

**NUTRIMENTOS LIMITANTES PARA EL KUDZU  
(*Pueraria phaseoloides*) EN TRES SUELOS DE UNA  
TOPOSECUENCIA EN GUARDIA, LIBERIA, GUANACASTE 1/\***

Rodolfo Schmidt \*\*  
Carlos Ramírez \*\*\*  
Alvaro Cordero \*\*\*

**ABSTRACT**

**Identification of limiting nutrients for kudzu in three soils of a toposequence at Guardia, Liberia, Guanacaste, Costa Rica.** Top soil samples from a toposequence located at Guardia, Liberia, Guanacaste, Costa Rica, classified as Fluventic Ustropept, Entic Chromustert and Typic Pellustert, were studied for nutrient status with the forage legume kudzu (*Pueraria phaseoloides*) as indicator plant, and by means of the nutrient subtractive or additive technique in the greenhouse. Plants were harvested after 160 days and the following parameters considered: above ground dry weight, nodule dry weight, and total N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe and Zn uptake. Results indicate an increase in dry matter production and N uptake in the inoculated (optimum) treatments, in comparison with the non-inoculated controls, by 21% and 35% in Guardia 1 soil (Fluventic Ustropept); 32% and 37% in Guardia 2 soil (Entic Chromustert); and 36% and 27% in Guardia 3 soil (Typic Pellustert), respectively. In all three soils, P as well as Mn deficiencies were found. Additionally, in the samples from the soil in the lower position, the Typic Pellustert, deficiencies of N, S and B were found.

**INTRODUCCION**

El poco uso de fertilizantes nitrogenados en pasturas debido a su alto costo, limita la productividad de la mayoría de las explotaciones pecuarias.

Alternativamente, el asocio de gramíneas con leguminosas, como el kudzú (*Pueraria*

*phaseoloides*) es una estrategia efectiva para mejorar la producción de materia seca (Kumar, 1972), elevar el nivel proteico en la dieta (Bateman y Peralta, 1962; Kumar, 1977), aumentar la calidad y digestibilidad forrajera (Coimbra, 1979; Franco y Alvarez, 1984; Villalobos, 1979), incorporar N al suelo (Frederick, 1978) por medio de *Rhizobium* del grupo de los caupí (Kerridge, 1972), y reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Bryan y Evans, 1971; Nuthall y Whiteman, 1972).

El uso del kudzú es atractivo en zonas como Guanacaste, Costa Rica, donde la estación seca impide satisfacer las necesidades alimentarias de los animales. Esta leguminosa puede también incluirse en monocultivo como banco de proteína para estabular, en combinación con gramíneas, o incluso, para ensilado.

1/ Recibido para publicación el 31 de enero de 1990.

\* Este trabajo fue financiado con fondos del proyecto de Ciencia y Tecnología CONICIT-AID y la FAO en colaboración con el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

\*\* Instituto de Desarrollo Agrario. San José, Costa Rica.

\*\*\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica



Cuadro 1. Análisis químico inicial de los suelos de la toposecuencia Guardia, Liberia, Guanacaste, y niveles críticos propuestos por Díaz-Romeu y Hunter (1978).

	pH		MO	cmol(+)/L				mg/L						
	H <sub>2</sub> O	KCl	%	K <sup>1</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup>	P <sup>1</sup>	S <sup>3</sup>	B <sup>3</sup>	Cu <sup>1</sup>	Fe <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>	Zn <sup>1</sup>
Guardia 1	5,7	4,8	4,90	1,54	10,6	1,8	0,20	<u>6,5</u>	13	0,7	10	<u>6,9</u>	<u>4,5</u>	<u>2,2</u>
Guardia 2	5,7	4,7	3,54	0,80	16,5	3,1	0,18	<u>9,5</u>	<u>4,3</u>	0,1	12	71,0	7,0	<u>2,1</u>
Guardia 3	6,3	4,8	1,14	<u>0,11</u>	18,9	7,4	0,15	<u>1,3</u>	<u>1,6</u>	0,3	9	<u>8,0</u>	4,5	<u>1,3</u>
Nivel crítico				0,2	2,2	0,8	—	12	12	0,2	1	10	5	3
Nivel crítico x 3				0,6	6,6	2,4	—	36	36	0,6	3	30	15	9

1 Extracción con Olsen Modificado.

2 Extracción con KCl 1N.

3 Extracción con CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> \* 2H<sub>2</sub>O.

Valores subrayados indican contenidos inferiores al nivel crítico.

Cuadro 2. Cantidad de nutrientes agregados para alcanzar el tratamiento de fertilización óptimo teórico en suelos de la toposecuencia Guardia, Liberia, Guanacaste.

