

## Desarrollo de raíces en estacas de *Gliricidia sepium* (Fabaceae) recién establecidas, Ciudad Colón de Mora, Costa Rica

José Fco. Di Stéfano G. y Luis A. Fournier O.  
Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

(Rec. 6-IX-1994. Rev. 7-III-1995. Ac. 20-III-1995)

**Abstract:** The root growth of *Gliricidia sepium* recently established cuttings, was studied during ten months at Ciudad Colón de Mora, Costa Rica. They were planted (following local practice) on a colluvio-alluvial soil, at 1 x 1 m and 40 cm deep. Every month, five cuttings were extracted randomly to determine the number and diameter of roots at 10 cm from base, number of branches and biomass. Leaf flushing began two weeks after planting, while the first roots (less than 3 cm long) were observed in 40% of the cuttings after a month. Leaf biomass was higher when compared with stems and roots, except in March-April. The maximum average biomass growth rates occurred during the dry season between January and March, reaching values of 0.14 (SD 0.17), 0.18 (0.29) and 0.06 (0.08) g dry weight/day/cutting for leaves, branches and roots, respectively. These values dropped in April, especially for leaves and branches. No flowers were produced. The ecomorphophysiological unit of adult plants, necessary for an adequate adjustment to the environmental conditions of the site, was not reached by these cuttings.

**Key words:** Phenology, cuttings, root growth, biomass.

La posibilidad de propagar vegetativamente especies arbóreas tropicales es amplia (Leakey *et al.* 1990). Por ejemplo, el uso de estacas de hasta 2 m de longitud en especies como *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., *Bursera simarouba* (L.) Sarg., *Spondias purpurea* L. y *Ficus* sp., ha sido frecuente y exitoso en sistemas agroforestales (Sauer 1979, Montagnini 1992).

Uno de los principales problemas de dicha técnica de propagación es lograr un buen enraizamiento. Son muchos los factores que afectan este proceso, entre ellos, la especie, la edad y sexo del árbol, la longitud, posición, y concentración de nutrientes, cofactores, carbohidratos y reguladores de crecimiento de la porción cortada, el periodo de corta, y las condiciones ambientales donde se planta (Kramer y Kozlowski 1979, Leakey y Mohammed 1985, French 1990, Mesén *et al.* 1992, Caballero 1993). Con respecto a este último aspecto, Mesén *et al.* (1992) señalan como factor decisivo, el evitar el estrés hídrico.

Muchos de los estudios ecofisiológicos sobre el enraizamiento de estacas se han realizado con pequeños segmentos del tallo en ambientes controlados. Sin embargo, poco se conoce sobre la respuesta de éstas cuando se establecen siguiendo las prácticas acostumbradas por los campesinos americanos.

El objetivo de la presente investigación consistió en determinar el desarrollo de raíces en estacas de *G. sepium* recién establecidas en condiciones de campo, y su relación con el crecimiento del vástago.

### MATERIAL Y METODOS

El 12 de junio de 1993, se plantaron 56 estacas de *Gliricidia sepium* (madero negro) a 1 x 1 m y a una profundidad de 40 cm, en suelos coluvio-aluvionales de Ciudad Colón de Mora, Costa Rica. Esa localidad se encuentra a 780 msnm. Las características climáticas y edáficas se observan en los Cuadros 1 y 2.

## CUADRO 1

Precipitación (mm) y temperaturas (C) promedio tomados en la finca del Dr. Fournier, cercanos al lote experimental, Ciudad Colón (n=6 años)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
PPT	4.8	40.8	36.1	105	239	356	130	216	346	432	115	37.3
Temp	23.8	24.2	24.7	25.2	24.5	23.7	23.6	23.2	22.5	22.1	22.4	23.3

## CUADRO 2

Características edáficas del lote experimental, Ciudad Colón

Hora	Prof (cm)	% Arc.	% Limo	% Aren	pH	Ca	K	Acidez	CICE	P
A1	0-13	46	21	33	5.1	3.5	0.2	1.5	5.9	11
A2	13-38	35	36	29	6.0	3.4	0.23	0.3	4.7	1

Ca, K, acidez, y capacidad intercambio catiónico efectivo, (CICE): cmol (+)/L. P: mg/L.

