

J. PEREZ G*
R. BOREL**
F. BERTSCH***

Summary

The response of Leucaena leucocephala (Lam) de Wit cv. Perú to different nutrients in an acid soil of Costa Rica was evaluated in a glasshouse experiment, using the missing or additive element technique. Fourteen treatments were studied: Complete, +B, +K, +Mg, -P, +Fe, +N, -S, -Zn, -Lime, +Ca, +Mo and Control.

No significant differences were detected due to the addition of those elements which were considered at an adequate level in the soil. P and S deficiencies determined through the laboratory analysis were confirmed by the experimental results, whereas Zn deficiency was not confirmed. Absence of lime resulted in a lower growth, although not significantly.

The addition of Mn produced toxicity symptoms which were confirmed by leaf analysis (1400 ppm). No significant response was detected as a result of specific inoculation.

Introducción

L *eucaena leucocephala* constituye una de las leguminosas tropicales que reciben mayor atención debido a sus cuantiosos usos entre los que destaca su aprovechamiento como planta forrajera (5).

Dentro de su amplio estudio existen todavía aspectos poco evaluados como son las limitaciones al crecimiento en suelos ácidos; en ellos, comúnmente se presentan restricciones en la fijación simbiótica de nitrógeno (11, 16) y problemas de disponibilidad o exceso de nutrimentos (4, 12).

El presente trabajo tiene como objetivo jerarquizar la prioridad de elementos en la nutrición mineral de *L. leucocephala* durante la etapa de establecimiento, en un suelo ácido de Costa Rica. Lo anterior se tomará como base para la planificación de experimentos a nivel de campo.

Materiales y métodos

Experimento 1. Determinación de elementos prioritarios mediante la técnica del elemento faltante o aditivo.

Para la determinación se realizó un ensayo bajo condiciones de invernadero en las instalaciones del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Se usaron macetas

¹ Recibido para publicación el 29 de marzo de 1983. Se agradece a los Gobiernos de México, Holanda y Canadá por las becas y asistencias que permitieron al autor principal cursar sus estudios en CATIE y preparar el informe de este trabajo; a los Jefes de los Departamentos de Producción Vegetal y Producción Animal del CATIE por su apoyo; al Ing M.S.R. Piskulich por su asistencia en el análisis de los datos; y al Ing M.S. Roberto Díaz Romeu por las facilidades ofrecidas y por sus comentarios sobre este escrito

Un compendio de este artículo ha sido sometido a la revista "Leucaena News".

* Estudiante graduado, CATIE, Turrialba, Costa Rica

** Agrostólogo, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

*** Estudiante graduada, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

de polietileno negro, de 40 cm de alto x 12 cm de diámetro, llenadas con 4 kg de suelo secado al aire. El riego fue por aspersión manual, con agua destilada y a capacidad de campo. El suelo en estudio corresponde al horizonte A₁ de la serie Colorado (terrenos del CATIE), clasificado como Inceptisol de origen andesítico (1). El área muestreada corresponde a una pradera natural compuesta por gramíneas de los géneros *Paspalum* y *Axonopus* y leguminosas de los géneros *Phaseolus*, *Centrosema*, *Desmodium*, *Mimosa* y *Vigna*. Las muestras de suelo se analizaron siguiendo la metodología indicada por Díaz-Romeu y Hunter (6), obteniéndose los siguientes resultados: pH 5.0; acidez extraíble 1.35 meq/100 ml; 19.3% de saturación de acidez; 7.4% de materia orgánica y 0.4% de N; las cantidades de P, Mn, Zn, Cu, Fe y S fueron de 5.8, 24.5, 2.9, 28.9, 152.7 y 4.48 µg/ml. Las de Ca, Mg y K fueron 4.2, 1.2 y 0.23 meq/100 ml respectivamente.

Para la evaluación se utilizó la técnica del elemento faltante o aditivo (6, 13), probándose los siguientes tratamientos: Completo, +B, +K, +Mg, +Mn, +Fe, +N, +Cu, +Mo, -P, -S, -Zn, -Ca y Testigo. El tratamiento Completo consistió en la aplicación simultánea de los elementos que, con base en los análisis de laboratorio (6), se consideraron deficientes en el suelo: P, S, Zn y encalado. Los otros tratamientos consistieron en la omisión individual de los mismos elementos, o en la adición de los nutrientes que tenían una concentración adecuada en el suelo. El Testigo no recibió ningún elemento. Para determinar los compuestos y niveles de los elementos aplicados en cada tratamiento (Cuadro 1) se utilizó la metodología de Díaz y Hunter (6), la cual considera el análisis de suelo, curvas de retención y antecedentes con leguminosas en el mismo suelo.

