

Repuestas de las raíces finas y acumulación de nitrógeno en el follaje de *Erythrina poeppigiana* después de podas parciales o completas¹

Patrick Chesney³, Andrea Schlönvoigt³, Donald Kass³, Paul Vlek⁴, Dieter Murach⁵

Palabras claves: Costa Rica, biomasa de raíces, cultivo en callejones, distribución de raíces

Response of fine roots and nitrogen accumulation in foliage of *Erythrina poeppigiana* after partial or complete pruning

RESUMEN

ABSTRACT

Se analizó el efecto de la intensidad de podas foliares sobre la distribución y biomasa de raíces finas y la acumulación de nitrógeno en el follaje de *Erythrina poeppigiana* en un sistema de cultivo en callejones en condiciones de trópico húmedo en Turrialba, Costa Rica. Cuando se realizó la poda parcial, árboles de dos y ocho años de edad depositaron al suelo 187 y 256 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en los residuos de las podas, respectivamente; valores 50% mayores que los observados con podas completas. Se concluyó que esta diferencia se debía a la producción constante de raíces finas con poda parcial. Durante un período de cinco meses después de la primera poda, el promedio de largo de raíces finas fue de 821 vs 489 m árbol⁻¹ para árboles de dos años con poda parcial vs poda completa, respectivamente. La diferencia en el largo de raíces finas entre los tratamientos para árboles de ocho años fue comparable pero con valores mucho menores. Se concluyó que la poda parcial es la mejor alternativa para aumentar el reciclaje de N del follaje y para evitar la mortalidad de las raíces finas.

The effect of complete and partial pruning on nitrogen accumulation in foliage and on the distribution and biomass of fine roots of *Erythrina poeppigiana* was studied in an alley cropping system in humid tropical conditions in Turrialba, Costa Rica. Partially pruned two and eight year-old trees recycled 187 and 256 kg N ha⁻¹ yr⁻¹, respectively, in foliage biomass, which was 50% more than that re-cycled by completely pruned trees. This difference may be attributed to a reduced effect of partial vs complete pruning on fine root production. Over a 5-month regrowth period, mean fine root length was 821 vs 489 m tree⁻¹ for partially vs completely pruned 2-year-old trees, respectively; for 8-year-old trees, the relative difference was similar but values were much lower. It was concluded that partial pruning was the better alternative to increase N cycling in pruning residues and to avoid fine root mortality.

INTRODUCCIÓN

El manejo de muchos sistemas agroforestales está caracterizado por podas frecuentes e intensivas de la biomasa aérea del componente leñoso para reducir la competencia con los cultivos (especialmente la radiación solar), aumentar la biomasa del suelo e incorporar nutrientes al sistema. Cuando se cultiva tomate (*Lycopersicon esculentum*) en asocio con leguminosa como poró (*Erythrina poeppigiana*), se recomienda

podar el follaje del árbol más de dos veces por año (Chesney *et al.* 2000). Sin embargo, podas completas tres o más veces por año pueden resultar en disminuciones de la productividad de la biomasa aérea de poró (Russo y Budowski 1986, Romero *et al.* 1993). Estudios previos demostraron que dos podas completas por año de poró resultaron en la senescencia completa de sus nódulos y más del 50% de sus raíces finas. Según

¹ Basado en Chesney, PEK. 2000. Pruning effects on roots of nitrogen fixing trees in the humid tropics. Tesis Ph.D 2000. CATIE, Turrialba, Costa Rica
² Ph D en Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica 2000. ³ Profesores Investigadores, CATIE. Email: aschlonv@catie.ac.cr (autora para correspondencia), dkass@catie.ac.cr ⁴ Profesor, Centro de Investigación para el Desarrollo, Bonn, Alemania ⁵ Profesor, Universidad de Eberswalde, Eberswalde, Alemania

Nygren y Ramírez (1995), esta especie necesita de 10 a 16 semanas de recuperación para producir nuevos nódulos y reiniciar la fijación de N. Durante este período otras fuentes de N deben satisfacer las necesidades de los árboles y los cultivos (Kass *et al.* 1997). Este estudio partió de la hipótesis que en comparación con la poda completa, la poda parcial aumenta el reciclaje de N del árbol debido a que este tratamiento conserva una parte de los nódulos y raíces finas y como consecuencia puede producir mayor cantidad de biomasa durante un año (el período que incluye varias podas).



