

# RENDIMIENTO DE FORRAJE DE DOS MATERIALES GENÉTICOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) SEMBRADOS A DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA<sup>1</sup>

Carlos Boschini<sup>2</sup>, Jorge Elizondo<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Rendimiento de forraje de dos materiales genéticos de maíz (*Zea mays* L.) sembrados a diferentes distancias de siembra.** Durante el periodo mayo a octubre del 2002, en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada a una altitud de 1.542 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mmm, se evaluó el efecto de diferentes densidades de siembra (58.000, 90.000 y 180.000 plantas/ha) sobre el rendimiento de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente por hectárea, de una variedad costarricense de maíz criollo de altura (>1.500 msnm) y un híbrido comercial, cuando las plantas alcanzaron el mismo estado fisiológico, el grano en estado lechoso (óptimo para ensilar), 147 días en la variedad criolla y 119 días en el híbrido. El rendimiento por hectárea de materia seca en el maíz criollo fue de 18,3 t, de proteína cruda 1,7 t y de fibra neutro detergente de 12,9 t contra 8, 0,8 y 5,8 t, respectivamente, en el maíz híbrido ( $P<0,01$ ). La proporción de hojas y mazorcas en el cultivar híbrido fue de 8 y 3% superior al criollo e inferior en un 11% en los tallos. Se encontró que los rendimientos de materia seca y proteína cruda se maximizan en la distancia de 25 cm entre plantas.

**Palabras clave:** maíz, *Zea mays*, espaciamiento, germoplasma, ensilaje, plantas forrajeras, alimentación de los animales, Costa Rica.

## ABSTRACT

**Roughage yield of two genetic materials of corn (*Zea mays* L.) planted at different distances.** This experiment was conducted at the Alfredo Volio Mata Experiment Station of the University of Costa Rica, located at an altitude of 1542 masl, with an annual rainfall of 2050 mm, during the period from May to October of 2002. The dry matter yield, the crude protein and the neutral detergent fiber per hectare, of a Costa Rican native corn (>1500 masl) and a commercial hybrid variety, were evaluated when the plants reached the same physiological stage, grain in milky stage (good for ensiling), at 147 days in the native variety and 119 days in the hybrid variety. Plant density effect was studied using different distances among plants (8, 16, 25, 50 cm). Dry matter yield per hectare in native corn was of 18.3 tons, 1.7 tons of crude protein and 12.9 tons of neutral detergent fiber against 8, 0.8 and 5.8 tons, respectively, for the hybrid variety ( $P<0.01$ ). The ratio of leaves and ears in the hybrid cultivar were 8 and 3% superior and 11% inferior in stems. It was found that dry matter yield and crude protein content are maximized with the distance of 25 cm between plants.

**Key words:** maize, *Zea mays* L., spacing, germplasm, silage making, feed crops, animal feeding, Costa Rica.



<sup>1</sup> Parte del Proyecto No. 737-97-006, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica (UCR).

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, UCR. E-mail: jaelizondo@cariari.ucr.ac.cr.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para la producción de grano es parte de la cultura mesoamericana. Los rastrojos y residuos poscosecha han sido ofrecidos a los animales bovinos desde tiempos inmemoriales, para mitigar el déficit de forraje durante la época seca. En menos de una década se comenzó a cultivar maíz con el principal objetivo de producir alimento forrajero para el ganado. Esta práctica se encuentra ampliamente distribuida en el mundo y se estima que se siembra anualmente, una superficie mayor a 100 millones de hectáreas.

Este cultivo provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, variando de 35 a 95 t/ha en un corto ciclo de crecimiento (Wang-Yeong *et al.* 1995, Aldrich *et al.* 1974) y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en el momento de la cosecha (Aldrich *et al.* 1974). Durante las últimas décadas, la producción de grano recibió una atención genética extraordinaria: se redujo el porte de la planta, la distancia de siembra y se aumentó el rendimiento por planta. Junto con la reducción del tamaño y la densidad de las plantas, disminuyeron los residuos poscosecha y en consecuencia, la disponibilidad de este forraje para el ganado. El uso de variedades mejoradas fue sustituyendo a las criollas y actualmente, entre los ganaderos, aún se tiene un buen recuerdo de aquellas variedades criollas con altos rendimientos de forraje y una buena composición química: 25 % de materia seca, 11 % de proteína cruda, de 1 a 3,5% de extracto etéreo, 27 a 35% de fibra cruda, 34 a 55% de extracto libre (Sánchez *et al.* 1973, León 1980) y una digestibilidad media de 60%.