Todos los tratamientos, excepto el Testigo, fueron inoculados. Se utilizó inoculante específico (cepa CIAT 871) con una población de 1.09×10^7 bacterias/ml. El revestimiento consistió en CaCO₃ y como adherente se utilizó agua azucarada al 10%. El proceso de inoculación consistió en disolver una parte del inóculo en dos partes de adherente; una parte de esta solución fue usada por cada seis partes de semilla, finalmente se mezclaron partes iguales de revestimiento y semilla (indicaciones del CIAT, (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia) anexos al inoculante). Las semillas fueron escarificadas individualmente mediante incisiones con bisturi.

Cuadro 1. Cantidades requeridas de elementos agregados a 4 000 ml del suelo en estudio.

Nutriente o elemento	Cantidad de elemento aplicado	Compuesto utilizado grado reactivo
Fósforo	250 ppm	H ₃ PO ₄
Nitrógeno	22.5 ppm	NH ₄ NO ₃
Potasio	0.2 meq/100 ml	KCl
Azufre	45 ppm	H ₂ SO ₄
Calcio	0.14 g CaCO ₃ /100 ml	CaCO ₃
Magnesio	0.02 g MgO/100 ml	MgO
Boro	8 ppm	H ₃ BO ₃
Hierro	20 ppm	FeCl ₃ · 6H ₂ O
Manganeso	30 ppm	MnCl ₂ · 4H ₂ O
Zinc	12 ppm	ZnCl ₂
Cobre	2 ppm	CuCl ₂ · 2H ₂ O
Molibdeno	0.45 ppm	(NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O

Se usó un diseño irrestricto al azar con tres repeticiones y seis plantas/maceta como unidad experimental. El ensayo duró tres meses. Las variables evaluadas al final de la prueba fueron: a) producción de materia seca (hojas, tallos y raíces); biomasa aérea (hojas + tallos) y biomasa total (lo anterior + raíces); b) variables morfológicas (altura, largo de la raíz, área foliar y número de hojas) y c) nodulación (peso y número de nódulos y número de plantas noduladas). Los resultados fueron comparados a través de la prueba de rango múltiple de Duncan (7). Se aplicó la transformación $n = \sqrt{x}$ para las variables número de hojas y número de nódulos y $n = \sqrt{x + 1}$ para número de plantas noduladas.

Experimento 2. Efecto de la inoculación en los tratamientos Completo y Testigo.

Dos tratamientos adicionales fueron incluidos para evaluar el efecto de la inoculación en los tratamientos Completo y Testigo del Experimento 1. Se realizaron comparaciones simples entre el tratamiento Completo (con inóculo y revestimiento) y un tratamiento equivalente pero sin inóculo y sin revestimiento (-RhCa). De igual manera el Testigo del Experimento 1 (sin inóculo y sin revestimiento) fue comparado con un tratamiento equivalente, más inóculo y revestimiento (+RhCa). En la evaluación se consideraron las variables biomasa aérea, peso y número de nódulos y número de plantas noduladas.

Experimento 3. Efecto del material de revestimiento sobre la nodulación.

En esta prueba se compararon el tratamiento Completo del Experimento 1 y un tratamiento equivalente, el cual incluyó roca fosfórica de Florida como material de recubrimiento, en sustitución del CaCO_3 . Las cantidades de producto y las técnicas de inoculación y revestimiento fueron las mismas en ambos tratamientos.

Resultados y discusión

Experimento 1

Producción de materia seca. Los resultados de producción de materia seca (M.S.) se presentan en el Cuadro 2 y los rendimientos de biomasa aérea expresados como porcentaje del tratamiento completo se presentan en la Figura 1. Los resultados y discusión se enfatizan en la biomasa aérea por considerarse el mejor indicador de respuesta biológica de acuerdo al enfoque forrajero del estudio.