Árboles del *Erythrina poeppigiana* con poda parcial pueden reciclar más nitrógeno, por medio de los residuos de las podas de la biomasa aérea y conservar más raíces finas que árboles de poda completa (Foto L. Meléndez).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental La Montaña del CATIE en Turrialba, Costa Rica: 9° 53' N, 83° 43' O, altitud de 602 msnm. Durante el período de estudio (de mayo 1999 a mayo 2000) la precipitación mensual promedio fue de 325±181 mm; la temperatura promedio de 22.5 °C y humedad relativa de 88.7±1.7%. El terreno es plano y el suelo fue clasificado como Eutric Cambisol (Kass *et al.* 1995).

El ensayo se realizó en un sitio experimental que fue establecido en 1991 (cultivos anuales en callejones de *E. poeppigiana*). Las distancias originales entre los árboles fueron 6 x 2 m. En 1997, se duplicó el número de árboles (a 3 x 2 m) sembrando los árboles nuevos por medio de estacas, obtenidos de los árboles del mismo sitio.

Este cambio se realizó con el objetivo de usar los árboles como soportes vivos para hortalizas. El diseño experimental utilizado en este estudio fue de bloques completos al azar con parcelas divididas y tres repeticiones. Como factor principal se analizó la *intensidad de poda* en dos niveles: poda completa, removiendo todas las ramas sobre un tallo de 2 m de altura; y poda parcial, reteniendo una rama por árbol. Como sub-factor se evaluó la *fecha de poda* en cinco niveles: mayo, agosto y noviembre de 1999, además de enero y mayo del 2000. Se estudiaron tanto los árboles viejos (edad 8 años) como los nuevos (2 años).

Las parcelas experimentales fueron sembradas con una rotación de maíz (*Zea mays*; mayo – agosto 1999; var. Diamantes 8843; 26,666 plantas ha⁻¹) y tomate (noviembre 1999 – enero 2000; var. Dina Panama; 13,333 plantas ha⁻¹). El manejo de los cultivos incluyó una deshierba manual antes de la siembra, control manual de malezas antes del cierre del cultivo y el amarre continuo del tomate en los soportes vivos. No se aplicaron fertilizantes durante el período de estudio.

Se cuantificó el peso seco de los residuos de las podas del poró durante un año, utilizando el peso verde total de los residuos de las podas y el peso seco (horno) de submuestras. La concentración de N en la biomasa se determinó por el método micro-Kjeldahl (Weaver *et al.* 1994). Para el muestreo de las raíces finas, se tomaron diez muestras (cilindro: Ø = 8 cm; L = 25 cm) al azar de un área rectangular de 1.5 m², con el árbol en el centro; a 6, 10, 14 y 22 semanas después de la poda de agosto 1999. Los períodos de muestreo fueron seleccionados de acuerdo a las observaciones de Nygren y Ramírez (1995). En mayo 2000, un muestreo de raíces hasta 20, 40 y 60 cm de profundidad de suelo fue realizado a 50 y 100 cm de distancia de los árboles (dos muestras por clase, en tres repeticiones) para determinar la distribución vertical de las raíces. Las raíces fueron lavadas y separadas en vivas y muertas. El largo total de las raíces vivas se midió por medio del análisis de imagen con el programa WinRHizo Pro[®] (Régent Instruments, Quebec, Canada).

Se analizó la homogeneidad de varianzas y normalidad para los datos de productividad de biomasa foliar (residuos de las podas), largo de raíces finas, concentración y acumulación de N. El análisis de varianza se aplicó a la biomasa de árboles individuales usando el diámetro del fuste a 10 am de altura como co-variable. Los valores promedios se compararon por medio de REGWQ ($p < 0.05$) (Programa SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de las raíces finas

La densidad promedio de las raíces finas disminuyó con la profundidad del suelo (Figura 1). Con respecto a la distancia del árbol, se encontraron casi el doble de raíces finas a 100 cm comparado con 50 cm. El promedio (de cinco meses), del largo de las raíces finas de árboles de dos años con poda parcial vs poda completa fue de 821 vs 489 m árbol⁻¹, respectivamente (Figura 2a). La diferencia en el largo de raíces finas entre podas parciales y completas para árboles de ocho años fue semejante, pero con promedios mucho menores (Figura 2b). Un año después, el largo de las raíces finas hasta una profundidad de 60 cm fue dos a tres veces mayor en ambos tratamientos para ambas edades de los árboles, pero siempre con mayor valor con podas parciales (Figura 3). La dinámica de las raíces finas fue similar a la reportada por Nygren y Campos (1995) y Nygren y Ramírez (1995).

