

Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña

J. Ribaski¹, E. de A. Menezes²

Palabras claves: Brasil; clorofila; fertilidad del suelo; forraje; fotosíntesis; valor nutritivo.

RESUMEN

Se evaluó la influencia del algarrobo (*Prosopis juliflora*) sobre la disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en la región semi-árida Brasileña. La sombra de los árboles mejoró las condiciones microclimáticas, disminuyendo la temperatura ambiental y la temperatura de las hojas de la gramínea. La humedad del suelo fue mayor cerca de los tallos de los árboles. Hubo mayor fertilidad del suelo bajo algarrobo, a través del aumento de los niveles de materia orgánica del suelo. Las concentraciones de N, P, K y Ca en el suelo fueron mayores cerca del tronco de los árboles. Hubo un aumento del área foliar específica de las hojas del pasto buffel y mayores niveles de clorofila *a* y *b* bajo la copa de los árboles. La gramínea cultivada bajo la sombra compensó los bajos niveles de radiación fotosintéticamente activos, con una mayor eficiencia fotosintética. El forraje producido debajo del algarrobo presentó un mayor valor nutritivo, caracterizado principalmente por mayores niveles de proteína bruta. Sin embargo, el rendimiento de forraje fue menor.

Quality and availability of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) in a silvopastoral system with mesquite (*Prosopis juliflora*) in the Brazilian semi-arid region

ABSTRACT

The influence of mesquite (*Prosopis juliflora*) on the availability and quality of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) in the Brazilian semiarid region was evaluated. Tree shade improved the environmental conditions for the pasture, reducing air and grass leaf temperatures. Higher soil moisture was observed close to the tree trunks. Soil fertility below mesquite was higher due to increased soil organic matter. Soil N, P, K and Ca concentrations were higher close to the trunks of the trees. Under tree canopies, buffel grass leaves developed larger specific leaf area and higher chlorophyll *a* and *b* contents. Shaded grass compensated for the low radiation levels by increasing photosynthetic efficiency. Fodder availability of buffel grass was lower under the tree canopies; however, the forage in the shade had a higher nutritional value.

INTRODUCCIÓN

La región semi-árida Brasileña ha sido utilizada como área de pastoreo para pequeños y grandes rumiantes, así como fuente de madera para energía. La cobertura vegetal predominante es la "caatinga", la cual está constituida por un tipo de vegetación caducifolia relativa-

mente pobre en gramíneas en el estrato herbáceo que no presenta características adecuadas para ser pastoreada y tampoco es capaz de proveer forraje por un periodo prolongado. La introducción del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) ha tenido una excelente adaptación

¹ Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil, Tel. (55) 41 6661313. Fax 6661276. E-mail: ribaski@cnpf.embrapa.br (autor para correspondencia)

² Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, Brasil, Tel. (55) 81 38621711. E-mail: emenezes@cpatsa.embrapa.br

en condiciones semi-áridas y por esto se ha constituido en una alternativa muy promisoriosa para elevar la oferta de alimento animal y consecuentemente mejorar los índices de productividad en esa región. Sin embargo, durante el periodo seco, el nivel proteico de esta gramínea generalmente no es suficiente para satisfacer los requerimientos de los animales para mantener su peso vivo. La conscientización de los productores sobre la necesidad de suplir esa deficiencia nutricional ha motivado a plantar algarrobo (*Prosopis juliflora*), principalmente para la producción de vainas con miras a suplementar a los animales en el periodo de sequía. El potencial de este árbol leguminoso está en las características de precocidad, resistencia a la sequía, producción de madera de buena calidad para diversos fines y la producción de vainas de elevada aceptabilidad y valor nutritivo, con la ventaja de fructificar en época seca. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de árboles de algarrobo en los aspectos de microclima, fertilidad del suelo, y disponibilidad y calidad del forraje de pasto buffel, buscando comprobar la viabilidad de ese sistema silvopastoril.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la región semi-árida del municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil (09° 09' S y 40° 22' O; 365 msnm). Según la clasificación climática de Köppen, el área de estudio se caracteriza como BSw_h' - clima semi-árido cálido, con un periodo lluvioso de 400 mm anuales en promedio entre los meses de noviembre y abril. El balance hídrico presenta como principal característica la deficiencia de agua durante todo el año, con promedios de temperatura del aire de 26,5°C, evaporación 2.600 mm y humedad relativa del aire 61% (Amorim Neto 1985). El tipo del suelos del experimento, según la FAO (1974), es Plintic Lixisols o Abruptic Palexerults (USA 1975).

