

## Efecto del dosel arbóreo en un cultivo forrajero invernal bajo riego

Patt, Germán Santiago <sup>1</sup> y Eluani, Cesar Enrique

<sup>1</sup> Manejo de Bosques en Zonas Áridas, Ingeniería de Recursos Naturales Renovables para Zonas Áridas, Sede Chamental; Silvicultura, Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de La Rioja, pattgerman01@yahoo.com.ar

### Resumen

La agroforestería es una forma de obtener más de un producto al mismo tiempo sin aumentar la superficie ocupada aprovechando las relaciones de facilitación y uso diferencial de recursos entre especies. El objetivo fue evaluar la influencia de árboles de algarrobo sobre el cultivo de avena forrajera irrigado por manto y comprobar si la fertilidad del suelo es una causa relevante de las diferencias. Se midió la biomasa, el porcentaje de humedad y la altura de las plantas de avena en tres posiciones diferentes: cerca del fuste de los árboles, en el límite de la proyección vertical de la copa y fuera de ella. También se realizó un bioensayo en envases con suelo de estas tres posiciones y condiciones homogéneas de humedad y ambiente. En el cultivo, la mayor biomasa se encontró en la zona interior de la copa, mientras que en la zona periférica se registraron valores intermedios y la menor biomasa se presentó en la zona exterior. El contenido de humedad y la altura del cultivo tuvieron la misma tendencia. En el bioensayo se mantuvo la tendencia en biomasa y altura, mientras que la succulencia no mostró un patrón definido. Los resultados de la comparación de valores relativos permiten afirmar que las diferencias del cultivo encontradas en biomasa y altura son parcialmente explicadas por la fertilidad del suelo y existen otros factores que actúan sobre ellas. En el caso de la succulencia, la relación directa con la fertilidad es más consistente.

**Palabras clave:** Agrosilvicultura, isla de fertilidad, intensificación sostenible de la producción agrícola

### Tree canopy effect on a winter fodder crop under irrigation

#### Abstract

Agroforestry is a way of obtaining more than one product at the same time and without increasing the footprint by taking advantage of the synergistic interactions and differential use of resources among species. This work aimed to assess the influence of *Prosopis* trees on the cultivation of forage oats irrigated by mantle and check if soil fertility significantly contributes to the observed differences. Biomass, moisture percentage, and height of oat plants were measured in three different positions: close to the tree shaft, at the edge of the vertical projection of the crown, and outside of it. A bioassay was also conducted in containers using soil from the same three positions and homogeneous conditions of humidity and environment. In the crop, the highest biomass was found in the interior zone of the crown, while intermediate values were recorded in the peripheral zone and the lowest biomass was observed in the outer zone. Moisture content and height followed the same trend. In the bioassay, the trend in biomass and height remained stable, while succulence did not show a defined pattern. The results of the comparison of relative values allow us to affirm that the crop differences found in biomass and height are partially explained by soil fertility and there are other factors that act on them. In the case of succulence, the direct relationship with fertility is more consistent.

**Keywords:** Agroforestry, fertility island, sustainable intensification of agriculture

## Introducción

La intensificación sostenible de la producción agropecuaria (ISPA) se visualiza como la forma de enfrentar las dificultades derivadas del incremento de la población mundial. Se prevé que hacia el año 2050, la demanda de alimentos aumente en un 50% (FAO, 2017), y se sumen los requerimientos de energías renovables (biocombustibles) que compiten con la producción de alimento y fibra (Miralles 2017). La agroforestería es una forma de obtener más de un producto al mismo tiempo y sin aumentar la superficie ocupada. Esto se logra combinando, por ejemplo, cultivos arbóreos con anuales en el mismo espacio y tiempo. Dicha combinación requiere el conocimiento de las interacciones entre los componentes vegetales, que pueden ser directas por la competencia de recursos como luz, agua y nutrientes, o indirectas a través de la modificación de condiciones ambientales que condicionan la utilización de los recursos (Callaway y Walker 1997).

