

# Enriquecimiento de barbechos con leguminosas arbóreas como alternativa para la tumba y quema en la Amazonía Oriental Brasileña

Silvio Brienza Junior<sup>1</sup>; Manfred Denich<sup>2</sup>; Horst Foelster<sup>3</sup>; Paul L. G. Vlek<sup>2</sup>

**Palabras Claves:** *Acacia angustissima*, *Clitoria racemosa*, *Sclerobolium paniculatum*, *Inga edulis*, *Acacia mangium*, biomasa de barbecho, producción de yuca.

## RESUMEN

Se evaluó la producción de maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot esculenta*) y la acumulación de biomasa en sistemas de cultivos intercalados que posteriormente fueron dejados para desarrollar barbechos enriquecidos con árboles leguminosos durante un ciclo agrícola (tres años) en Igarapé-açu, Pará, Brasil. Las especies evaluadas fueron *Acacia angustissima*, *Clitoria racemosa*, *Sclerobolium paniculatum*, *Inga edulis* y *Acacia mangium*, bajo los siguientes espaciamientos: 1 x 1, 2 x 1 y 2 x 2 m con excepción de *S. paniculatum* que sólo se plantó a 2 x 1 m. Hubo una tendencia a aumentar el peso seco de la yuca cosechada después de ocho meses de asocio conforme disminuyó el número de árboles por hectárea: 2 x 2 (7140 ± 200), 2 x 1 (6660 ± 220), testigo (6060 ± 780) y 1 x 1 m (5610 ± 300 kg ha<sup>-1</sup>). El crecimiento en altura y diámetro (dap) de *A. mangium* fue mayor a los 24 meses (7.1 m y 5.6 cm), seguido de *I. edulis*, *A. angustissima* y *C. racemosa* (3.4 m y 3.0 cm). *A. mangium* fue la mejor especie para enriquecimiento de barbechos (biomasa aérea total entre 51 y 62 t ha<sup>-1</sup> a los 29 meses del establecimiento de los árboles), aunque el espaciamiento de 1 x 1 m debe ser cuidadosamente considerado debido a su potencial efectivo negativo en los cultivos intercalados aún durante su primer año.

**Fallow Enrichment With Leguminous Trees as an Alternative to Slash and Burn in the Eastern Brazilian Amazon**

## ABSTRACT

The production of maize (*Zea mays*) and manioc (*Manihot esculenta*), as well as the accumulation of biomass in intercropped systems that subsequently developed into improved fallows containing leguminous trees, was evaluated during one agricultural cycle (three years) in Igarapé-açu, Pará, Brasil. The species evaluated were *Acacia angustissima*, *Clitoria racemosa*, *Sclerobolium paniculatum*, *Inga edulis* and *Acacia mangium* with the following spacings: 1 x 1, 2 x 1 and 2 x 2 m except with *S. paniculatum* that was only planted at 2 x 1 m and 29 months after tree establishment the trees and natural fallow vegetation were cut to measure above ground biomass. After 8 months association the harvested dry weight of manioc tended to increase when tree density decreased: 2 x 2 (7140 ± 200), 2 x 1 (6660 ± 220), control (6060 ± 780) and 1 x 1 m (5610 ± 300 kg ha<sup>-1</sup>). Height and diameter growth of *A. mangium* at 24 months was greater (7.1 m and 5.6 cm) followed by *I. edulis*, *A. angustissima* and *C. Racemosa* (3.4 m and 3.0 cm). *A. mangium* was the best species for fallow enrichment (total above ground biomass between 51 and 62 t ha<sup>-1</sup> 29 months after tree establishment) although care is needed with 1 x 1 m spacing due to potential negative effects on intercrops even during the first year.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura de roza, tumba y quema es una tecnología rudimentaria, que ofrece pocas oportunidades para aumentar los ingresos y mejorar el nivel de vida de los pequeños productores en diferentes partes de la Amazonía Brasileña. Factores como el crecimiento demográfico, los patrones de herencia de la tierra (mayor intensificación de uso) y los aparentes nuevos mercados para productos agrícolas (Silva *et al.*, 1998) han contribuido a

la reducción de los periodos de barbecho, dando como resultado una disminución en la fertilidad de la tierra y la pérdida de nutrientes (Hölscher *et al.*, 1997; Kato 1998a, 1998b). Estos factores producen inestabilidad en el uso de tierra, abandono de áreas y puede ocasionar un colapso de la agricultura de roza, tumba y quema. El uso de especies para rehabilitar los suelos (principalmente leguminosas arbustivas) ha sido indicado como

