

REQUERIMIENTOS DE MICRONUTRIMENTOS POR ALGUNAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

J. G. Salinas¹ C. E. Castilla² y
R. Gualdrón²



INTRODUCCION

Los suelos ácidos y de baja fertilidad de las áreas tropicales representan casi la mitad de las tierras potencialmente arables en el mundo. La ampliación de la frontera agrícola hacia estas tierras es una necesidad inmediata ya que la creciente población mundial requiere de más alimentos a un menor costo.

El interés de evaluar las necesidades de micronutrientos en el trópico surge cuando intensificando el uso de la tierra y logrando mayores producciones con el uso de fertilizantes solubles posiblemente se aceleren las necesidades de micronutrientos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los requerimientos de micronutrientos de algunas leguminosas forrajeras de alta promesa evaluadas por el Programa de Pastos Tropicales del CIAT en un suelo ácido de los Llanos Orientales, y teniendo en cuenta al animal poder determinar estrategias para su uso es decir suministrar los micronutrientos a las praderas o directamente a los animales.

REVISION DE LITERATURA

Se han realizado extensas revisiones sobre micronutrientos (Mortvedt *et al.* 1972, Vlek P. L. G. (ed.) 1985, Sillanpää 1982) algunas sobre suelos ácidos (Lopez 1980, Cox 1973) y sobre leguminosas forrajeras tropicales (Bruce 1978). El cuadro 1 presenta los rangos de valores encontrados para las deficiencias y toxicidades de micronutrientos tanto en el suelo como en la planta y algunas recomendaciones sobre las dosis aplicadas para una producción agrícola sostenida por 2 a 3 años.

En general la acidez favorece la disponibilidad de los micronutrientos con excepción de Mo (que aumenta su disponibilidad con aumentos en el pH). De esta forma a pesar de que las cantidades totales de micronutrientos en suelos ácidos es baja su disponibilidad relativa es alta.

Los contenidos de micronutrientos analizados en diferentes localidades del Departamento del Meta, Colombia, en un transecto desde Carimagua hasta Villavicencio se presentan en el cuadro 2. El Zn y el Mn resultaron más variables. La poca información sobre B y Mo se debe a la dificultad en su determinación.

Para leguminosas tropicales la respuesta a micronutrientos está asociada no solo con el contenido del micronutriente en el suelo sino también con el requerimiento de la planta que se use como indicador. Así, en los críticos fijados para cultivos a los cuales sobrepasan los requerimientos de forrajeras perennes. Este es el caso del Cu en el suelo donde con un nivel crítico tan bajo como 0.1 ppm aún no se puede predecir una deficiencia (Bruce 1978).

El micronutriente que más comúnmente limita el rendimiento de los productos agrícolas es el B y las leguminosas poseen un alto requerimiento (Russell 1980). Sin embargo al nivel crítico de 0.3 ppm aún no existen respuestas claras a la aplicación de B (Cox 1973).

Para los Llanos Orientales de Colombia y el Cerrado Brasileño el Zn es el elemento que se reporta como más deficiente (CIAT 1977). Las deficiencias de Zn se presentaron especialmente cuando se aplicaron a las dosis de cal. Para esos casos hasta 20 Kg Zn/ha fue efectivo para superar la deficiencia (Howeler *et al.* 1977). Comúnmente para leguminosas forrajeras dosis de 2 kg/ha parecen suficientes (Bruce 1978).

El caso del molibdeno es diferente ya que es necesario para la fijación simbiótica de N. Las leguminosas en este elemento no poseen nódulos activos (Russell 1980, Bruce 1978). Las dosis recomendadas para corrección de deficiencias varían entre 70 y 250 g/ha. Sin embargo la concentración de Mo en la semilla parece ser determinante. Semillas con concentraciones de 0.5 a 5 ppm de Mo no mostraron deficiencias de Mo indicando que las necesidades totales de la planta pueden también ser suministradas por medio de la semilla (Bruce 1978).

En suelos ácidos no se encuentran referencias sobre deficiencias de Mn pero la toxicidad es común en suelos mal drenados. Los contenidos en suelos bien drenados parecen ser adecuados (Leon *et al.* 1985).