Las evaluaciones fueron hechas en un sistema silvopastoril de algarrobo con pasto buffel con aproximadamente 15 años de edad, durante los periodos secos y lluviosos, comprendidos entre agosto de 1997 y abril de 1998. El diseño experimental utilizado fue Bloques al Azar (10 repeticiones formadas por árboles individuales) con tres tratamientos, los cuales fueron dos puntos de muestreo (A y B) bajo la copa de los árboles y un tercer punto (C) distante 20 m del fuste de cada árbol seleccionado, representando la pastura en monocultivo (Figura 1). Se adoptó el procedimiento de dos mediciones bajo la copa del algarrobo, en función de las diferencias visuales observadas en relación a la producción de biomasa forrajera (aparentemente, más abundante próximo al

tronco de los árboles). El punto A fue localizado entre el fuste y la mitad del radio promedio de la copa; el punto B, entre la mitad del radio promedio de la copa y el límite de su proyección. Antes de realizar el corte del pasto, la radiación fotosintéticamente activa (RFA), fotosíntesis líquida neta, eficiencia fotosintética, temperatura de las hojas y temperatura y humedad del aire sobre las pasturas de pasto buffel fueron evaluadas en los mismos puntos de muestreo. Esas variables fueron determinadas con un medidor de fotosíntesis portátil marca LICOR. Se cosechó la gramínea dos veces en cada periodo climático a una altura promedio de 5 cm del suelo, con cuatro sub-muestras de 1 m² por tratamiento y árbol. Fueron determinadas la producción de materia seca (MS), el porcentaje de materia seca del forraje, el contenido de clorofila *a* y *b* en las hojas, el área foliar específica (AFE), el valor nutritivo (proteína bruta, fibra y digestibilidad) y la composición mineral del pasto (N, P, K, Ca y Mg). Todo el proceso de muestreo y la preparación de las muestras para el análisis químico bromatológico siguió la metodología descrita por Silva (1990). En el suelo, fueron determinados los niveles de humedad, la concentración de la materia orgánica (MO) y su fertilidad (N, P, K, Ca y Mg).

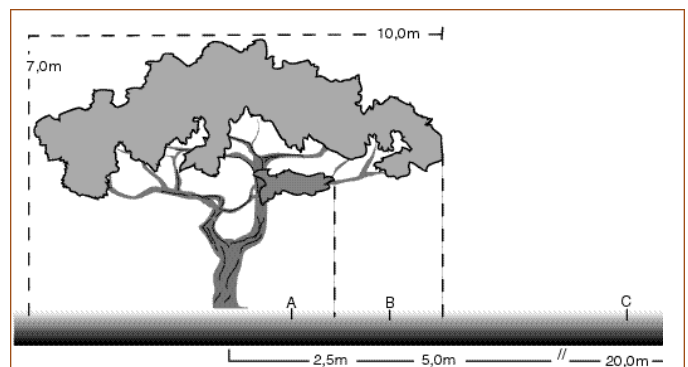


Figura 1. Datos promedios de los árboles de *Prosopis juliflora* usados en la definición de los tratamientos, donde el punto A se localiza entre el fuste y el radio promedio de la copa; el punto B entre el radio promedio de la copa y el límite de su proyección; y el punto C fuera del área de influencia del *P. juliflora*.

Los promedios de las diferentes variables estudiadas fueron comparadas por la prueba de F, a través de los contrastes ortogonales A vs. B y (A+B)/2 vs. C, siguiendo la metodología de pruebas de contrastes entre medias de tratamientos propuesta por Oliveira (1994), como alternativa para análisis estadístico de experimentos que involucran asociaciones agroforestales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones microclimáticas bajo la copa de los árboles

Los promedios dendrométricos encontrados para el algarrobo fueron: 7,4 m de altura total del árbol; 1,8 m de altura del fuste; 5,6 m de profundidad de la copa; 10,4 m de diámetro de la copa y 25,7 cm de diámetro de la base del fuste. Los promedios de RFA bajo la copa de los árboles fueron de 50% en el periodo seco y 44% en la época lluviosa, comparado con las condiciones a pleno sol. El cambio de hojas del algarrobo ocurre durante todo el año, donde la mayor intensidad de abscisión ocurre en el periodo seco y la emisión de hojas nuevas se concentra en el periodo lluvioso, de diciembre a mayo (Lima 1994).