Para el análisis químico se siguieron los procedimientos estándar del Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

La textura fue determinada por el método de la pipeta (Black 1965).

Las estacas tenían como promedio, una longitud de 172 cm (desviación estándar =13.7), y un diámetro superior, medio e inferior de 4.0 (1.2), 4.5 (1.1) y 5.1 cm (1.2), respectivamente. Estas fueron recolectadas de árboles en cercos vivos en los alrededores del lote experimental. Para su corte se siguieron las costumbres lugareñas o sea, en luna menguante al inicio de las lluvias. Antes de ser plantadas, éstas se mantuvieron por varios días en reposo vertical a la sombra.

A partir de julio se seleccionaron al azar, cinco estacas por mes, a las cuales se les determinó el número de brotes laterales, o ramas, el número y diámetro de las raíces a 10 cm de la base, y la biomasa aérea y radicular. En el caso de las raíces, se procuró coleccionar el máximo, aunque no siempre fue posible, en especial al finalizar el experimento. Accidentalmente, ocurrió una defoliación parcial 2.5 meses después de plantado. Sin embargo, las estacas volvieron a rebrotar.

Se realizaron correlaciones lineales simples para determinar el efecto del clima y las relaciones entre las diversas partes de la estaca. Para la significancia estadística se utilizó el procedimiento de Bonferroni (Wilkinson 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las estacas empezaron a brotar dos semanas después de plantadas. Al mes, el 80% de las

mismas tenían brotes. Este valor coincidió con la supervivencia total de 80.4% al final del experimento.

Treinta y cinco días después de plantadas (ddp) se contabilizó un promedio de 2.8 (1.3) ramas/estaca, el cual aumentó hasta alcanzar un máximo de 27.8 (9.7) y 27.2 (5.8) a los 134 y 265 ddp (Fig. 1), este último debido a un rebrote aparentemente estimulado por la precipitación caída entre febrero y marzo. Las ramas se distribuían a lo largo de las estacas.

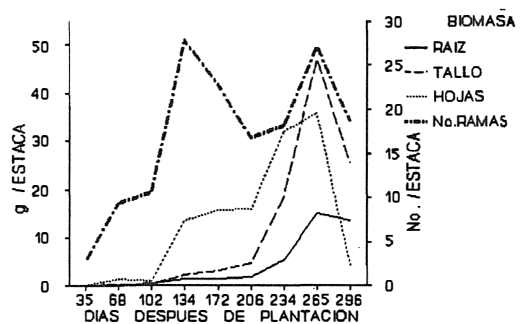


Fig. 1. Biomasa (peso seco) y número de ramas promedio de estacas recién establecidas de *Gliricidia sepium* en Ciudad Colón, Costa Rica.

En enero se observó el menor número de ramas por estaca promedio de 16.8 (5.6, Fig. 1), similar al valor de febrero y abril. Esto pudo deberse a la caída de ramas tiernas y delgadas por las limitaciones hídricas de la época, y po-

siblemente a que las estacas recién establecidas aún no habían alcanzado el apropiado equilibrio raíz-vástago. Sin embargo, también se puede relacionar con los cambios fisiológicos y estructurales de la estaca, en su desarrollo hacia árbol. En una muestra de diez estacas de dos años, plantadas en el mismo sitio, se determinó un promedio de solo 5.5 ramas/estaca. Las ramas crecían en la parte superior de éstas. Lo anterior sugiere que las estacas no presentaban una adecuada distribución de las ramas en el tallo principal para la formación de una copa amplia y abierta capaz de aprovechar eficientemente el máximo de luz.

