

Efectos de varias especies de árboles sobre el estrato herbáceo y la dinámica del nitrógeno del suelo en la zona Sudanesa de Camerún

Jean-Michel Harmand ¹, Paul Ndonfack ², Clement Forkong Njiti ²

Palabras claves: *Acacia polyacantha*; *Eucalyptus camaldulensis*; mineralización del nitrógeno; *Senna siamea*; *Andropogon gayanus*; dinámica herbácea

Effects of different tree species on herbaceous stratum and soil nitrogen dynamic in Sudanian zone of Cameroon

RESUMEN

A lo largo de cinco años de barbecho en un sitio en el norte de Camerún, la protección contra pastoreo con o sin la introducción de especies leñosas (*Acacia polyacantha*, *Senna siamea* y *Eucalyptus camaldulensis*) indujeron una evolución progresiva hacia una composición específica particular en cada tratamiento. La biomasa del estrato herbáceo se redujo al menos 50% bajo la copa de los árboles que a pleno sol. En un barbecho herbáceo natural protegido contra pastoreo (sin árboles), el desarrollo progresivo de *Andropogon gayanus* produjo la biomasa más alta (8 t ha⁻¹ después de cinco años). *E. camaldulensis* produjo una sombra ligera que permitió el crecimiento de *A. gayanus*, y así dio una biomasa herbácea (3,5 t ha⁻¹), más alta que bajo los otros árboles. El estrato herbáceo bajo *A. polyacantha* (2,24 t ha⁻¹) tuvo la mayor concentración de N (hasta 1,3%), debido a la fijación y la alta mineralización del N en el suelo bajo esta especie. *S. siamea* tuvo un fuerte efecto depresivo sobre la mineralización del N del suelo y la biomasa del estrato herbáceo.

ABSTRACT

During five years of fallow on a site in the North of Cameroon, protection against grazing with or without the introduction of tree species (*Acacia polyacantha*, *Senna siamea* and *Eucalyptus camaldulensis*) induced a progressive evolution to a particular herbaceous species composition in each treatment. Herbaceous grass biomass was at least 50% lower below the tree canopy than in full sun. In a natural fallow protected against grazing (no trees), the cumulative production of *Andropogon gayanus* provided the greatest biomass (8 t ha⁻¹ after five years). *E. camaldulensis* provided little shade, allowing the growth of *A. gayanus*, and thus herbaceous biomass (3.5 t ha⁻¹) was higher in this treatment than under the other tree species. The herbaceous strata below *A. polyacantha* (2.24 t ha⁻¹) had the greatest N concentration (up to 1.3%) due to N fixation and a high soil N mineralization. *S. siamea* had a strong depressive effect on soil N mineralization and on the biomass of the herbaceous stratum.

INTRODUCCIÓN

Los barbechos son usados a menudo como áreas de pastoreo en la savana sub-sahariana de África. Los árboles presentes en esos sistemas tienen una influencia variable sobre la dinámica del estrato herbáceo en relación con las condiciones climáticas. En zonas áridas (precipitación anual debajo de 600 mm), la reducción de la evapotranspiración potencial y la mayor disponibilidad de nutrientes del estrato herbáceo bajo la copa de los árboles pueden mejorar su crecimiento, en comparación con las condiciones a pleno sol (Bernhard-Reversat 1982). Sin embargo, en sitios con mayor precipitación (≥ 800

mm), como la Zona Sudanesa, la reducción de la radiación solar bajo la copa de los árboles disminuye generalmente el crecimiento del estrato herbáceo (Cesar 1992). La naturaleza de las especies arbóreas también pueden jugar un papel importante en la dinámica herbácea.

Con el fin de asegurar una producción agrícola sostenible en la zona Sudanesa de África, hubo una presión creciente en los últimos años para la introducción de prácticas agroforestales en los sistemas de producción. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de los

¹ CIRAD-Forêt / CATIE, Apdo 31, 7170 Turrialba, Costa Rica E-mail: harmand@catie.ac.cr (autor para correspondencia)

² IRAD (Institut de la Recherche Agricole pour le Développement). BP 415 Garoua, Cameroon

efectos de especies leñosas introducidas en un barbecho sobre las características del estrato herbáceo, en relación con la dinámica del N del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