Los efectos de los árboles son positivos en cuanto al aporte de nutrientes al suelo. Estos nutrientes son incorporados por raíces superficiales y profundas y luego reintegrados al suelo superficial bajo el dosel arbóreo mediante la caída de hojas, brotes y ramas, lo que incrementa el tenor de materia orgánica en el área debajo de la copa de los árboles. Esto favorece el reciclaje de nutrientes, especialmente del fósforo y el nitrógeno (Verga, 2000; Carranza y Ledesma, 2009). En un modelo de vegetación en estratos, la disponibilidad de radiación se torna un factor crítico. Por lo general, cuando aumenta el porcentaje de cobertura de los árboles, la producción de forraje disminuye. El límite para la producción de forraje ronda el 50 - 70% de interceptación de la radiación (Díaz, 2003, Fernández, et al. 2002). El efecto neto sobre la producción forrajera dependerá del grado de sombra, de las especies involucradas y de la respuesta de las especies a la variación combinada de radiación y otros factores ambientales.

La estructura forestal puede beneficiar tanto a los componentes agrícolas como ganaderos. Además de la diversificación de la producción, este tipo de estructuras tiende a lograr una mayor estabilidad socioeconómica en el tiempo, frente a oscilaciones de carácter económico-climático. Dicha diversificación debe tener en cuenta todo el potencial que brinda el uso múltiple del componente forestal. Además de los productos primarios como madera y leña para combustible, el componente forestal brinda una amplia gama de productos secundarios y beneficios indirectos, como gomas, perfumes, alcaloides y alcohol, alimentación humana, fibras, esencias medicinales, hábitat para fauna silvestre, ámbito de recreación para el poblador, entre otros.

El objetivo del trabajo fue evaluar la influencia de árboles de algarrobo sobre el cultivo de avena forrajera irrigado por manto y comprobar si la fertilidad del suelo es una causa relevante de las diferencias encontradas.

## Material y métodos

El área de estudio se ubica al noroeste de la provincia de Córdoba, en el departamento Cruz del Eje, cerca de la localidad de Villa de Soto. Esta zona corresponde a la región fitogeográfica del Chaco Árido, la cual tiene precipitaciones de 500 mm que se concentran en el periodo estival. El sitio de estudio corresponde a un oasis de riego en un lote de 9 ha, donde anualmente se realiza un cultivo forrajero invernal bajo riego. Además, en él se encuentran ejemplares aislados de *Prosopis* sp. La siembra se realizó a fines de marzo, con una densidad de 55 kg/ha de semilla de Avena sativa, posterior a la labranza tradicional con arado y rastra de discos.

Variable	Media	E.E	Minimo	Máximo
Diametro a la base (m)	0,9	0,06	0,73	1,4
Diametro de copa (m)	16,55	0,82	11	20,2
Despegue de copa (m)	4,45	0,22	3,5	6

**Tabla 1.** Valores descriptivos de los individuos de *Prosopis* sp. (n=10) tomados como unidades experimentales.

Los objetivos se cumplieron mediante un estudio de campo en el que se describen las características del cultivo con las variaciones provocadas por la posición de la muestra con respecto a la copa del árbol, denominado en adelante “estudio de campo”, y un ensayo controlado destinado a determinar cómo afecta la fertilidad del suelo de cada posición a las variables medidas en el estudio de campo, en adelante “experimento”.

Para observar los efectos de la fertilidad, se consideró que los valores de la posición C3 (sin influencia de la cobertura) son equivalentes en campo y experimento, ya que el ensayo se realizó sin efectos de la cobertura de algarrobo al igual que esa posición en campo. A estos valores se los consideró como valores plenos (100%), mientras que los valores en las demás posiciones en campo y en las macetas con suelo de esas posiciones se relativizaron a ese valor pleno. Las diferencias entre campo y experimento en las situaciones relativizadas C1 y C2 fueron analizadas mediante Prueba de T para observaciones apareadas. Se interpreta que la igualdad o nula diferencia significativa en esta comparación indican que las diferencias encontradas en el campo en las distintas posiciones son efecto exclusivo de la fertilidad. En el caso de diferencias en los valores relativizados entre campo y experimento, un factor distinto a la fertilidad afecta la variable considerada, aunque no inhabilita que aquella también tenga participación, lo que se determina específicamente con los datos del experimento.