Mientras algunos autores informan producciones de forraje con maíz híbrido de 17,7 toneladas de materia seca/ha, cosechado a los 171 días y con una densidad de siembra de 77.000 plantas/ha (Soto y Jahn 1983), otros han obtenido rendimientos de 10,2 toneladas de materia seca por hectárea, empleando semilla de maíz criollo, a una edad de 112 días y con una densidad de siembra de 96.000 plantas/ha (Elizondo y Boschini 2001). Esos resultados

no permiten ofrecer una recomendación clara. Con frecuencia los productores preguntan cuáles son las ventajas del maíz híbrido para forraje sobre las variedades criollas y cuál es el rendimiento de nutrientes por hectárea. Con ambas respuestas y el tamaño del hato ganadero, los productores deben planificar la siembra de maíz para forraje. Este trabajo se realizó con el propósito de cuantificar y comparar la producción de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente por unidad de área, tomando en cuenta el efecto de la densidad de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo, durante el periodo mayo a octubre del 2002, en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada en el Alto de Ochoмого en la Provincia de Cartago. La altitud es de 1.542 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mm distribuida en cinco meses entre mayo y noviembre. La humedad relativa media es de 84% y la temperatura media anual es de 19,3 °C, con un mínimo de 13 °C y una máxima máximo de 23 °C. El suelo se clasifica como Tipic Dystrandeps (Vásquez 1982), formados por arenas volcánicas recientes, con una textura franco arcillo arenoso, un pH de 5,8 y un contenido de materia orgánica de 6,24%. Éste se considera de excelentes condiciones físicas y buenas características químicas, buen drenaje y una vocación agrícola limitada por la topografía. El ecosistema de la región se clasifica como bosque húmedo montano bajo (Tosi 1970, citado por Vásquez 1982).

El terreno fue previamente, arado, rastreado y surcado a una distancia de 70 cm entre hileras. La siembra se hizo en forma manual, el 22 de mayo. Se aplicó el fertilizante 10-30-10 a razón de 200 kg/ha a la siembra y 250 kg/ha de nitrógeno en forma de nitrato de amonio a los 45 días después de ésta. Se aplicó un herbicida pre-emergente (atrazina (GESAPRIM 90 WG) a razón de 900 g/ha disuelto en 200 l de agua y asperjado con bomba de espalda.

Los tratamientos resultaron de la combinación de dos materiales genéticos (una variedad criolla<sup>1</sup> proveniente de la zona alta de Cartago y el híbrido 3002 W, ambos con grano de color blanco) y cuatro densidades de siembra (58.000, 90.000 y 180.000 plantas por hectárea). Estas densidades correspondieron a diferentes distancias entre plantas y número de plantas sembradas por sitio de siembra (8 cm, 16 cm y 25 cm a una planta y 50 cm a dos plantas).

Se utilizó un diseño experimental Bloques Completos al Azar en arreglo factorial 2x4 con cuatro repeticiones (Steel y Torrie, 1988). La unidad experimental fue de 250 m<sup>2</sup>, tamaño que permitió la conducción del experimento y a la vez, la producción de suficiente material, para un área total de 8.000 m<sup>2</sup>.

Se evaluó el rendimiento en cantidad de follaje y calidad por su contenido alimenticio, para lo cual se muestrearon al azar las plantas establecidas en un espacio lineal de 5 m a lo largo de las hileras de plantas de cada parcela útil (21 m<sup>2</sup>), cuando los materiales alcanzaron el estado lechoso del grano, condición óptima para el ensilaje (Peñagricano *et al.* 1986) a los 147 y 119 días después de la siembra para la variedad criolla y el híbrido, respectivamente.

El material muestreado se cortó a 10 cm sobre el nivel del suelo y en estado fresco, se separaron sus componentes (tallos, hojas, chilotes o mazorcas) y se secaron a una temperatura de 60 °C durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, las muestras se molieron y se procedió a determinar el contenido de materia seca en una estufa a 105 °C y el de proteína cruda, fibra neutro detergente, siguiendo los procedimientos recomendados por la AOAC(1980) y, Goering y Van Soest (1970).

