

Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz

[Paola A. Jiménez*](#), [Harry Cortés R.**](#), [Sanín Ortiz G.**](#)

[Compendio](#) | [Abstract](#) | [Introducción](#) | [Materiales y Métodos](#) | [Resultados y Discusión](#) | [Bibliografía](#)

COMPENDIO

Mediante un modelo experimental completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones se determinaron los cambios en la producción de forraje verde disponible (FVD) producción de materia seca (MS) y la relación de material de alto valor forrajero (MAVF) vs tallos. El rendimiento por corte de FVD para canavalia fue de 43.18 ± 4.6 , para maíz de 39.23 ± 7.3 , y para la asociación de 47.27 ± 7.9 t/ha/corte. No se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos en rendimiento de MS. La producción anual de MS fue de 45.64, 47.88 y 49.64 t/ha/año. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en la relación MAVF Vs tallos obteniéndose la mejor relación en canavalia. La asociación en forraje verde y en ensilaje superó en PC y FDN al FVD de maíz. La conservación mejoró la calidad del FVD en los tres tratamientos.

Palabras claves: *Canavalia ensiformis*, *Zea mays*, cultivos asociados, calidad nutricional, ensilaje.

ABSTRACT

Forage yield and nutritional quality of canavalia silage on pure cultivation and intercropping system. A full random experimental model with three treatments and five repeat, were determined the changes of chemical composition of cultivation alone and intercropping systems of canavalia and corn . The yield of DGF for canavalia and corn alone was of 43.18 ± 4.6 and 39.23 ± 7.3 t/ha/harvest, respectively; for the association was of 47.27 ± 7.9 t/ha/harvests. Not presented significant differences ($P < 0.05$) among the treatments as for dry matter (DM). The production estimated in DM of canavalia, corn and the association was 45.64, 47.88 and 49.64 t/ha/year respectively. It was presented significant differences ($P < 0.05$) among the treatments as for relationship of high value forage Vs. shafts being obtained the best relationship in the canavalia. The association as much in green forage as in silage was superior in CP, NDF and available green forage (AGF) that the corn like and silage. The conservation process improved the quality of the AGF for the three treatments.

Key words: *Canavalia ensiformis*, *Zea mays*, intercropping systems, nutritional quality, silage, NDF, CP, AGF.

INTRODUCCIÓN

El forraje y el grano de la leguminosa canavalia, *Canavalia ensiformis*, se emplea en la alimentación de rumiantes, el forraje se puede conservar como ensilaje y henolaje; se recomienda que el grano no constituya más del 30% de la dieta ya que puede causar toxicidad (Bernal, 1991). El maíz, *Zea mays*, se emplea en la alimentación humana y del ganado y en la obtención de productos industriales; en la zona tropical su utilización es baja con relación al

potencial impacto para la intensificación de los sistemas de producción bovina; se considera como la principal fuente de energía para el ganado; se produce a menor costo porque se puede cosechar rápido. El maíz híbrido que produce gran cantidad de grano, buenas hojas y tallos, se prefiere para el ensilaje (Checa, 1998).

Los altos costos de importación y la creciente demanda de proteínas por los países en desarrollo justifican la exploración del uso de fuentes de proteína como es el caso de *C. ensiformis*, que por adaptabilidad y contenido de proteína podría tener buen resultado asociada con gramíneas (Ríos,1991). Con la asociación de cultivos se busca mejorar la eficiencia de uso de la tierra, el balance proteína-energía, la estabilidad del sistema y reducir el riesgo de producción (Arias y Muñoz,1983). Respecto del enriquecimiento de las gramíneas como base forrajera, Thomas (1994) considera que "con la introducción de leguminosas en las pasturas se pueden incrementar las ganancias de peso del animal (53%) y la utilización de las pasturas (33%), sin disminuir las reservas del suelo".

El objetivo de esta investigación fue determinar si la asociación *C. ensiformis* y *Z. mays* genera cambios en la producción de FVD, producción de MS, la relación de MAVF vs tallos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció el 22 de noviembre de 2002 en 700 m² del Centro Experimental de la Universidad Nacional sede Palmira CEUNP, ubicado en la finca Los Arboles, corregimiento El Carmelo, municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca, Colombia, a 9 km de Cali, altitud de 980 m, 69% de humedad relativa, climatológicamente clasificado como bosque húmedo tropical; el suelo es un haplustert udicoarcilloso finoisohipertermico (Rodríguez 1999; Roveiro y Aragón 1997). La parcela básica fue de 18m² (6 x 3m) y la parcela útil de 8.6m² (4.8 x 1.8m); la separación entre cada unidad experimental y entre cada repetición fue de 2m.

