

EFECTO DE LA DENSIDAD Y ALTURA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE DE MAÍZ

EFFECT OF PLANT DENSITY AND CUTTING HEIGHT ON YIELD AND QUALITY OF CORN FORAGE

Fernando González Castañeda^{1*}, Alfonso Peña Ramos¹, Gregorio Núñez Hernández² y Carlos A. Jiménez González¹

¹Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 32.5 Carr. Aguascalientes-Zacatecas. C.P. 20660. Pabellón de Arteaga, Ags. Tel y Fax: 01 (465) 958-0167. Correo electrónico: fdoglez61@hotmail.com ²Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Km 17 Carr. Torreón-Matamoros, Matamoros, Coah.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el efecto de la densidad de población y la altura de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo del maíz para forraje. El experimento se realizó en el Campo Experimental "Pabellón", en Aguascalientes, México, con el híbrido comercial Halcón sembrado a tres densidades: 60 mil, 80 mil y 100 mil plantas/ha, y tres alturas de corte: 15, 30 y 45 cm. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y arreglo en parcelas divididas, donde la parcela mayor fue la densidad y la parcela menor la altura de corte. No se encontró efecto significativo ($P \leq 0.05$) de la densidad ni de la interacción densidad x altura de corte en las variables de estudio, excepto en porcentaje de materia seca. Al aumentar la altura de corte disminuyó ($P \leq 0.05$) el rendimiento de forraje seco de 21.5 a 18.6 t ha⁻¹, se incrementó el porcentaje de elote de 39.6 a 43.1 %, disminuyó el contenido de fibra detergente neutro de 45.8 a 43.4 % y el de fibra detergente ácido de 25.5 a 23.3 %, y se incrementó la digestibilidad de 74.9 a 80.1 % y la producción estimada de leche por tonelada de materia seca de 837 a 1009 kg. La producción de leche por hectárea no varió ($P > 0.05$) con la altura de corte y presentó una media de 18.6 t ha⁻¹. Los resultados indican que al incrementar la altura de corte se mejora el valor nutricional del forraje de maíz sin efecto de la densidad de población entre 60 y 100 mil plantas/ha.

Palabras clave: *Zea mays* L., producción de forraje, altura de corte, densidad de siembra, calidad de forraje.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of plant density and cutting height on the yield and nutritive value of corn forage. The experiment was established at the "Pabellón" Research Station,

in Aguascalientes, México. The commercial corn hybrid Halcón was studied at three plant densities: 60 000, 80 000 and 100 000 plants/ha, and three cutting heights: 15, 30 and 45 cm. A randomized complete block design with three replicates and split plot arrangement was used. Main plot was plant density and subplot cutting height. No effects ($P > 0.05$) were detected for plant density and the plant density x cutting height interaction for the variables evaluated, except in dry matter percent. Increasing cutting height decreased dry matter yield ($P \leq 0.05$) from 21.5 to 18.6 t ha⁻¹, increased the ear proportion from 39.6 to 43.1 %, decreased neutral detergent fiber from 45.8 to 43.4 % and acid detergent fiber from 25.5 to 23.3 %, while dry matter digestibility increased from 74.9 to 80.1 %. The estimated milk production increased from 837 to 1009 kg per ton of dry matter. Cutting height did not affect milk production per hectare ($P \leq 0.05$) and had a mean of 18.56 t ha. The results indicate that increasing cutting height improves corn forage quality, without effect of plant density in the range of 60 to 100 thousand plants ha.

Index words: *Zea mays* L., forage production, cutting height, population density, forage quality.

INTRODUCCIÓN

En las cuencas lecheras de México el ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los forrajes comúnmente usados en la alimentación del ganado lechero, y puede constituir de 30 a 40 % de la dieta de vacas en producción. Según Chalupa (1995), los ensilajes de maíz en México tienen menor contenido energético que los de Estados Unidos de Norte América y Europa, lo cual posiblemente sea consecuencia del escaso mejoramiento genético para calidad de forraje y del poco desarrollo de prácticas de manejo del cultivo.