Acumulación de nitrógeno

Los árboles de dos y ocho años de edad, podados parcialmente, reciclaron 187 vs 256 kg N ha⁻¹ en la biomasa aérea, respectivamente; 50% más que árboles con una poda completa (Cuadro 1). Las diferencias en la cantidad de N reciclado pueden atribuirse a las diferencias en la cantidad de biomasa aérea producida que está en función de la edad del árbol y sus reservas para rebrotar. La producción de biomasa de árboles podados parcialmente cuatro veces por año (8000 kg ha⁻¹ año⁻¹) se compara bien con la producción de árboles podados completamente dos veces por año (Kass *et al.* 1995) o tres veces por año (Russo y Budowski 1986) en Turrialba. La concentración de N en las hojas de los árboles con poda parcial vs poda completa fue 3.6 vs 3.7% (2 años) o 3.8 vs 4% (8 años), respectivamente.

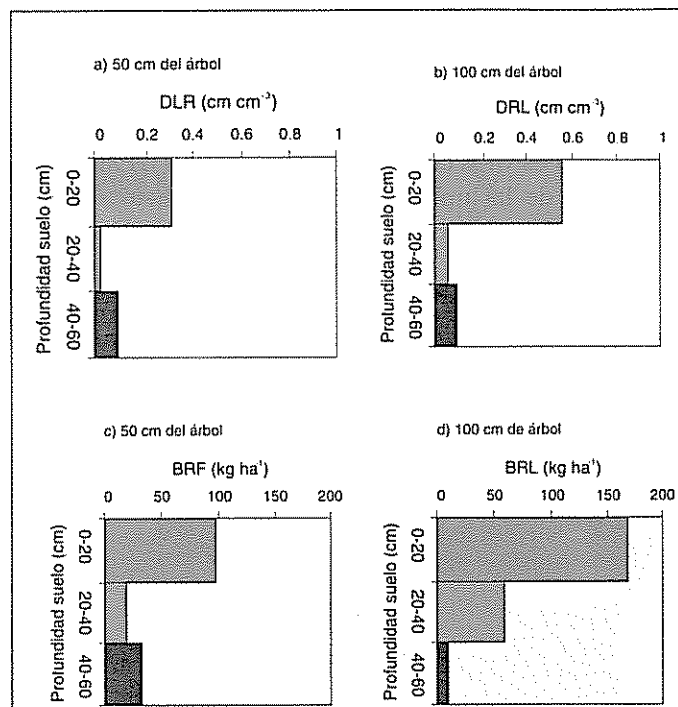


Figura 1. Distribución de densidad de longitud de raíces finas (DLR) y la biomasa de las raíces finas (BRF) de *Erythrina poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica.

La mayor producción de biomasa y acumulación de N en el follaje de árboles con poda parcial pueden atribuirse al más rápido rebrote de estos comparado con la poda completa. Se supone que la poda parcial conservó una serie de ejes entre el sistema radicular y el remanente foliar para obtener N y trasladarlo hacia la rama remanente, permitiendo mayor fijación de C y acumulación de N en la biomasa aérea nueva. Esta

Cuadro 1. Nitrógeno total en los residuos de poda de la biomasa aérea de *Erythrina poeppigiana* de dos y ocho años de edad con dos intensidades de poda en Turrialba, Costa Rica

Edad de árbol (años)	Intensidad de la poda	N Total †					Promedio y Total‡ (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)
		May 99	Ago 99	Nov 99 (kg ha ⁻¹)	Ene 00	May 00	
2	Completa	119	42	32	13	36	31
	Parcial	109	57	47	27	56	(123) 47 (187)
8	Completa	154	53	46	21	40	40
	Parcial	169	82	78	29	67	(160) 64 (256)
	Promedio	138	59	51	23	50	46 (183)

