.50	3.51-3.75	> 3.75
P -%	< 0.15	0.16-0.24	0.25-0.40	0.41-0.50	> 0.50
K -%	< 1.25	1.26-1.70	1.71-2.25	2.26-2.50	> 2.50
Ca-%	< 0.10	0.11-0.20	0.21-0.50	0.51-0.90	> 0.90
Mg-%	< 0.10	0.11-0.20	0.21-0.40	0.41-0.55	> 0.55
B -ppm	< 2	3-5	6-25	26-35	> 35
Mn-ppm	< 15	16-19	20-150	151-200	> 200
Fe-ppm	< 10	10-20	21-250	251-350	> 350
Cu-ppm	< 2	3-5	6-20	20-50	> 50
Zn-ppm	< 10	11-20	21-70	71-100	> 100
Mo-ppm		siempre suficiente			
Al-ppm	-	-	< 200	201-400	> 400

- * Deficiente: 80% del rendimiento máximo.
 Bajo: 80-90% del rendimiento máximo.
 Suficiente: 90-100% del rendimiento máximo.
 Alto: 100% del rendimiento máximo.

REFERENCIAS

- 1.- J. B. Jones, 1967. Interpretación of Plant Analyses for Several Agronomic Crops. In: "Soil Testing and Plant Analyses" SSSA. Special Publication No. 2. Madison, Wisconsin, U. S. A. p 49-58.
- 2.- J. B. Jones. 1972. Plant Tissue Analyses for Micronutrients. In: "Micronutrients in Agriculture." SSSA. Madison, Wisconsin, U. S. A. p. 319-346.

ARROZ

Método de muestreo sugerido por Jones, 1972.

Estado de crecimiento	Parte de la planta	No. Plantas por muestra
1. Plántulas (<30 cm)	En la parte aérea	50-100
2. Antes de la floración	Cuatro de las hojas superiores bien desarrolladas.	25-50
Muestrear después de la floración no es recomendable.		

Observaciones (Angladette, 1965)

- 1.- El contenido de N alcanza el máximo a los 15 días y después disminuye.
- 2.- El contenido de P alcanza el máximo 45 días antes de la floración.
La absorción de K alcanza el máximo más o menos al mismo tiempo (10 semanas después de la siembra).
- 3.- El contenido de Ca y Mg es más o menos constante.
- 4.- El contenido de la mayoría de los nutrimentos no es muy variable entre diferentes partes de la planta hasta la iniciación del espigamiento.
Después, hay translocación hacia las espigas.
- 5.- Si se toman muestras después de la floración, las hojas "bandera" o las segundas hojas, son las más apropiadas. No se debe tomar muestras de hojas muertas.
- 6.- Las hojas bandera son las de más alto contenido de N y P mientras que las cuartas y quintas hojas son las de más alto contenido de K, Ca y Mg.

Cuadro 3. Niveles críticos de nutrimentos en varias partes de la planta y estados de crecimiento de arroz (Tanaka y Yoshida, 1970).*

Elemento	Estado Nutricional de la Planta		Parte de la Planta	Estado de Crecimiento
	Deficiencia	Toxicidad		
N -%	2.5		Lámina Foliar	Macollamiento
P -%	0.1		Lámina Foliar	Macollamiento
K -%	1.0		Lámina Foliar	Macollamiento
Ca-%	0.15		Paja	Madurez
Mg-%	0.10		Paja	Madurez
S -%	0.10		Paja	Madurez
Si-%	5.0		Paja	Madurez
B -ppm	3.4	100	Paja	Madurez
Mn-ppm	20	2500	Parte aérea	Macollamiento
Fe-ppm	70	300	Lámina Foliar	Macollamiento
Cu-ppm	6	30	Paja	Madurez
Zn-ppm	10	1500	Paja	Madurez
Al-ppm		300	Parte aérea	Macollamiento

* Niveles críticos, definido como niveles bajo los cuales se producen síntomas de deficiencia ó por encima de los cuales se producen síntomas de toxicidad.