Se empleó el modelo experimental completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 canavalia sola, se sembró a 50 cm entre surcos y 50 cm dentro de surcos (40.000 plantas /ha), distancia de siembra óptima para producción de forraje (Ortiz, 2004), T2 maíz solo, la variedad ICA 354 se sembró a 70 cm entre surcos y 20 cm dentro de surcos (67.000 plantas /ha) (Ospina, 1999), T3 canavalia asociada con maíz, el maíz se sembró a 100 cm entre surcos y a 20 cm dentro de surcos; canavalia en las calles a 50 cm entre plantas, garantizando una proporción de 70 % de maíz y 30 % de canavalia.

Se realizaron las siguientes evaluaciones : Relación material de alto valor forraje (MAVF) vs tallos, cosechando hojas, pecíolos, ramos, flores y semitallos de canavalia y hojas, flores y mazorcas de maíz, rendimiento por hectárea de forraje verde, además se estimó el contenido de materia seca (60°C por 48 horas).

El material para ensilar se cosechó a los 75 días, se fraccionó en un molino de cuchillas a partículas menores de 2 cm. El material integral picado se asperjó con melaza diluida al 50 % y se empacó en bidones plásticos con tapa hermética (55 galones), hasta garantizar una densidad mínima de 500 kg/m³, con el fin de lograr anaerobiosis y fermentación láctica efectiva (Checa, 1998).

Las muestras para el laboratorio se protegieron utilizando papel Kraf y se almacenaron en una nevera de icopor con hielo seco a fin de suspender la respiración endógena del forraje y el desarrollo y actividad microbiana (Wernli y Ojeda, 1990). El contenido de materia seca (MS) se determinó por el método estándar; proteína cruda (PC) por el método de Kjeldhal (AOAC, 1990); fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA) por Van Soest y Wine (1967); digestibilidad in vitro de la materia seca por Tilley y Terry (1963).

Para probar la hipótesis de igualdad de medias en los tratamientos T1 (*canavalia*), T2 (maíz) y T3 (*canavalia* asociada con maíz) se realizó un análisis de varianza y prueba de Duncan para comparar entre los promedios de los rendimientos. El modelo completamente al azar se soporta en el modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Promedio general.

T_i = Efecto del tratamiento sobre la variable de respuesta.

ε_{ij} = Error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variable FVD fue similar entre tratamientos sin diferencias significativas ($p < 0.05$). El rendimiento de FVD para *canavalia* fue superior en 25-30 t a los reportes en Venezuela (Contreras y Marín, 1989 y Ramis, 1994) con 20.000 plantas /ha. Ortiz (2004) en el CEUNP reportó con la misma densidad una producción similar a la de la presente investigación (Cuadro 1). El rendimiento de FVD para maíz solo (Cuadro 1) fue similar al reportado por Checa (1998) para el Valle del Cauca y por Mila (2000) en Tibaitatá. Bernal (1991) considera que un buen cultivo de maíz para ensilar puede producir entre 60 y 80 t/ha a los 90 días, cuando alcanza la madurez de cosecha. El rendimiento de FVD para la asociación fue inferior al registrado por Ortiz (2004), en el municipio de Cartago, Valle del Cauca. Mila (2000) reportó para la asociación avena-arveja 12 t/ha de FVD, constituyendo la arveja el 38 % del cultivo.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje verde disponible (FVD) de canavalia, maíz y canavalia asociada con maíz en condiciones del CEUNP (Col.).

	FVD			Referencia (t/ha/corte)
	kg/par. Exp.	t/ha/corte	t/ha/año ¹	
Canavalia	77.72	43.178±4.6 a	172.71	14.7 ² Contreras y Marín (1989) 10.0 Ramis (1994) 41.0 Ortiz (2004)
Maíz	70.69	39.272±7.3 a	157.089	37.5 Mila (2000) 30-35 Checa (1998)
Asociación	85.07	47.261±7.9 a	189.04	72.9 Jiménez y Ortiz (2002)

valores con letras iguales no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)

1. Cuatro cortes por año

2. 20.000 plantas/ha

No se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en cuanto a la variable rendimiento de MS. El resultado para canavalia fue congruente con el registrado por Marín (1990) en Venezuela y superó los logros de Hernández (1993) en el valle medio del Sinú. La producción de MS de maíz en el presente trabajo fue inferior en 9.16 t/ha a la alcanzada en la sabana de Bogotá por Mila (2000). Este autor reporta para Canadá con avena y cebada 11.1 t/ha que coinciden con los datos del presente trabajo.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (MS) canavalia, maíz, y canavalia asociada con maíz en las condiciones del CEUNP (Col.).