El valor más alto de producción de M.S. correspondió al tratamiento completo con 15.66 g/maceta, triplicando la producción del tratamiento Testigo (4.60 g/maceta), el valor más bajo de la prueba.

Los tratamientos aditivos resultaron estadísticamente iguales al tratamiento completo; sin embargo ninguno de ellos lo igualó o superó en rendimiento de M.S. La falta de respuesta a la adición de estos

elementos confirmó la información de laboratorio referente a los niveles adecuados de estos nutrimentos en el suelo. En el tratamiento + Mn se observaron síntomas de toxicidad (decoloración intervenal en las hojas), los cuales fueron corroborados posteriormente por análisis foliar (1400 ppm); sin embargo la toxicidad de Mn para esta especie se considera de 550 ppm (2). En el tratamiento Testigo se obtuvieron valores de 432 ppm.

Los tratamientos -S y -P resultaron los más críticos de la prueba, estadísticamente diferentes al tratamiento completo e iguales al Testigo. Los valores de 9, 10 g para -S y de 7.24 g/maceta para -P significaron rendimientos relativos de 58.1% y 46.2% respectivamente (deficiencia neta y grave en ese orden). La respuesta detrimental de la planta a la deficiencia de fósforo en el suelo es extensiva para la mayoría de las leguminosas tropicales, las cuales demandan primordialmente este elemento para la producción de materia seca (3). Por otro lado se corroboró la alta sensibilidad de *L. leucocephala* a niveles deficientes de azufre (10, 15).

La respuesta del tratamiento -Zn no coincidió con los valores bajos de este elemento en el suelo. Estadísticamente fue igual al tratamiento Completo y con un rendimiento relativo de 96.6%, muy próximo al tratamiento óptimo. Estos resultados coinciden con observaciones de campo relativas a la capacidad de *L. leucocephala* de crecer bien en suelos deficientes en Zn (9, 13).

Cuadro 2. Rendimiento de biomasa total y componentes de *L. leucocephala* en los diferentes tratamientos nutritivos.

Tratamiento	Hojas	Tallos	Raíces	Biomasa aérea	Biomasa total
	g MS/maceta				
Completo	7.03 ^{ab}	8.63 ^a	7.80 ^a	15.66 ^a	23.46 ^a
+ Boro	9.30 ^a	6.20 ^{ab}	6.87 ^{ab}	15.50 ^a	22.37 ^a
+ Potasio	8.43 ^a	5.33 ^{ab}	6.80 ^{ab}	13.76 ^{ab}	20.56 ^{ab}
+ Magnesio	8.20 ^{ab}	4.60 ^{bc}	4.80 ^{bcd}	12.80 ^{ab}	17.60 ^{ab}
+ Manganeso	8.93 ^a	5.70 ^{ab}	7.03 ^b	14.63 ^a	21.66 ^a
- Fósforo	3.27 ^c	3.97 ^{bc}	3.40 ^{cd}	7.24	10.64 ^c
+ Hierro	8.46 ^a	5.50 ^{ab}	5.67 ^{abc}	13.96 ^{ab}	19.63 ^{ab}
+ Nitrógeno	8.07 ^{ab}	4.40 ^c	5.47 ^{abc}	12.47 ^{ab}	17.94 ^{ab}
- Azufre	5.47 ^c	3.63 ^c	4.97 ^{bcd}	9.10 ^{bc}	14.07 ^{bc}
- Zinc	9.10 ^a	6.07 ^{ab}	6.40 ^{ab}	15.17 ^a	21.57 ^a
- Cal	7.76 ^{ab}	4.47 ^c	6.60 ^{ab}	12.23 ^{ab}	18.83 ^{ab}
+ Cobre	7.77 ^{ab}	4.47 ^c	6.05 ^{ab}	12.24 ^{ab}	18.30 ^{ab}
+ Molibdeno	7.83 ^{ab}	5.40 ^{ab}	6.30 ^{ab}	13.23 ^{ab}	19.53 ^{ab}
Testigo	3.33 ^c	1.27 ^c	2.93 ^c	4.60 ^c	7.53 ^c