Suelo	cmol (+)/L			mg/L							
	K	Ca	Mg	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Guardia 1	—	—	0,66	30	174	32	—	—	20	8	19
Guardia 2	—	—	—	30	186	32	2,3	—	—	2	16
Guardia 3	1,6	—	—	30	309	150	2,0	—	20	49	26

Se estableció un ensayo de invernadero utilizando la técnica del elemento faltante o aditivo (Díaz-Romeu y Hunter, 1978), con las siguientes modificaciones: se instalaron 2 tratamientos testigo, uno inoculado y otro sin inocular, y se agregó 30 mg/L de N al inicio, a todos los tratamientos excepto al óptimo inoculado (Opt.I-N) y a los testigos.

Se colocaron 800 ml de suelo en macetas plásticas de 1 L, y el agua se suplió por capilaridad mediante pajillas de celulosa. Las semillas se escarificaron en agua caliente por 3 min, y luego se inocularon con bacterias del tipo caupí con inoculante preparado en turba en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Se dejaron 5 plantas/maceta. A los 3 suelos se les agregó 2 mg/L de Co, como Sulfato de Cobalto.

El diseño experimental fue irrestricto al azar con 3 repeticiones por tratamiento.

El análisis de los suelos (Cuadro 1) muestra valores inferiores a los niveles críticos propuestos por Díaz-Romeu y Hunter (1978), para los siguientes elementos: P, Fe, Mn y Zn en el suelo Guardia 1; P, S, B, y Zn en Guardia 2, y P, K, S, Fe, Mn y Zn en el suelo 3. Debido a que estos valores están entre los rangos obtenidos con anterioridad por Sancho (1982) en estos suelos, se decidió agregar los elementos necesarios en las cantidades sugeridas por este autor (Cuadro 2). En el Cuadro 3 se anotan las cantidades de los elementos que se agregaron a los tratamientos.

Se cosechó la totalidad de la biomasa aérea a los 160 días, se secó a 70°C y se molió.

Cuadro 3. Cantidad de elemento agregado al tratamiento en suelos de la secuencia Guardia, Liberia, Guanacaste, Costa Rica, cuando no se agrega al óptimo.

Tratamiento	Cantidad de elemento agregado si no se agrega al óptimo
Testigo no inoculado	Nada agregado
Testigo inoculado	Sólo se agrega inóculo
Óptimo inoculado	
OPT inoculado - N	No se agrega N
OPT inoculado ± P	100 mg/L suelo
OPT inoculado ± K	0,2 cmol (+)/L suelo
OPT inoculado ± Ca	0,05 g CaCO <sub>3</sub> =1 cmol(+)/L
OPT inoculado ± Mg	0,02 g MgO=1 cmol(+)/L
OPT inoculado ± B	2 mg/L suelo
OPT inoculado ± Cu	2 mg/L suelo
OPT inoculado ± Fe	20 mg/L suelo
OPT inoculado ± Mn	30 mg/L suelo
OPT inoculado ± Mo	2 mg/L suelo
OPT inoculado ± S	30 mg/L suelo
OPT inoculado ± Zn	30 mg/L suelo
OPT inoculado ± Co	2 mg/L suelo

Los nódulos se extrajeron lavando las raíces de cada pote con agua a presión, y se recogieron en un tamiz; se colocaron en una estufa a 70°C para determinar su peso seco.

Para el análisis químico de biomasa se utilizó mezcla nitroperclórica. El N se determinó por el método de Microkjeldhal, el P colorimétricamente, el Ca, Mg, K, Mn, Zn, Fe y Cu por absorción atómica y el S por turbidimetría.

A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza y la prueba de Dunnett, de una cola, al 5% de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En los Cuadros 4, 5 y 6 se presenta el peso seco de la parte aérea (PSPA), la absorción total de N/maceta (NT), la concentración de N en la biomasa (%N) y el peso seco de nódulos (PSN) para los 3 suelos estudiados. En las Figuras 3, 4 y 5, igualmente, se grafican los datos de PSPA y el % de rendimiento relativo (RR).

### Suelo Guardia 1 (Fluentic Ustropept)

Para el Fluentic Ustropept hubo deficiencia de P y Mn, pues cuando se omitieron, hubo diferencia significativa en el PSPA y en el NT, con respecto al óptimo.

