

Distribución de raíces finas de *Coffea arabica* y *Eucalyptus deglupta* en cafetales del Valle Central de Costa Rica¹

Eddy Morales²
John Beer³

Palabras clave: *Eucalyptus deglupta*, *Coffea arabica*, distribución de raíces finas, competencia subterránea, raíces leñosas, arquitectura de sistemas radiculares, sistemas agroforestales simultáneos, Costa Rica.

¹ Basado en: MORALES, E. 1997. Arquitectura y distribución espacial de raíces de *Eucalyptus deglupta* dentro de un sistema agroforestal simultáneo con *Coffea arabica*. Tesis M. Sc., CATIE, Turrialba, C.R.

² M. Sc. en Cuencas, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1997.

³ Profesor Investigador Principal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: jbeer@catie.ac.cr

RESUMEN

Se estudió la distribución espacial de las raíces finas de árboles de *Eucalyptus deglupta* de 1, 4, 5, 6 y 7 años de edad, utilizados como sombra de café en el Valle Central de Costa Rica. La densidad de longitud de raíces finas (DLR) - largo total en cm de todas las raíces finas <2mm de diámetro en cada cm³ de suelo - de *C. arabica* fue aproximadamente el doble de la DLR de raíces finas de *E. deglupta* en todas las parcelas; sin embargo, las raíces finas de *E. deglupta* son más delgadas, lo que permite explorar el suelo con baja inversión de carbono. La distribución horizontal y vertical de las raíces finas de ambas especies fue similar. En las raíces finas de ambas especies se encontró la tendencia a crecer más en las bandas de abonamiento de *C. arabica*. El "centro de absorción" de las raíces de *E. deglupta* ocurrió en forma de conglomerados, alejándose del eje del árbol a mayores edades. Esto podría dar lugar a modificaciones en el programa de fertilización de los cafetales, en función del desarrollo de los árboles.

FINE ROOT DISTRIBUTION OF *Coffea arabica* AND *Eucalyptus deglupta* IN COFFEE PLANTATIONS OF THE CENTRAL VALLEY OF COSTA RICA

ABSTRACT

Spatial distribution of the fine roots of *Eucalyptus deglupta* shade trees, ages 1, 4, 5, 6 and 7 years, was studied in coffee (*Coffea arabica*) plantations in the Central Valley of Costa Rica. Root length density (RLD) -total root length in cm of all roots <2mm in diameter in each cm³ of soil- of *C. arabica* was approximately double the RLD of *E. deglupta* in all plots, but fine roots of this later species were thinner, permitting it to explore the soil with a low carbon investment. Horizontal and vertical distribution of the fine roots of the two species was similar. The fine roots of both species tended to grow more in the fertilisation bands of the *C. arabica*. The "absorption centre" of *E. deglupta* roots occurred in clusters, which became more distant from the tree stem with increasing tree age. This could imply the need to modify the fertilisation programme of these plantations as the trees develop.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica los incentivos forestales han impulsado la introducción de árboles maderables de rápido crecimiento en los cafetales (*Coffea arabica*), que antes se cultivaban a plena exposición solar o como sistemas agroforestales simultáneos con árboles de sombra como *Erythrina* ssp., *Inga* ssp. y *Gliricidia sepium* (Sánchez, 1994) Una de las especies maderables de mayor difusión en los cafetales es *Eucalyptus deglupta*, con densidades de siembra que por lo general no superan los 200 árboles/ha. Sin embargo, aún a estas densidades y con edades < 10 años, *E. deglupta* puede ocasionar una baja en el rendimiento del café (comunicaciones personales de finqueros costarricenses). La competencia entre *C. arabica* y *E. deglupta* puede ser por radiación en la parte aérea y por agua y nutrientes en la parte subterránea. No hay información cuantitativa sobre los efectos positivos y negativos de la distribución espacial, el crecimiento y los posibles efectos de competencia interespecifica de raíces de *E. deglupta* con *C. arabica*. Se estudió la distribución

espacial de raíces finas en este sistema con el propósito de sugerir mejoras al programa de fertilización de cafetales sombreados por *E. deglupta*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en cinco sitios del Valle Central de Costa Rica (Cuadro 1), cuatro en Naranjo, Alajuela y uno en San Pedro de Barba, Heredia. Los sitios están ubicados a 10°04'N 84°23'O y 10°02'N 84°09'O, entre los 950 y los 1050 msnm, en la zona de Bosque Húmedo Premontano Tropical (Bh-P), con cuatro a cinco meses secos entre diciembre y mayo y una precipitación de 2000-2600 mm año⁻¹. La temperatura promedio anual es de 20°C. Las condiciones de sitio, suelo, clima y fisiografía son óptimas para el cultivo del café (Rojas, 1987). Los suelos son Andisoles provenientes de cenizas volcánicas, de texturas franco a franco-arenoso en la capa superficial. A mayor profundidad pueden presentar ciertos grados de compactación, no en forma gradual, sino en capas bien delimitadas de diferente densidad.