El estudio fue realizado en una finca privada cerca del pueblo de Ngong, localizado 40 km al sur de la ciudad de Garoua en el norte de Camerún (8°57' N, 13°27' E). La temperatura promedio es de 28,2°C y la precipitación promedio 1050 mm, 85% de la cual ocurre durante cinco meses (de mayo hasta septiembre). El suelo es profundo, bien drenado, formado a partir de arenisca, pobre en C orgánico (0,3%) y N total (0,03%), y muy arenoso en la capa superficial, pero su contenido en arcilla aumenta con la profundidad. Empezando en 1977-78, después de la tala y quema de la sabana arbórea preexistente, el agricultor practicó durante 10 años un sistema de cultivos basado sobre la rotación bianual de algodón (*Gossipium hirsutum*) y maní (*Arachis hypogaea*).

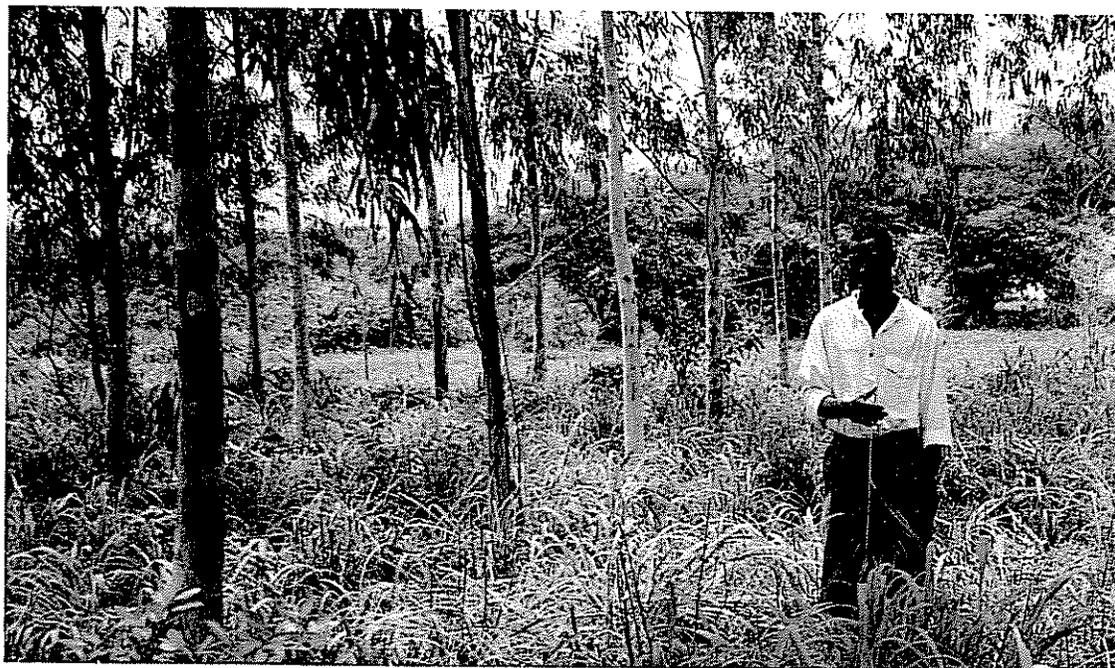
Descripción del ensayo

El diseño experimental original fue bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos iniciales incluyeron tres barbechos: i) *Acacia polyacantha*, que es una especie local fijadora de nitrógeno que produce leña y una goma arábica de buena calidad; ii) *Eucalyptus camaldulensis* (especie exótica que los agricultores están plantando a fin de producir varas y leña); y iii) un barbecho herbáceo. Además se incluyó una

parcela de *Senna siamea* (cuarto tratamiento). Durante el ensayo, no se practicó la quema y el pastoreo de esos tratamientos precedentes. También se hicieron mediciones en tres parcelas en un barbecho herbáceo natural bajo pastoreo y establecido cerca del ensayo (quinto tratamiento). El tamaño de las parcelas fue de 28 x 28 m y el espaciamiento de los árboles de 4 x 4 m (625 árboles ha⁻¹). Árboles y maní se establecieron al mismo tiempo en julio de 1989 y el cultivo asociado continuó en 1990 con algodón. El periodo de barbecho duró desde 1991 hasta 1996.