Los datos observados se analizaron estadísticamente utilizando el procedimiento PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (SAS 1985). Finalmente, se realizó la separación de medias con la prueba Duncan 5%, en aquellas variables que resultaron con efectos significativos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Materia seca

En el Cuadro 1 se muestra la producción de materia seca en tallos, hojas, mazorca y en conjunto en la planta entera. Se observa que la producción total de masa aprovechable en la alimentación de ganado fue significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) entre ambos materiales, mostrando la variedad criolla un rendimiento superior en 10.332 kg/ha sobre el híbrido, con 28 días adicionales de crecimiento para alcanzar el mismo estado fisiológico. Al comparar la variedad criolla, respecto al híbrido, en cuanto a la contribución de cada parte de la planta en la producción de materia seca total (Cuadro 2), se encontró que en la variedad criolla la proporción de hojas fue 8% menor, en tallos 11% mayor y en las mazorcas 3% menor. En términos relativos, la variedad criolla mostró una fuerte habilidad para formar tallos, lo cual se reflejó en un 128% superior a la producción total de biomasa (hojas, tallos y mazorcas).

La producción de materia seca por hectárea (Cuadro 1 y 2) mostró diferencias importantes ( $P < 0,05$ ) entre las distancias de siembra. La producción masa seca presentó similitudes en las distancias de 8, 16 y 25 centímetros entre plantas y una disminución importante cuando se hizo a 50 centímetros.

La contribución porcentual de las hojas en la materia seca total, mostró una leve disminución al aumentar la distancia de siembra y la producción de mazorcas presentaron una contribución de 11% en las distancias de 8 y 16 cm y de 15% en las distancias de 25 y 50 cm (Cuadro 2).

---

<sup>1</sup> La planta es de porte alto que alcanza 4,4 m de altura, 34 mm de grosor en el diámetro del tallo, de una a dos mazorcas de 30 cm de longitud por 4,6 cm de diámetro con granos perfectamente alineados a los 135 días después de la siembra.

**Cuadro 1.** Producción de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente en el follaje de dos materiales genéticos de maíz (*Zea mays* L.) sembrados a diferentes distancias de siembra<sup>1</sup>. Cartago, Costa Rica.

Variedad	Dist. cm	Materia Seca (kg/ha)				Proteína Cruda (kg/ha)				Fibra Neutro Detergente (kg/ha)			
		Hoja	Tallo	Mazorca	Planta	Hoja	Tallo	Mazorca	Planta	Hoja	Tallo	Mazorca	Planta
Híbrido Criollo		2.443 a	4.394 a	1.230 a	8.067 a	361 a	311 a	141 a	813 a	1.706 a	3.189 a	893 a	5.787 a
		4.167 b	12.049 b	2.183 b	18.399 b	581 b	976 b	149 a	1.706 b	2.910 b	8.516 b	1.537b	12.963 b
	8	3.615 b	8.704 b	1.489 a	13.808 b	479 b	633 a	127 a	1.239 b	2.623 b	6.306 c	1.068 a	9.998 c
	16	3.469 b	8.199 b	1.416 a	13.084 b	491 b	634 a	117 a	1.241 b	2.489 b	5.768 ab	1.005 a	9.261 a
	25	3.532 b	8.787 b	2.205 b	14.524 b	523 b	733 b	183 b	1.439 ab	2.267 ab	6.210 c	1.547 b	10.023 c
50 <sup>2</sup>	2.605 a	7.196 a	1.716 a	11.516 a	390 a	574 a	153 ab	1.118 a	1.853 a	5.126 a	1.240 a	8.219 a	
Híbrido	8	2.886	5.151	1.238	9.275	409	342	134	885	2.079	3.770	915	6.764
Híbrido	16	2.301	4.050	694	7.044	324	304	74	702	1.565	2.651	492	4.708
Híbrido	25	2.539	4.912	1.448	8.899	402	366	171	938	1.757	3.707	1.040	6.504
Híbrido	50	2.048	3.462	1.541	7.051	308	233	185	726	1.422	2.627	1.124	5.172
Criollo	8	4.344	12.256	1.740	18.340	550	924	121	1.594	3.168	8.843	1.220	13.231
Criollo	16	4.637	12.349	2.139	19.125	658	963	160	1.781	3.412	8.885	1.517	13.815
Criollo	25	4.526	12.661	2.963	20.150	645	1.101	195	1.941	2.776	8.713	2.054	13.543
Criollo	50	3.161	10.929	1.891	15.981	473	915	121	1.510	2.285	7.625	1.356	11.266

<sup>1</sup> Medidas con igual letra presentan diferencias no significativas según la prueba de Duncan 5%.