El sombreado proporcionado por los árboles promovió mejores condiciones microclimáticas, disminuyendo en promedio la temperatura del aire 1,5°C y la temperatura de las hojas de la gramínea 2,5°C (Figura 2). No hubo diferencias en la humedad relativa del aire. La humedad del suelo en el periodo seco fue mayor cerca del tronco de los árboles comparado con la periferia de la copa (representados por el punto B), pero no hubo diferencia entre el promedio de estos datos [(A+B)/2] y el valor para pleno sol (posición C = monocultivo). De acuerdo con Beer *et al* (1998), la reducción de la temperatura del aire, de las hojas y del suelo son influencias positivas de los árboles sobre el microclima bajo sus copas. Mayores niveles de humedad en los suelos bajo las copas de árboles de algarrobo, fueron encontrados en otros estudios (Bhojvaid y Timmer 1998; Garg 1998).

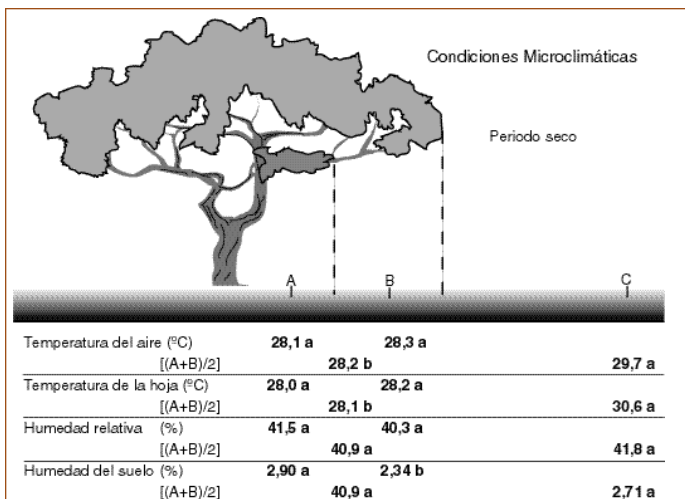


Figura 2. Efecto en las variables climáticas evaluadas sobre *Cenchrus ciliaris* bajo *Prosopis juliflora* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Fertilidad del suelo

La materia orgánica fue mayor y el pH menor bajo las copas, comparado al pleno sol (Figura 3). Las concentraciones de N, P, K y Ca fueron mayores cerca del tronco de algarrobo en comparación con la periferia de su copa, pero no se detectó diferencias entre los promedios bajo las copas y valores para pleno sol (Figura 4). El algarrobo es considerado como una especie potencial para restablecer la fertilidad y productividad de suelos degradados, ya que se ha evidenciado la habilidad de esta leguminosa de aumentar los niveles de carbono, así como la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Bhojvaid y Timmer 1998; Garg 1998). El efecto de los árboles sobre los suelos en diferentes sistemas silvopastoriles, normalmente es traducido como incremento de la fertilidad, principalmente en relación al N (Buresh y Tian 1998; Botero y Russo 2000).