1 Ph. D. Edafólogo, Nutricionista de Plantas, Suelos/Nutrición de Plantas, Programa Pastos Tropicales, CIAT.

2 Asociados de Investigación, Suelos/Nutrición de Plantas, Programa Pastos Tropicales.

Cuadro 1 Rangos de deficiencias y toxicidades de micronutrientos para leguminosas forrajeras tropicales en varios tipos de suelo.

Micronu- trimento	Deficiencias		Toxicidad		Recomendaciones
	Tejido	Suelo	Tejido	Suelo	
	ppm	ppm	ppm	ppm	kg/ha
Zn	12 0 - 20 0	0 5-1 0	60 0-81 0	20-30	2 0
Cu	2 0 - 4 0	0 1-0 4	11 0	17-25	2 0
B	12 9	0 3-5 0		3-5	1 0
Mn		1 0- 5 0		140-200	
Mo	0 05- 0 1	0 14	6 0		0 1

Fuentes consultadas A S López, 1980, R C Bruce 1978, A León et al , 1985, Cox y Kamprath, 1972

Cuadro 2 Disponibilidad de micronutrientos en diferentes localidades del Departamento del Meta Colombia

Localidad	Descripción del Suelo	Micronutriente			Referencia
		Zn	Cu	Mn	
		ppm			
Carimagua	La Reserva	0 4	1 0	2 4	U de Hokkaido
	La Alegría	0 6	0 4	1 2	CIAT
	B humídica	0 7	0 7	5 4	CIAT
Pro Cuitan	Sabana nativa	0 5	1 0	3 0	U de Hokkaido
El Guayabal	S c + A g	0 4	0 3	1 3	CIAT
	Bajo	2 3	0 6	1 2	CIAT
El Paraíso	Sabana nativa	0 8	0 7	2 4	CIAT
El Viento	A gayanus	0 5	0 7	1 5	CIAT
El Viento	B decumbens	0 4	0 5	7 8	CIAT
Las Leonas	A gayanus	0 6	0 3	2 9	CIAT
Villavicencio	Oxisol	0 4	0 7	6 2	U de Hokkaido
	Inceptisol	0 8	0 9	7 8	U de Hokkaido
	U T Llano	0 5	0 8	5 9	CIAT
San Martín	U T Llano	0 6	0 5	5 4	CIAT
	Promedio	0 7	0 7	4 0	
	Desviación estándar	0 5	0 2	7 4	

Metodología descrita por S. Linas y García 1985

MATERIALES Y METODOS

En ensayo se realizo en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CINIA) en Carimagua en el sitio denominado La Reserva. El suelo es caracterizado como un Haplustox tipico arcilloso termico y es representativo de la altillanura plana no disectada con buen potencial para el desarrollo agrícola. Se evaluaron 4 leguminosas forrajeras *Desmodium ovalifolium* 350 *Pueraria phaseoloides* 9900 *Stylosanthes capitata* 1019 y *Zornia latifolia* 728 (que desaparecio al poco tiempo de establecida debido a un fuerte ataque de *Sphaceloma* sp.) para medir el efecto de 5 micronutrientes en 4 diferentes dosis para cada uno de ellos como se describe en el cuadro 3. Todas las parcelas recibieron adicionalmente 500 kg de cal dolomítica 22 kg P 40

kg K y 20 Kg S por hectarea durante el establecimiento y 10 kg K S y Mg para mantenimiento al inicio del periodo de lluvia.

Los tratamientos se distribuyeron en el campo en un arreglo de parcelas divididas (parcela principal micronutrientes) con tres repeticiones por tratamiento (tamaño de parcela 2 x 3 m). El ensayo se sembró en Mayo de 1980 y evaluado hasta Septiembre de 1982. En este periodo se realizaron 12 cortes con intervalos de 2 meses durante los periodos de lluvia y 3 meses durante los periodos secos. No hubo retorno de material cortado a las parcelas.