Cuadro 4. Valores promedio de diferentes variables evaluadas para plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) desarrolladas en el suelo Guardia 1\* (Fluentic Ustropept) Liberia, Guanacaste, Costa Rica

Tratamiento	Peso seco de parte aérea (g)	% N de la parte aérea	Absorción de N parte aérea (mg)	Peso seco nód/maceta (g)
Óptimo inoc	60,65	2,5	1512	1,68
OPT inoc + B	62,79	2,6	1632	1,91
OPT inoc + Mo	58,36	2,5	1459	1,93
OPT inoc + Ca	58,32	2,4	1399	1,79
OPT inoc + K	55,56	2,4	1333	1,13
OPT inoc - Mg	53,49	2,6	1390	1,81
OPT inoc + Cu	53,42	2,5	1335	1,03
OPT inoc - S	53,28	2,5	1332	1,88
OPT inoc - Zn	52,58*	2,4	1261	1,10
OPT inoc - Mn	51,63*	2,4	1239*	1,26
OPT inoc + Co	51,61*	2,3	1187*	1,86
OPT inoc - Fe	51,51*	2,5	1287	1,71
OPT inoc - N	50,14*	2,6	1303	1,60
Test. inoc	47,72*	2,0*	954*	1,05
Test. no inoc	44,86*	2,2	986*	1,02*
OPT inoc-P	39,10*	2,3	899*	0,68*

\* Diferencia significativa según Prueba de Dunnett (5%) respecto al tratamiento óptimo inoculado. Promedio de 3 repeticiones y 5 plantas por maceta.

El NT fue significativamente menor en el óptimo inoculado (Opt.I), y el PSN fue menor en el tratamiento Opt.I-P.

Los resultados coinciden con el análisis químico inicial del suelo, que mostró valores bajos para ambos elementos (Cuadro 1), en el caso del P, asociados a la formación de fosfatos insolubles de Ca (Sancho, 1982). En los tratamientos Opt.-Zn, Opt.-Fe y Opt.-N, se registró una disminución significativa sólo en el PSPA.

El tratamiento con Co, al igual que en los otros 2 suelos, tuvo un efecto detrimental sobre el peso seco.

No se registraron respuestas para el B, Mo, Ca, K, Mg, S y Cu, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Sancho (1982) para este suelo, utilizando sorgo como planta indicadora.

En el caso del S, el contenido relativamente alto de materia orgánica (4,9%) presente en este suelo, pudo haber suplido las necesidades de S mediante la mineralización. Además, el análisis inicial de S en este suelo mostraba un contenido adecuado, 13 mg/L.

En el tratamiento con Cu se redujo el PSN del kudzú.

Cuadro 5. Valores promedio de diferentes variables evaluadas para plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) desarrolladas en el suelo Guardia 2 (Entic Chromustert), Liberia, Guanacaste, Costa Rica.

Tratamiento	Pesoseco de parte aérea (g)	% N de la parte aérea	Absorción de N parte aérea (mg)	Peso seco nód/maceta (g)
Optimo inoc	61,83	2,6	1607	2,12
OPT inoc + K	62,66	2,3	1441	2,26
OPT inoc + Ca	60,95	2,5	1523	2,32
OPT inoc + Cu	60,47	2,3	1390	2,52
OPT inoc - Zn	59,12	2,4	1418	2,62
OPT inoc + Mg	56,16	2,4	1347	1,97
OPT inoc + Co	54,29*	2,6	1411	2,09
OPT inoc + Fe	55,02*	2,4	1320	1,25*
OPT inoc - S	52,25*	2,5	1306*	1,18*
OPT inoc - Mn	51,82*	2,4	1243*	1,48*
OPT inoc - N	51,51*	2,6	1339*	2,15*
OPT inoc - B	49,63*	2,6	1290*	2,32*
OPT inoc + Mo	49,51*	2,4	1188*	1,85
OPT inoc - P	41,30*	2,1	867*	1,08*
Test. inoc	41,44*	2,3	953*	0,92*
Test. no inoc	40,29*	2,2	886*	0,95*

\* Diferencia significativa según Prueba de Dunnett (5%) respecto al tratamiento óptimo inoculado. Promedio de 3 repeticiones y 5 plantas por maceta.

El tratamiento Opt.I-N presentó un PSPA estadísticamente inferior al Opt.I, pero la diferencia fue menor con el kudzú (17%) que con sorgo (24%) en el mismo suelo, debido posiblemente a la capacidad de la leguminosa de fijar N.

#### Suelo Guardia 2 (Entic Chromustert)

De acuerdo a la respuesta en PSPA (Figura 4) y NT (Cuadro 5) los elementos limitantes para el kudzú en el Entic Chromustert fueron P, B, N, Mn y S. Similares resultados obtuvo Sancho (1982) excepto para el B, con sorgo como planta indicadora. La baja disponibilidad y respuesta al Mn y B se asocia, posiblemente, a la formación de óxidos no asimilables (Lindsay, 1972) y al acomplejamiento por coloides y arcillas (Fleming, 1980).

