

Interacciones radiculares entre *Eucalyptus deglupta* y gramíneas competitivas¹

Michaela Schaller², Götz Schroth³, John Beer⁴, Francisco Jiménez⁴

Palabras claves: barreras de raíces, *Brachiaria brizantha*, competencia de raíces, manejo de raíces, *Panicum maximum*, *Saccharum* sp.

Root interactions between *Eucalyptus deglupta* and competitive grass species

Resumen

Abstract

Se estableció un experimento en la estación experimental del CATIE en Turrialba, Costa Rica, para evaluar la posibilidad de restringir la extensión lateral del sistema radicular del árbol maderable *Eucalyptus deglupta* (eucalipto; 12-16 meses de edad) mediante barreras vivas, sembradas en hileras sencillas, dobles o triples en ambos lados de las líneas de árboles, de las gramíneas competitivas: *Panicum maximum* (pasto guinea), *Brachiaria brizantha* (brachiaria) y *Saccharum* sp. (caña de azúcar). El crecimiento del eucalipto fue significativamente limitado en su asociación con el pasto guinea y en menor grado, en la asociación con las barreras de dos y tres hileras de brachiaria. En estos tratamientos, el número total de raíces arbóreas se redujo hasta en 40% en comparación con el control sin barreras (evaluación en perfiles de pared). Además, la restricción lateral de los sistemas radiculares arbóreos fue asociada con una mayor densidad de raíces entre las barreras vivas, en comparación con el control. No hubo un efecto significativo del número de las hileras, y la caña de azúcar no restringió el número total de raíces arbóreas. Las gramíneas no forzaron las raíces arbóreas a desarrollarse en profundidades mayores; al contrario, las raíces de los árboles fueron aún más superficiales cuando hubo gramíneas. La restricción de las raíces arbóreas por las barreras pareció ser más eficiente en parcelas donde hubo una capa superficial del suelo compactada, y aparentemente disminuyó al aumentar la edad de los árboles.

An experiment was established at CATIE's experimental station in Turrialba, Costa Rica in order to evaluate whether lateral root extension of the timber tree *Eucalyptus deglupta* could be restricted by the competitive grasses guinea (*Panicum maximum*), brachiaria (*Brachiaria brizantha*) and sugarcane (*Saccharum* sp.), planted either in single, double or triple rows on both sides of rows of the *Eucalyptus* trees. Tree growth was significantly reduced by guinea and, to a lesser extent, by double- and triple brachiaria strips. In these treatments, the total number of lateral tree roots, as evaluated in profile walls beyond the grass strips, was reduced by up to 40% compared to a no-grass control. The lateral restriction of the tree root systems was associated with increased density of tree roots between the grass strips in comparison to the control. The number of grass rows had no significant effect and sugarcane did not reduce total tree root number. None of the grasses induced the tree root system to develop at greater depths; on the contrary, tree roots were more superficial when combined with grasses. There was some evidence of an increase of the root barrier effect of the grass strips in areas with a compacted topsoil but of a decrease with increasing age of the trees.

INTRODUCCIÓN

La sensibilidad de árboles a la competencia de gramíneas por nutrientes y agua, a nivel radicular, generalmente resulta en menores tasas de crecimiento y sobrevivencia y es un problema común en horticultura y silvicultura, así como también en el establecimiento de

árboles en pasturas degradadas. Por otro lado, barreras biológicas de gramíneas podrían utilizarse para limitar la extensión del crecimiento lateral de raíces de los árboles, y por lo tanto, reducir la competencia con cultivos adyacentes (Schroth 1999); por ejemplo, raíces de