Para medir la disponibilidad de los micronutrientes en el suelo y el contenido en el tejido foliar se utilizaron los

Cuadro 3 Dosis de micronutrientes utilizados en el ensayo de campo, Carimagua, Colombia

Dosis	Zn	Cu	B	Mn	Mo
	kg, ha				
1	0	0	0	0	0
2	2 0	1 0	0 5	0 25	0 05
3*	4 0	2 0	1 0	0 50	0 10
4	8 0	4 0	2 0	1 00	0 20
Fuente	ZnSO ₄	CuSO ₄	Borax	MnSO ₄	Na ₂ MoO ₄

* Con excepción del micronutriente bajo estudio, los otros micronutrientes se aplicaron con la dosis 3.

metodos descritos en el cuadro 4 (Salinas y Garcia 1985). Los efectos del Molibdeno se evaluaron indirectamente por medio del contenido de N y S en el tejido.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las características químicas del suelo después de quemar la

sabana nativa (Cuadro 5) son típicas de los oxisoles de los llanos orientales: ácido, bajo contenido de P, Ca, Mg y K y 90% de saturación de aluminio. Los contenidos de micronutrientes son similares a los encontrados en otras localidades del Departamento del Meta. Solamente los valores de Zn son superiores al promedio reportado (Cuadro 2).

Cuadro 4 Metodos de extracción y determinación de micronutrientos ¹

Micro-nutri-mento	Extractante				Determinación
	Suelo (1/4)		lejido		
Zn	HCl 0.5N + H ₂ SO ₄ 0.25N		NH ₄ OH - 4 HClO ₄ 2/1		Espectrofotómetro - Absorción atómica
Cu	HCl 0.5N + H ₂ SO ₄ 0.25N		NH ₄ OH - HClO ₄ 2/1		Espectrofotómetro - Absorción atómica
Mn	HCl 0.5N + H ₂ SO ₄ 0.25N		NH ₄ OH - HClO ₄ 2/1		Espectrofotómetro - Absorción atómica
B	H ₂ O caliente		H ₂ SO ₄ 0.25N		Colorimétrico - Azometina

^{1/} Salinas, J. G. y García, R. 1985

El análisis de muestras de suelo tomadas uno y tres años después de aplicados los tratamientos presentan aumentos no significativos con las dosis aplicadas (Cuadro 6). Solamente los valores de B se acercan al rango inferior del nivel crítico reportado por Cox y Kamprath (1972). La disponibilidad de otros elementos parece ser adecuada (Cuadro 6).

En la Figura 1 se observa que la producción de materia seca (MS) está estrechamente relacionada con la precipitación. Para facilitar de interpretación los datos obtenidos en 12 cortes se agruparon en periodos similares de precipitación correspondientes al establecimiento, primera y segunda época de lluvia y primera y segunda época seca. En esta

Cuadro 5 Análisis de suelos del área experimental después de quemar la sabana nativa

	Mat	pH	Al	Ca	Mg	K	P	S	Zn	Cu	B	Mn
Org												
%												
				meq/100 g						ppm		
Prom	4.3	4.7	3.1	22	0.5	0.1	1.6	5.7	1.3	0.5	8	30
Desv	0.6	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	7.5	6	0.1	0.4	5
est												
Promedio de 40 muestras												

Cuadro 6 Disponibilidad de micronutrientes en el suelo a través del tiempo (Promedio de cuatro especies)

Dosis ¹	Zn		Cu		B		Mn	
	1981	1983	1981	1983	1981	1983	1981	1983
	ppm							
1	1 7	2 1	0 7	0 8	33	29	1 9	2 8
2	1 5	1 3	0 7	0 8	42	27	1 9	2 3
3	2 2	1 8	0 8	0 8	47	34	1 7	3 0
4	2 2	2 6	0 9	1 0	48	34	2 0	3 0

* Referirse al Cuadro 3 para las dosis aplicadas

Nivel crítico Zn = 5 ppm (Cox y Kamprath, 1972)
 Cu = 2 ppm "
 B = 3 ppm "
 Mn = 10 ppm "

