

Formación de nódulos en estacas recién establecidas de *Gliricidia sepium* (Fabaceae) en tres suelos de Ciudad Colón, Costa Rica.

José F. Di Stéfano, Luis A. Fournier y Thelma Mejía.
Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2050 Costa Rica.

(Recibido 20-V-1996. Corregido 15-X-1996. Aceptado 30-X-1996)

Abstract: Nodule formation was studied for 3.5 years in recently established *Gliricidia sepium* cuttings (5-7 cm diam. 180-190 cm long) planted on three soil types. They were compared with 20 year-old trees on a coffee plantation. After the second year, samples (n=3) were obtained periodically at 1 m from the cutting and 20 cm deep on each of the soil types. No nodules were observed on the first year. On the third year, the highest production occurred during the first rainy period and on Inceptisols (30/cutting/475.2 cm³, SD=14.4 on June), while the poorest took place during the dry season and on Ultisols. These data were correlated with foliar flushing, precipitation and soil humidity. The amount of nodules was similar to those of the older trees after the third year, but the N-rich fertilizer applied to the coffee plantation delayed the process.

Key words: Nodules, cuttings, fertilization, *Gliricidia sepium*, Costa Rica

Las estacas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud (madero negro) son muy usadas en sistemas agroforestales por ser de uso múltiple con alta capacidad para fijar y reciclar N. Por ejemplo, en México se estimaron tasas de fijación de 13 kg N/ha/año (Montagnini 1992), y sus hojas, ricas en N, son utilizadas como alimento para rumiantes pequeños (Reynolds y Aeoye 1989) o como fertilizante orgánico. Al respecto, Kang y Malongoy (1987) informaron de la producción de 15 toneladas métricas/ha/año de materia seca con un aporte de 40 kg N a los cultivos.

Sin embargo, es escaso el conocimiento que se tiene sobre el desarrollo y fenología de los nódulos en estacas de *G. sepium* recién establecidas, y el efecto del suelo.

A finales de mayo de 1992 se plantaron 45 estacas (5-7 cm diámetro medio, 180-190 cm longitud) a 40 cm profundidad cada 4 m, en tres suelos (E=Entisol; I=Inceptisol; U=Ultisol; Cuadro 1) ubicados en Ciudad Colón (800 m s.n.m., Cuadro 2). Estas no se podaron.

A los diez meses se extrajeron cinco estacas

al azar en cada sitio y a partir de diciembre de 1994, se tomaron periódicamente muestras de suelo de tres de ellas distribuidas al azar en los lotes, con un barreno (5.5 cm diám.) a 20 cm de profundidad y a 1 m alrededor de la planta (ver Russo 1983). Además, se marcaron tres estacones (>20 años) en el Inceptisol dentro de un cafetal cercano. Este se fertilizó con 250 kg/ha (20-7-12-3-1.2 de N, P, K, Mg, y Bo, respectivamente) fraccionado en mayo y junio de 1995. Al suelo se le estimó el contenido de humedad y se lavó para extraer los nódulos.

Los tratamientos fueron el suelo y edad-fertilización en el tiempo, con un análisis post-hipótesis de Tukey-Kramer. El número de nódulos se transformó a la raíz cuadrada más 0.5. Se hicieron correlaciones de Pearson con probabilidades de Bonferroni.

De forma similar a lo observado por Di Stéfano y Fournier (1996), a los diez meses de sembradas (marzo 93) no se detectaron nódulos. Posiblemente esto se deba a limitaciones en la cantidad de fotosintatos, humedad del suelo, o concentración de algunos nutrimentos a la

profundidad de siembra (Cuadro 1). En el muestreo de diciembre de 1994 se hallaron nódulos huecos o suaves, lo que indica que su

establecimiento y formación se inició entre el segundo y tercer año de plantadas.

CUADRO 1

Características químicas de los suelos a varias profundidades, Ciudad Colón de Mora, Costa Rica.*

SUELO	pH	Ca	Mg	K	P
		-----cmol(+)/L-----			mg/L
U 0-30 cm	5.4	4.6	1.2	0.39	3.0
35-75	5.6	3.0	1.3	0.15	1.0
I 0-13	5.1	3.5	0.7	0.20	11.0
13-38	6.2	3.4	0.8	0.23	1.0
38-62	5.8	4.0	1.0	0.07	1.0
E 0-30	5.6	13.4	2.1	0.55	24.0
30-52	5.0	4.9	1.3	0.51	7.0