<sup>2</sup> A dos plantas por sitio de siembra.

**Cuadro 2.** Contribución porcentual de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente en hojas, tallos y mazorcas de dos materiales genéticos de maíz (*Zea mays* L.) sembrados a diferentes distancias de siembra. Cartago, Costa Rica.

Variedad	Distancia cm <sup>2</sup>	Materia Seca (kg/ha)			Proteína Cruda (kg/ha)			Fibra Neutro Detergente (kg/ha)		
		Hoja	Tallo	Mazorca	Hoja	Tallo	Mazorca	Hoja	Tallo	Mazorca
Híbrido Criollo		30,3	54,5	15,2	44,4	38,3	17,3	29,5	55,1	15,4
		22,6	65,5	11,9	34,1	57,2	8,7	22,5	65,7	11,9
	8	26,2	63,0	10,8	38,7	51,1	10,2	26,2	63,1	10,7
	16	26,5	62,7	10,8	39,5	51,0	9,4	26,9	62,3	10,8
	25	24,3	60,5	15,2	36,4	50,9	12,7	22,6	62,0	15,4
50	22,6	62,5	14,9	34,9	51,4	13,7	22,6	62,4	15,1	
Híbrido	8	31,1	55,5	13,3	46,3	38,7	15,1	30,7	55,7	13,5
Híbrido	16	32,7	57,5	9,8	46,1	43,4	10,5	33,2	56,3	10,4
Híbrido	25	28,5	55,2	16,3	42,8	39,0	18,2	27,0	57,0	16,0
Híbrido	50	29,0	49,1	21,8	42,4	32,1	25,4	27,5	50,8	21,7
Criollo	8	23,7	66,8	9,5	34,5	58,0	7,6	23,9	66,8	9,2
Criollo	16	24,2	64,6	11,2	37,0	54,1	9,0	24,7	64,3	11,0
Criollo	25	22,5	62,8	14,7	33,2	56,7	10,0	20,5	64,3	15,2
Criollo	50	19,8	68,4	11,8	31,3	60,6	8,0	20,3	67,7	12,0

<sup>1</sup> A una planta por sitio de siembra en las distancias 8, 16, 25 cm y a dos plantas en la de 50 cm.

## Proteína cruda

La producción de proteína cruda por hectárea (Cuadro 1) en la variedad criolla fue el doble que la mostrada por el híbrido, observándose diferencias importantes ( $P < 0,05$ ) en hojas y tallos y un rendimiento similar en las mazorcas. En términos proporcionales (Cuadro 2) al rendimiento total de cada material, las hojas del híbrido contribuyeron con un 10% más de proteína que el criollo y las mazorcas en un 100%. La acumulación de proteína en los tallos del híbrido fue un 19% menor.

La producción de proteína ( $P < 0,05$ ) alcanzó 1.240 kg/ha en las distancias de 8 y 16 cm, se incrementó 200 kg/ha en la distancia de 25 cm y disminuyó alrededor de 300 kg/ha en la distancia de 50 cm.

La acumulación de proteína en las hojas tendió a disminuir levemente al aumentar las distancias entre plantas a partir de los 25 cm.

## Fibra neutro detergente

Al comparar la cantidad de fibra neutro detergente contenida en la materia seca de ambos cultivos (Cuadro 1), existe una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en cada una de las partes de la planta de los materiales estudiados. Al comparar la contribución proporcional (Cuadro 2) de fibra y de la materia seca producida en cada hectárea, se observan valores porcentuales similares en las fracciones de la planta entera: hojas, tallos y mazorcas.

La acumulación de fibra por hectárea no presentó una tendencia definida o uniforme entre las distancias de siembra.

Los valores porcentuales de la producción de fibra neutro detergente (Cuadro 2), muestran que las hojas contribuyeron con un 26,5% en las distancias de 8 y 16 cm y disminuyeron a 22,6% en las distancias de 25 y 50 cm. En forma inversa, la contribución de fibra en las distancias de 8 y 16 cm es de 10,7% e incrementó a 15,2% en las distancias de 25 y 50 cm.