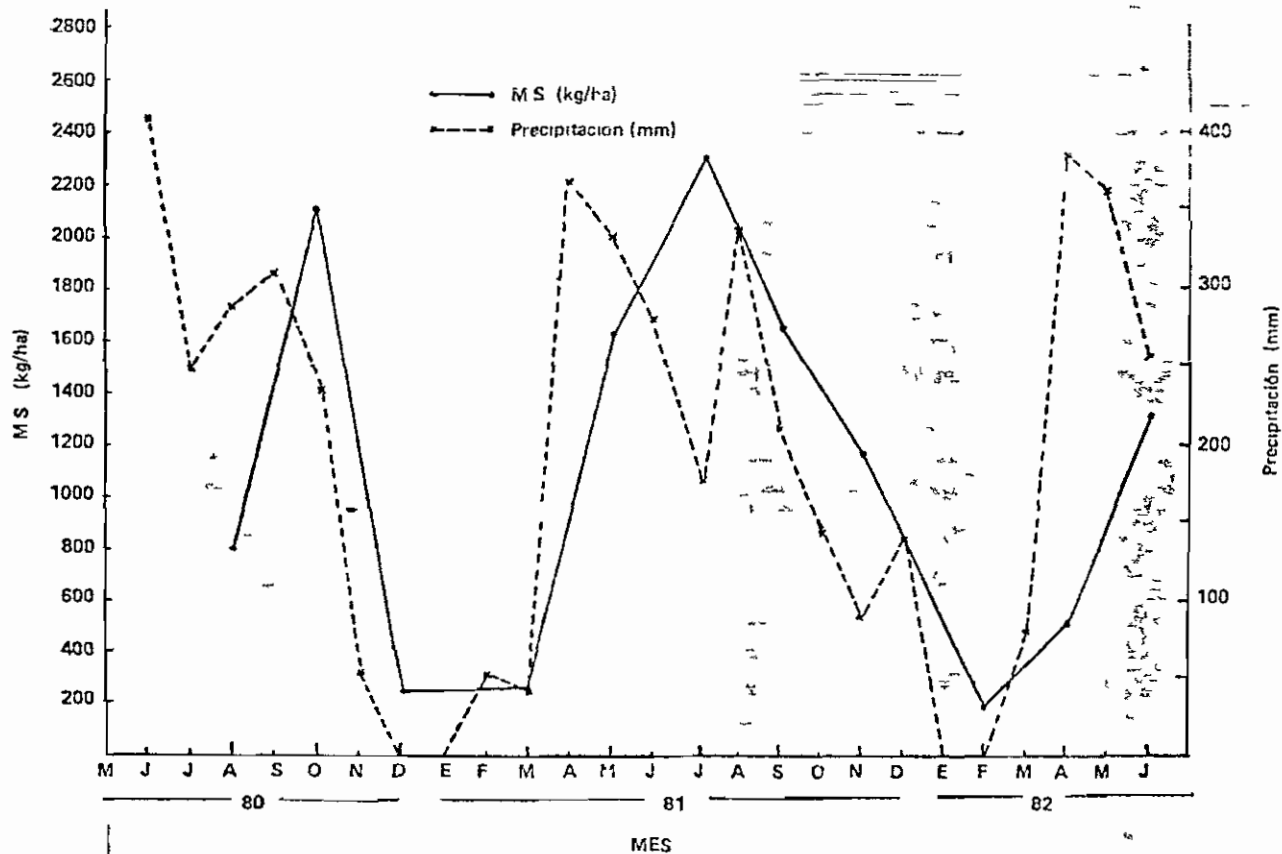


Figura 1. Producción de materia seca (MS) de *S. capitata* 1019 a través del tiempo ($\bar{X}$ de 4 niveles de B)

Cuadro 7 Producción de materia seca de S. capitata 1019 con diferentes micronutrientes

Dosis*	Micronutriente				
	Zn	Cu	B	Mn	Mo
	t ha ⁻¹				
Establecimiento (suma de 2 cortes)					
1	2 4	3 1	2 8	3 1	3 1
2	3 1	3 1	3 2	3 0	3 3
3	2 6	2 6	3 1	3 4	3 1
4	2 2	2 9	3 1	3 0	3 0
Primera época húmeda (suma de 4 cortes)					
1	6 1	6 2	7 1	7 3	6 3
2	7 2	6 6	7 0	6 6	6 2
3	6 1	6 1	6 7	6 4	6 6
4	6 4	6 6	6 4	5 9	6 1
Producción total (suma de 12 cortes)					
1	13 2	14 0	13 9	15 1	13 5
2	15 8	14 4	14 9	14 2	14 0
3	13 2	13 8	14 4	14 4	14 6
4	13 4	14 5	14 9	13 7	14 4

* Referirse al Cuadro 3 para cada nutriente

Cuadro 8 Producción de materia seca de D. ovalifolium 350 con diferentes micronutrientes