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

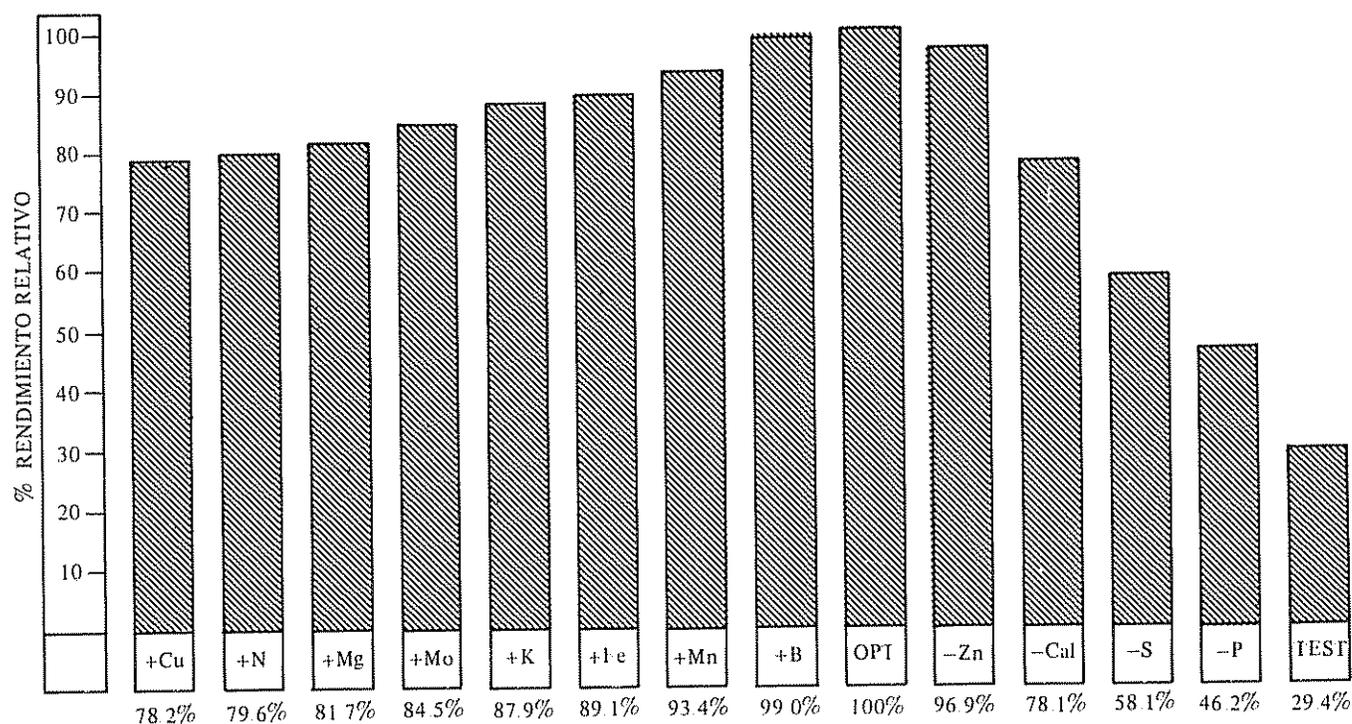


Fig 1 Rendimientos relativos de *Leucaena leucocephala* según los tratamientos nutritivos.

El tratamiento sin encalado no difirió estadísticamente del tratamiento Completo, logrando un rendimiento relativo de 78.1%. Estos resultados indican que no hubo un efecto netamente detrimente por la ausencia de este compuesto. Se explica este efecto por los valores moderados aunque casi críticos de acidez extraíble, saturación de acidez y de Ca en el suelo.

La biomasa total mostró una correlación altamente significativa con la biomasa aérea ($r = 0.98$). Las correlaciones encontradas para la materia seca de las fracciones y la biomasa aérea fueron: $r = 0.88$ para hojas, $r = 0.88$ para tallos y $r = 0.83$ para raíces.

Variables morfológicas. En el Cuadro 3 se muestran los resultados de las variables morfológicas en los diferentes tratamientos nutritivos.

La altura de las plantas estuvo significativamente correlacionada ($r = 0.88$) con la biomasa aérea. La mayor altura se obtuvo en el tratamiento + K con 44.93 cm y la menor correspondió al Testigo con 29.93 cm.