*Análisis efectuado en el Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

E=Entisol; I=Inceptisol; U=Ultisol

CUADRO 2

Precipitación, temperatura y humedad del suelo para los tres suelos Ciudad Colón de Mora, Costa Rica.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
P Prom	6	41	36	105	218	367	144	206	353	451	133	39
1995	0	0	123	288	309	435	257	553	463	581	85	30
T Prom	23.9	24.2	24.7	25.2	24.8	23.7	23.6	23.2	22.5	22.1	22.4	23.1
1995	23.0	24.0	24.2	24.2	22.9	22.7	22.5	22.2	22.4	21.7	22.1	23.0
HS U	29		37		39	44	35	36	45		35	34
1995 I	39		50		50	57	49	57	56		48	48
E	25		35		37	44	37	44	43		30	30

P=precipitación (mm) promedio (6 años) y para 1995; T=temperatura (C) promedio (6 años) y para 1995;

HS=humedad del suelo (%).

E=Entisol, I=Inceptisol, U=Ultisol

Se encontraron diferencias entre los sitios y a través del año ($p=0.01$, Fig.1). La mayor cantidad de nódulos (cerca de 40) ocurrió en junio, disminuyendo a menos de 15/mes a partir de julio. No aparecieron nódulos en los meses secos o estos estaban vacíos. Nygren y Ramírez (1995) citan un estudio en Venezuela con *Erythrina poeppigiana* (Walp.)Cook no podado, donde los valores más bajos también fueron en la estación seca.

Con respecto al peso y diámetro de los nódulos, se presentaron tendencias similares (Cuadro 3), pero con mayores variaciones y valores altos también en diciembre.

Durante la primera etapa de lluvias, el número ($r=0.97$ $p=0.15$), peso (0.98, 0.02) y diámetro (0.96, 0.004) de los nódulos en el Inceptisol se correlacionaron con la brotación foliar de las estacas (promedio de 3 años obtenidos por Fournier y Herrera 1986 en ese mismo suelo). Al respecto, Nygren y Ramírez (1995) sugirieron que la fenología de los

nódulos está ligada al desarrollo de las hojas para satisfacer las necesidades de C de estos, y de N del nuevo follaje. Sin embargo, para el caso del Ultisol (los 3 factores, $p>0.95$, 0.1) y del Entisol (solo el peso, 0.98, 0.05) se correlacionaron mejor con la lluvia caída en los últimos 20 días al muestreo, mientras que para el número de nódulos en el Entisol, lo fue el contenido de humedad del suelo (0.97, 0.06). Este último sitio es un suelo rocoso.

En el segundo episodio lluvioso, las correlaciones tendieron a ser negativas con valores de "r" bajos y $p>0.15$: la precipitación fue alta y coincide con el inicio de la caída de hojas (Fournier y Herrera 1986).

La mayor cantidad de nódulos ocurrió en el Inceptisol (30/estaca/475.2 cm^3 , DE=14.4, junio, $p<0.05$), seguido por el Entisol con 4.3 (1.2, agosto). El suelo arcilloso (Ultisol) fue pobre, coincidiendo con un menor desarrollo de las estacas en ese sitio (Messenger *et al.* en prensa). Los dos primeros suelos contenían

más P superficial (estimulante de la nodulación, van Kessel y Roskoski 1981), y

eran más sueltos (el nódulo es un gran consumidor de O₂, Dommeergues et al. 1985).

CUADRO 3

Peso seco y diámetro promedio de los nódulos más grandes (5 máximo) en los tres suelos, en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica. Desviación estándar entre paréntesis.

SUELO	Mar	May	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dic
PS U	0	0.43 (0.07)	0	0	1.59 (1.20)	0.33	0	0.77 (1.09)
IJ	0	0.55 (0.18)	0.66 (0.03)	>0	1.62 (1.21)	0.44 (0.47)	2.11	8.42 (10.9)
IA	0	0.11 (0.04)	2.60 (1.08)	0	0	0	0.20	0
E	0	7.9	0.47	0.85	1.21 (1.16)	0.27	0.75	4.32 (1.87)
D U	0	1.85 (0.21)	0	0	2.55 (0.64)	2.70	0	3.35 (3.32)
IJ	0	2.40 (0.42)	3.05 (1.67)	1.20 (0.31)	3.70 (0.89)	2.83 (1.31)	2.40	3.61 (0.71)
IA	0	1.10	1.61 (0.56)	0	0	0	1.85 (0.92)	1.65 (0.92)
E	0	4.61	1.90	2.79	2.26 (0.07)	9.20	2.00	3.55 (1.06)

PS=peso seco (mg); D=diámetro (mm).

E=Entisol; IJ=Inceptisol con estacas de 3 años, IA=Inceptisol con estacas de más de 20 años, U=Ultisol.