Las características del cultivo se evaluaron a los 3 meses de la siembra en estado fenológico de preencañazón. Se midió la altura de las plantas más altas expresada en centímetros (cm); la biomasa producida como peso seco, obtenido por secado a 85°C hasta peso constante y expresado en kilogramos de materia seca por hectárea (kgMS/ha) en la evaluación de campo y gramos de materia seca por maceta (grMS/m) en el experimento; y la succulencia como contenido de agua de la vegetación expresada en proporción de peso fresco (%). Se usaron unidades de muestreo cuadradas de 0,25 m<sup>2</sup> ubicadas en 10 árboles seleccionados al azar (repeticiones), en tres posiciones con rumbo este: a 2 m desde la base del fuste (C1), en la periferia de la copa hacia el interior de la misma (C2) y a 5 m de la anterior hacia fuera de la copa (C3). Posteriormente se evaluó la fertilidad del suelo en cada posición mediante un bioensayo de suelo superficial (capa arada). En el mes julio se realizó la siembra de 40 semillas de avena en contenedores individuales (n=30), cada uno con 200 gr de tierra y expuestos a pleno sol. En este bioensayo se mantuvo el sustrato cercano a la capacidad de campo mediante riegos. La evaluación se realizó a los 30 días de crecimiento midiendo las mismas variables que en la evaluación de campo.

Se realizó ANAVA y test de Fisher para analizar los datos del estudio de campo y del experimento; y Prueba de T para parcelas apareadas para el análisis comparativo entre ambas partes del estudio, tendiente a establecer qué diferencias pueden ser explicadas por la fertilidad del suelo. Se utilizó el paquete estadístico Infostat.

## Resultados y discusión

### Estudio de campo

Las tres características del cultivo mostraron el mismo comportamiento con respecto al nivel de cobertura de algarrobo, con una clara tendencia de disminución de los valores directamente relacionada a la reducción de la sombra en sentido C1>C2>C3.

La mayor producción de materia seca fue para las plantas ubicadas hacia el interior de la proyección de la copa (C1, 1.588kgMS/ha) y la menor para aquellas crecidas fuera de las copas (C3, 1.075kgMS/ha) con diferencia significativa entre ambas. Las establecidas en la periferia de la copa (C2) tuvieron valores intermedios y mayor variabilidad sin diferencias significativas con respecto a ninguna de las posiciones anteriores (Tabla 2). Generalmente un aumento de la cobertura de los árboles disminuye la producción de las gramíneas asociadas, notándose la mayor disminución a partir del 50% (Carranza y Ledesma 2009). Díaz (2003) halló esta disminución de forrajimasa de gramíneas nativas en áreas con alta proporción de suelo sombreado por algarrobo en el Chaco Árido. Ribaski y Menezes (2002) también informan de esta influencia negativa en *Prosopis juliflora*-*Cenchrus ciliaris* en la región semiárida brasilera. En este trabajo, se encontró que el incremento de la sombra de los algarrobos favorece la producción de materia seca acumulada de avena, y se observó la tendencia de un aumento de ella en dirección al tronco, con hasta un 50% más de forraje respecto a las plantas establecidas en las abras. Si se considera que algunas especies pueden adaptarse al sombreado con mayor eficacia que otras (Peri, 1999) y se tiene en cuenta la tendencia, se podría argüir que la avena entraría dentro del grupo de las tolerantes y favorecidas, al menos por la sombra de algarrobo. Esta tolerancia podría deberse, entre otros factores, a su síndrome fotosintético C3, que en relación con las C4 (en las cuales se encontró esa influencia negativa), requieren un menor flujo fotónico (Montaldi, 1995).

	Materia Seca		Agua		Altura	
	(Kg/ha)	EE	(%)	EE	(cm)	EE
C1	1.587,92 A	163,05	85,12 A	0,28	7,97 A	0,21
C2	1.395,48 AB	163,41	82,79 A	0,25	7,70 A	0,17
C3	1.074,64 B	120,86	80,58 B	1,08	7,32 A	0,29

**Tabla 2.** Valores medios y error estándar de las variables materia seca, contenido de humedad y altura de Avena sp. en cultivo bajo riego, tomada a tres distancias del tronco de *Prosopis* sp. (algarrobo) C1 (2 m del tronco), C2 (en la periferia dentro de la copa) y C3 (fuera de la copa).

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).*

Para la variable succulencia se encontraron los mayores contenidos de humedad en las plantas sembradas en el suelo extraído en la periferia de la copa, mientras que los menores contenidos de humedad se encontraron en las plantas sembradas en el suelo tomado de los interespacios. No se identificó un patrón definido y se observaron diferencias marginalmente significativas ( $p=0,054$ ). La mayor variabilidad se presenta en la posición C3, sin cobertura de copa ( $CV=1\%$ ). Le corresponde a esta variable el menor coeficiente de variación.