¹ Parte de las investigaciones realizadas por la primera autora para optar al grado Ph-D en la Universidad de Bayreuth, Alemania 2000. Traducido al español por Luis Meléndez, editor, CATIE. ² Estudiante Universidad de Bayreuth, Alemania. Email: Michaela.Schaller@stud.uni-bayreuth.de ³ Biological Dynamics of Forest Fragments Project, National Institute for Research in the Amazon (INPA), C.P. 478. 69011-970 Manaus-AM, Brazil, Fax: (55) 92-642 2050, email: schroth@internext.com.br ⁴ Profesores Investigadores, CATIE, Apdo 7170 Turrialba Costa Rica. Fax: (506) 556 7766. email: jbeer@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr

plantas herbáceas competitivas restringieron el crecimiento lateral y aumentaron la extensión vertical de sistemas radiculares de árboles (Neves *et al.* 1998). Un aumento de la profundidad de enraizamiento de los árboles también podría tener un efecto estabilizador contra pérdidas de suelo.

Este estudio se enfocó en el efecto de tres gramíneas competitivas [*Panicum maximum* (pasto guinea), *Brachiaria brizantha* (brachiaria) y *Saccharum* sp. (caña de azúcar)], plantadas en tres niveles (una, dos o tres hileras), sobre la extensión lateral del sistema radicular de *Eucalyptus deglupta* (eucalipto), un árbol maderable de crecimiento rápido con un sistema radicular superficial (Schaller *et al.* 1999) que es ampliamente utilizado en sistemas agroforestales y proyectos de reforestación en América Central y otras partes del trópico húmedo (CATIE 1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue establecido en octubre de 1998 en el área experimental "La Montaña" del CATIE en Turrialba, Costa Rica (9°53' N., 83°38' O.; 602 m.s.n.m.; 2684 mm de precipitación anual, normalmente sólo un mes seco (marzo); 21.7°C de temperatura media anual; suelo Aquandic Dystrudept, plano; no hubo fertilización). Se establecieron 10 tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Líneas de cuatro árboles de eucalipto fueron plantadas a 3 m dentro de la fila, con una, dos o tres hileras (a 90, 110 y 130 cm de los árboles, respectivamente) de pasto guinea, brachiaria o caña de azúcar. También hubo un tratamiento testigo sin barreras. Brachiaria y pasto guinea se establecieron por semillas y caña de azúcar por trozos de tallos. Los árboles se trasplantaron tres semanas después de plantadas las barreras y provinieron de viveros de tres meses de edad. Las barreras fueron cortadas regularmente para prevenir el sombreado de los árboles.

La altura del árbol y diámetro del tallo (D) se midieron tres veces: en mayo (D1 a 10 cm del suelo), setiembre de 1999 y en marzo del 2000 (D2 y D3 a 1.3 m del suelo = dap). Los muestreos de raíces fueron realizados a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm) en febrero del 2000, para determinar la densidad de raíces de las gramíneas y los árboles, dentro de la hilera de las gramíneas y a la mitad de la distancia entre éstos y la línea de árboles. Perfiles de raíces fueron realizados a 1.50 m de distancia de los árboles (octubre 1999 a marzo 2000) en cuatro lados alrededor de un árbol (paralelo y dentro de la fila de los árboles). El perfil de las paredes detrás de

las barreras de gramíneas ("perfil de la barrera") tenía un ancho de 3 m y una profundidad de 0.8 m. Los perfiles entre los árboles ("perfiles entre árboles") tenían aproximadamente 1.5 m de ancho y 0.8 m de profundidad. Las raíces fueron escurbadas con un tenedor o un desatornillador y se realizó un mapa de las raíces del árbol en papel cuadriculado (10 x 10 cm de rejilla), distinguiendo entre las clases de diámetro de raíz < 2 mm, 2-5 mm y >5 mm; las raíces de gramíneas sólo se evaluaron cualitativamente en los perfiles. La resistencia del suelo superficial (0-10 cm) en los perfiles de la barrera se midió con un penetrómetro.