Dosis*	Micronutriente				
	Zn	Cu	B	Mn	Mo
	t ha ⁻¹				
Establecimiento (suma de 2 cortes)					
1	2 6	2 7	2 3	2 3	2 9
2	2 2	2 8	2 5	2 7	2 1
3	3 3	2 6	2 8	2 3	2 6
4	2 1	2 7	3 0	2 9	2 2
Primera epoca húmeda (suma de 4 cortes)					
1	7 4	7 1	6 5	7 5	7 0
2	6 7	7 1	7 9	7 5	7 2
3	6 9	6 6	7 3	6 5	7 1
4	7 1	6 9	7 1	6 9	7 3
Producción total (suma de 12 cortes)					
1	15 2	14 9	13 9	14 6	14 6
2	13 6	14 6	15 4	15 2	14 3
3	14 9	13 6	15 0	13 5	15 3
4	14 0	14 4	15 5	15 2	14 7

* Referirse al Cuadro 3 para cada nutriente

Cuadro 9 Producción de materia seca de *P. phaseoloides* 9900 con diferentes micronutrientes

Dosis*	Micronutriente				
	Zn	Cu	B	Mn	Mo
----- t ha ¹ -----					
Establecimiento (suma de 2 cortes)					
1	2 7	2 9	2 8	3 1	2 9
2	2 9	2 6	2 8	2 7	3 1
3	3 2	3 0	3 1	2 7	2 9
4	3 1	2 7	2 8	3 1	2 9
Primera epoca húmeda (suma de 4 cortes)					
1	4 3	4 7	5 3	4 7	5 0
2	4 9	4 8	4 4	4 6	4 5
3	4 3	4 5	5 1	4 5	4 6
4	4 1	4 5	5 1	4 8	4 6
Producción total (suma de 12 cortes)					
1	10 8	11 4	11 8	11 6	11
2	11 7	11 2	10 9	11 2	11
3	11 3	11 3	12 1	11 2	11
4	10 4	11 0	12 2	11 1	11

* Referirse al Cuadro 3 para cada nutriente.

trabajo se presentan resultados del periodo de establecimiento en la primera época de lluvias y la producción total *Stylosanthes capitata* 1019 y *D. ovalifolium* 350 tuvieron un comportamiento similar en su producción de materia seca. Además *S. capitata* 1019 mostró una tendencia decreciente en la producción de materia seca total con altas dosis de Mn, posiblemente debido a su adaptación a lugares bien drenados de donde es originaria.

P. phaseoloides produjo menos materia seca acumulada que las otras especies al ser más exigente a los bajos niveles de fertilización utilizados (20 kg P/ha). *Desmodium ovalifolium* 350 y *P. phaseoloides* 9900 no mostraron rendimientos decrecientes con altas dosis de Mn ya que son capaces de soportar condiciones más extremas de humedad.

Entre las especies estudiadas se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido foliar de microelementos (Cuadro 10) dejando en evidencia la necesidad del estudio individual de las especies.

Durante la época de máxima precipitación con el nivel de

fertilización utilizado el contenido foliar de Zn, Cu y Mn fue muy superior a los niveles críticos reportados en la literatura (Cuadro 10).

Los contenidos de B en *S. capitata* 1019 y *D. ovalifolium* 350 se acercaron al nivel crítico de 20 ppm (Jones 1972). La adición de B aumentó la producción de materia seca total sugiriendo que este micronutriente sería el primero en presentar deficiencias, especialmente si se tiene en cuenta que en general las leguminosas requieren niveles altos del elemento (Russell 1980). Los altos contenidos de B de *P. phaseoloides* 9900 en comparación con *D. ovalifolium* 350 y *S. capitata* 1019 sugieren una mayor disponibilidad de B relativa a las producciones de materia seca que fueron menores.

Los contenidos de Cu y especialmente Mn son superiores a los requeridos sugiriendo suficiencia. A su vez, los contenidos de Zn a pesar del relativamente alto nivel inicial presentan tendencias a disminuir y parece indicarse al segundo elemento en presentar deficiencias en el tiempo de evaluación.