Es importante mencionar que en los tratamientos con distancias de siembra cortas, se aplicó una mayor densidad de semilla, pero esto no significó una mayor producción de biomasa por unidad de área ( $P < 0,05$ ). En este experimento se observó que en cualquiera de los dos materiales, sembrados en las distancias de siembra utilizadas, se obtuvo un rendimiento similar o superior al informado por Aldrich y Leng (1974) de 7 a 12 t de materia seca por hectárea a los 120 días.

Es evidente que algunas variedades criollas que aún se conservan escogidas por los productores para la producción de forraje, son altamente productoras de materia seca con relación a los híbridos ofrecidos en el mercado, los cuales tienen mayor oferta comercial y ventajas nutricionales a pesar del menor rendimiento por hectárea, corroborado por Wang-Yeong *et al.* (1995) y por Amador y Boschini (2000). En este experimento se confirman ambas apreciaciones, tomando en consideración que los menores rendimientos de materia seca en las variedades híbridas tienen la ventaja de que cada unidad de masa producida tiene una mayor proporción de hojas y de mazorcas y una menor proporción de tallos (Cuomo *et al.* 1998). En las hojas híbridas se encuentra un 10% más de proteína cruda y en las mazorcas un 8,5% más que las criollas, aún cuando se encuentra en las hojas y mazorcas una mayor proporción de la fibra neutro detergente.

## Conclusiones y recomendaciones:

Con los resultados expuestos se ha determinado el rendimiento de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente por hectárea al utilizar material criollo e híbrido para la producción de forraje, así como la magnitud de las diferencias en hojas, tallos y mazorcas. El mayor rendimiento de materia seca por hectárea se obtuvo en la distancia de 25 cm entre plantas, estando compuesto por un 24% de hojas, 61% de tallos y 15% de mazorcas, así como un máximo rendimiento de proteína cruda. Con distancias de siembras menores, se observó que los rendimientos fueron ligeramente inferiores. Al cuantificar el producción por planta, se

observó que en la distancia de 25 cm entre plantas, el rendimiento por hectárea se maximiza y a mayores densidades de siembra, la producción por planta decrece conforme se acorta la distancia entre plantas. Esta misma tendencia fue documentada por Elizondo y Boschini (2001). En la producción de maíz para forraje, se recomienda la siembra con entresurcos a 70 cm y una distancia entre plantas de 25 cm, sembrando una planta por sitio de siembra, a razón de 58.000 plantas por hectárea.

### LITERATURA CITADA

- ALDRICH, S.; LENG, E. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 pp.
- AMADOR, A.; BOSCHINI, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* (C.R.) 11(1):171-177.
- A.O.A.C. 1980. *Methods of analysis*. Ed. 13. EUA, Washington D.C. Association of Official Analysis Chemistry.
- CUOMO, G.; REDFEARN, D.; BLOUIN, D. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy Journal* 90:93-96.
- ELIZONDO, J.; BOSCHINI, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana* (C.R.) 12(2):181-187.
- GOERING, H.; VAN SOEST, P. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook* No. 379. Washington, D.C., ARS-USDA.
- LEON, C.E. 1980. Efecto de la defoliación en maíz (*Zea mays*) para la alimentación animal. Tesis. Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. Centro Universitario del Atlántico. 81 p.
- PEÑAGARICANO, J.; ARIAS, W.; LLANEZA, N. 1986. *Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras*. Montevideo, Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. 345 p.
- SÁNCHEZ, C.H., OLIVIERA, A.C. 1973. Producción de materia seca y estimación del potencial fotosintético mediante la defoliación artificial en maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. *In: Reunión de maiceros de la Zona Andina*. p: 45-55.
- SAS. 1985. *Statistical Analysis System. SAS User's Guide: Statistics (Version 5 Ed.)* USA, SAS Institute Inc. Cary, NC. p. 373.
- SOTO, P.; JAHN, E. 1983. Epoca de cosecha y acumulación de materia seca en maíz para ensilaje. *Agricultura Técnica* 43(2):133-138.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. México, D.F. McGraw Hill. 633 p.
- VÁSQUEZ, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. p. 36.
- WANG-YEONG, CH., LEE-MIAN, L., CHENG, W., WANG, Y.C., LEE, M., CHENG, W. 1995. Effect of planting density and nitrogen application rates on growth characteristics, grass yield and quality of forage maize. *Journal of Taiwan Livestock Research* 28(2):125-132.