Cuadro 1. Caracterización de los sitios de estudio de *Eucalyptus deglupta* con *Coffea arabica*.

Descripción	Finca "Rosario" Tronco Planes	Finca "Rosario" Corte del Piñal	Finca "Rosario" López Nuevo	Finca "Sacramento"	Parcela de ICAFE
área de la parcela (m ²)	9244	3206	5590	±25000	1877
edad del café (años)	10	10	9	1	7
edad de <i>E. deglupta</i> (años)	4	5	6	1	7
variedad de café	catuaí rojo	catuaí rojo	catuaí rojo	Costa Rica 95	caturra
genotipo de <i>E. deglupta</i>	brotos rojos	brotos rojos	brotos rojos	desconocido	brotos rojos
densidades:					
plantas de café/ha	5540	5540	5540	7086	5540
árboles/ha	173	173	173	100	173

Se escogieron 15 árboles de *E. deglupta*, a razón de tres árboles para cada una de las siguientes edades: 1, 4, 5, 6 y 7 años. Se adaptó el criterio de cuadrantes de van Noordwijk *et al.* (1985) para definir 15 puntos de muestreo de raíces finas por árbol, los que se distribuyeron sistemáticamente en un cuadrante de 1.90 x 1.90 m, con el eje del árbol formando uno de los vértices del cuadrante. Cada punto de muestreo consistió de cinco muestras a diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-30,

30-40 y 40-60 cm), para un total de 1125 muestras (15 árboles x 15 puntos x 5 profundidades).

Las muestras se tomaron en una sola ocasión, con un cilindro de metal de 54 mm de diámetro, una a dos semanas después del inicio de la época de lluvias. Se evaluó la densidad de longitud de raíces (DLR), que corresponde al largo total de raíces finas por volumen de suelo (cm de raíces finas en cada cm³ de suelo). Después

de lavarlas con agua corriente en tamices de 1 mm de diámetro, se separaron las raíces por especie, sin distinguir entre raíces vivas y muertas y se las almacenó en etanol al 15%. Los valores de DLR se estimaron mediante el procesamiento digital de las imágenes adquiridas a través de un "scanner" comercial. Se emplearon pruebas no paramétricas y un software de interpolación espacial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor total de DLR de *C. arabica* en las cinco plantaciones fue 2.8 veces que el de DLR de *E. deglupta* (Cuadro 2). Eso no significa necesariamente una mayor capacidad competitiva de *C. arabica*; sólo indica una mayor exploración del suelo. Las raíces finas de *E. deglupta* tendieron a ser más delgadas que las de *C. arabica* (33% del total en la clase diametral de 0-0.64

mm para *E. deglupta* vs. 25% para *C. arabica*), por lo que tienen mayores posibilidades de competir exitosamente debido a que son capaces de explorar un volumen dado de suelo con una menor inversión de carbono.

Para la DLR de *E. deglupta* con *C. arabica* en las capas superficiales se encontraron débiles coeficientes de correlación negativos, lo que sugiere que las raíces finas de *E. deglupta* y *C. arabica* tienden a "evitarse" mutuamente. Debido a la distribución heterogénea de las raíces leñosas (Morales, 1997), hubo una elevada variabilidad espacial de la DLR de *E. deglupta*. La diferenciación horizontal fue escasa. Los gráficos de distribución espacial de raíces finas (gráficos de contorno de valores de DLR) mostraron una tendencia de las raíces finas de *E. deglupta* a desarrollarse más en la banda de fertilización donde se concentran las raíces de *C. arabica*, aunque no precisamente en los mismos micrositios (Morales, 1997).

Cuadro 2. Densidad de la longitud de raíces finas de *Coffea arabica* y *Eucalyptus deglupta* (medianas N = 45)

Especie	Profundidad (cm)	Edad de <i>E. deglupta</i> en la parcela*				
		1 año	4 años	5 años	6 años	7 años
<i>C. arabica</i>	0-10	0.023	0.153	0.331	0.466	0.630
	10-20	0.072	0.094	0.141	0.246	0.429
	20-30	0.085	0.060	0.129	0.166	0.326
	30-40	0.072	0.051	0.138	0.138	0.143
	40-60	0.031	0.037	0.081	0.041	0.089
<i>E. deglupta</i>	0-10	0.000	0.169	0.211	0.352	0.120
	10-20	0.000	0.054	0.084	0.133	0.030
	20-30	0.000	0.031	0.063	0.038	0.009
	30-40	0.000	0.031	0.038	0.035	0.012
	40-60	0.000	0.024	0.018	0.008	0.000

* Para edades de *C. arabica* ver Cuadro 1

Las raíces finas de *E. deglupta* se desarrollan bien en los estratos superficial (58% entre 0-10 cm) y sub-superficial (21% entre 10-20 cm) del suelo (Cuadro 2). Las raíces finas de ambas especies disminuyeron con la profundidad. No se evidenció una estratificación vertical en el crecimiento de raíces finas de *E. deglupta* con respecto a las raíces finas de *C. arabica*.