En cuanto al N, se observó efectos positivos de la fijación simbiótica pues mientras Sancho (1982) señaló en sorgo una disminución en el PSPA de un 72% cuando se omitió este elemento con respecto al óptimo, en el kudzú la reducción fue sólo de un 16%.

Deficiencias de S en los suelos de Guanacaste han sido señaladas con anterioridad por

Cuadro 6. Valores promedio de diferentes variables evaluadas para plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) desarrolladas en el suelo Guardia 3 (Typic Pellustert), Liberia, Guanacaste, Costa Rica.

Tratamiento	Peso seco de parte aérea (g)	% N en la parte aérea	Absorción de N parte aérea (mg)	Peso seco nód/maceta (g)
Optimo inoc	62,25	2,2	1369	2,27
OPT inoc + Mo	57,67*	2,2	1268	1,39*
OPT inoc + Co	52,24*	2,3	1201	2,07
OPT inoc - N	54,77*	2,2	1204	2,30
OPT inoc + Cu	54,14*	2,2	1191	1,06*
OPT inoc - Zn	53,21*	2,3	1223	1,54*
OPT inoc - S	52,57*	2,3	1209	1,34*
OPT inoc + Mg	47,71	2,5	1180	1,21*
OPT inoc + Ca	47,20	2,3	1085	1,32*
OPT inoc - Mn	46,88*	2,1	984*	0,97*
OPT inoc - B	44,32*	2,3	1019*	2,07
OPT inoc - P	44,32*	1,9	842	0,73*
OPT inoc - K	40,41*	2,0	808*	0,98*
Test. inoc	39,47*	2,2	868	0,73*
Test. no inoc	38,76*	1,7	658*	0,72*
OPT inoc - Fe	52,82*	2,2	1162	1,00*

\* Diferencia significativa según Prueba de Dunnett (5%), respecto al tratamiento óptimo inoculado. Promedio de 3 repeticiones y 5 plantas por maceta.

Cordero y Salas (1971), por Salinas (1973), quien encontró respuesta a S en soya en suelos de Santa Cruz, y por Castillo (1976) en Nicoya.

#### Suelo Guardia 3 (Typic Pellustert)

En el Typic Pellustert (Cuadro 6 y Figura 5), el K, P, B y Mn mostraron ser limitantes pues se encontró diferencias significativas con respecto al óptimo inoculado en cuanto al PSPA, NT y PSN (excepto en el Opt.I-B). La baja disponibilidad del K (0,11 cmol(+)/L), se asocia con una posible fijación por parte de arcillas 2:1 presentes en el suelo, en tanto que el B es menos disponible a valores de pH cercanos a 7 (Bornemisza, 1982). Con relación al Mn, al aumentar el pH se forman óxidos de Mn<sup>+3</sup> y Mn<sup>+4</sup> que son menos solubles, y por lo tanto, su disponibilidad baja (Obando, 1983).

Con los tratamientos Opt.-Zn, Opt.I-Fe y Opt.I-S se registró diferencia significativa con respecto al Opt.I en el PSPA y PSN, sin embargo, se deduce que aunque su disponibilidad es baja, no son muy limitantes para el kudzú pues no mostraron diferencias en el NT.