Las primeras raíces, las cuales se detectaron en solo el 40% de las estacas muestreadas a partir de los 35 ddp, eran menores de 3 cm de longitud y 0.2 cm de diámetro. Posteriormente, se observó dos periodos de rápido incremento diametral: uno a partir de los 68 ddp y el otro a partir de los 172 ddp (Fig. 2). Durante los últimos cuatro meses, el diámetro de las raíces más gruesas se triplicó, pasando de un promedio de 0.25 cm (0.06), a otro de 0.82 cm (0.45). Para este periodo, había un sistema radicular bastante desarrollado principalmente a una profundidad igual o mayor de 40 cm. Varias de ellas presentaban crecimiento secundario. No se observaron nódulos.

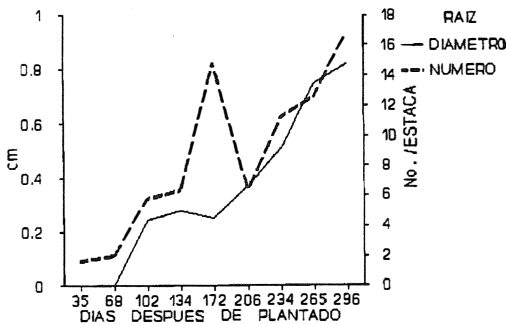


Fig. 2. Número de raíces y diámetro promedio de las cinco raíces más gruesas a 10 cm de la base de estacas recién establecidas de *Gliricidia sepium* en Ciudad Colón, Costa Rica.

En cuanto al número de raíces que salían de la base, éste aumentó de un promedio de 1.6/estaca (1.5) al mes de plantado, hasta 16.8/estaca (7.9) al finalizar la investigación (Fig. 2). Vale anotar que el crecimiento de las raíces mostró ser más estable que el de los tallos y hojas.

En general, la mayor acumulación de biomasa ocurrió durante la época seca de diciembre a febrero (Fig. 1) lo que coincidió con un aumento de la luminosidad y la temperatura, en momentos en que el suelo todavía mantenía un buen nivel de humedad, y las estacas habían logrado establecerse parcialmente en el sitio. Con base en los valores máximos, podría haberse acumulado aprox. 360 kg de hojas y 473 kg de tallos/ha (peso seco).

La biomasa de las hojas tendió a ser superior a la de los tallos, excepto a partir de los 265 ddp (Fig. 1). Esto sugiere que las estacas de *Gliricidia* primero utilizan sus reservas para producir hojas y ramas tiernas. La formación de las raíces y tallos leñosos fue posterior, especialmente hacia el final del experimento.

Las correlaciones entre la producción de biomasa de las partes vegetativas, fueron positivas y altamente significativas (Cuadro 3). Además se obtuvo una correlación positiva con el volumen de la estaca, la cual fue significativa para el caso de la biomasa de los tallos y raíces.

CUADRO 3

Correlaciones de Pearson ( $r$ ) y nivel de significancia alcanzado entre varios factores de las estacas de *Gliricidia sepium* y variables climáticas, Ciudad Colón, Costa Rica.  $n=45$

Variable	Hojas	Biomasa	
		Tallos	Raíces
Biomasa hojas		0.77 (<0.01)	0.61 (<0.01)
Biomasa tallos			0.92 (<0.01)
Volumen estaca	0.19 (NS)	0.39 (<0.01)	0.45 (<0.01)
Precipitación	-0.36 (0.02)	-0.32 (0.04)	-0.32 (0.03)
Temperatura	-0.11 (NS)	0.24 (NS)	0.33 (0.03)

Con respecto a la precipitación, la correlación lineal fue negativa (Cuadro 3). Durante la época de mayor cantidad de lluvia, la producción de biomasa fue baja (Fig. 1). Sin embargo, en esta primera etapa, en la cual las estacas se están ajustando fisiológicamente al estrés de haber sido cortadas, es necesaria una alta humedad para su adecuado establecimiento (Mésén *et al.*, 1992).

Con la temperatura (Cuadro 3), las correlaciones tendieron a ser positivas para el caso de la producción de biomasa de raíces y tallos, pero negativa para la producción de hojas debido a la fuerte defoliación a partir de febrero. Las dos últimas no fueron significativas.