**Cuadro 4. Contenido de elementos mayores en
varias partes de plantas de arroz
(Angladette, 1965).**

Elemento %	Bandera	2a y 3a Hojas	4a y 5a Hojas
N	3.05	3.10	2.40
P	0.20	0.18	0.14
K	1.67	1.75	2.11
Ca	0.57	0.78	1.07
Mg	0.19	0.18	0.21

REFERENCIAS

- 1.- Angladette, A. 1965. Nutritional Status as Indicated by Plant Analysis. In "The Mineral Nutritional of the Rice Plant." IRRI. John Hopkins Press. Baltimore, Maryland. p. 355-372.
- 2.- Jones, J. B. 1972. Plant Tissue Analysis for Micronutrients. In "Micronutrients in Agriculture." SSSA. Madison, Wisconsin, U. S. A. p. 319-346.
- 3.- Tanaka, A. y S., Yoshida. 1970. Nutritional Disorders of the Rice Plant in Asia. IRRI. Tech. Bull. 10.

SOYA Y FRIJOL

Método de muestreo sugerido por Jones, 1972.

Estado de Crecimiento	Parte de la Planta	No. Plantas por muestras
1. Plántulas (< 30 cm)	Parte aérea.	20-30
2. Antes ó durante la floración	Dos ó tres hojas bien desarrolladas de la parte superior de la planta.	20-30
El muestreo después de la formación de la vaina no es recomendable.		

Observaciones (Jones, 1972)

- 1.- Existe mucha variación en el contenido de B en diferentes partes de la planta y según el estado de desarrollo de las plantas.
B: hojas superiores > hojas inferiores > tallos.
- 2.- El contenido de Cu disminuye durante los primeros 10 días, después, es más o menos constante.
- 3.- El contenido de Mn es más o menos constante durante el ciclo.
- 4.- El contenido de Zn aumenta un poco en las hojas y disminuye en el tallo durante el crecimiento.

Cuadro 5. Contenido de nutrimentos en varias partes de la planta de frijol (Blasco et al. 1972).

Elemento	Contenido*			
	Hojas	Tallos	Raices	Vainicas
N -%	2.9-5.1	1.1-3.2	1.0-4.0	3.2-4.5
P -%	0.13-0.26	0.11-0.26	0.10-0.26	0.24-0.29
K -%	1.4-3.1	1.3-3.3	0.7-2.7	1.5-2.2
Ca-%	1.0-5.7	0.2-5.7	0.2-0.8	0.2-0.4
Mg-%	0.4-1.3	0.2-0.5	0.2-0.6	0.3-0.4
S -%	0.07-0.23	0.05-0.21	0.07-0.21	0.11-0.26
B -ppm	10-39	12-41	24-77	40-61
Mn-ppm	80-386	25-322	30-385	27-42
Fe-ppm	7-807	3-349	16-10,060	1.2-3.0
Cu-ppm	5-19	5-26	7-56	3.6-18
Zn-ppm	51-126	41-186	50-185	45-66
Mo-ppm	0.4-1.4	0.3-1.0	0.7-1.6	0.03-0.07

* Rango obtenido en análisis de cinco variedades de frijol en tres épocas de muestreo, en un ensayo de campo.

Cuadro 6. Contenido de nutrimentos en varias partes de la planta de frijol cultivado en un ensayo hidropónico (Ramirez, 1969).

Elemento	Láminas Foliare		Pecíolos	
	Deficiente*	Normal ⁺	Deficiente*	Normal ⁺
N -%	2.12	5.18	1.04	2.37
P -%	0.17	0.60	0.12	0.54
K -%	1.04	3.27	1.93	6.37
Ca-%	1.16	2.18	0.29	1.12
Mg-%	0.22	1.18	0.05	0.41
S -%	0.14	0.19	0.07	0.22
B -ppm	35	82	75	92
Mn-ppm	81	439	14	128
Fe-ppm	335	416	161	172

* Plantas cultivadas en soluciones completas durante 20 días, seguidas durante 30 días en soluciones a las que, en cada caso, faltaba un elemento.

+ Plantas cultivadas en soluciones completas durante 50 días.

Cuadro 7. Contenido de nutrimentos en varias partes de la planta de soya, en varios estados de crecimiento.