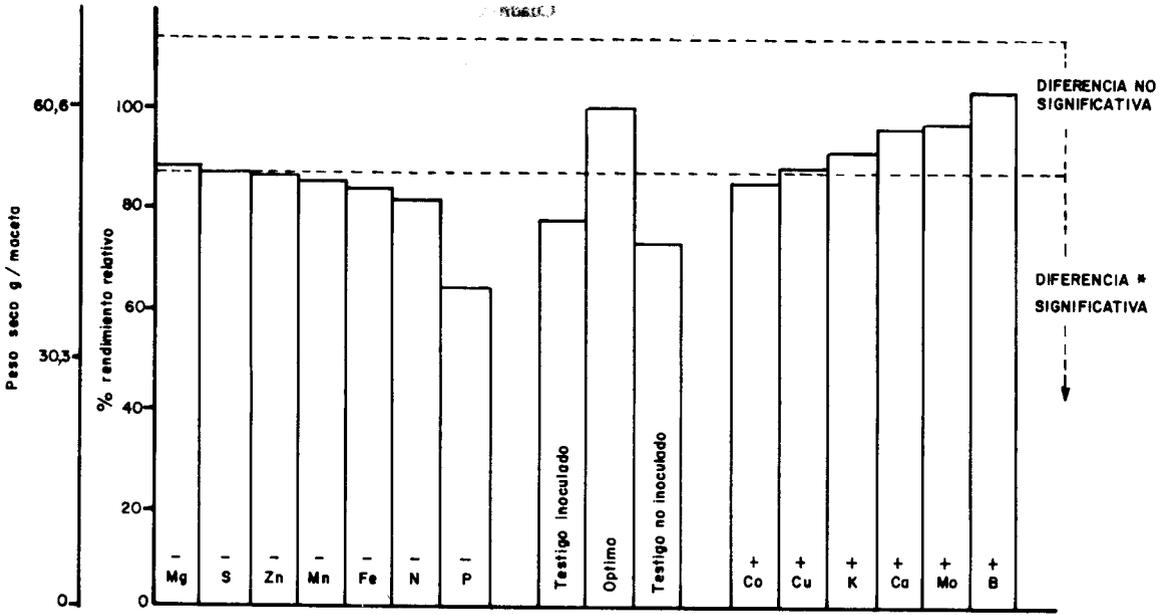


Fig. 3. Rendimiento relativo y peso seco de biomasa aérea de plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) desarrolladas en el suelo Guardia I. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Prueba de Dunnett al 5%\*.

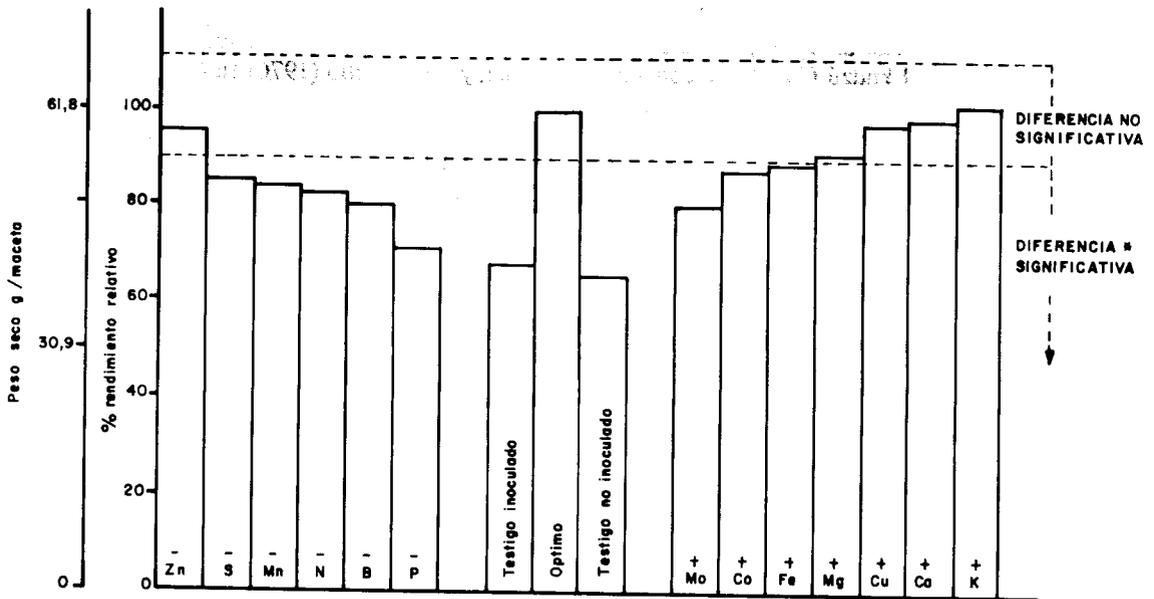


Fig. 4. Rendimiento relativo y peso seco de biomasa aérea de plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) desarrolladas en el suelo Guardia 2. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Prueba de Dunnett 5%.