En relación a las tasas de producción de biomasa, se observaron tres periodos de rápido crecimiento (Fig. 3). El primero ocurrió entre el segundo y tercer mes después de plantado. Se pasó de valores cercanos a 0, a 0.022 (0.036), 0.005 (0.006), y 0.0007 (0.0013) g/estaca/día de hojas, tallos y raíces, respectivamente. El segundo se observó entre setiembre y octubre. Se obtuvo tasas de 0.101 (0.076), 0.017 (0.019) y 0.01 (0.022) g/estaca/día lo que permitió acumular 12.4, 6.8 y 2.9 veces más biomasa de hojas, tallos y raíces cuando se comparó con los valores de setiembre. Durante este periodo hubo un rápido rebrote de hojas luego que las estacas accidentalmente fueron defoliadas. El tercer periodo se inició a los 206 ddp. Para marzo, las tasas de producción fueron de 0.14 (0.17), 0.18 (0.29) y 0.06 (0.08) g/estaca/día, lo que significó una acumulación de 2.3, 10.1 y 8 veces más biomasa en relación a enero. Hubo bastante variabilidad entre las estacas, sin embargo, las tendencias en el tiempo de los valores máximos y mínimos se mantuvieron a lo largo del periodo analizado.

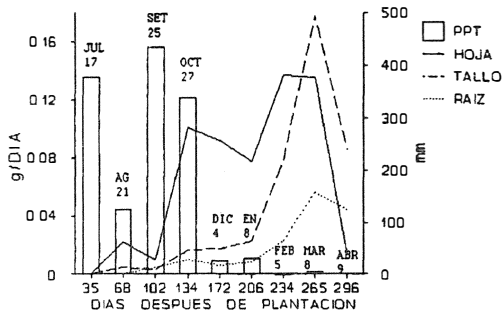


Fig. 3. Tasas de producción de biomasa promedio en estacas recién establecidas de *Gliricidia sepium*, y su relación con la precipitación recibida por las estacas en cada periodo de muestreo, Ciudad Colón, Costa Rica.

A partir de febrero, la tasa de producción foliar dejó de aumentar, y en abril ésta disminuyó a 0.014 (0.015) g/estaca/día. Por el contrario, las de las raíces y los tallos continuaron subiendo hasta marzo, para también decrecer en abril. Durante este periodo se verificó una prolongada escasez de lluvia (comparar Fig. 3 con Cuadro 1) registrándose un nivel bajo de humedad del suelo (24%) a una profundidad de 40 cm, comparado con una humedad a capacidad de campo de 65% (Fournier y Herrera 1986). Ninguna de las estacas produjo flores.

La gravedad específica de las estacas tendió a aumentar con el tiempo (Fig. 4), y fue una unidad superior a los diez meses después de plantado (coeficientes de variación menores al 13%). Esto posiblemente se debió a una mayor acumulación de tejido lignificado.

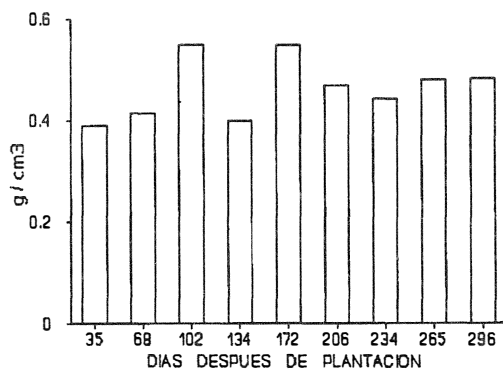


Fig. 4. Gravedad específica promedio de estacas de *Gliricidia sepium* en Ciudad Colón, Costa Rica.