<sup>1</sup> Embrapa Amazonía Oriental, Belém-PA, Brasil; Tel/Fax: 00-55-91-276-9845; brienza@cpatu.embrapa.br

<sup>2</sup> Universität Bonn, Bonn, Alemania; Tel/Fax: 00-49-228-73-1864; mdenich@uni-bonn.de; vlek@uni-bonn.de

<sup>3</sup> George-August Universität Göttingen, Göttingen, Alemania; Tel/Fax: 00-49-551-39-3511; hfoelst@gwdg.de

una alternativa agroforestal para la reducción del periodo de barbecho y recuperación de áreas degradadas, pues acelera la acumulación de biomasa y regenera el ciclo biogeoquímico de nutrientes en el corto plazo, promoviendo el crecimiento vigoroso de la vegetación. Sin embargo, existe mucha incertidumbre respecto al tipo de especies a utilizar, el manejo, productos adicionales, las ventajas y limitaciones cuando la vegetación del barbecho es enriquecida con árboles de crecimiento rápido. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las producciones de maíz (*Zea mays*) y yuca (*Manihot esculenta*) y la acumulación de biomasa en sistemas de barbechos enriquecidos con árboles leguminosos plantados durante el ciclo agrícola, bajo un corto plazo.

### METODOLOGÍA

El presente estudio fue realizado en una propiedad tradicional de agricultura de roza, tumba y quema, localizada en Igarapé-açu (Estado do Pará; 1°07'41" latitud Sur y 47°47'15" longitud Oeste) en la región Bragantina, que es el área agrícola más vieja de la Amazonía Oriental brasileña. La temperatura promedio anual es 25-27° C y la precipitación anual varía de 2000 a 3000 mm. Existen dos estaciones climáticas: la seca y la lluviosa. En general, el periodo seco varía de septiembre a noviembre y los meses más lluviosos entre febrero y abril. La humedad relativa es de 80-90%. El suelo del área experimental fue clasificado como Entisol, bien drenado, profundo y con arcilla plástica. Las características químicas se presentan en el Cuadro 1.

El estudio de enriquecimiento del barbecho involucró cinco árboles leguminosos, tres espaciamientos de plantación, un tratamiento testigo (sin enriquecimiento) y 4 repeticiones (bloques al azar). El total de parcelas experimentales fue 52 con tamaño de 10 m x 8 m (80 m<sup>2</sup>) cada parcela.

Las especies evaluadas fueron: *Acacia angustissima*, *Clitoria racemosa*, *Sclerolobium paniculatum*, *Inga edulis* y *Acacia mangium*, bajo los siguientes espaciamientos: 1 x 1, 2 x 1 y 2 x 2 m con excepción de *S. paniculatum* que sólo se plantó a 2 x 1 m. En el sistema agrícola de tumba y quema, el maíz (cultivar BR 106) fue sembrado en enero de 1995 a 0,5 x 0,5 m, recibiendo 200 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 10-28-20 (Souza *et al.*, 1999). Después de 35 días el maíz recibió una dosis adicional de 70 kg ha<sup>-1</sup> de urea y 30 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. En febrero de 1995 la yuca (cultivar "ojo verde"), fue establecida en las mismas parcelas a 1,0 x 1,0 m sin fertilización. Los árboles se plantaron en junio de 1995 después de la cosecha del maíz y cuando la yuca tenía cuatro meses de edad. Los árboles y yuca crecieron juntos durante ocho meses hasta la cosecha de la yuca (febrero de 1996). Después de la última desyerba de la yuca (entre octubre y noviembre de 1995) no se realizaron más controles de malezas y la vegetación del barbecho creció como si hubiese sido un barbecho enriquecido. La altura total de los árboles y su diámetro a la altura del pecho (dap) se midió a los 24 meses de edad. En noviembre de 1997, los árboles y la vegetación del barbecho se cortaron y fue estimada su biomasa aérea.

Cuadro 1. Características químicas del suelo antes de quemar el barbecho al inicio del estudio en Igarapé-açu, Pará, Brasil (n=15).