Metodología de toma de datos

Se hizo un inventario de las especies herbáceas al fin de cada estación lluviosa (septiembre – octubre) y se estimó el porcentaje de cobertura herbácea de cada especie en cada parcela. Se estimó la biomasa herbácea anual cuando el desarrollo del estrato herbáceo fue máximo. El mantillo no fue incluido en este muestreo. Se cortaron a nivel del suelo 10 muestras por tratamiento distribuidas entre las tres parcelas de cada tratamiento, excepto para *S. siamea* (una parcela), utilizando marcos de 2 m². En el barbecho herbáceo protegido contra pastoreo y dominado por *Andropogon gayanus* que tuvo gruesas matas, se utilizaron marcos de 4 m². Una muestra del material vegetal contenido dentro del marco se pesó y luego se secó en un horno a 80°C a peso constante. Se analizó la concentración de N total de cada muestra y luego se calculó el contenido de N total del estrato herbáceo de cada tratamiento.



Andropogon gayanus bajo *Eucalyptus camaldulensis* en la zona Sudanesa de Camerún. Foto: Jean Michel Harmand

Durante el quinto año de barbecho, la mineralización y la nitrificación del N del suelo se estudiaron *in situ*. Para esto, se hizo una incubación en el campo de la capa 0-20 cm, cada cuatro semanas a razón de ocho muestras por tratamiento. Se analizaron los resultados con ANOVA y pruebas de F. Cuando la prueba de F fue significativa ($p < 0,05$), los promedios de cada tratamiento se compararon con la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Barbecho herbáceo espontáneo protegido contra pastoreo

Como fue observado en una parcela para la cual hubo cinco años de observaciones (Figura 1a), durante los primeros dos años de barbecho, las especies de malezas de la etapa de cultivos fueron reemplazadas por especies tales como *Pennisetum* spp. y *A. gayanus*. A partir del tercer año, el barbecho herbáceo protegido contra