Elemento	Estado Nutricional de la Planta			Parte de la Planta	Estado de Crecimiento	Refer. pag. 16
	Defic.	Normal	Toxicidad			
N -%		2.7-3.5				3,4
P -%	0.2	0.3-0.46				3,4
K -%	2.0	2.5-2.73				3,4
Ca-%	0.8	1.5				4
Mg-%		0.6				3,4
S -%		0.25				4
B -ppm	20	30-60	100	hojas	form. vaina	2,4
		38		vaina	madurez	2
		23		tallo	madurez	2
Mn-ppm	15	35-120	250	hojas	form. vaina	2,4
		30		vaina	madurez	2
		30		tallo	madurez	2
Fe-ppm	50	100	200	hojas	form. vaina	2,4
		75		vaina	madurez	2
		75		tallo	madurez	2
Cu-ppm	10	15-25	30	hojas	form. vaina	2,4
		13		vaina	madurez	2
		7		tallo	madurez	2
Zn-ppm	20	30-45	75	hojas	form. vaina	2,4
		40		vaina	madurez	2
		19		tallo	madurez	2
Mo-ppm	0.5	2	10	hojas	form. vaina	2,4

REFERENCIAS

- 1.- Blasco, M. y A. M. Pinchinat. 1972. Absorción y Distribución de Nutrientes en el frijol (Phaseolus vulgaris L.) IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. XVIII Reunión Anual del PCCMCA, Managua, Nicaragua (mimeografiado).
- 2.- Jones, J. B. 1972. Plant Tissue Analysis for Micronutrients. In: "Micronutrients in Agriculture". SSSA. Madison, Wisconsin. p 319-346.
- 3.- Lora, R. y E. Ospina. 1972. Determinación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en muestras vegetales usando una sola digestión. Programa Nacional de Suelos, Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia, (mimeografiado).
- 4.- Nelson, W. L. y S. A. Barber. 1964. Nutrient Deficiencies in Legumes for Grain and Forage. In: "Hunger Signs in Crops". David McKay Company, New York, N. Y. p. 143-180.
- 5.- Ramírez, G. F. 1969. Síntomas de deficiencia de minerales en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y sus relaciones nutritivas específicas. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Método de muestreo sugerido tentativamente por el autor.

Estado de Crecimiento	Parte de la Planta
1. Iniciación de la Floración	Felodermo del tallo principal
2. Iniciación de la Floración	Láminas foliares sin pecíolos de hojas superiores bien desarrolladas.

Observaciones (Krochmal, 1968); (Bates,* 1973).

- 1.- El contenido de P y K es más alto en el tallo.
- 2.- El contenido de Ca y Mg es más alto en el pecíolo.
- 3.- Síntomas de deficiencia de N: color verde claro y crecimiento pobre.
K: bronceamiento inicial de las hojas seguido por una clorosis de los bordes.
P: sin clorosis pero el crecimiento es reducido.
Ca: quemazón de los ápices de las hojas y de las hojas nuevas.
Mg: clorosis, comenzando en las hojas viejas como amarillamiento de los márgenes y de los ápices.
S: verde claro, semejante a la deficiencia de N.
Fe: clorosis intervenal de las hojas jóvenes a una edad temprana.
No se reduce el crecimiento de la planta.
Mn: clorosis intervenal de todas las hojas, casi como deficiencia de Fe, pero más pálido.
B: un poco de clorosis en las hojas jóvenes; las hojas y plantas son pequeñas.
Zn: clorosis intervenal muy pálido; deformación de las hojas y del cogollo.
Cu: clorosis intervenal muy pálido; deformación de las hojas.
- 4.- Síntomas de toxicidad de B: manchas necróticas en los bordes de las hojas comenzando en las hojas inferiores.

* Ensayo hidropónico (comunicación personal).

Cuadro 8. Contenido de nutrimentos en varias partes de plantas normales de yuca.