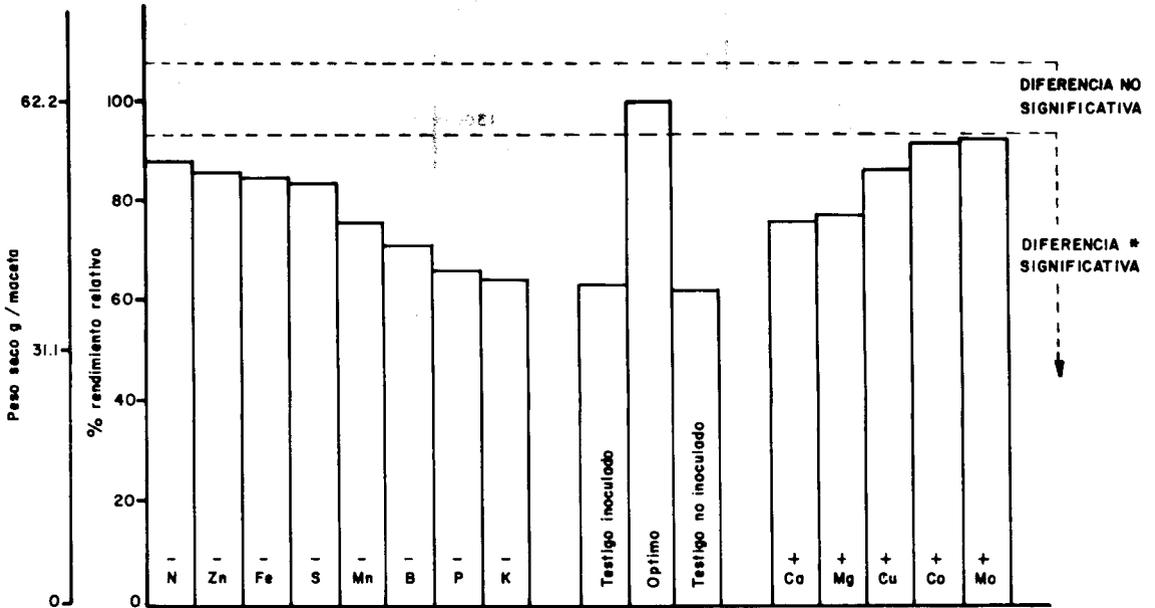


Fig. 5. Rendimiento relativo y peso seco de biomasa aérea de plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) desarrolladas en el suelo Guardia 3. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Prueba de Dunnett 5%.

La baja disponibilidad de S se relaciona con el bajo contenido de materia orgánica presente en este suelo (1,14%), en tanto que el Zn está expuesto a ser fijado por arcillas 2:1 tales como la bentonita e illita (Reddy y Perkin, 1971) y la montmorillonita, abundantes en este suelo. Además, valores de pH cercanos a 7 se asocian con una menor disponibilidad de  $Zn^{+2}$ .

Los tratamientos aditivos con Ca, Mg, Cu, Co y Mo produjeron un efecto detrimental, disminuyendo el PSPA y el PSN.

En los 3 suelos, la fertilidad actual limita la eficiencia de la simbiosis entre la leguminosa y el *Rhizobium* ya que en todos los casos, los tratamientos con fertilización óptima incrementaron el NT respecto a los tratamientos testigo con fertilidad natural, inoculados y no inoculados. En los tratamientos testigo no inoculado de los suelos 1 y 2 el NT fue mayor que en los tratamientos testigo inoculado y a su vez el PSPA y el PSN fueron muy parecidos, debido, posiblemente, a la presencia en el suelo de rizobios nativos con capacidad de nodular y fijar N en el kudzú.

En el suelo 3, por el contrario, el vertisol de fertilidad baja, el tratamiento testigo inoculado produjo más que el testigo no inoculado posiblemente debido a la poca eficiencia de las cepas nativas y/o a la baja capacidad del suelo para suministrar N, especialmente por su bajo contenido en materia orgánica. Así, el potencial para que ocurra respuesta a la inoculación fue mayor en este suelo que en los demás.

Con respecto a la respuesta a la adición de N en los suelos 1 y 3 (Figuras 6 y 8), no se observó diferencia significativa en el NT entre el Opt.I+N y el Opt.-N. Al mejorar la fertilidad nativa del suelo, la simbiosis fue capaz de suplir suficiente cantidad de N para un desarrollo adecuado, comparable al tratamiento con N, lo que no ocurrió en el testigo inoculado. En el suelo 2 se presentó una pequeña diferencia estadísticamente significativa del tratamiento Opt.I-N con respecto al tratamiento Opt.I, en cuanto al NT y al PSPA (Cuadro 4 y Figura 7). De todas maneras, la diferencia del Opt.I-N respecto a los testigos sí fue muy significativa en todos los casos.