	MS				Referencia (t/ha)
	%	kg/par.ex	t/ha/corte	t/ha/año	
Canavalia	21.72	16.88	9.38±0.59a	45.65	10.0 Marín (1990) 3.9 Hernández (1993) 7.7 Ortiz (2004)
Maíz	25.05	17.71	9.84±1.57a	48.88	191 Mila (2000)
Asociación	21.57	18.36	10.2±2.07a	49.64	9.8 Cratileo y otros (2003)

valores con letras iguales no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)

1. asociación cebada con trébol rosado para ensilar

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos en cuanto a la variable relación Material de alto valor forrajero (MAVF) vs tallos, obteniéndose la mejor relación con

canavalia (Cuadro 3). Ortiz (2004) reportó rendimientos de forraje de *C. ensiformis* para planta completa, hojas y tallos de 562.5 ± 206.5 t/ha.

Aunque se esperaba mayor digestibilidad de la canavalia si se tiene en cuenta que el material foliar posee menos lignina, la mayor digestibilidad in vitro la presentó el maíz, seguido por la asociación, confirmando que las leguminosas poseen mayor cantidad de lignina que los pastos (Van Soest, 1961). El proceso de ensilaje idóneo supone una relación MAVF vs tallo lo más amplia posible a favor de hojas, pecíolos, semitallos y mazorcas, debido a que poseen mayor porcentaje de nutrientes digestibles para el animal; además, garantiza mejor densidad en el proceso y más vigor fermentativo por mayor extracción de oxígeno en el apisonamiento (Ortiz, 2004).

Cuadro 3. Relación material de alto valor forrajero (MAVF) vs tallos en los tratamientos en las condiciones del CEUNP (Col.)

	Relación MAVF - Tallos (g)			
	Planta Completa	MAVF	Tallos	MAVF/Tallo
T1	530.2	423.8±105	102.76±17.9	4.1±1.5a
T2	904.9	615.5±214.5	289.4±66.9	2.10±0.46b
T3	1253.8	850.4±227	403.36±121.6	2.20±0.51b

valores con letras iguales no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)

Calidad forrajera

La PC aumentó 0.4% con el proceso de ensilado (Cuadro 4), en tanto que Flórez y Le Vaira (1986) afirman que el contenido de proteína cruda se mantuvo igual. La planta entera de maíz conservó la PC después del ensilaje (Cuadro 4). En maíz para ensilar la proteína fue similar con los datos reportados por Chaverra y Bernal (2000). Al ensilar canavalia-maíz el porcentaje de PC se conservó (Cuadro 4).

Cuadro 4. Proteína cruda (PC) de forraje verde disponible (FVD) y ensilaje (En).

	PC%		Referencia
	FVD	En	
Canavalia	12.82	13.26	Flórez y Levaira (1980)
	17	17	
Maíz	6.9	6.96	Chaverra y Bernal (2000)
		6.9	
Asociación	8.67	8.68	

Se presentó reducción en 0.12 % de la FDN del ensilaje de *Canavalia* (Cuadro 5), lo que mejora la digestibilidad del material. Se redujo en 9% la FDN del maíz ensilado (Cuadro 4), mejorando la digestibilidad del material en 8.40 %. Los datos reportados por Sánchez (2001), Peña y Núñez (2002) fueron inferiores en 11.6 y 7.4 % respectivamente a los del T2, y el dato de Núñez, Contreras y Faz (2003) fue similar al del presente caso. Sánchez (2001) reportó datos menores en 4.6% en ensilaje de maíz.

Cuadro 5. Fibras detergentes neutra (FDN) y ácida (FDA) del forraje verde y del ensilaje.

	FDN (%)		FDA(%)		
	FVD	En	FVD	En	
Canavalia	42.85	32.73	32.31	26.91	
	40.7		34.21		Mora, Parra y Escobar (1986)
	41				Viera y Rami (1995)
Maíz	57.10	48.10	29.62	20.31	
	45.50	43.5	26.40		Sánchez (2001)
	49.70				Peña y Núñez (2002)
Asociación	45.83	41.95	29.51	25.37	

Al ensilar el porcentaje de FDN de la asociación *Canavalia*-Maíz se redujo en 3.88% (Cuadro 5). El porcentaje de FDN del cultivo asociado aumentó en 2.98 % respecto a canavalia y se redujo en 11.37 % respecto a maíz.