La DLR disminuyó en las cercanías del árbol conforme aumentó la edad (Figura 1). Este desplazamiento del "centro de absorción" ocurrió en conglomerados de

raíces finas asociados a la ubicación de las raíces laterales y no como una franja o región continua. Se supone que si hay un desplazamiento del centro de absorción, se modificarán las relaciones de competencia entre *E. deglupta* y *C. arabica*. Si se confirma este patrón de crecimiento, es posible que después de algunos años, los centros de absorción de árboles vecinos se traslapen y ocasionen mayores problemas de competencia con los cafetos ubicados a la mitad de distancia entre árboles y no tanto en las áreas más cercanas.

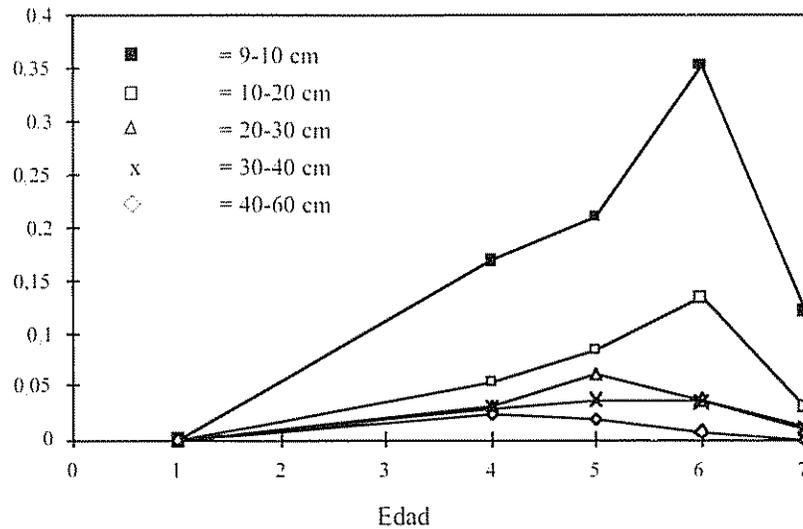
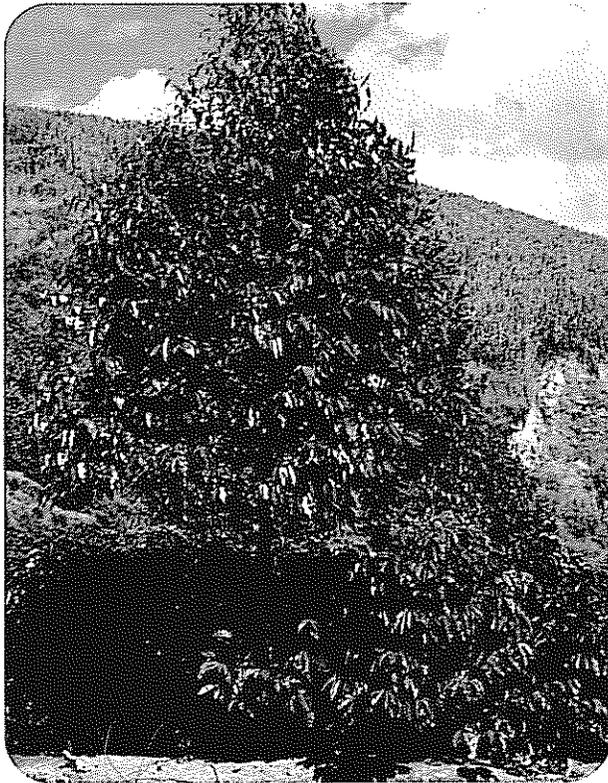


Figura 1 Densidad de longitud de raíces (DLR, cm/cm^3 suelo) de *Eucalyptus deglupta* según edades de los árboles (años) y profundidades del suelo (medianas, $N = 45$)



Las raíces finas de café (*Coffea arabica*) y *Eucalyptus saligna* tienden a crecer en dirección de las bandas de fertilización del café, lo que podría tener implicaciones para modificar los programas de fertilización de cafetales (Foto L. Meléndez)