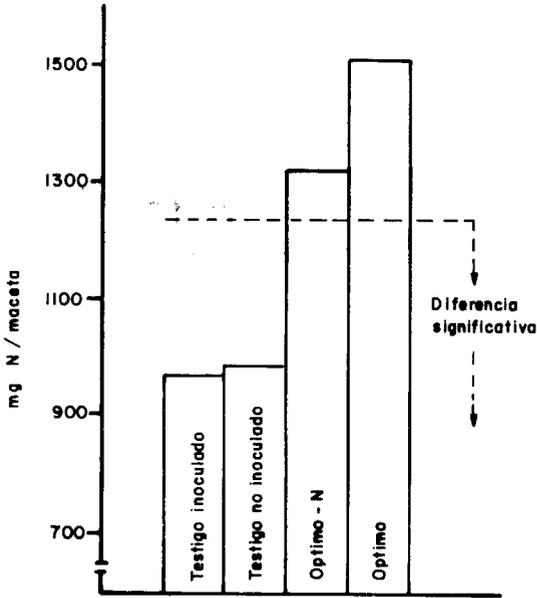


Fig. 6. Cantidad total de nitrógeno absorbido por la parte aérea de las plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) con algunos tratamientos en el suelo Guardia 1. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Prueba de Dunnett al 5 %.

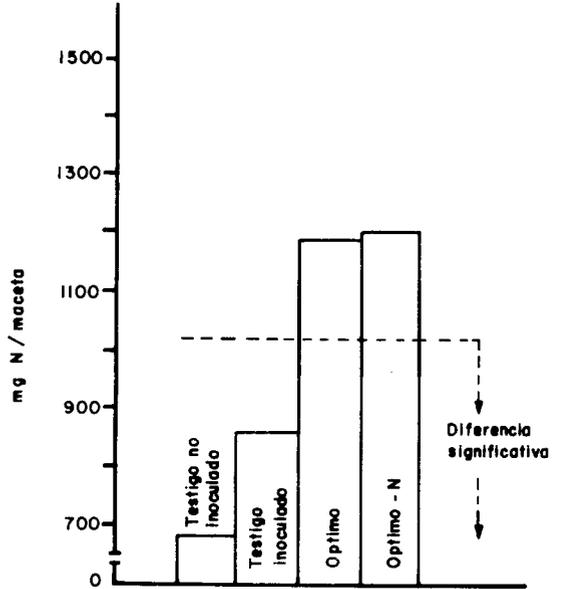


Fig. 8. Cantidad total de nitrógeno absorbido por la parte aérea de las plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) con algunos tratamientos en el suelo Guardia 3. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Prueba de Dunnett al 5 %.

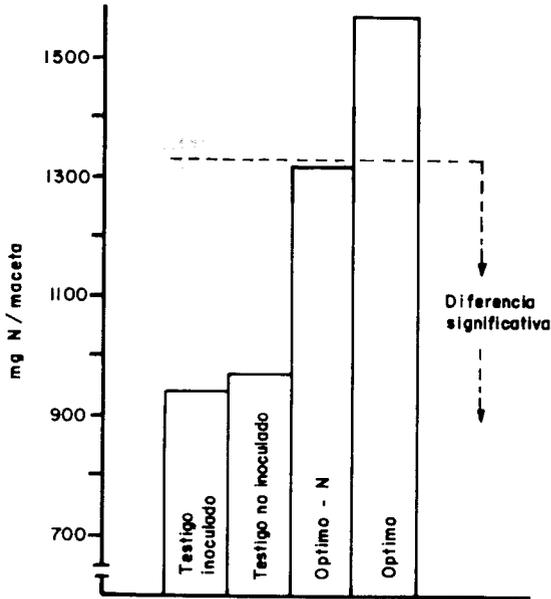


Fig. 7. Cantidad total de nitrógeno absorbido por la parte aérea de las plantas de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) con algunos tratamientos en el suelo Guardia 2. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Prueba de Dunnett al 5 %.

En los tratamientos testigo no inoculado (fertilidad natural) el PSPA/maceta mostró la siguiente secuencia: suelo Guardia 1 (44,86 g), Guardia 2 (40,29 g) y Guardia 3 (38,76 g), lo cual está relacionado con la fertilidad natural de estos suelos. En los tratamientos Opt. (fertilidad corregida) el PSPA fue similar en los 3 suelos (62,25 g en Guardia 3, 61,83 g en Guardia 2 y 60,65 g en Guardia 1), lo cual subraya que fueron diferencias en el contenido de nutrientes y no factores físicos los que limitaron la productividad del kudzú en estos suelos.

Las características del suelo que aparentemente más influyeron en las diferencias en la disponibilidad de los nutrientes minerales en los 3 suelos de la toposecuencia estudiada fueron, el contenido de materia orgánica, el pH, y el tipo y la cantidad de arcilla. Estas variaron relativamente en poca distancia lo que remarca la importancia de estos estudios para el manejo adecuado de los mismos. Cabe recalcar la diferencia en las deficiencias que se presentaron cuando se utilizó una gramínea no fijadora de N como el sorgo (Sancho, 1982) y una leguminosa fijadora como el kudzú.