La densidad de plantas es una práctica agronómica que influye sobre la cantidad y calidad del forraje a ensilar. Estudios recientes (Núñez *et al.*, 1994) indican que híbridos tardíos incrementan su producción de materia seca hasta densidades de 80 000 plantas/ha, mientras que híbridos de ciclo intermedio responden positivamente hasta 120 000 plantas/ha. Widdicombe y Thelen (2002) encontraron incrementos de 1.6 t MS ha⁻¹ al aumentar la densidad de plantas de 64 200 a 88 900 plantas/ha; por su parte Graybill *et al.* (1991) lograron los máximos rendimientos de forraje con 79 000 pl/ha, mientras que Cox y Cherney (2001) aumentaron en 3.7% la producción de materia seca con 116 000 pl/ha, con relación a 80 000. En la mayoría de estos estudios el contenido de fibras se incrementó y la digestibilidad decreció conforme se aumentó la densidad de plantas; tal reducción en la calidad del forraje se encuentra asociada con una disminución en el porcentaje de grano y con una menor digestibilidad de hojas y tallos (Graybill *et al.*, 1991); sin embargo, el valor nutritivo del grano es relativamente constante entre genotipos y densidades de población (Pinter *et al.*, 1994).

La calidad del forraje de maíz se mejora conforme la altura de corte es mayor debido a que se deja en el terreno la parte de la planta con menor digestibilidad (Shaver, 2003). Neylon *et al.* (2002) determinaron que al cosechar a 45.7 cm sobre el nivel del suelo disminuyeron los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en 1.6 y 1.9 unidades porcentuales y se aumentó la concentración de almidón y de la digestibilidad *in vitro* de la FDN en 2 y 2.4 unidades respectivamente, comparado con la altura de corte a 12.7 cm. Incrementos en la altura de corte de 35 a 70 cm han permitido aumentar la producción de leche en 1.2 kg por vaca por día (Wu *et al.*, 2002) y de 1.5 kg cuando se incrementa de 12.7 a 45.7 cm (Neylon *et al.*, 2002). El objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento y la calidad del forraje de maíz al variar la densidad y la altura de corte a la cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del 2003 en el Campo Experimental "Pabellón", del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, ubicado en el estado de Aguascalientes a 22° 10' LN, 102° 20' LW y 1879 msnm. El 15 de junio se sembró el híbrido de maíz Halcón de Asgrow, en suelo húmedo y se fertilizó con la fórmula 180N-90P-00K, al aplicar la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y la otra mitad del nitrógeno en la primera escarda, se aplicaron tres riegos de auxilio. Se evaluaron tres densidades de población fueron (60 mil, 80 mil y 100 mil plantas/ha) y tres alturas de corte (15, 30 y 45 cm sobre el nivel del suelo). El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones y arreglo en parcelas divididas, donde la densidad fue la parcela mayor y la altura de corte la menor. La parcela experimental consistió de cuatro surcos de 0.76 m de ancho por 6 m de longitud, y la parcela útil de 20 plantas con competencia completa en los dos surcos centrales. La cosecha se realizó cuando el grano presentó 1/2 de la línea de leche.

Las 20 plantas cosechadas fueron pesadas en verde y posteriormente se separaron y pesaron sus elotes; por diferencia se determinó el peso fresco de los tallos. Se tomó una muestra al azar de cinco plantas y cinco elotes, las cuales se pesaron, picaron y mezclaron por separado y luego para cada componente se tomó una submuestra de 1 kg aproximadamente, la cual se secó en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante. Con estos datos se determinó el porcentaje de materia seca (MS) para tallos y elote, el rendimiento de elote en base seca y el rendimiento de materia seca total (MST); la proporción de elote en base seca (PEL) se calculó al dividir el peso seco de elotes entre MST.

Para los análisis de calidad, las muestras secas fueron molidas en un molino Willey con una criba de un milímetro y una vez molidas se mezclaron el tallo y el elote en partes proporcionales a su aporte en el rendimiento. A la muestra compuesta se le determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante las técnicas descritas por Goering y Van Soest (1970). La digestibilidad de la materia seca se obtuvo mediante la metodología propuesta por Tilley y Terry (1963). La estimación de producción de leche por hectárea (LEHA) y por tonelada de materia seca (LET) se hizo mediante el programa Milk 95 (Undersander *et al.*, 1993).