El largo de la raíz tuvo poca variación en la prueba, correspondiendo el valor más alto al tratamiento

óptimo con 47.67 cm de largo, sólo superior estadísticamente a los tratamientos sin encalar (36.43 cm) y Testigo (32.97 cm). En promedio, la relación altura: largo de raíz fue de 1:1, 1, lo que demuestra el profundo sistema radical de esta planta. En este experimento se usaron macetas de 40 cm de alto las que resultaron poco estables. Sin embargo el desarrollo observado de las raíces justifica plenamente el tamaño utilizado. En general, el área foliar estuvo significativamente correlacionada ($r = 0.84$) con la biomasa aérea. La variable "número de hojas" obtuvo una menor correlación ($r = 0.64$) que la variable anterior, correspondiendo el máximo valor al tratamiento +Mn con 71.67 hojas y el menor al tratamiento Testigo con 55.67 hojas.

La magnitud de las variaciones de área foliar, número de hojas y materia seca de hojas, y sus correlaciones indican que la variación en peso seco de hojas o en área foliar depende más de la variación en el tamaño o peso unitario de las hojas que de la variación en su número. En vista de la facilidad de determinar en el campo el peso unitario de hojas, obviando la necesidad de medir la totalidad de la biomasa, la variable tamaño de la hoja adquiere especial importancia para las determinaciones de deficiencias nutritivas.

Cuadro 3. Características morfológicas de *L. leucocephala* para cada tratamiento nutritivo.

Tratamiento	Altura, cm	Largo de la raíz, cm	Area foliar, dm ²	Número hojas/maceta
Completo	41.97 ^{ab}	47.67 ^a	228.77 ^a	66.67 ^b
+ Boro	41.87 ^{ab}	44.67 ^{ab}	195.63 ^{ab}	68.67 ^a
+ Potasio	44.93 ^a	45.73 ^{ab}	235.17 ^a	69.33 ^a
+ Magnesio	41.23 ^{ab}	45.70 ^{ab}	210.83 ^{ab}	70.33 ^a
+ Manganeso	42.37 ^{ab}	45.33 ^{ab}	209.97 ^{ab}	71.67 ^a
- Fósforo	33.30 ^{bc}	42.10 ^{abc}	117.27 ^c	50.00 ^c
+ Hierro	42.97 ^a	43.03 ^{abc}	218.27 ^a	70.67 ^a
+ Nitrógeno	40.47 ^{ab}	42.17 ^{abc}	209.77 ^{ab}	48.00 ^a
- Azufre	29.43 ^c	41.37 ^{abc}	148.30 ^{bc}	58.00 ^{abc}
- Zinc	42.50 ^{ab}	45.07 ^{ab}	209.00 ^{ab}	71.33 ^a
- Cal	36.03 ^{abc}	36.43 ^{bc}	180.77 ^{ab}	62.67 ^{abc}
+ Cobre	41.37 ^{ab}	44.33 ^{ab}	214.27 ^{ab}	69.33 ^a
+ Molibdeno	39.20 ^{ab}	44.97 ^{ab}	192.90 ^{ab}	69.67 ^a
Testigo	20.93 ^d	32.97 ^c	83.63 ^d	55.67 ^{bc}

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (≤ 0.05).

Nodulación. Los resultados obtenidos en la nodulación se presentan en el Cuadro 4.

Se observa inconsistencia en el proceso nodulativo tal como lo indican los datos de número de plantas noduladas. Las correlaciones obtenidas para peso, número de nódulos y plantas noduladas con respecto a la biomasa aérea fueron: $r = 0.23$, $r = 0.34$ y $r = 0.32$. La información anterior sugiere escasa afectividad en el proceso infectivo y en la formación de nódulos.

En el tratamiento + B se observó la mayor consistencia en la nodulación, resultados que coinciden con la respuesta al boro obtenida por Esquivel (7) con la misma especie.

Los pobres resultados obtenidos en la nodulación pueden atribuirse a diversos factores como la baja población de bacterias de *Rhizobium* en el inoculante utilizado, o las altas temperaturas en el suelo de las macetas, debido a su color negro. Otra razón puede ser la presencia de nodulación natural debida

Cuadro 4. Nodulación de *L. leucocephala* según los tratamientos nutritivos.