Finalmente se deben realizar pruebas en el campo para validar y afinar los resultados presentados aquí.

### LITERATURA CITADA

- BATEMAN, J.V.; PERALTA, M. 1962. Digestibilidad de las mezclas de pastos. Turrialba 12:200-203.
- BORNEMIZA, E. 1982. Introducción a la química de suelos. Washington, Organización de Estados Americanos. 74 p.
- BRYAN, W.W.; EVANS, T.R. 1971. A comparison of beef production from nitrogen fertilized pangola grass and from a pangola grass-legume pasture. Tropical Grassland 5:89-98.
- CASTILLO, F.F. 1976. Estudio del contenido de azufre en algunos de los suelos de la península de Nicoya, Guanacaste. Tesis Ing.Agr. San José, Universidad de Costa Rica. 73 p.
- COIMBRA, E. 1979. Comportamiento de la asociación de kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides* (Rox Benth)) y pasto Ruzi (*Brachiaria ruziziensis* Germain y Evrand), bajo el efecto de diferentes presiones de pastoreo. Tesis Mag.Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 92 p.
- CORDERO, A.; SALAS, J. 1971. Evaluación de la fertilidad de tres suelos de Costa Rica mediante el método de microparcels de maíz. San José, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 30 p. (Boletín Técnico no. 58)
- COSTA RICA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1982. Hoja cartográfica Carrillo Norte no. 3047 I, San José. Escala 1:50.000. Color.
- DENGO, G. 1962. Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. San José, Instituto Geográfico, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 112 p.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, H. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- FLEMING, G. 1980. Essential micronutrients. I. Boron and molybdenum. In Applied Soil Trace Elements. Ed. by B. Davies. London, Wiley. p. 155-197.
- FRANCO, Q.H.; ALVAREZ, A.O. 1976. Evaluación de la mezcla de dos gramíneas con Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) en la ceiba de novillos. Tesis Ing.Agr. Universidad Nacional de Colombia, 62 p.
- FREDERICK, L.R. 1978. Effectiveness of Rhizobia-legume associations. In Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Ed. by C.S. Andrew and E.S. Kamprath. Melbourne, CSIRO. p. 265-276.
- KERRIDGE, P.C. 1972. Fertilization of acid tropical soils in relation to pasture legumes. Advances in Agronomy 24:395-415.
- KUMAR, R. 1977. Kudzú a perennial fodder legume. Indian Farmer 27:17-19.
- LINDSAY, W.K. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients. In Micronutrients in agriculture. Ed. by J. Mortvedt, P. Giordano and W. Lindsay. Madison, WI., Soil Science Society of America. p. 41-57.
- MATA, R. 1982. Variaciones pedogenéticas en tres secuencias topográficas del Pacífico Seco en Costa Rica. Tesis Mag.Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 147 p.
- NUTHALL, P.L.; WHITEMAN, P. 1972. A review and economic evaluation of beef production from legume based-and nitrogen fertilized tropical pastures. Journal Australian Institute Agricultural Sciences 38:101-108.
- OBANDO, R. 1983. Determinación de diferentes formas de manganeso en suelos bajo pastos de la meseta central oriental. Tesis Ing.Agr. San José, Universidad de Costa Rica. 72 p.
- REEDY, M.; PERKIN, H.F. 1971. Fixation of zinc by clay minerals. Soil Science Society of America Proceedings 38:229-231.
- ROBSON, A.D. 1978. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. In Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Ed. by C.S. Andrew and E.S. Kamprath. Melbourne, CSIRO. p. 277-293.
- SAEED, M.; FOX, R. 1977. Relations between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous soil. Soil Science 124:199-204.
- SALINAS, J. 1973. Efecto de la inoculación y la fertilización nitrogenada sobre la producción de la soya. Tesis Mag.Sci. Turrialba, Costa Rica. IICA. 107 p.
- SANCHO, F. 1982. Evaluación de la fertilidad de tres secuencias topográficas en el pacífico seco de Costa Rica. Tesis Mag.Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 136 p.

TOSSI, A. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según clasificación de zonas de vida del mundo de L.D. Holdrige. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. Escala 1: 750000. Color.

VILLALOBOS, J.L. 1979. Efecto del intervalo de descanso y la presión de pastoreo sobre el comportamiento

de la asociación de kudú tropical (*Pueraria phaseoloides*) y pasto ruzí (*Brachiaria ruziziensis*). Tesis Mag.Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 103 p.

VIVES, L.1973. Tabulación para uso agrícola de los datos climáticos de Costa Rica. San José, Universidad de Costa Rica. 22 p.