Un análisis de varianza para un diseño factorial (3x3), con tres especies de gramíneas y tres anchos de franja (una, dos o tres hileras de gramíneas) más el control (sin subtratamientos de ancho de franja), fue utilizado inicialmente. Como el ancho, de franja no fue un factor significativo, se realizó un análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos individuales, seguido por un análisis de contrastes para comparar grupos de tratamientos. En caso de encontrar un nivel de significancia en las pruebas de F a un nivel de $p < 0.05$, se compararon los promedios de tratamientos con la prueba de significancia mínima (DLS), al mismo nivel de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento de eucalipto fue claramente limitado por las gramíneas; la mayor reducción ocurrió con el tratamiento de pasto guinea ($p=0.015$ para el análisis de contrastes), pero el efecto disminuyó con el tiempo (Cuadro 1). El número total de raíces del árbol en el tratamiento de pasto guinea fue 40% menor que en el tratamiento control sin gramíneas. Aparentemente, el

Cuadro 1. Diámetro del tallo de árboles de *Eucalyptus deglupta* plantados entre hileras de *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* o *Saccharum* sp.; o sin gramíneas (testigo), con 6.5 meses (D1, medido a 10 cm de la superficie del suelo), 10 meses (D2, medido a 130 cm de la superficie del suelo [dap]) y 16 meses de edad (D3, dap).

Tratamiento	Diámetro de <i>E. deglupta</i> (cm)		
	D1	D2	D3
<i>P. maximum</i>	2.5 (0.1)*	3.1 (0.3)	6.6 (0.3)
<i>B. brizantha</i>	3.3 (0.2)	4.0 (0.2)	7.2 (0.3)
<i>Saccharum</i> sp.	3.0 (0.2)	4.5 (0.3)	7.8 (0.3)
Testigo	3.9 (0.4)	4.8 (0.8)	8.5 (1.1)

* Error estándar en paréntesis

reducido crecimiento inicial del árbol fue causado por el limitado desarrollo de las raíces del árbol. Este resultado en correlaciones significativas entre el número total de raíces del árbol y el diámetro del árbol (dap) de 0.90 y 0.80 para el primero y segundo bloque, respectivamente (pero solamente de 0.48 para el tercer bloque). Las raíces del árbol fueron más superficiales ($p=0.008$) en los perfiles de la barrera que entre perfiles de árboles. En los perfiles detrás de las barreras, 83% del total de raíces del árbol (d.e. = 15%) estaban entre 0-10 cm, en contraste con 76% (d.e. = 13%) en los perfiles entre los árboles (para 0-30 cm, 96% y 94%, respectivamente). Las raíces de los árboles fueron más superficiales en los tratamientos de barreras más restrictivas ($p=0.0001$). Así, ninguna de las gramíneas forzó al *eucalipto* a crecer a profundidades mayores; por el contrario, parece que ocurrió lo opuesto. Sin embargo, las gramíneas más competitivas causaron una asimetría en el desarrollo del sistema radicular del árbol, resultando en una acumulación de raíces entre los árboles, debido a la restricción lateral por las barreras de gramíneas.

Los conteos de raíces finas de los árboles (Cuadro 2a: 0-30 cm, $d < 2$ mm, 92% del total de raíces [d.e. = 4%]) en el perfil detrás de las barreras fueron significativamente más bajos en el tratamiento de guinea que en el control ($p=0.01$ para el análisis de contrastes), lo cual corresponde con la reducción en el número total de raíces de árboles en el tratamiento de guinea. Sin embargo, el porcentaje del total de las raíces en el perfil de la barrera, también fue significativamente más bajo en el tratamiento de guinea que en el testigo



Los muestreos de raíces fueron realizados a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm), para determinar la densidad de raíces de las gramíneas y los árboles, dentro de la hilera de las gramíneas y a la mitad de la distancia entre éstos y la línea de árboles (Foto: M. Schaller).