	Masa nodular (mg MS/maceta)	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Completo	5.80 ^a	12.67 ^{ab}	1.67 ^{ab}
+ Boro	36.00 ^a	38.67 ^a	3.00 ^a
+ Potasio	0.77 ^a	3.33 ^b	0.33 ^b
+ Magnesio	6.23 ^a	7.00 ^{ab}	1.00 ^{ab}
+ Magnesio	3.57 ^a	5.67 ^b	0.33 ^b
- Fósforo	3.70 ^a	4.00 ^b	0.33 ^b
+ Hierro	1.00 ^a	5.00 ^{ab}	1.00 ^{ab}
+ Nitrógeno	0.80 ^a	1.33 ^b	0.33 ^b
- Azufre	0.00 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
- Zinc	5.87 ^a	4.67 ^{ab}	1.67 ^{ab}
- Cal	28.33 ^a	13.67 ^{ab}	2.33 ^{ab}
+ Cobre	0.00 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
+ Molibdeno	3.70 ^a	11.33 ^{ab}	2.00 ^{ab}
Testigo	6.03 ^a	2.33 ^b	0.67 ^{ab}

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

a cepas de *Rhizobium* no específicas para *L. leucocephala*, las que resultan infértiles pero no efectivas en la fijación (10).

Experimentos 2 y 3

En estos ensayos no se detectaron diferencias debidas a los tratamientos (Cuadros 5, 6 y 7). La falla en la nodulación explica este comportamiento.

Los procesos de infección, formación de nódulos y fijación de nitrógeno en simbiosis con la planta tienen requerimientos nutritivos diferentes que los procesos de crecimiento de la planta (3). Este experimento transcurrió en ausencia de simbiosis efectiva, de tal modo que las respuestas observadas reflejan los factores limitantes de los procesos de crecimiento solamente. ¿Cuál sería la respuesta entonces en presencia de una simbiosis efectiva?

Aunque los procesos de fijación de nitrógeno hubieran respondido a la adición u omisión de elementos, con resultados todavía más diferenciados por efecto de los tratamientos, la adición de N no resultó en una mejor producción de materia seca, mostrando que, incluso en ausencia de fijación, el nitrógeno no fue limitante y que en definitiva los resultados no hubieran variado sensiblemente en presencia de una nodulación efectiva.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. La corrección de deficiencias nutricionales en este tipo de suelo determina aumentos considerables en la productividad de *Leucaena leucocephala*.
2. La prueba biológica de invernadero validó la información de laboratorio a excepción del tratamiento -Zn y parcialmente en el caso del tratamiento -Cal.
3. Los niveles deficientes de P y S se manifestaron en la prueba biológica como deficiencias severas y prioritarias en su corrección.
4. La respuesta en rendimiento a los nutrimentos se debió principalmente a la respuesta de la planta en sí, mientras que la ausencia de nodulación no permitió apreciar el efecto indirecto de los nutrimentos sobre el *Rhizobium* y la fijación simbiótica de nitrógeno.

Resumen

Se efectuó un estudio de invernadero para evaluar mediante la técnica del elemento faltante o aditivo

Cuadro 5. Efecto de la inoculación sobre la nodulación de *L. leucocephala* en presencia de P, S, Zn y Cal (tratamiento completo).

Tratamiento	Biomasa total (g MS/maceta)	Masa Nodular (mg MS/maceta)	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Completo + RhCa	23.46 ^a	5.80 ^a	12.67 ^a	1.67 ^a
Completo - RhCa	24.96 ^a	6.80 ^a	8.33 ^a	2.33 ^a

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de DMS ($P \leq 0.05$)

Cuadro 6. Efecto de la inoculación sobre la nodulación de *L. leucocephala* sin el aporte de ningún elemento.

Tratamiento	Biomasa total g MS/maceta	Masa nodular mg MS/maceta	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Testigo - RhCa	7.53 ^a	6.03 ^a	2.33 ^a	0.67 ^b
Testigo + RhCa	7.10 ^a	7.80 ^a	20.67 ^a	3.33 ^a

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de DMS ($P \leq 0.05$).

Cuadro 7. Efecto de dos materiales de revestimiento sobre la nodulación de *L. leucocephala*, en presencia de P, S, Zn y Cal (tratamiento completo).