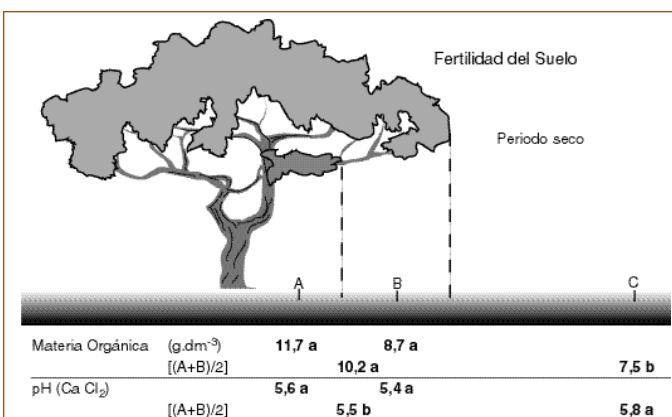
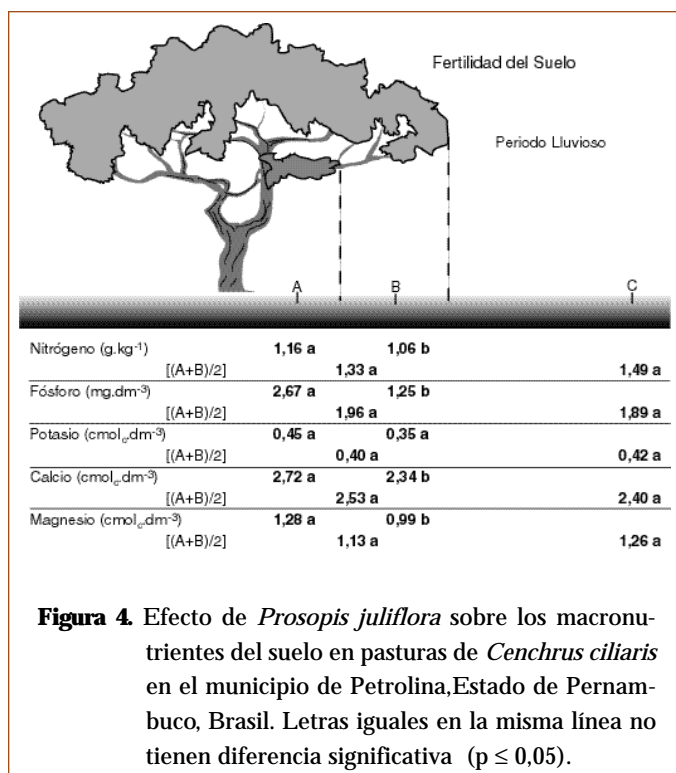


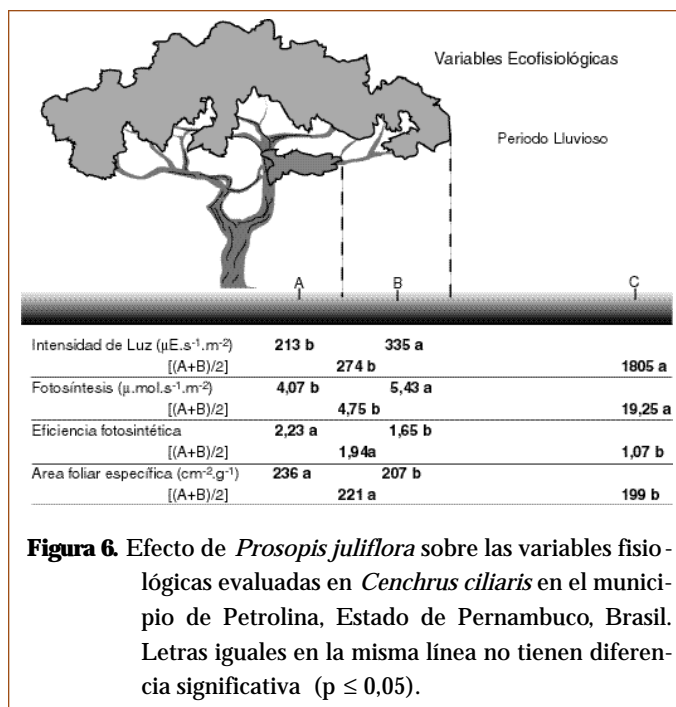
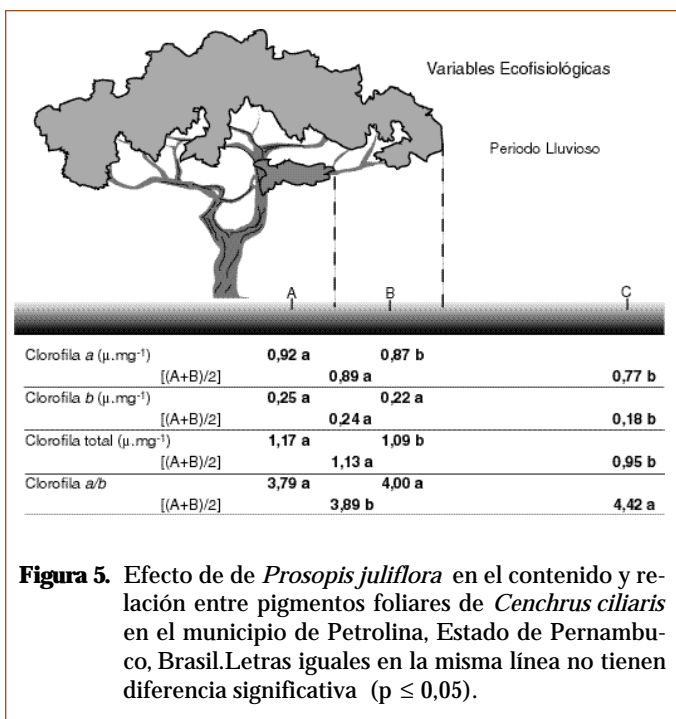
Figura 3. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre la materia orgánica y pH del suelo en pasturas de *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Parámetros ecofisiológicos