Los datos fueron sujetos a análisis de varianza y comparación múltiple de medias por diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$), ambas con el paquete estadístico SAS versión 6.12 (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para densidades de población en ninguna de las variables del estudio (Cuadro 1). Los valores promedios de producción de materia seca, leche por tonelada de materia seca y leche por hectárea fueron de 20.1; 0.97 y 18.6 t ha⁻¹, respectivamente. Los valores medios para porcentaje de elote, FDN, FDA y digestibilidad fueron de 40.8, 44.6, 24.6 y 77.7 %, respectivamente.

Cuadro 1. Efecto de densidad de población sobre las características de rendimiento y calidad de forraje en un híbrido de maíz.

Variable	Densidad de población (pl/ha)			Significancia
	60 000	80 000	100 000	
MST (t ha ⁻¹)	18.0	20.1	22.1	ns
PEL (%)	41.0	41.8	39.5	ns
FDN (%)	44.2	44.2	45.4	ns
FDA (%)	24.1	24.4	25.3	ns
DIG (%)	79.6	77.4	76.1	ns
LET (kg t ⁻¹)	994	924	862	ns
LEHA (t ha ⁻¹)	17.9	18.6	19.1	ns

MST=Materia seca total; PEL=Porcentaje de elote; MS=Por ciento de materia seca en el forraje; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; DIG=Digestibilidad; LET= Leche por tonelada de MS; LEHA= Leche por hectárea; ns = No significativo.

La ausencia de significancia para el efecto de densidades sobre el rendimiento de forraje coincide con lo encontrado por Cuomo *et al.* (1998), quienes registraron rendimientos similares a densidades entre 58 000 y 73 000 plantas/ha. Pero difieren con los resultados de Cusicanqui y Lauer (1999), quienes reportaron aumentos en el rendimiento de materia seca entre 1.43 y 2.29 t ha⁻¹ al incrementar la densidad de población de 59 500 a 104 500 plantas/ha. Por su parte, Widdicombe y Thelen (2002) observaron incrementos en la producción de materia seca de 1.6 t ha⁻¹ al aumentar la densidad de 64 000 a 88 900 plantas/ha. Respecto a la calidad del forraje, los resultados

difieren con los de Cusicanqui y Lauer (1999) quienes detectaron incrementos en el contenido de FDN entre 1.8 y 2.7 %, y reducciones en la digestibilidad de la materia seca de 1.5 a 1.6 %. También difieren con los resultados de Widdicombe y Thelen (2002), quienes encontraron aumentos de 1.5 % en la concentración de FDN, así como una reducción de 1.1 % en la digestibilidad de la materia seca. En contraste, Cuomo *et al.* (1998) no detectaron diferencias en contenidos de fibras y digestibilidad al evaluar densidades entre 45 000 y 73 000 plantas/ha. El efecto de la densidad sobre la producción de leche por hectárea concuerda con lo obtenido por Cusicanqui y Lauer (1999) para la zona central de Wisconsin, pero difiere de lo encontrado por los mismos autores para las zonas sur y norte del mismo estado.

Las divergencias observadas en los diferentes estudios para el efecto de densidad sobre el rendimiento y calidad del forraje pueden ser debidas al germoplasma utilizado y a la interacción genotipo x densidad de plantas, como lo mencionan Turgut *et al.* (2005). En el presente estudio se usó un híbrido de hojas semierectas y área foliar reducida con alta capacidad de captación de radiación solar. Por sus características, este híbrido puede mantener una proporción de elote similar entre densidades (Cuadro 1) y con ello una calidad forrajera inalterada. Estos resultados sugieren que poblaciones superiores a 60 000 plantas/ha en el híbrido utilizado no incrementan significativamente la producción de forraje ni afectan negativamente su calidad, como ha sucedido en otros estudios (Cox y Cherney, 2001; Graybill *et al.*, 1991). Por esta razón se considera que en la región de este estudio puede sembrarse en densidades de población entre 60 000 y 100 000 plantas/ha con las mismas posibilidades de éxito.

Para la altura de corte, con excepción de la producción de leche por hectárea, se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en todas las variables de estudio (Cuadro 2). La producción de materia seca total (MST) disminuyó en 1.5 y 2.9 t ha⁻¹ al aumentar la altura de corte de 15 a 30 y a 45 cm, respectivamente. Los porcentajes de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) también disminuyeron conforme aumentó la altura de corte ($P \leq 0.05$). En contraste, el porcentaje de elote, digestibilidad, leche por tonelada de materia seca y por hectárea, aumentaron al incrementarse la altura de corte.