($p=0.004$ para el análisis de contrastes), sugiriendo que el menor número de raíces de los árboles atrás de las barreras no fue debido únicamente a una reducción general en el número total de raíces del árbol, sino también debido a una redistribución de la zona de enraizamiento. El tratamiento de *brachiaria*, también redujo significativamente la extensión lateral de raíces finas de los árboles, comparado con el tratamiento testigo ($p=0.026$ para el análisis de contrastes); por el contrario, las barreras de caña, no restringieron la extensión lateral de las raíces de los árboles. El efecto de las barreras de raíces de las gramíneas parece estar relacionado con su densidad; guinea tuvo mayor densidad de raíces ($p=0.005$) mientras que la caña tuvo la menor densidad (11.2 vs. 3.4 cm^{-3}

Cuadro 2. Número de raíces de *Eucalyptus deglupta* en el perfil de la barrera (No. dm^{-2}) y porcentaje de raíces de *E. deglupta* en el perfil de la barrera dividido por el total de raíces de *E. deglupta* para 0-30 cm

a) Raíces con < 2 mm de diámetro ($p=0.034$ y $p=0.08$ para el número de raíces y porcentajes, respectivamente)

Tratamiento	P1 *	P2	P3	B1	B2	B3	S1	S2	S3	C
Número de raíces	3.2 (1.8)**	2.7 (1.1)	3.1 (2.0)	5.7 (2.2)	4.1 (2.4)	3.8 (2.6)	8.2 (4.0)	5.4 (2.9)	9.0 (6.4)	6.0 (2.6)
Porcentaje de raíces	0.247 (0.06)	0.263 (0.01)	0.260 (0.06)	0.385 (0.01)	0.273 (0.06)	0.257 (0.08)	0.425 (0.07)	0.357 (0.07)	0.375 (0.04)	0.403 (0.07)

b) Raíces con >5 mm de diámetro ($p=0.30$ y $p=0.81$ para el número de raíces y porcentajes, respectivamente)

Tratamiento	P1	P2	P3	B1	B2	B3	S1	S2	S3	C
Número de raíces	0.037 (0.01)	0.037 (0.01)	0.033 (0.02)	0.034 (0.02)	0.045 (0.02)	0.011 (0.01)	0.084 (0.01)	0.018 (0.004)	0.078 (0.06)	0.045 (0.01)
Porcentaje de raíces	0.72 (0.14)	0.49 (0.11)	0.84 (0.17)	0.54 (0.46)	0.68 (0.08)	0.42 (0.30)	0.57 (0.10)	0.28 (0.11)	0.46 (0.21)	0.73 (0.27)

* P= *Panicum maximum*; B= *Brachiaria brizantha*; S=*Saccharum* sp.; C=Control; 1-3= 1, 2 ó 3 hileras de gramínea.

** Error estándar en paréntesis (n=3 excepto B1, S1 y S3, donde n=2)

para 0-20 cm en la hilera de la gramínea, respectivamente). El ancho de la franja de las gramíneas no tuvo un efecto significativo en el desarrollo de raíces de los árboles.

Las raíces de los árboles con diámetros entre 2 y 5 mm (aproximadamente 8% del total de raíces [d.e. = 4%]) respondieron en forma semejante a los diferentes tratamientos tal como lo hicieron las raíces finas (< 2 mm), con la diferencia que su extensión lateral estuvo más restringida, como lo muestran los porcentajes menores de raíces detrás de las barreras (datos no mostrados). En contraste, no se encontró restricción lateral de raíces gruesas de árboles (Cuadro 2b: > 5 mm, <1% de raíces totales). Los porcentajes de raíces de esta clase atrás de las barreras fueron aproximadamente dos veces más altos que para la clase raíces finas, excepto para caña. El tratamiento de guinea tuvo un porcentaje relativamente más alto para esta clase de raíz gruesa, comparado con los otros tratamientos. Esto podría indicar una estrategia de las raíces de eucalipto para llegar más allá del área de influencia de las barreras y podría ser un resultado de la competencia intraespecífica dentro de la línea de árboles.