En el periodo lluvioso bajo los árboles de algarrobo, las hojas del pasto buffel presentaron mayores niveles de clorofila *a* y *b* y una mayor Área Foliar Específica (AFE) (Figuras 5 y 6). El AFE de *Xanthosoma sagittifolium*, *Cynodon dactylon* y *Lolium perenne*, también aumenta cuando las plantas son cultivadas bajo intensidades luminosas reducidas (Valenzuela *et al* 1991; Morita *et al* 1994). Aumentos en la AFE han sido asociados a la tolerancia al sombreado. A mayor AFE corresponden aumentos de la capacidad de interceptación de luz por las plantas, ya que es una de las maneras de aumentar la capacidad fotosintética, garantizando un aprovechamiento más eficiente de bajas intensidades luminosas



(Samarakoon *et al* 1990). Mayores cantidades de clorofila en hojas que crecen en condición de sombra, comparadas con aquellas cultivadas a plena luz, también fueron reportadas por Friendship-Keller *et al* (1987) e Igboanugo (1989).



La gramínea cultivada bajo sombra compensó, por lo menos en parte, los menores niveles de RFA que recibía (Figura 5; 274 vs. 1805 Es⁻¹.m⁻²) con una mayor eficiencia fotosintética (1,94 vs. 1,07). Pasturas de *Dichanthium aristatum*, bajo un sombreado artificial y bajo la copa de *Leucaena leucocephala*, presentaron mayor tasa de asimilación de CO₂ y mayor eficiencia del uso de la radiación (EUR), comparado con la condición de plena luz (Cruz 1997).

Disponibilidad y calidad del forraje

El rendimiento de MS del pasto buffel bajo las copas de los árboles de algarrobo en el periodo seco (el más crítico) fue menor a la producción encontrada a pleno sol (Figura 7). Sin embargo, el forraje producido bajo los árboles presentó mejor valor nutritivo (p.ej. para la estación lluviosa, Figura 8); hubo un incremento significativo de los niveles de proteína bruta (PB) del forraje de la gramínea cultivada bajo sombra. Los análisis de la digestibilidad "in vitro" de MS (DIVMS) y de la fibra de tergente neutra (FND), no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

De acuerdo con Giraldo *et al* (1995), la producción de forraje normalmente decrece a medida que el porcentaje de la cobertura de los árboles aumenta y esa disminución del rendimiento de MS se observa principalmente a partir del 50% de cobertura. No obstante, muchas especies de gramíneas crecen mejor debajo de los árboles

y presentan mejor calidad nutritiva (mayor contenido de PB) comparadas con las gramíneas que crecen a plena exposición solar (Botero y Russo 2000; Hernández *et al* 2000).