La reducción en el rendimiento de materia seca conforme se incrementa la altura de corte coincide con los resultados obtenidos por Satter *et al.* (2000) quienes reportan una disminución de 5 y 8 % cuando se aumenta la altura de corte en 35 cm, y con los de Neylon y Kung (2003) quienes encontraron una reducción entre 5 y 10 % al incrementar la altura de corte de 12.7 a 45.7 cm. Se observó

un aumento de 3.5 unidades porcentuales en el porcentaje de elote al cortar a 45 cm, en relación al corte a 15 cm. Este resultado fue ocasionado por un menor aporte de tallo y hojas conforme se incrementó la altura de corte. La importancia en tener mayor proporción de elote, se debe a que es la parte más digestible de la planta y, por tanto, genera mayor calidad forrajera en el silo (Peña *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Efecto de la altura de corte sobre las características de rendimiento y calidad de forraje en un híbrido de maíz.

Variable	Densidad de población (pl/ha)		
	60 000	80 000	100 000
MST (t ha ⁻¹)	21.5 a	20.1 ab	18.6 b
PEL (%)	39.6 b	40.2 b	43.1 a
FDN (%)	45.8 a	44.7 ab	43.4 b
FDA (%)	25.5 a	24.9 a	23.3 b
DIG (%)	74.9 b	78.1 ab	80.1 a
LET (kg t ⁻¹)	837 b	934 ab	1009 a
LEHA (t ha ⁻¹)	18.0 a	18.8 a	19.0 a

Medias con letras iguales entre filas no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

MST=Materia seca total; PEL=Porcentaje de elote; MS=Por ciento de materia seca en el forraje; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; DIG=Digestibilidad; LET= Leche por tonelada de MS; LEHA= Leche por hectárea.

Al incrementar la altura de corte a 45 cm se disminuyeron los contenidos de fibra detergente neutro y ácido, y aumentó la proporción de elote. Wu y Roth (2003) mencionan que puede existir una reducción de hasta una unidad porcentual en el contenido de FDA por cada 15 cm que se eleve la altura de corte. Los menores contenidos de fibra a mayor altura de corte coinciden con un aumento en la proporción de elote (Cuadro 2), ya que éste se caracteriza por un bajo contenido de fibra (Peña *et al.*, 2003). En general, el contenido de fibra es inversamente proporcional a la digestibilidad y al consumo de materia seca (Van Soest, 1994). En el presente estudio, la digestibilidad de la materia seca fue mayor ($P \leq 0.05$) en la altura de corte a 45 cm (Cuadro 2), similar a lo encontrado por Kruczynska *et al.* (2001). Wu y Roth (2003) atribuyen el incremento a una menor contribución de fibras y lignina que se encuentran más concentradas en la parte baja de la planta.

La producción de leche por tonelada de materia seca varió con la altura de corte; las mayores producciones se lograron cuando se cortó entre 30 y 45 cm de altura, debido en parte a un mayor aporte energético por el aumento en la digestibilidad del forraje ocasionado por la reducción en los contenidos de fibras (Cuadro 2). No obstante que el rendimiento de forraje se redujo a medida que se incrementó la altura de corte, la producción de leche por hectárea se mantuvo constante; esto se debe a que conforme aumenta la altura de corte decrece el contenido de fibras e incrementa el contenido de almidones (Neylon y Kung, 2003). La mayor calidad en el ensilaje de maíz, obtenido en alturas de corte superiores, genera incrementos en la

producción de leche por tonelada de forraje con lo cual se puede disminuir el uso de concentrados en las raciones y reducir costos de producción. Wu *et al.* (2002) y Neylon *et al.* (2002) aumentaron la producción de leche por vaca por día entre 1.2 y 1.5 kg al cortar el maíz a mayor altura. Thomas *et al.* (2001) aumentaron dicha producción mediante ensilajes de maíz con menores contenidos de fibra y mayor digestibilidad.