† N en los residuos de poda a las 20, 13, 12, 10 y 16 semanas después de la poda anterior, respectivamente. ‡ En base de datos de podas desde agosto 99 a mayo 2000 (un año de producción), en kg ha⁻¹ año⁻¹

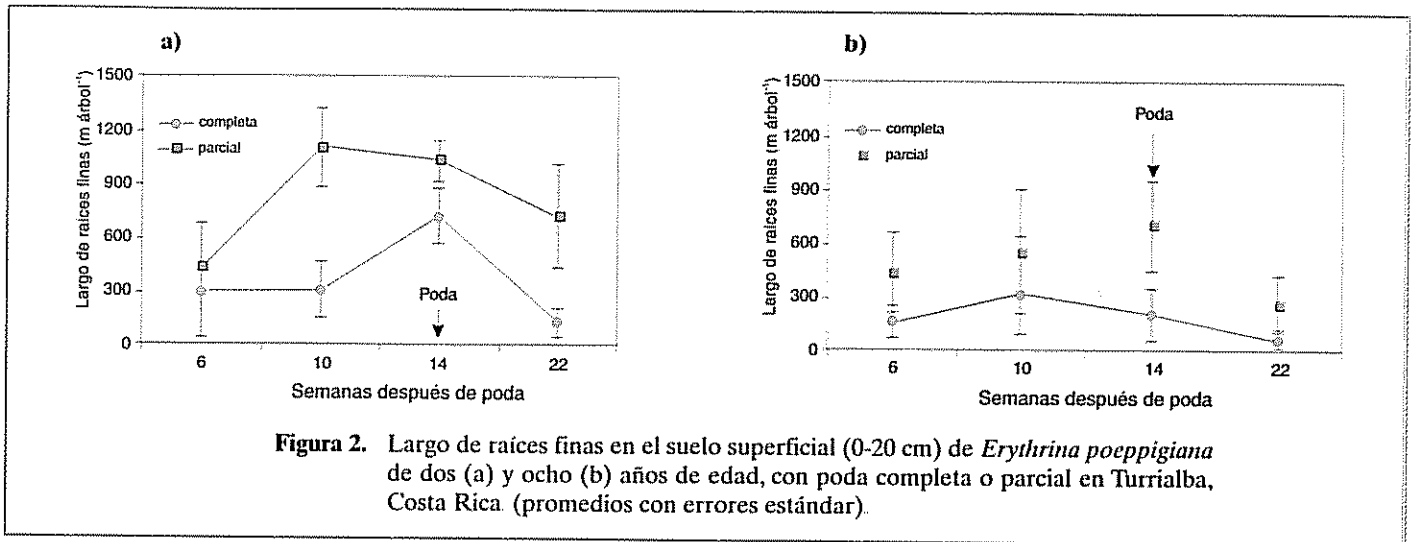


Figura 2. Largo de raíces finas en el suelo superficial (0-20 cm) de *Erythrina poeppigiana* de dos (a) y ocho (b) años de edad, con poda completa o parcial en Turrialba, Costa Rica. (promedios con errores estándar).

capacidad de trasladar N y, por otro lado, la reducción de nitratos en hojas de poró, reportada por Orebamjo *et al.* (1982) y Muthuchelian (1993), podrían explicar la mayor tasa de recuperación de biomasa aérea y acumulación de N en árboles con poda parcial.

tención de una rama es suficiente para asegurar la recuperación rápida del área foliar y mantener el sistema radicular. De esta manera, se mantiene el flujo de asimilados en el árbol y se garantiza la producción continua de biomasa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Internacional de Ciencia (IFS, Suecia) por el apoyo financiero para la realización del estudio.

LITERATURA CITADA

Chesney, PE; Schlönvoigt, A; Kass, D 2000. Producción de tomate con soportes vivos en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):57-60.

Kass, DCL; Sylvester-Bradley, R; Nygren, P. 1997. The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. *Soil Biology and Biochemistry* 29:775-785.

Kass, DCL; Jiménez, M; Kauffman, JH; Herrera C. 1995. Reference soils of the Turrialba valley and slopes of the Irazu volcano. *Soil Brief Costa Rica No. 2*. CATIE and ISRIC, Turrialba, CR. 26p.