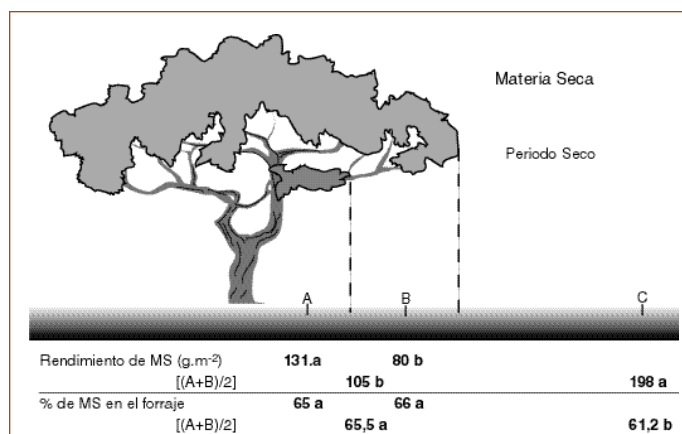


Figura 7. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre el rendimiento (MS) de *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

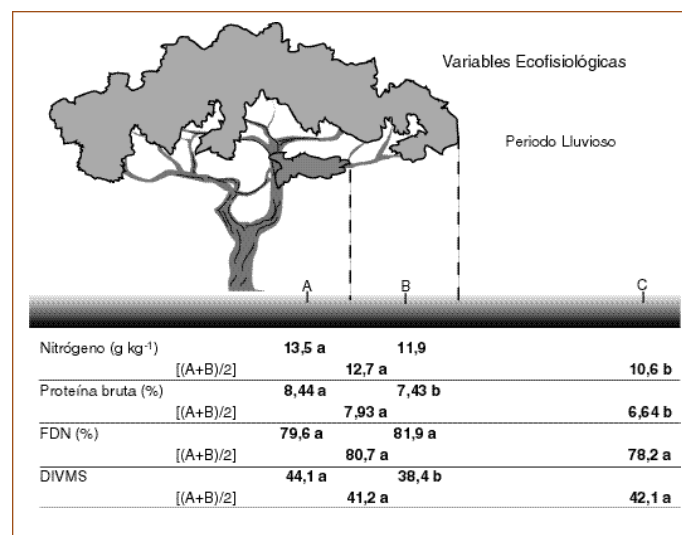


Figura 8. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre los niveles de N, PB, fibra y digestibilidad de MS del *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

La composición química del forraje del pasto buffel en el periodo seco fue afectada de manera diferenciada en presencia del componente arbóreo (Figura 9). Hubo aumento en las concentraciones de N y Mg en la materia seca de la gramínea y reducción de K. La época del año

también tuvo influencia sobre los niveles de esos nutrientes. En el periodo lluvioso no fueron observadas diferencias en los niveles de K en el pasto con y sin árboles. Entretanto, en la misma época los niveles de Ca en la pastura sombreada sufrieron una reducción significativa en relación al pasto buffel a cielo abierto. Excepto por el P, los niveles de los macronutrientes encontrados en el forraje del pasto buffel, producido bajo la copa del algarrobo, satisfacen las exigencias nutricionales de los bovinos (National Research Council 1984).

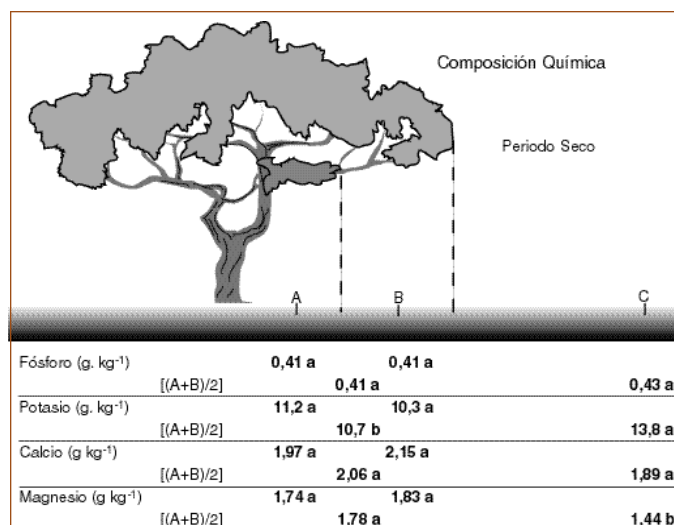


Figura 9. Efecto de *Prosopis juliflora* sobre los niveles de macronutrientes (MS) de *Cenchrus ciliaris* en el municipio de Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil. Letras iguales en la misma línea no tienen diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril compuesto por algarrobo y pasto buffel se presentó potencialmente viable, debido a la importancia de esta leguminosa arbórea para la región semi-árida como árbol de múltiple propósito y, principalmente, por los aspectos benéficos resultantes de su influencia sobre el ambiente y sobre el pasto asociado, como se describe a continuación:

- El sombreado proporcionado por los árboles en el sistema silvopastoril, promovió una mejora de las condiciones microclimáticas, estabilizando la temperatura ambiente y disminuyendo la temperatura de las hojas de la gramínea.
- La presencia del algarrobo en el sistema silvopastoril podría contribuir para mejorar la fertilidad del suelo, por lo menos cerca de su tronco, a través del aumento de los niveles de materia orgánica, N, P, K y Ca en el suelo.

- El forraje producido bajo la copa de los árboles presentó mejor valor nutritivo, caracterizado principalmente por los mayores niveles de proteína bruta. Sin embargo, el pasto buffel produce menor cantidad de materia seca en esa condición.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Amorim Neto, MS. 1985. Informações meteorológicas dos campos experimentais de Bebedouro e Mandacarú. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. 51 p.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Bhojvaid, PP, Timmer, VR. 1998. Soil dynamics in age sequence of *Prosopis juliflora* planted for sodic soil restoration in India. *Forest Ecology and Management* 106:181-193.
- Botero, R; Russo, RO. 2000. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales (en línea). Memorias: Conferencia Electrónica: I Conferencia Latinoamericana sobre Agroforestería para la Producción Animal Tropical. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/cipav/confr/index/htm>
- Buresh, RJ; Tian, G. 1998. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. *Agroforestry Systems* 38:51-76.
- Cruz, P. 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C₄ perennial grass under field conditions. *Plant and Soil* 188:227-237.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1974. Soil map of the world: 1:500,000. Paris. 59 p.
- Friendship-Keller, RA, Tsujita MJ, Ormrod DP. 1987. Light acclimatization effects on Japanese maple for interior use. *HortScience* 22:929-931.
- Garg, VK. 1998. Interaction of tree crops with a sodic soil environment: potential for rehabilitation of degraded environments. *Land Degradation and Development* 9:81-93.
- Giraldo, LA; Botero, J; Saldarriaga, J; David, P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región atlántica de Colombia. *Agroforestería en las Américas* 8:14-19.
- Hernández, I; Milera, M; Simón, L; Hernández, D; Iglesias, J; Lamela, L; Toral, O; Matías, C; Francisco, G. 2000. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba (en línea). Memorias. Conferencia Electrónica: I Conferencia Latinoamericana Sobre Agroforestería para la Producción Animal Tropical. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/cipav/confr/index/htm>
- Igboanugo, ABI. 1989. Adaptation to changes in illumination of chloroplast structure, chlorophyll content and light transmission of mature leaves of some deciduous tree seedlings. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 30:133-142.
- Lima, PCL. 1994. Comportamento silvicultural de especies de *Prosopis*, em Petrolina-PE, região semi-árida brasileira. Tese Doutorado. Curitiba, Paraná, Brasil, Universidade Federal do Paraná. 110 p.
- Morita, O; Goto, M; Ehara, H. 1994. Growth and dry matter production of pasture plants grown under reduced light conditions of summer season. *Bulletin of the Faculty of Bioresources, Mie University* 12:11-20.
- Oliveira, EB. 1994. Considerações sobre análise estatística na pesquisa de sistemas agroflorestais. In Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais. (1, Porto Velho). Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ 27:457-462.
- Samarakoon, SP; Wilson, JR; Shelton, HM. 1990. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *Journal of Agriculture Science* 114:161-169.
- Silva, DJ. 1990. Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG, Imprensa Universitária. 165 p.
- U.S. National Research Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6 ed. Washington, DC, National Academy Press. 90 p.
- United States of America (USA). 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Washington, D.C., 330 p.
- Valenzuela, HC; O'hair, SK; Schaffer, B. 1991. Shading, growth and dry matter partitioning of cocoyam [*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott]. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116:1117-1121.