En la altura de las plantas no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las tres posiciones consideradas (C1, C2 y C3). Sin embargo, se observó que las plantas producidas en el suelo de debajo de la copa presentaron mayor altura (Tabla 3).

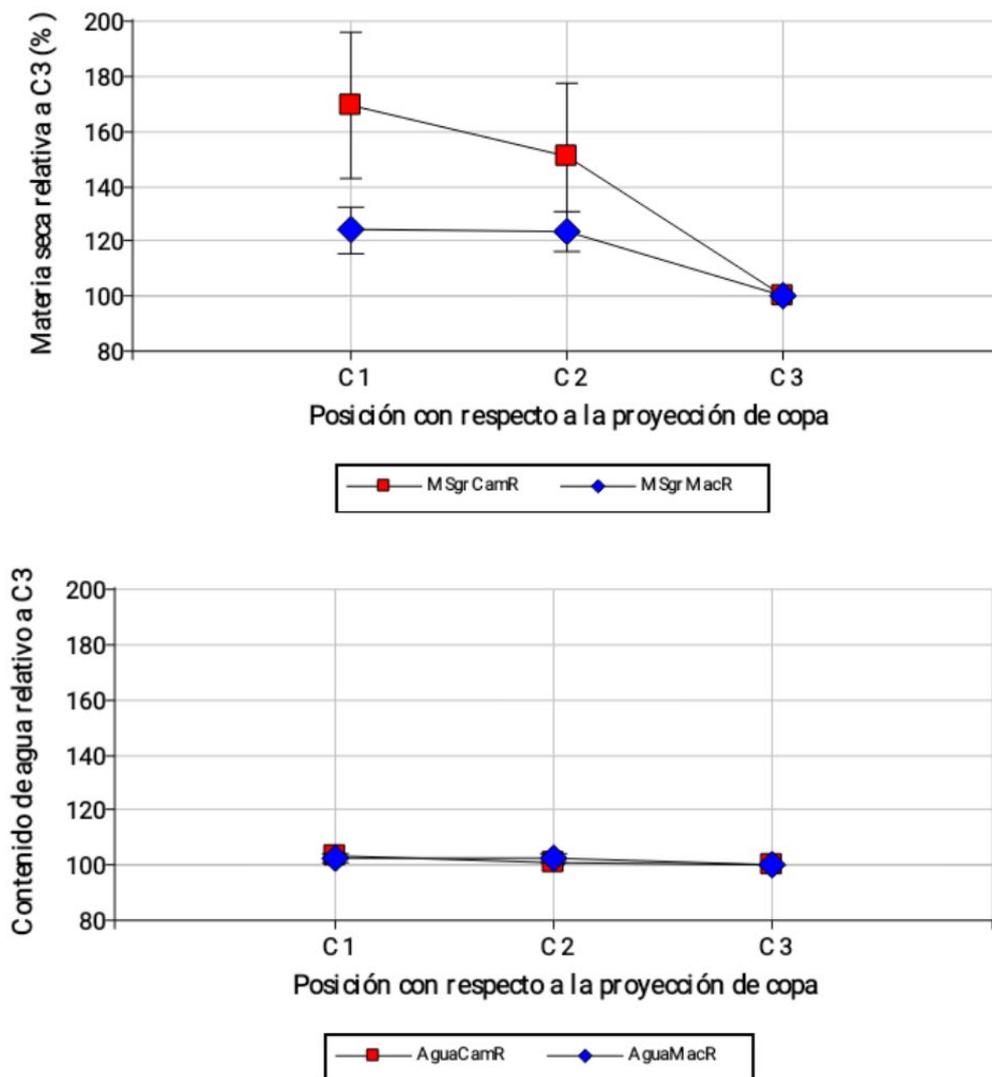
Los algarrobos llegan a aportar al sistema entre 100 a 400 kg/ha/año de nitrógeno en el Chaco semiárido de Santiago del Estero (Radriyani, 2004). En el monte natural del Chaco árido existe mayor disponibilidad de nitrógeno (Oliva et al., 1993) y mayores niveles de fósforo orgánico (Sereny y Hang, 1989) bajo *Prosopis flexuosa* (algarrobo) que en los espacios abiertos.