Características del Suelo	Profundidad (cm)				
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-50
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
pH (agua 1:2.5)	5.6	5.4	5.2	5.2	5.2
P (mg kg <sup>-1</sup> ) ①	7.0	3.8	2.3	1.0	1.0
K (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> ) ①	36.8	25.0	20.5	15.5	13.5
Na (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> ) ①	18.5	16.5	13.5	9.8	8.3
Ca (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> ) ②	2.9	1.5	0.8	0.5	0.3
Al (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> ) ②	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9

① Mehlich-1 (HCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ② 1 mol l<sup>-1</sup> KCl extracción (Guimarães *et al.*, 1970)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción del maíz fue de  $1890 \pm 32 \text{ kg ha}^{-1}$ . Las especies arbóreas no afectaron el peso seco de la yuca cosechada. Los valores fueron: *S. paniculatum* ( $7120 \pm 730$ ), *A. angustissima* ( $6750 \pm 350$ ), *I. edulis* ( $6560 \pm 290$ ), *A. mangium* ( $6320 \pm 350$ ), *C. racemosa* ( $6100 \pm 290$ ) y el testigo ( $6060 \pm 780 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El análisis estadístico del espaciamiento de los árboles mostró que el peso seco de yuca se redujo con el espaciamiento de  $1 \times 1 \text{ m}$  ( $10.000 \text{ árboles ha}^{-1}$ ), comparado con el espaciamiento de  $2 \times 2 \text{ m}$  ( $p < 0,0001$ ). Hubo una tendencia (LSD [ $p < 0,1$ ] = 1260) a aumentar el peso seco de la yuca conforme disminuyó el número de árboles por hectárea de la siguiente forma:  $2 \times 2 \text{ m}$  ( $7140 \pm 200$ ),  $2 \times 1 \text{ m}$  ( $6660 \pm 220$ ), testigo ( $6060 \pm 780$ ),  $1 \times 1 \text{ m}$  ( $5610 \pm 300 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Estos resultados muestran la posibilidad de mantener la productividad durante por lo menos un año de las cosechas agrícolas en sistemas intercalados con árboles leguminosos a altas densidades. Sin embargo, cuando la producción de cultivos es la meta principal, el espaciamiento de árboles a  $1 \times 1 \text{ m}$  debe ser considerado cuidadosamente.

Durante el desarrollo de los sistemas de barbechos enriquecidos, los valores de sobrevivencia de los árboles a la edad de 24 meses de edad fueron altos: *C. racemosa* (99), *A. angustissima* (98), *I. edulis* (97), *A. mangium* (91) y *S. paniculatum* (90%).

*A. mangium* presentó el mejor crecimiento de altura y dap, seguido de *I. edulis*, *A. angustissima* y *C. racemosa* (Cuadro 2). *S. paniculatum* plantada a un espaciamiento de  $2 \times 1 \text{ m}$  alcanzó  $4,9 \pm 0,3 \text{ m}$  de altura y  $3,9 \pm 0,1 \text{ cm}$  de dap. El espaciamiento no influyó en el crecimiento en altura, pero causó impactos significantes en el crecimiento del dap ( $p < 0,0001$ ). El valor más bajo se observó al espaciamiento de  $1 \times 1 \text{ m}$  ( $3,2 \pm 0,2 \text{ cm}$ ) seguido por  $2 \times 1 \text{ m}$  ( $3,9 \pm 0,2 \text{ cm}$ ) y  $2 \times 2 \text{ m}$  ( $4,3 \pm 0,1 \text{ cm}$ ).

Todos los barbechos con árboles aumentaron la biomasa sobre el suelo en comparación al testigo (Cuadro 3). Con excepción de *A. angustissima*, la plantación de 10 árboles  $\text{ha}^{-1}$  produjo mayor acumulación de biomasa en el componente arbóreo pero causó una gran reducción de la vegetación del barbecho. La mayor reducción de la biomasa se observó bajo los árboles de *A. mangium* e *I. edulis* (57%) plantadas a un espaciamiento de  $1 \times 1 \text{ m}$  ( $10.000 \text{ árboles ha}^{-1}$ ). Sin embargo, con esta densidad *A. mangium* acumuló tres veces la biomasa de *I. edulis*. Las menores reducciones de biomasa se observaron bajo *C. racemosa* plantadas a espaciamientos de  $2 \times 1$  (12 %) y  $2 \times 2 \text{ m}$  (11%), correspondiente a la menor producción de biomasa arbórea.