Tratamiento	Biomasa total g MS/maceta	Masa nodular mg MS/maceta	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Completo + RhCa	23.46 ^a	5.8 ^a	12.67 ^a	1.67 ^a
Completo + RhRF	23.27 ^a	13.3 ^a	17.00 ^a	2.33 ^a

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de DMS ($P \leq 0.05$).

la respuesta de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Perú a diversos niveles de nutrimentos, en un suelo ácido de Costa Rica. Se estudiaron 14 tratamientos: Completo, +B, +K, +Mg, +Mn, -P, +Fe, +N, -S, -Zn, -Cal, +Cu, +Mo y Testigo.

No se encontró respuesta en rendimiento, a la adición de los nutrimentos que se encontraban en niveles considerados como adecuados en el suelo. Los niveles deficientes de P y S encontrados en la prueba de laboratorio fueron corroborados en la prueba biológica de invernadero. En el caso de Zn no se corroboró la deficiencia. Ocurrió una reducción en la productividad del tratamiento sin cal pero no estadísticamente significativa. En el tratamiento +Mn se observaron síntomas de toxicidad, los que fueron confirmados por medio del análisis foliar (1400 ppm). No se detectó respuesta significativa a la inoculación específica.

Literatura citada

- AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza, CTEI, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
- ANDREW, C. S. y HEGARTY, M. P. Comparative responses to manganese excess to eight tropical and four temperate pasture legume species. *Australian Journal of Agricultural Research* 20(4):687-696. 1969.
- ANDREW, C. S. y HEGARTY, M. P. Nutritional restraints on legume-symbiosis. In *Workshop on exploiting the legume-Rhizobium in tropical agriculture*, Kahului, Maui, Hawaii, 1976, Proceedings. University of Hawaii. College of Agriculture.
- Miscellaneous Publication No. 145. 1977. pp. 253-274.
- ANDREW, C. S. y HEGARTY, M. P. Legumes and acid soils. In *Dobereiner, J. et al., eds. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics*. New York, Plenum Press. 1978. (Basic life sciences, v. 10) pp. 135-160.
- BREWBAKER, J. L. y HUTTON, E. M. *Leucaena*. Versatile tropical tree legume. In *Ritchie, G. A., ed. New agricultural crops*. Boulder, Colorado, Westview Press, 1979. (AAAS Selected Symposia Series No 38) pp. 207-259.
- DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 2(1):1-42. 1955.
- ESQUIVEL, A. C. Algunos factores que afectan la nodulación y crecimiento de las leguminosas en los trópicos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA; 1963. 141 p.
- HUTTON, E. M. Comentarios y sugerencias sobre los centros demostrativos del FIRA; Texto bilingüe. s.l., FIRA, 1976. 32 p.
- LEUCAENA NUTRITION. In *Papua and New Guinea*. Department of Agriculture, Stock and Fisheries. Annual Report 1963-64. Port Moresby. 1965. p. 118.

11. MORENO, Q. A. Eficiencia de cepas de *Rhizobium* y efecto de P, Mo, Fe, Co y encalado en la nodulación y producción de biomasa de *Leucaena leucocephala* (Guaje) en suelos ácidos de Huimanguillo, Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias, Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1981. 127 p.
12. MUNNS, D. N. Soil acidity and related factors. In Workshop on exploiting the legume-*Rhizobium* in tropical agriculture, Kahului, Maui, Hawaii, 1976. Proceedings. University of Hawaii. College of Agriculture. Miscellaneous Publication No. 145. 1977. pp. 211-236.
13. PEREZ-GUERRERO, Z. L. *Leucaena*. Leguminosa tropical mexicana. Usos y potencial. Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, 1979. 80 p.
14. SANCHEZ, P. A. Suelos del trópico; características y manejo. Trad. del inglés por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA, 1981. pp. 333-334. (Serie de libros y materiales educativos No. 48).
15. SOUTHERN, P. J. Sulphur deficiency in coconuts, a widespread field condition in Papua and New Guinea. I. The field and chemical diagnosis of sulphur deficiency in coconuts. The Papua and New Guinea Agricultural Journal 19(1):18-37. 1967.
16. WU, MING-HUEI. Effect of lime, molybdenum and inoculation of Rhizobia on the growth of *Leucaena glauca* on acid soils. Journal of the Agricultural Association of China 47(1):57-60. 1964.