Cuando se ensiló el porcentaje de FDA de canavalia se redujo en 5.4% (Cuadro 5); Ortiz (2004) reportó datos superiores en 1.9% de FDN en planta completa en floración.

El porcentaje de FDA de la planta de maíz se redujo 9.3% al ensilarla (Cuadro 5), Peña (2002) reportó datos inferiores en 3.22% para híbridos precoces en México.

El porcentaje de FDA en la asociación canavalia-maíz fue inferior en 0.103 y 2.793% de maíz y canavalia respectivamente. El porcentaje de FDA en el ensilaje de la asociación canavalia-maíz se redujo en 1.54 y 5.06 % con respecto al de canavalia sola y al de maíz solo respectivamente.

El forraje verde de canavalia fue inferior en 3.93% de lignina; cuando se ensiló el contenido de lignina se redujo en 0.48% (Cuadro 6). Ortiz (2004) reportó en forraje integral de canavalia un dato superior en 3.93% de lignina.

Cuadro 6. Carbohidratos estructurales del forraje verde disponible y el ensilado.

	LIG		CE		HE	
	FVD	En	FVD	En	FVD	En
Canavalia	6.28	5.8	26.03	22.39	10.54	5.82
Maíz	3.5	2.82	26.12	18.51	27.48	17.89
Asociación	4.0	3.6	25.51	22.27	16.32	16.58

El porcentaje de lignina en la planta completa de maíz fue el 3.5 de la FDA; al ser ensilada se redujo un 2.82 %. Para la asociación el porcentaje de lignina en el forraje fresco fue 4%, al ser ensilada se redujo en 0.4 (Cuadro 6).

La celulosa del FVD de canavalia se redujo de la celulosa al ser ensilada en 3.64%; mejorando la digestibilidad; de maíz lo hizo en 7.6 %, en la asociación aumentó en 0.26% (Cuadro 6).

La hemicelulosa del forraje fresco se redujo al ensilarla en 4.72%; en la planta integral de maíz lo hizo en 9.59 % y en la asociación aumentó en 0.26% (Cuadro 6).

La digestibilidad in vitro de la MS de la planta de *canavalia* fue de 69.45%, superior en 5.45% a la reportada por Viera (1995), al ensilarla pasó a 77.8%

(Tabla 11). La menor digestibilidad de las leguminosas (Van Soest, 1961), se hace evidente al comparar la canavalia con el 71.20% del king grass (Bernal, 2003). La DIVMS del forraje verde de maíz fue de 71.40 y para el ensilaje de 79.8%, siendo similar al 72.4% y al 72% obtenido por Peña y Núñez (2002).

La asociación arrojó 63.21% de DIVMS menor en 8.19% que el forraje de maíz. Al ensilar la asociación se mejoró en 15.43 % la digestibilidad. El ensilaje de canavalia-maíz presentó 0.84% más de DIVMS que el de canavalia sola, y 1.16% menos que maíz solo.

En los tres tratamientos se refuta la idea de Peña y Núñez (2002), quienes aseguran que el proceso de ensilaje per se no tiene efecto sobre la digestibilidad del forraje, pues como la evidencia lo indica se generaron cambios positivos en DIVMS al ensilar.

La DIVMS presentó valores máximos de 79.8% (ensilaje maíz) y mínimos de 63.21% (Asociación canavalia –maíz), superando a los valores reportados como excelente entre 35 y 52 % (Chaverra y Bernal, 2000).