Parte de la Planta	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe-ppm	Ref.
Hoja superior	3.84	0.23	0.80	0.45			2
Hoja inferior	2.48	0.18	0.72	0.81			2
Felodermo tronco	1.12	0.06	1.81	0.85			2
Madera tronco	0.76	0.075	0.40	trazas			2
Parte verde de rama joven	1.36	0.16	0.49	1.40			2
Hoja	2.80	0.25	1.27	2.23	0.55		4
Pecíolo	0.86	0.24	1.56	5.86	1.23		4
Tallo	0.60	0.36	1.92	0.88	0.17		4
Raíz entera		0.10		0.12		443	1
Raíz sin cáscara		0.09		0.12		729	1
Cáscara		0.10		0.68		769	1
Hoja fresca		0.05		0.33		128	1
Hoja seca		0.19		1.29		505	1
Harina de yuca cocida	0.45	0.07	0.82	0.47	0.10		3

REFERENCIAS

- 1.- E. A. Barrios y R. Bressani. 1967. Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca Manihot. Separata de Turrialba 17:314-320. IICA-CATIA. Turrialba, Costa Rica.
- 2.- C. Cours, J. Fritz y C. Ramakadimby. 1959. Le diagnostic phelodermique du Manioc. Bulletin de l'Institut de Recherche Agronomique de Madagascar. 3:22-33.
- 3.- R. Lora S. y E. Ospina G. Determinación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en muestras vegetales usando una sola digestión. Programa de suelos. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia.
- 4.- A. Krochmal y G. Samuels. 1968. Deficiency symptoms in nutrient pot experiments with cassava. CEIBA 14:1-9.

PASTOS Y FORRAJES

Método de muestreo sugerido por Jones, 1972.

Estado de Crecimiento		No. plantas por muestra
1. Inmediatamente antes de la floración ó al estado óptimo de la gramínea.	Cuatro hojas superiores	40-50
2. Inmediatamente antes de la floración de las leguminosas.	Láminas foliares maduras en la parte superior de la planta, ó todas las hojas (+ peciolo) vivas.	40-50

No se recomienda el muestreo durante tiempos secos prolongados.

Observaciones (Andrew, 1962, 1969 y 1971; McNaught, 1970; Robinson, 1972)

- 1.- El contenido de N aumenta con el aumento en el contenido de P en las leguminosas.
- 2.- El contenido de N disminuye con el aumento en el contenido de P en las gramíneas (si la planta está respondiendo a la aplicación de P).
- 3.- En la mayoría de las leguminosas, el contenido de K disminuye y el contenido de Mg aumenta con el aumento en el contenido de P.
- 4.- El contenido de Ca no está afectado por el contenido de P.
- 5.- Los contenidos de P y S son mucho más altos en la semilla (0.36 por ciento para ambos) que en las hojas maduras (0.02% P y 0.10% S).
- 6.- Los contenidos de N, P y S en las raíces, hojas y tallos disminuyen rápidamente en la época de floración y aumenta en la semilla.
- 7.- Los contenidos de P y K son más bajos y de Ca y Mg son mas altos, durante épocas secas en comparación con las lluviosas.
- 8.- La relación $N/S > 16$ indica deficiencia de S, y $N/P > 13$ indica deficiencia de P.
- 9.- Para leguminosas, el contenido crítico de Cu es 4-5 ppm.
- 10.- Aunque el contenido de Cu no varía mucho entre especies, Stylosanthes es el más susceptible y Desmodium el más tolerante a deficiencias de Cu.

Cuadro 9. Contenido* de nutrimentos de la parte aérea de diez leguminosas y nueve gramíneas tropicales en el estado inmediatamente anterior al de la floración (Andrew, 1969 y 1971).

Leguminosas	% P	% N	% K	% Ca	% Mg	% Na
<u>Phaseolus lathyroides</u>	0.16	2.57	1.27	1.02	0.36	0.08
<u>Phaseolus atropurpureus</u>	0.20	3.46	1.70	1.21	0.81	0.02
<u>Stylosanthes humilis</u>	0.21	3.70	1.74	1.16	0.40	0.02
<u>Centrosema pubescens</u>	0.17	3.13	1.98	0.97	0.27	0.04
<u>Glycine javanica</u>	0.16	2.58	1.87	1.03	0.36	0.03
<u>Lotononus bainesii</u> sp.	0.25	3.64	2.52	0.90	0.34	0.11
<u>Medicago sativa</u>	0.28	3.54	2.07	0.94	0.31	0.14
<u>Desmodium uncinatum</u>	0.19	2.95	1.86	1.02	0.32	0.04
<u>Desmodium intortum</u>	0.22	3.23	2.03	1.11	0.38	0.04
<u>Vigna luteola</u>	0.24	2.70	1.55	1.36	0.28	0.27