Kass, DL; Araya, JF; Sánchez, J; Soto, L; Ferreira, P. 1995. Ten years' experience with alley farming in Central America. Paper presented at the International Alley Farming Conference, Ibadan, IITA.

Muthuchelian, K. 1993. Nitrogen assimilation of the genus *Erythrina*. In Westley, SB; Powell, MH (eds) *Erythrina in the New and Old Worlds: Nitrogen Fixing Tree Research Reports, Special Issue 1993*. p. 306-313.

Nygren, P; Campos, A. 1995. Effect of foliage pruning on fine root biomass of *Erythrina poeppigiana* (Fabaceae). In: Sinoquet, H; Cruz, P. (eds) *Ecophysiology of Tropical Intercropping*. INRA, Paris. p. 295-302.

Nygren, P; Ramírez, C. 1995. Production and turnover of N, fixing nodules in relation to foliage development in periodically pruned *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae) trees. *Forest Ecology and Management* 73:59-73.

Orebamjo, TO; Porteous, G; Stewart, GR. 1982. Nitrate reduction in the genus *Erythrina*. *Erythrina Symposium IV*. Allertonia 3(1):11-18.

Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Pezo, D; Borel, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteriana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. In: Westley, SB; Powell, MH (eds), *Erythrina in the New and Old Worlds: Nitrogen Fixing Tree Research Report, Special Issue 1993*. Turrialba, CATIE. p. 205-210.

Russo, RO; Budowski, G. 1986. Effect of pollarding frequency on biomass of *Erythrina poeppigiana* as a coffee shade tree. *Agroforestry Systems* 4:145-162. CATIE. 51p.

Weaver RW; Angle S; Bottomley, P; Bezdicke, D. (eds) 1994. *Methods of Soil Analysis: Part 2, Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America, Madison Wisconsin.

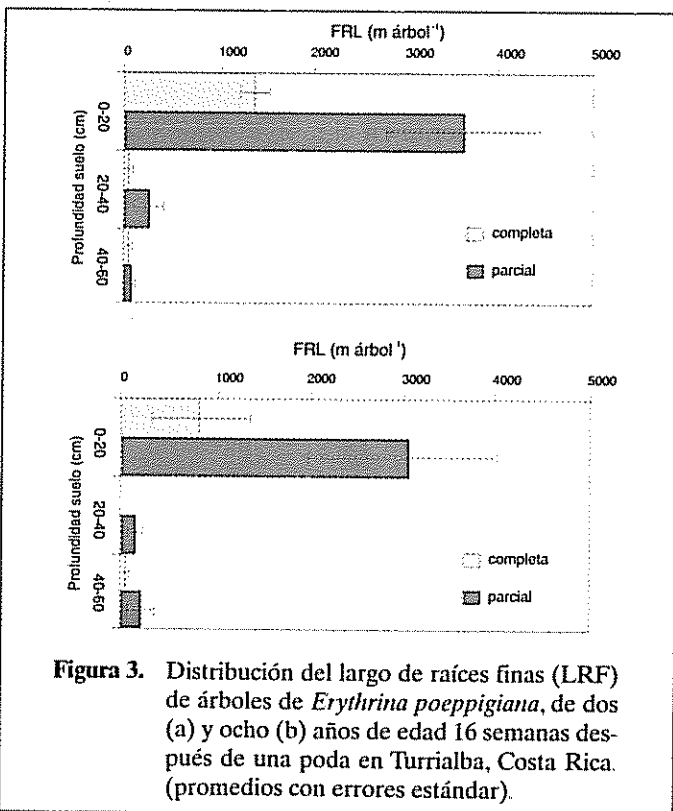


Figura 3. Distribución del largo de raíces finas (LRF) de árboles de *Erythrina poeppigiana*, de dos (a) y ocho (b) años de edad 16 semanas después de una poda en Turrialba, Costa Rica. (promedios con errores estándar).

CONCLUSIONES

Árboles de poró con poda parcial pueden reciclar más N, por medio de los residuos de las podas de la biomasa aérea, y conservar más raíces finas para fijar N que árboles con poda completa. Con podas frecuentes la re-