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, I.; Muñoz, C. 1983.. Evaluación de sistemas en monocultivo y asociación de maíz y leguminosa en el nor-orientado de Guarico, Venezuela. En: *Agronomía Tropical*, Vol. 33 (1/6) p. 143-154.
- Association of Official Analytical Chemists –AOAC-. (1990). *Official methods of analysis analytical chemist*. 15th ed. (K, Helrick editor) Arlington. p: 250-253.
- Bernal, J. 1991. *Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo*. Bogotá: Banco Ganadero.
- Carvalho, M.; Cardoso, I.; Evangelista, A. 2000. Concentração de fibras (FDN y FDA) e minerais de cultivares de Millete en sucessão à cultura de feijão no sul de Minas Gerais. *Rev Cienc Ani Brasil*. Vol.1. (1). p: 45-48.
- Catrileo, A.; Rojas, C.; Matus, J. 2003. Evaluación de la producción y calidad de cebada sembrada sola y asociada a especies forrajeras para la producción de ensilaje. En : *Agricultura Técnica Chile*: Vol. 63.(2).p.: 354-370.
- Chaverra, G.; Bernal, E. 2000. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Bogotá: IICA-Tercer Mundo. p 64-69.
- Checa, E. 1998. *Ensilaje de Pastos*. Bogotá: Tercer Mundo.
- Contreras, E.; Marin, D. 1989. *Evaluación ecofisiológica de cultivos asociados Canavalia –Maíz*. Tesis. Universidad Central de Venezuela.
- Flores, D.; Le Vaira, P.1986. *J. Ani. Sci.* (66). P:1019-1027.
- Hernández, A. 1993. *Producción de biomasa de Canavalia ensiformis (L) DC bajo diferentes densidades en el valle medio del Sinú*, Tesis. Montería: Universidad de Córdoba.
- Jiménez, P.; Ortiz, S. 2002. *Rendimiento forrajero de Canavalia en condiciones de CEUNP*. Datos sin publicar.
- Marín, Ch. 1991. *Algunos aspectos ecofisiológicos del cultivo de Canavalia ensiformis (L) DC*, En: *Mundi prensa. Canavalia ensiformis: Producción, procesamiento y utilización en la alimentación animal, Venezuela*
- Mila, P. 2000. *Los cultivos forrajeros, alternativas para la conservación y mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de producción ganaderos*. Tibaitatá. Corpoica.
- Moore, J.; Undersander, D. 2002. *Relative forage quality: An alternative to Relative feed value and quality index*. Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida.
- Mora, M.; Parra, R.; Escobar, A. 1986. *Canavalia ensiformis su utilización en la alimentación de rumiantes, resultados preliminares*. *Rev Fac Agron. Venezuela*. Vol.7. p:179-192.
- Núñez, G.; Contreras, E.; Faz, R. 2003. *Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forrajes con alto valor energético*. Universidad Tecnológica Pecuaría de México. p: 120-154.
- Ortiz, S. 2004. *Rendimiento forrajero y digestibilidad in vivo en Canavalia ensiformis (L)*. Trabajo de promoción en proceso. Palmira: UNC.
- Ospina, G. 1999. *Tecnología del cultivo del maíz*. Bogotá: Fondo Nacional Cerealista. p: 125-134.
- Peña, R.; Núñez, H. 2002. *Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad*. Universidad Tecnológica Pecuaría de México. p: 45-67.
- Ramis, C.; Viera, J. 1994. *Un nuevo cultivo: Canavalia*. Caracas. Fundación Polar.
- Ríos, J. 1991. *Uso de la Canavalia ensiformis en la alimentación de los rumiantes*. En: *Producción, procesamiento y utilización en la alimentación animal*. Venezuela.
- Rodríguez, C. 1999. *Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas de un vertisol ustico y sobre la producción de Sorghum bicolor en el Valle del Cauca*. Trabajo de grado (Ing Agr). Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

- Roveiro, J.; Aragon, M. 1997. Cartografía ultradetallada de suelos y evaluación de tierras del CEUNP, sede Palmira. Acta Agron, Vol. 47 (1). p: 23-34.
- Sánchez, M. 2001. Manejo especial del rumen del bovino para la optimización de ensilajes en la alimentación del ganado de carne y leche. Tibaitatá: CORPOICA. p: 92-104.
- Thomas. R. Aplicación del conocimiento en el ciclo del nitrógeno en pasturas, In: Buxade Investigación y desarrollo en sistemas de producción de forrajes tropicales, Modulo 2, Agronomía, 1994.
- Tilley, J.; Terry, R. 1963. A two- stage technique for the in vitro digestion forage crops. J. British Grassland Soc 18: p:104-111.
- Van Soest, P.; Wine, R. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV determination of plant cell wall constituents. J. Assoc Off Agric Chemists 46: 829-835.
- Van Soest, P. 1961. New chemical procedures for evaluating forages, In Symposium on nutrition and forage and pastures. (Eds). Amsterdam: p:125-143
- Viera, J.; Ramis, C. 1995. Manejo agronómico y utilización de la Canavalia. Caracas. Universidad Central de Venezuela. p: 185-194.
- Weiss, W.; Wyatt, D. 2002. Effects of feeding diets based on silage from corn hybrids that differed in concentration and in vitro digestibility of neutral detergent fiber to dairy cows. J. Dairy Sci 85, (12). p: 3462-3469.
- Wernli, C.; Ojeda, F. 1990. Metodologías para investigaciones sobre conservación y utilización de ensilajes. Zaragoza: Acribia. p: 185-201.

* Zoot. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. paoljime@caliescali.com

** Estudiante Zoot. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. harrycortes@yahoo.com

*** Zoot., M.Sc. Profesor Asistente D.E. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. sortizg@palmira.unal.edu.co saninortiz@hotmail.com