## CONCLUSIONES

Basado en los resultados del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las diferentes especies arbóreas establecidas con el cultivo para enriquecimiento del barbecho siguiente sin considerar los espaciamientos de plantación, no causaron impactos negativos en la producción de yuca o maíz durante el primer año del ciclo. Sin embargo, la plantación a  $1 \times 1 \text{ m}$  debe ser cuidadosamente considerada cuando la producción de alimento es el objetivo principal.
- El sistema con *A. mangium* fue el mejor para enriquecimiento del barbecho, produciendo la mayor biomasa aérea total (el doble de los demás sistemas).
- El sistema tradicional de cultivo de tumba y quema con un año de cultivos mas varios años de barbecho puede ser reemplazado por un año de cultivos mas dos años de barbecho enriquecido.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Guimarães, G. de A.; Bastos, J. de B.; Lopes, E. de C. 1970. Métodos de análise física, química e instrumental de solos. Belém, PA, IPEAN 108 p
- Hölscher, D.; Möller, M. R. F.; Denich, M.; Fölster, H. 1997. Nutrient

Cuadro 2. Crecimientos promedios en altura y dap a los 24 meses de edad para las especies plantadas para enriquecer el barbecho en Igarapé-açu, Pará, Brasil

Árboles leguminosos	N	Altura (m)	dap (cm)
<i>Acacia mangium</i>	12	$7,1 \pm 0,2 \text{ a}$	$5,6 \pm 0,5 \text{ a}$
<i>Inga edulis</i>	12	$4,7 \pm 0,3 \text{ b}$	$3,5 \pm 0,3 \text{ b}$
<i>A. angustissima</i>	12	$4,5 \pm 0,2 \text{ b}$	$3,2 \pm 0,3 \text{ bc}$
<i>Clitoria racemosa</i>	12	$3,4 \pm 0,3 \text{ c}$	$3,0 \pm 0,3 \text{ c}$

Datos seguidos de la misma letra y ubicados en la misma columna no son estadísticamente diferentes (pruebas LSD a  $p < 0,05$ ;  $\pm$  error estándar)

input-output budget of shifting cultivation in Eastern Amazonia Nutrient Cycl Agroecosyst 47:49-57.

Kato, M. do S. A. 1998a. Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern Amazon: crop performance and phosphorus dynamics. Ph.D. Thesis. Göttingen, Germany, George-August University of Göttingen 144 p.

Kato, O. R. 1998b. Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern

Amazon: crop performance and nitrogen dynamics. Ph.D. Thesis. Göttingen, Germany, George-August University of Göttingen. 132 p.

Silva, A. A. da; Souza Filho, F. R. de; Corteletti, J.; Pinto, W. da S.; Silveira, J. L. da; Silva, S. R. M. da; Kasper, A.; Marques, U. M.; Cahete, F. L. S. 1998. Historical dynamics of reproduction of agriculture in Igarapé-açu (Northeast of the State of Pará): a study focusing on agrarian systems. In Proceedings of the Third Shift Workshop, Manaus-AM, March, 1998. p. 67-82.

Cuadro 3. Biomasa aérea producida en barbechos enriquecidos con diferentes especies leguminosas arbóreas (10000, 5000 y 2500 árboles ha<sup>-1</sup>) a los 29 meses del establecimiento de los árboles en Igarapé-açu, Pará, Brasil.

Sistemas de barbechos enriquecidos	Número de árboles ha <sup>-1</sup>	Componente evaluado			Totales (t ha <sup>-1</sup> )
		Hojarazca	Barbecho	Árbol	
<i>Acacia angustissima</i>	10000	7,8 ± 0,5	7,2 ± 0,6	14,4 ± 1,8	29,4
	5000	9,5 ± 0,3	8,7 ± 0,8	17,4 ± 1,8	35,7
	2500	8,0 ± 0,7	12,3 ± 1,8	15,4 ± 1,9	35,7
<i>C. racemosa</i>	10000	6,6 ± 0,7	8,1 ± 0,4	11,6 ± 3,5	26,3
	5000	7,9 ± 0,6	14,7 ± 1,0	6,9 ± 1,2	29,5
	2500	7,1 ± 0,9	14,6 ± 1,1	4,1 ± 0,8	25,9
<i>Inga edulis</i>	10000	11,5 ± 0,9	5,4 ± 1,0	14,3 ± 2,5	31,2
	5000	10,8 ± 0,9	6,0 ± 0,3	13,5 ± 2,7	30,3
	2500	9,6 ± 0,9	10,9 ± 1,0	9,8 ± 2,3	30,3
<i>A. mangium</i>	10000	11,4 ± 0,3	5,5 ± 0,4	45,0 ± 10,0	61,9
	5000	10,8 ± 0,4	6,6 ± 0,6	33,3 ± 8,4	50,7
	2500	8,7 ± 0,4	10,7 ± 1,1	35,3 ± 12,1	54,7
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	5000	11,3 ± 0,5	8,1 ± 1,4	12,7 ± 1,9	32,1
Control		6,8 ± 0,8	17,2 ± 1,5	-	24,0