Cuadro 10 Contenido de micronutrientes en el tejido foliar durante la época de lluvias

Micronutriente aplicado	S capita 1019			F phaseolo des 0000			D ovalitrolium 350		
	Ago /80	Sept /81	Sept /82	Ago /80	Sept /81	Sept /82	Ago /80	Sept /81	Sept /82
kg/ha	ppm								
Zinc									
0	114	58	77	44	58	76	38	38	40
2	61	58	113	34	38	48	26	22	30
4	175	133	130	50	54	53	30	38	32
8	98	58	85	61	67	51	29	42	39
Cobre									
0	8 0	10 4	11 6	14 7	20 3	18 8	8 0	11 4	10 9
1	9 6	10 4	12 2	11 9	16 9	17 3	9 6	11 4	11 7
2	8 8	10	10 1	14 2	19 2	19 9	9 6	11 4	12 6
4	8 8	12 5	-	14 2	24 9	20 9	11 9	10 4	12 4
Boro									
0	21 4	19 2	23 0	30 8	28 8	33 0	19 4	24 4	25 0
0 5	21 4	19 2	23 0	30 8	28 8	33 0	19 4	24 4	25 0
1 0	22 0	26 7	23 0	38 8	34 8	30 5	23 8	31 7	25 0
2 0	19 8	25 6	22 5	37 2	40 4	34 5	26 6	26 0	26 0
Manganeso									
0	312	165	198	230	195	261	265	143	20
0 25	243	127	157	224	160	209	234	265	2 9
0 50	279	167	196	238	187	271	220	25	238
1 0	288	140	196	230	237	27	288	305	228
Nivel crítico									
Zinc	20 ppm (Jones & Clay 1976)								
Cobre	4 ppm (Andrew Thorne 1962)								
Boro	20 ppm (Jones 1977)								
Manganeso	20 ppm (Jones 1972)								

Los resultados indican que con el uso de especies adaptadas a suelos acidos en condiciones de parcelas bajo corte no se observa una respuesta clara a la aplicación de micronutrientes. Sin embargo las especies estudiadas presentaron diferencias en el contenido y la extracción de micronutrientes. Es de suponer que en condiciones de pastoreo las extracciones totales sean aun menores.

En caso de deficiencias y dependiendo de la leguminosa el primer microelemento en presentar deficiencias seria B seguido por Zn. Los contenidos de Cu y especialmente Mn estan presentes en cantidades adecuadas.

LITERATURA CITADA

Andrew C S and P M Thorne 1962 Comparative responses to copper of some tropical and temperate pasture legumes Aust J Agric Res 13 821-835

Bruce R C 1978 Una reseña de la nutrición de elementos menores en leguminosas forrajeras tropicales en el norte de Australia Tropical Grasslands Vol 12 No 3

CIAT 1978 Informe Anual 1977 Cali Colombia

Cox F R Kamprath E J 1972 Micronutrient soil tests pp 289-317 in Micronutrients in Agriculture J J Mortvedt (ed) Madison Wisconsin U.S.A.

Cox F R 1973 Micronutrientes pp 199-215 En Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina tropical Pedro A Sanchez (ed.) Soil Science Department NCSU 1973

Howeler R H Cadavid L F and Calvo F A 1977 The interaction of lime with minor elements and phosphorus in cassava production pp 113-117 in James C McIntyre R and Graham M (eds) Proceedings of the fourth symposium of the International Society of Root Crops Cali Colombia

Jones R K y Clay H J 1976 Foliar symptoms of nutrient disorders in Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*) CSIRO Australia-Division of Tropical Agronomy Technical Paper No 19

Leon L A Lopez A S y Vlek P L G 1985 Micronutrient problems in tropical Latin America Fertilizer Research (7) 95-129

Lopez A S 1980 Micronutrients in soils of the tropics as constraints to food production pp 277-298 in Priorities for alleviating soil related constraints to

food production in the tropics IRRI Los Baños
Philippines

Mortvedt J J Giordano P M Lindsay W L 1972 Micro
nutrients in Agriculture Soil Science Society of
America Inc Madison Wisconsin U S A 666 p

Russell E W 1980 Soil conditions and plant growth 10th
ed Longman New York 849 p

Salinas J G y R Garcia 1985 Metodos quimicos para el
analisis de suelos acidos y plantas forrajeras
CIAT Cali Colombia 83 p

Sillanpaa M Cord 1982 Micronutrients and the nutrient
status of soils a global study Rome FAO (FAO
Soils Bulletin 48)

Vlek P L G (ed) 1985 Micronutrients in tropical foods
Fertilizer Research Vol 7 265 p