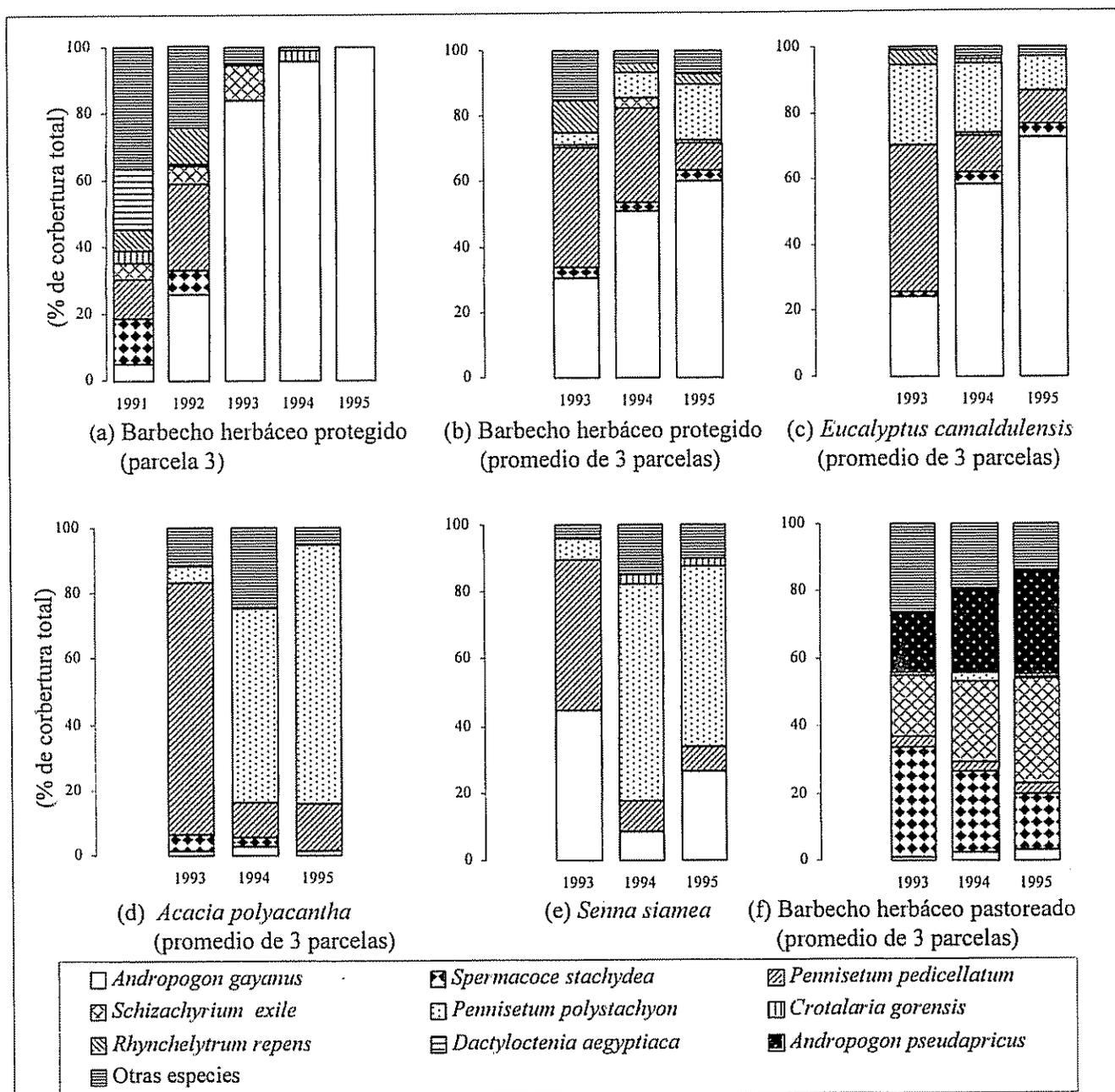


Figura 1. Evolución de la composición específica del estrato herbáceo en los diferentes barbechos (% de cobertura total del estrato herbáceo).

pastoreo mostró la biomasa herbácea más alta de todos los sistemas (Cuadro 1). Además, a lo largo de los años, el aumento de la cobertura de *A. gayanus* (Figura 1b) correspondió a un aumento de la biomasa ($p = 0,0001$) en el barbecho herbáceo protegido. En este tratamiento, el bajo nivel de mineralización del N del suelo durante el quinto año de barbecho (Cuadro 2), asociado con una alta biomasa y la más baja concentración de N (Cuadro 1), demostró la alta eficiencia de uso del N de este tipo de savana herbácea (Abbadie *et al* 1996).

Barbecho plantado con *Eucalyptus camaldulensis*

E. camaldulensis mostró la misma dinámica herbácea que el tratamiento precedente (Figura 1c), pero el efecto de sombra disminuyó la densidad de las plantas de *A. gayanus* y la biomasa herbácea en alrededor de 50% (Cuadro 1). Sin embargo, la plantación de *E. camaldulensis* dio una biomasa herbácea más alta que las otras especies arbóreas

Barbecho plantado con *Acacia polyacantha*

Bajo *A. polyacantha*, no creció *A. gayanus* (especie heliófila) y el estrato herbáceo fue constituido principalmente por *Pennisetum* spp. (Figura 1d), especies anuales que son tolerantes a la sombra pero que son menos productivas que *A. gayanus*. La concentración en N del estrato herbáceo fue mayor que en los otros barbechos (Cuadro 1). Además, esa concentración aumentó significativamente cada año, independientemente de los cambios en la biomasa herbácea, como resultado de la fijación de N por esta especie arbórea y del alto reciclaje de N caracterizado por un alto nivel de mineralización del N del suelo (Cuadro 2). Además, *A. polyacantha* fue la única especie que después de 4 años de barbecho aumentó significativamente los contenidos de C y N de la capa 0-20 cm del suelo (Harmand y Njiti 1998).

Barbecho plantado con *Senna siamea*

La cobertura herbácea fue casi total en todos los trata-

Cuadro 1. Biomasa, contenido y concentración de N del estrato herbáceo en los diferentes barbechos.

Año	Tipo de barbecho				
	<i>Acacia polyacantha</i>	<i>Senna siamea</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Barbecho herbáceo protegido	Barbecho herbáceo pastoreado
Biomasa (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)					
1993	2700 bc*	2450 c	2700 bc	4470 a	3150 b
1994	660 d	360 d	3190 c	6130 a	4540 b
1995	2240 c	180 d	3490 bc	7890 a	4420 b
Contenido de N (kg ha ⁻¹)					
1993	24 a	13 b	18 ab	26 a	25 a
1994	7 c	3 c	19 b	30 a	25 ab
1995	29 b	2 c	25 b	38 a	32 ab
Concentración de N (% de materia seca)					
1993	0,90 f**	0,51	0,67	0,59	0,81
1994	1,11 g	0,75	0,60	0,48	0,55
1995	1,29 h	1,00	0,72	0,48	0,73

* En cada línea, los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

** En el caso de concentración de N, la prueba está presentada solamente para el contraste de años en el tratamiento con *A. polyacantha*.