Hubo un efecto significativo de tiempo [por ej., el efecto de la edad del árbol ($p=0.0001$)], con un aumento del número total de raíces, acompañado por una disminución en la eficiencia de las hileras de gramíneas por reducir la extensión de raíces laterales de los árboles - sobre todo para los tratamientos que fueron inicialmente más eficaces. Esto correlacionó con un aumento en el crecimiento de los árboles en los tratamientos respectivos (Cuadro 1). Podría ser que las raíces de los árboles solamente pueden ser inhibidas en forma temporal por las hileras de gramíneas, y por lo tanto, el crecimiento a través de las franjas de gramíneas podría únicamente ser retrasado, dependiendo de la agresividad y extensión de la barrera. La competencia intraespecífica entre los árboles aumentaría con la edad del árbol (excepto donde haya selección natural o artificial de los árboles), pero por el contrario, la intensidad de la competencia ejercida por las hileras de gramíneas sería aproximadamente constante, o incluso, podría disminuir debido a la sombra y competencia creciente de los árboles, que reducen el vigor de las gramíneas. Sin embargo, en parcelas con suelos superficiales compactados, difícilmente algunas raíces de árboles pasaron las franjas de gramíneas en el momento de la evaluación. Esto sugiere que la eficiencia de estas barreras vivas podría aumentar si

existe alguna otra limitación al desarrollo de raíces de los árboles; por ejemplo, disponibilidad baja de nutrientes o agua.

CONCLUSIÓN

La extensión de raíces laterales de eucalipto de 12 a 16/17 de meses de edad fue restringida cuando los árboles se plantaron entre hileras o franjas de las gramíneas guinea y brachiaria, comparada con hileras de caña de azúcar y con el tratamiento testigo sin gramíneas. El limitado desarrollo de las raíces de los árboles, más allá de las hileras de gramíneas, debería reducir la competencia de raíces de árboles con los cultivos asociados; así mismo, la acumulación de raíces de los árboles entre las barreras debería contribuir a la estabilización del suelo dentro de las hileras de gramíneas. El ancho de las franjas de las barreras no afectó en forma significativa la extensión lateral de raíces de los árboles y hubo alguna evidencia de una disminución en la eficiencia de las barreras para restringir la extensión lateral de las raíces de los árboles con el tiempo, por ej., con el desarrollo del árbol y la competencia intra-específica entre los árboles. Esto necesita ser estudiado con más detalle. Las prácticas de manejo, como distancias de plantación de las hileras de gramíneas y la frecuencia y grado de poda de gramíneas, probablemente tengan una influencia importante en el comportamiento de las barreras de gramíneas. También es posible que bajo condiciones de menor precipitación o en suelos menos fértiles (mayor competencia por recursos escasos del suelo), la eficiencia de las barreras para restringir la extensión lateral de las raíces de los árboles podría ser mayor.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el "Tropical Ecology Support Program" de la Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ), bajo el proyecto número 96.2151.7-00.107 y por el Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ.

LITERATURA CITADA

- CATIE 1994. *Deglupta*. *Eucalyptus deglupta* Blume. Especie de árbol de uso múltiple en América Central Turrialba. Costa Rica. CATIE 43 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No 240).
- Neves, CSVI; Dechen, AR; Feller, C; Saab, OJGA; Piedade SMS. 1998. Efeito do manejo do solo no sistema radicular de tangerineira 'Ponca' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' em latossolo roxo. *Rev Bras Frut* 20: 246-253
- Schaller, M; Schroth, G; Beer, J; Jiménez, F. 1999. Control de crecimiento lateral de las raíces de especies maderables de rápido crecimiento utilizando gramíneas como barreras biológicas. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 36-38
- Schroth, G. 1999. A review of belowground interactions in agroforestry focusing on mechanisms and management options. *Agroforestry Systems* 43 (1-3): 5-34