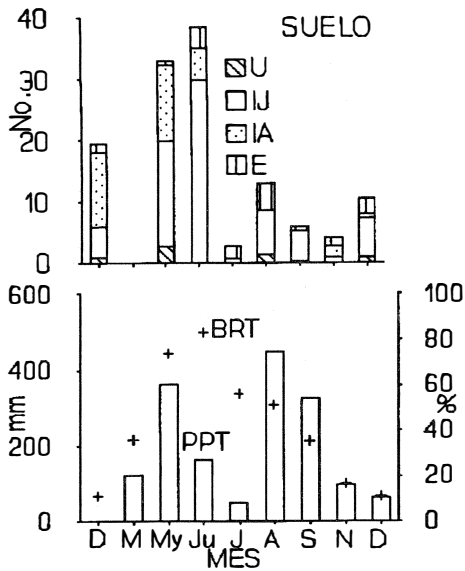


Fig. 1. Número promedio de nódulos/estaca en los tres suelos (E=Entisol; IJ=Inceptisol con estacas de 3 años, IA=Inceptisol con estacas de más de 20 años, U=Ultisol), y su relación con la formación de brotes foliares (BRT) y la precipitación (PPT), en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica. Solo se incluyen los meses en los cuales se hizo un muestreo.

Si bien las fluctuaciones en el desarrollo de nódulos se asoció a condiciones climáticas-

edáficas o a la formación de hojas en la estaca, también podría estar ligado a variaciones en la concentración de fenoles en esta especie (Inostrosa y Fournier 1982) los cuales afectan la expresión de los genes "nod" en *Rhizobium* (Long 1989), o a diferencias entre cepas en los suelos estudiados (Uribe 1994).

A las estacas de tres años se les encontró cantidades parecidas de nódulos cuando se comparó con las mayores de 20 años ($p>0.1$, Fig. 1). Sin embargo, el fertilizante aplicado al cafetal bajo en P y rico en N, detuvo el proceso (ver Van Kessel y Roskoski 1981). Hubo una reactivación parcial en noviembre.

REFERENCIAS

Di Stéfano, J.F. & L.A. Fournier. 1996. Desarrollo de raíces en estacas de *Gliricidia sepium* recién establecidas, Ciudad Colón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44: 81-85.

Dommeergues, Y. B. Dreyfus, H.G. Diem & E. Duhoux. 1985. Fijación de N₂ y agricultura tropical. Mundo Cient. 5: 276-285.

Fournier, L.A. & M.E. Herrera. 1986. Fenología y ecofisiología de *Gliricidia sepium*, en Ciudad Colón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 34: 283-288.

Inostrosa, I. & L.A. Fournier. 1982. Efecto alelopático de *Gliricidia sepium* (Jacq.)Steud. Rev. Biol. Trop. 30:

- 35-39.
- Kang, B. & K. Mulongoy. 1987. *Gliricidia sepium* as a source of green manure in an alley cropping system, p.44-89. In *G. sepium* Management and Improvement. CATIE, Turrialba, Costa Rica (NFTA Special Pub. 87).
- Long, S.R. 1989. *Rhizobium*-legume nodulation: Life together in the underground. *Cell* 56: 203-214.
- Messenger, A.S. J.F. Di Stéfano & L.A. Fournier. 1997. Rooting and growth of cuttings of *Bursera simorouba*, *Gliricidia sepium*, and *Spondias purpurea* in three soil types in Ciudad Colón, Costa Rica. *J. Sust. Forest.* (en prensa).
- Montagnini, F. (ed.). 1992. *Sistemas agroforestales. Organización para Estudios Tropicales*, San José, Costa Rica. 622 p.
- Nygren, P. & C. Ramírez. 1995. Production and turnover of N₂ fixing nodules in relation to foliage development in periodically pruned *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae) trees. *Forest Ecol. & Manage.* 73: 59-73.
- Reynolds, L. & S.A. Adeoye. 1989. Planted leguminous browse and livestock production. p. 44-54. In T.B. Kang & L. Reynolds (eds.). *Alley Farming in the Humid and Subhumid Tropics*. Int. Develop. Research Center, Nigeria.
- Russo, R.O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* sobre la nodulación, producción de biomasa, y contenido de nitrógeno en el suelo de un sistema agroforestal. Tesis MSc. Universidad de Costa Rica-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- Uribe, L. 1994. Formación de nódulos en *Rhizobium*: factores que pueden conferir ventaja competitiva. *Agr. Cost.* 18: 121-131.
- Van Kessel, Ch. & J.P. Roskoski. 1981. Nodulation and N₂ fixation by *Inga jinicuil*, a woody legume in coffee plantations. II. Effects of soil nutrients. *Plant & Soil* 59: 207-215.