Cuadro 2 Mineralización del N del suelo en la capa 0-20 cm durante el quinto año de barbecho*

Tipo de barbecho	<i>Acacia polyacantha</i>	<i>Senna siamea</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Barbecho herbáceo protegido
N mineralizado (kg ha ⁻¹)	166 a**	25 c	40 b	26 c
(% del N total del suelo)	17 a	3,1 d	6,1 b	3,6 c

* Harmand y Njiti, 1998

** En cada línea, los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

mientos, excepto en la parcela bajo *S. siamea*, donde fue menor del 30%, pese a la relativa apertura del dosel. El más bajo nivel de mineralización del N del suelo ocurrió bajo *S. siamea* (Cuadro 2) y eso fue asociado con un estancamiento en el crecimiento y algún decaimiento de los árboles. También resultó en un fuerte efecto depresivo sobre el estrato herbáceo que mostró una biomasa muy débil (Cuadro 1). Schroth *et al* (1995) también reportaron bajos niveles de mineralización del N del suelo bajo especies de la familia Ceasalpinaceae. La mineralización del N del suelo puede ser inhibida por un efecto alelopático del árbol (Attiwill y Adams 1993), resultando en un efecto depresivo sobre el estrato herbáceo.

Barbecho espontáneo bajo pastoreo

El pastoreo condujo a pastizales degradados conformados con especies herbáceas anuales (Figura 1f). La biomasa herbácea disminuyó en un 50% en comparación con el barbecho herbáceo protegido contra pastoreo.



Pennisetum polystachyon bajo *Acacia polyacantha* en la zona Sudanesa de Camerún. Foto: Jean Michel Harmand

CONCLUSIONES

- Las especies leñosas influyeron de manera diferente en la intercepción de la luz y en el ciclo de N del suelo y por lo tanto tuvieron diferentes efectos sobre el estrato herbáceo en términos de composición específica, biomasa y contenido de N.
- La protección contra pastoreo o la introducción de especies leñosas con ausencia de pastoreo indujeron una evolución progresiva hacia una composición específica particular en cada tratamiento. El aumento del carácter dominante de una especie herbácea fue a menudo asociado con un aumento de la biomasa.
- Bajo esas condiciones de sitio, el crecimiento del estrato herbáceo fue reducido de al menos 50% bajo la copa de los árboles, en comparación a condiciones de pleno sol.
- *E. camaldulensis* produjo una sombra ligera que permitió el crecimiento de *A. gayanus* (una especie bien aceptada por el ganado), pero *A. gayanus* es tan sensible al pastoreo, que se necesitan prácticas de rotación de potreros para asegurar su preservación.
- Como especie fijadora de N, *A. polyacantha* produjo un estrato herbáceo gramíneo anual con una concentración de N más alto que aquel bajo los otros árboles. Debido a su fuerte efecto depresivo sobre el estrato herbáceo, *Senna siamea* no se puede utilizar en sistemas silvopastoriles.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abbadie, L; Lepage, M; Menaut, JC 1996 Independence of savanna grasses from soil organic matter for their nitrogen supply Ecology 73 (2): 608-613
- Attiwill, PM; Adams, MA. 1993. Tansley Review N°50: Nutrient cycling in forests. New Phytologist 124(4): 561-582.
- Bernhard-Reversat, F. 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna Oikos 32: 321 - 332
- Cesar, J. 1992. La production biologique des savanes de Côte-d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère, Cirad-IEMVT, France, Maison Alfort, 671 p
- Harmand, JM; Njiti, CF; 1998. Effets de jachères agroforestières sur les propriétés d'un sol ferrugineux et sur la production céréalière Agriculture et Développement, Spécial Sols Tropicaux 18: 21-30
- Schroth, G; Kolbe, D; Pity, B; Zech, W. 1995. Searching for criteria for the selection of efficient tree species for fallow improvement, with special reference to carbon and nitrogen. Fertilizer Research 42: 297-314.