La DLR es un parámetro utilizado con frecuencia en la modelación "mecánica" del proceso de absorción de agua y nutrientes y un valor límite de este parámetro se ha asociado a relaciones de competencia intra o interespecífica por nutrientes. Por ejemplo, Gillespie (1989) propuso el valor de DLR de $5 \text{ cm}/\text{cm}^3$, como un límite por encima del cual empieza a haber competencia por nitratos y potasio. Según este criterio, el sistema *E. deglupta*-*C. arabica* estudiado en las condiciones de las fincas y en la época del muestreo no presentaba ningún indicio de competencia por nutrientes (Cuadro 2). La respuesta positiva del café al abonamiento (ICAFE, 1995; ICAFE, 1996) demuestra que puede ocurrir competencia por nutrientes, por lo menos entre cafetos, cuando se encuentran en condiciones de alta radiación y suficiente humedad. No obstante, la respuesta de cultivos perennes al abonamiento puede ser limitada por el grado de sombra utilizado (Willey, 1975). La presencia de raíces finas no es estática y se supone que la cantidad de raíces vivas que entran en competencia varía durante el transcurso del año (Cuenca *et al.*, 1983; Eissenstat y Yanai, 1997; Muñoz y Beer, 1998). Por lo tanto, es necesario verificar el valor crítico de DLR para los sistemas *E. deglupta* y *C. arabica* con diferentes niveles de sombra, antes de concluir que no hay competencia por nutrientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los cafetales examinados, con suelos andisoles provenientes de cenizas volcánicas, pocas limitaciones de fertilidad y profundidad y bajo un programa intensivo de fertilización mineral, una población de 100-173 árboles/ha de *E deglupta* aparentemente no provoca problemas de competencia por nutrientes. La humedad del suelo puede ser un factor crítico para la plantación solamente entre abril y mayo, al final de la estación seca. Sin embargo, en estas plantaciones la sombra fue calificada por sus dueños como excesiva. Aparentemente, los factores limitantes para la producción de *C. arabica* ocurrieron en la parte aérea.

El patrón de distribución espacial de las raíces finas de *E deglupta* permite sugerir que un pequeño incremento anual en las dosis de fertilizantes podría tener un impacto positivo en la producción conjunta de café y madera en plantaciones donde se demuestre que hay competencia por nutrientes. En los primeros 5-7 años de edad de los árboles, el fertilizante adicional se podría distribuir hasta unos 2 m de distancia del eje del árbol; en los siguientes años se debería fertilizar a distancias cada vez mayores, hasta llegar al punto medio entre dos árboles vecinos.

Es importante investigar el efecto de la fertilización dirigida al árbol durante los primeros dos años sobre el desplazamiento del "centro de absorción", para ver si se puede manipular la distribución horizontal de las raíces de los árboles y reducir su desarrollo en la banda de fertilización del café (Schroth, 1995).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CUENCA, G.; ARANGUREN, J.; HERRERA, R. 1983. Root growth and litter decomposition in a coffee plantation under shade trees. *Plant and Soil* (Holanda) 71: 477-486.
- EISSENSTAT, D. M.; YANAI, R. D. 1997. The ecology of root lifespan. *Advances in Ecological Research*. (EE UU.) 27:1-60.
- GILLESPIE, A. 1989. Modelling nutrient flux and interspecies root competition in agroforestry interplantings. *Agroforestry Systems* (Holanda) 8: 257-265.
- ICAFE 1995. Informe anual de labores 1994. ICAFE-MAG. 228 p.
- ICAFE 1996. Informe anual de labores 1995. Departamento de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Cultivo del Café. ICAFE-MAG. 203 p.
- MORALES, E. A. 1997. Arquitectura y distribución espacial de raíces de *Eucalyptus deglupta* dentro de un sistema agroforestal simultáneo con *Coffea arabica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 123 p.
- MUÑOZ, A. F.; BEER, J. W. 1998. Fine root dynamics in *Theobroma cacao* plantations shaded by *Erythrina poeppigiana* or *Cordia alliodora* in Turrialba, Costa Rica. (Submitted to *Agroforestry Systems*)
- ROJAS, O. E. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo del café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA. Serie Publicaciones Misceláneas No A1/OCR-87-007. 83 p.
- SANCHEZ, A. 1994. Crecimiento de *Eucalyptus deglupta* y *E. grandis* bajo tres sistemas de plantación a nivel de finca, en la zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 95 p.
- SCHROTH, G. 1995. Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. *Agroforestry Systems* (Holanda) 30: 125-143.
- NOORDWIJK, M. VAN; FLORIS, J.; DE JAGER, A. 1985. Sampling schemes for estimating root density in cropped fields. *Netherlands Journal of Agricultural Science* (Holanda) 33: 241-262.
- WILLEY, R. W. 1975. The use of shade in coffee, cocoa and tea. *Horticultural Abstracts* (G.B.) 45(12):791-798.