Los resultados anteriores coinciden parcialmente con los de Fournier y Herrera (1986) en árboles (provenientes de estacones) de *Gliricidia* de más de 20 años y con diámetros a la altura del pecho promedio de 30 cm, plantados en la misma zona. Dichos autores observaron una rápida brotadura durante el periodo seco a partir de febrero-marzo, la cual se mantuvo elevada por varios meses. Se encontró una correlación de 0.62 ( $p < 0.05$ ) con la humedad del suelo. Por otra parte, la mayor caída de follaje, así como los picos de floración y fructificación, ocurrieron entre enero y marzo, obteniéndose una correlación negativa con el mismo factor edáfico. Lo anterior demuestra que esos árboles habían logrado ajustarse a las condiciones ambientales de la región.

Como conclusión podría afirmarse que, luego de diez meses de establecidas, las estacas todavía no habían alcanzado el equilibrio ecofisiológico entre su sistema radicular y el vástago, y todo el conjunto con el clima fuertemente estacional de la región (ver Fournier 1988).

## RESUMEN

Durante 10 meses se estudió el crecimiento radicular de estacas recién establecidas de *Gli-*

*ricidia sepium* en Ciudad Colón de Mora. Éstas se plantaron siguiendo las costumbres locales, en un suelo coluvio-aluvial, a 1 x 1 m y a 40 cm de profundidad. Cada mes se extrajeron al azar, cinco individuos para determinar el número y diámetro de las raíces a 10 cm de la base, el número de brotes o ramas, y la biomasa. La brotación se inició a las dos semanas de plantadas, mientras que las primeras raíces (menores de 3 cm de longitud) aparecieron en el 40% de las estacas, después de un mes. La biomasa de hojas fue superior a la de los tallos y raíces, excepto durante marzo y abril. Las mejores tasas de producción de biomasa promedio ocurrieron en la estación seca entre enero y marzo. Se alcanzaron valores de 0.14 (0.17), 0.18 (0.29) y 0.06 (0.08) g/día para hojas, tallos y raíces, respectivamente. Estos decrecieron en abril, en especial para las hojas y tallos. La unidad ecomorfofisiológica de las plantas adultas, no fue alcanzada por estas estacas.

#### REFERENCIAS

- Black, C.A.(ed.). 1965. Methods of Soil Analysis. Parte 1. Serie Agronómica N°9. American Soc. of Agronomy, Madison. 612 p.
- Caballero, P.A. 1993. Aspectos fenológicos y fisiológicos en la formación de callos en estacas de *Tabebuia rosea* (Bertol)D.C., roble sabana. Tesis MSc., Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José. 130 p.
- Fournier, L.A. 1988. Fundamentos ecomorfofisiológicos de importancia en la nutrición del cafeto. p.1-23. *In* Curso regional sobre nutrición mineral del café, 7-18 de noviembre 1988. PROMECAFE, IICA, San José, Costa Rica.
- Fournier, L.A. & M.E. Herrera. 1986. Fenología y ecofisiología de *Gliricidia sepium* (Jacq.)Steud, "madero negro", en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 34:283-288.
- French, Ch.J. 1990. Rooting of *Rhododendron* 'Anna Rose Whitney' cuttings as related to carbohydrate concentration. *Hort. Science* 25:409-411.
- Kramer, P.J. & T.T. Kolzowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic, Nueva York. 811 p.
- Leakey, R.R.B., J.F. Mesén, Z. Tchoundjeu, K.A. Longman, J.McP.Dich, A. Newton, A. Matin, J. Grace, R.C. Munro & P.N. Muthoka. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonw. Forestry Rev.* 69:247-257.
- Leakey, R.R.B. & H.R.S. Mohammed. 1985. The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K.Schum. *J. Hort. Sci.* 60:431-437.
- Mesén, F., R.R.B. Leakey, & A.C. Newton. 1992. Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. *El Chasquí, Turrialba, Costa Rica* No.28:6-18.
- Montagnini, F. (ed.). 1992. *Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.* 632 p.
- Sauer, J.D. 1979. Living fence posts in Costa Rica. *Turrialba* 29:255-261.
- Wilkinson, L. 1990. *SYSTAT: The System for Statistics*. SYSTAT. Evanston, Illinois. 676