La producción de biomasa en este experimento coincide y reafirma este hecho, evidenciando una mayor fertilidad del suelo bajo copa, coincidentemente con el concepto de islas de fertilidad (Barth y Klemmedson, 1982; Virginia y Jarrell, 1983).

Tanto la succulencia como la altura de las plantas en el bioensayo no mostraron diferencias marcadas y en el caso de la succulencia tampoco una tendencia clara, lo que induce a afirmar que estas características no son afectadas por la fertilidad, al menos en estadios fenológicos de preenañazón. Esto es consistente con la idea de que la altura de las plantas responde a la calidad y cantidad de radiación más que a otros factores (Carranza y Ledesma, 2009).

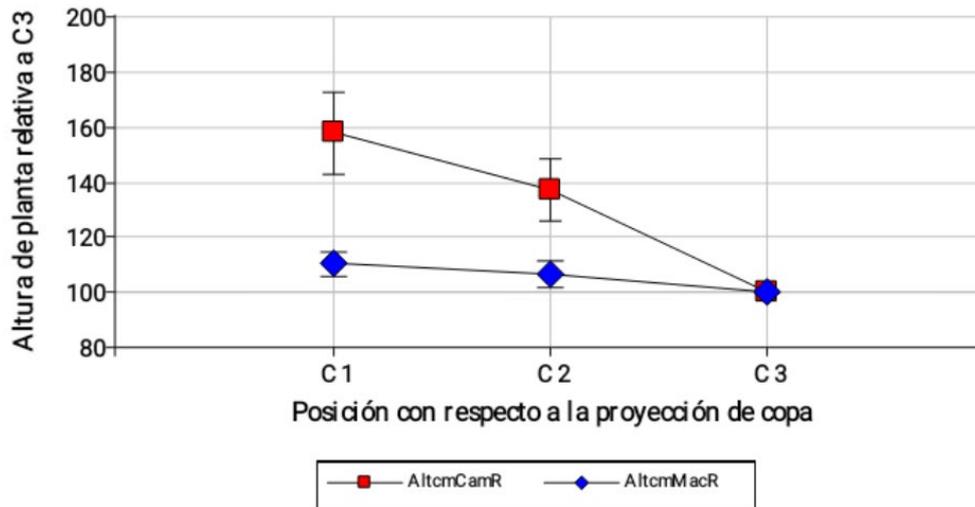
### Comparación de valores de campo y experimento

Los valores relativos de campo (considerando a la situación sin cobertura como el 100 %) se consideran como producto de la suma de efectos derivados de la existencia del árbol. En el experimento se aísla y evalúa el efecto de la fertilidad del suelo, por lo que la diferencia (valores relativos campo menos valores relativos del experimento para cada situación de cobertura) representa los efectos ambientales ejercidos por la presencia del dosel de algarrobo, excluyendo la fertilidad (Figura 1). Una situación sin diferencia significativa muestra que el comportamiento de la variable es explicado por la fertilidad. Por otro lado, si se obtienen valores iguales, esto indica que el único factor causal es la fertilidad del suelo.



**Tabla 4.** Diferencia de los valores relativizados a la situación sin cobertura de las variables en el campo y el experimento y probabilidad de igualdad por prueba T para muestras apareadas.

	Materia Seca		Agua		Altura	
	Diferencia (%)	P	Diferencia(%)	P	Diferencia(cm)	P
C1	45,62	0,1971	1,02	0,5411	47,27	0,0112
C2	27,52	0,4017	-1,69	0,2625	31,38	0,0138



**Figura 1.** Valores de materia seca, contenido de agua y altura de plantas de avena relativizados a la condición sin cobertura de algarrobo (C3 = 100 %) para las condiciones de campo (cuadrados) y experimental (rombos).

Las diferencias encontradas en biomasa aérea y contenido de agua en el cultivo son explicadas en forma parcial por las diferencias de fertilidad, ya que no hay diferencias significativas y tampoco igualdad en los valores relativos campo-experimento (Tabla 4).

Las diferencias de las alturas del cultivo en C1 y C2 no se explican por los efectos de la fertilidad. Esto implica un factor distinto que las determina, posiblemente la intensidad de la radiación, que influye en la arquitectura de la planta, y la modifica para interceptar mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa con un incremento en la altura en la zona de mayor sombreado (etiolación).