Gramíneas	% P	% N	% K	% Ca	% Mg	% Na
<u>Melinis minutiflora</u>	0.22	2.48	1.42	0.28	0.71	0.04
<u>Cenchrus ciliaris</u>	0.22	3.19	3.01	0.33	0.49	0.76
<u>Paspalum dilatatum</u>	0.22	3.33	2.03	0.37	0.58	0.15
<u>Panicum maximum</u>	0.19	2.69	1.76	0.36	0.50	2.01
<u>Chloris gayana</u> sp.	0.23	3.21	1.48	0.40	0.26	2.53
<u>Sorghum alnum</u>	0.18	2.65	1.53	0.38	0.61	0.09
<u>Setaria anceps</u>	0.27	4.01	3.25	0.31	0.48	0.25
<u>Digitaria decumbens</u>	0.15	1.94	1.22	0.22	0.41	1.51
<u>Pennisetum clandestinum</u>	0.21	2.76	1.98	0.29	0.65	0.18

* Contenido promedio de 6 ó 7 tratamientos de P. (Los promedios no siempre alcanzan a llegar a los niveles críticos de la Tabla 10).

Cuadro 10. Niveles críticos de insuficiencia* de P y K y de toxicidad⁺ de Mn en algunas leguminosas, y niveles críticos de P en algunas gramíneas tropicales. (Andrew, 1969 y 1971).

Leguminosas	P %	K %	Mn ppm
<u>Phaseolus lathyroides</u>	0.20	0.75	840
<u>Phaseolus atropurpureus</u>	0.24	0.75	810
<u>Stylosanthes humilis</u>	0.17	0.6	1140
<u>Centrosema pubescens</u>	0.16	0.75	1600
<u>Glycine javanica</u>	0.23	0.8	560
<u>Lotononis bainesii</u>	0.17	0.9?	1320
<u>Desmodium uncinatum</u>	0.23	0.8	1160
<u>Desmodium intortum</u>	0.22	0.72	
<u>Vigna luteola</u>	0.25		

Gramíneas	P %
<u>Melinis minutiflora</u>	0.18
<u>Cenchrus ciliaris</u>	0.26
<u>Paspalum dilatatum</u>	0.25
<u>Chloris gayana</u>	0.23
<u>Sorghum alatum</u>	0.20
<u>Setaria anceps</u>	0.22
<u>Digitaria decumbens</u>	0.16
<u>Pennisetum clandestinum</u>	0.22
<u>Panicum maximum</u>	0.19

* Niveles críticos según la definición No. 4 de la página 5.

+ Niveles que corresponden a una reducción del 5 por ciento del rendimiento máximo.

REFERENCES

- 1.- Andrew, C., S. y M. P. Hegarty. 1969. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Austr. J. Agr. Res. 20:687-696.
- 2.- Andrew, C. S., y M. F. Robins. 1969. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentage of phosphorus. Austr. J. Agr. Res. 20:665-674.
- 3.- Idem. II. Nitrogen, calcium, magnesium, potassium and sodium contents. Austr. J. Agr. Res. 20:675-685.
- 4.- Andrew, C. S. y M. F. Robins. 1969. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Growth and critical percentage of potassium. Austr. J. Agr. Res. 20:999-1007.
- 5.- Andrew, C. S. y M. F. Robins. 1971. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. Austr. J. Agr. Res. 22:693-706.
- 6.- Andrew, C. S. y P. M. Thorne. 1962. Comparative response to copper of some tropical and temperate pasture legumes. Austr. J. Agr. Res. 13:821-835.
- 7.- Jones, J. B. 1972. Plant tissue analysis for micronutrients. In: "Micronutrients in Agriculture." SSSA. Madison, Wisconsin. p. 319-346
- 8.- McNaught, K. J. 1970. Diagnosis of mineral deficiencies in grass-legume pasture by plant analysis. In: Proc. XI Int. Grassland Congr. Watson Ferguson Co., Brisbane, Australia. p 334-338.
- 9.- Robinson, P. J. y R. K. Jones. 1972. The effect of phosphorus and sulphur fertilizer on the growth and distribution of dry matter, nitrogen, phosphorus and sulphur in Townsville stylo (Stylosanthes humilis). Austr. J. Agr. Res. 23:633-640.