Las diferencias en succulencia podrían depender de la menor demanda atmosférica de agua, teniendo en cuenta que las tasas de evapotranspiración son más bajas en pasturas sombreadas, y presumiblemente sean determinadas por menores temperaturas y vientos. En los ecosistemas áridos la vegetación crea condiciones microclimáticas que atenúan las características de la región (Abril et al., 1993). Los árboles contribuyen a regular la temperatura del aire, lo que resulta en un ambiente más estable (Ribaski y Menezes, 2002; Carranza y Ledesma, 2009).

## Conclusiones

El algarrobo favorece el incremento de materia seca, un mayor contenido de humedad y una mayor altura de las plantas de avena que crecen debajo de su copa.

Se puede considerar a la avena como tolerante a la sombra de algarrobo.

La fertilidad del suelo explica parcialmente las diferencias en la altura y la producción de biomasa aérea.

La succulencia se muestra fuertemente asociada a la fertilidad.

## Referencias

- Abril, A.; Acosta, M.; Bachmeier, O. y Rollan A. 1993. Efecto de la cobertura vegetal sobre la actividad biológica de un suelo del Chaco Árido. *Revista argentina de microbiología*. N° 25.
- Barth, R.C. y Klemmedson J.O. 1982. Amount and distribution of dry matter, nitrogen and organic carbon in soil-plant systems of mesquite and palo verde. *Journal of Range Management*. 35: 412-418.
- Callaway, R.M. y Walker, L.R. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology*, 78(7): 1958-1965.
- Carranza, C. y Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. *Actas XIII Congreso Forestal Mundial*. 9 p. Buenos Aires. Argentina.
- Díaz, R.O. (2003). Efectos de diferentes niveles de cobertura arbórea sobre la producción acumulada, digestibilidad y composición botánica del pastizal natural del Chaco Árido (Argentina). *Agriscientia*. 20: 61-68.
- FAO. 2017. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Aprovechar los sistemas alimentarios para lograr una transformación rural inclusiva. 201 p. Roma.
- Fernández, M.E.; Gyenge, J.E.; Dalla Salda, G. and Schlichter, T. 2002. Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. Growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems*. 55:27-35.
- Miralles, D.J. 2017. Estrategias para aumentar la producción de alimentos. En: María Semmartin, M.G. y M. Oesterheld, Ed. *Ciencia hoy*. Volumen temático N°2. Ciencias Agropecuarias. CABA.
- Montaldi, R.E. 1995. Principios de fisiología vegetal. Ed. Sur.
- Morrison, S.F. and Hik, D.S. 2008. Discrimination of intra- and inter-specific forage quality by collared pikas (*Ochotona collaris*). *Canadian Journal of Zoology* 86(6):456-461. DOI:10.1139/Z08-023
- Oliva, L.; Mazzarino, M.; Núñez, G.; Abril, A. y Acosta, M. 1993. Dinámica del nitrógeno y del agua del suelo en un desmonte selectivo en el chaco árido argentino. *Pesquisa. agropecuaria. Brasil.*; Vol. 28, N° 6, P 709-710.
- Peri, P. 1999. Efecto de la sombra sobre la producción y calidad de pasturas en sistemas silvopastoriles. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Convenio INTA-UNPA. SAGPyA Forestal N° 13.
- Radrizani R. R. 2004. La importancia de los árboles. La importancia de los árboles en la sustentabilidad de la ganadería del Chaco Semiárido. INTA EEA Santiago del Estero.
- Ribaski, J. y Menezes, E. de A. 2002. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. *Agroforestería en las Américas*. 9(33-34): 8-13.
- Sereno, R. y Hang, S. 1989. Evaluación preliminar del efecto del algarrobo sobre las fracciones del fósforo en un suelo aluvial. En: *ciencia del suelo*, Vol. 7, N° 1-2.
- Verga A. 2000. Algarrobos como especies para forestación: una estrategia de mejoramiento. SAGPyA Forestal N° 16. INTA EEA Junín Mendoza.

Viáfara, B., Clavero, T. y Araujo-Febres, O. 1997. Efecto del sombreado de Samán (*Pithecelobium saman* jacq. (Benth) sobre el crecimiento y desarrollo del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq).

Archivo Latinoamericano de Producción Animal 5(Suplemento 1) P 39-41. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Venezuela.

Virginia, R.A. y Jarrel W.M. 1983. Soil properties in a mesquite-dominates Sonoran Desert ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 138-144.