Así, conforme aumenta la altura de corte se incrementa el porcentaje de materia seca total, porque el contenido de humedad en el elote es menor que en el resto de la planta (Neylon *et al.*, 2002; Wu *et al.*, 2002; Wu y Roth, 2003). En el presente estudio, el porcentaje de MST en densidades de 80 y 100 mil plantas/ha fue mayor conforme la altura de corte incrementó (Figura 1). Sin embargo, en la densidad de 60 mil plantas/ha la altura de corte a 45 cm no cambió significativamente entre densidades de población, como ocurrió con las alturas de corte a 15 y 30 cm; esta interacción pudo deberse a diferencias ambientales entre parcelas por humedad, fertilidad, etc. Los porcentajes de materia seca de 30 a 36 % obtenidos en los tratamientos, evaluados son adecuados para obtener una aceptable fermentación del ensilaje, según indican Jones *et al.* (2004).

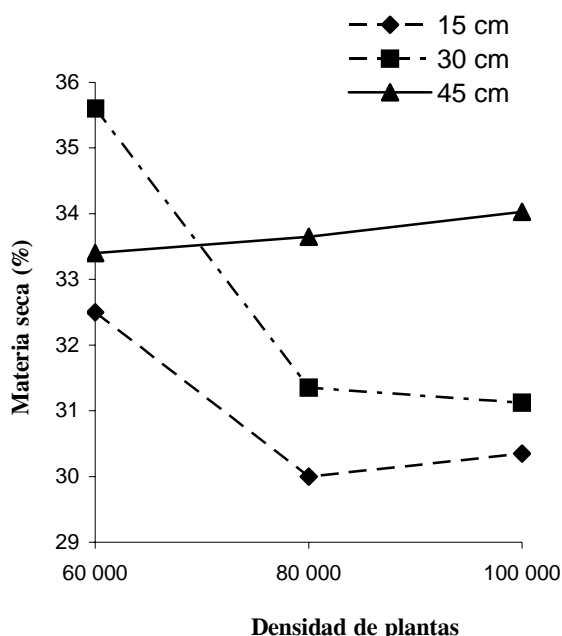


Figura 1. Efecto de la densidad de población y la altura de corte sobre el porcentaje de materia seca del forraje (DMS = 1.8).

CONCLUSIONES

El híbrido Halcón, se puede sembrar entre 60 y 100 mil plantas/ha sin afectar su producción y calidad forrajera. Al incrementar la altura de corte a la cosecha de 15 a 45 cm, se mejora el valor nutritivo del forraje porque se reducen los contenidos de fibra detergente neutro y ácido, además de que se aumenta la proporción de elote y la digestibilidad de la materia seca. Sin embargo, disminuye el rendimiento de forraje seco por hectárea. La producción estimada de leche por hectárea no mostró variación por altura de corte, lo que sugiere que el incremento en la calidad compensa la reducción en cantidad de forraje.

BIBLIOGRAFÍA

Chalupa W (1995) Requerimientos de forrajes en vacas lecheras. In: Memorias del Primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. pp:19-28.

Cox W J, D J R Cherney (2001). Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93:597-602.

Cuomo G J, D D Rdfearn, D C Blouin (1998). Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agron. J.* 90:93-96

Cusicanqui J, J G Lauer (1999) Plant density and hybrid influence corn forage yield and quality. *Agron. J.* 91:911-915

Goering H K, P J Van Soest (1970) Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook No. 379.

Graybill J S, W J Cox, D J Otis (1991) Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agron. J.* 83:559-564.

Jones C M, Heinrichs A J, Roth G W, Ishler V A (2004) From Harvest to Feed: Understanding Silage Management. The Pennsylvania State University. College of Agricultural Science. 36 p.

Kruczynska H, K Darul, W Nowak, I Kowalik (2001) The chemical composition and ruminal degradability of maize silages depending on the cultivar and mowing height at harvest. *J. Animal Feed Sci.* 10 (Suppl. 2):331-337.

Neylon J M, L Kung (2003) Effects of cutting and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 86:2163-2169.

Neylon J M, T L Ebling, C C Taylor, M P Lynch, M A Reddish, M I Edres, L Kung Jr (2002) The effects of height of cutting, hybrid, and stage of maturity at harvest on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: Suppl. 1 p. 383.

Núñez H G, F C González, S V Martín del Campo (1994). Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. *Av. Invest. Agropec.* 3(1):25-30.

Peña A, G Núñez, F González (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pec. Méx.* 41:63-74

Pinter L, Z Alfoldi, Z Burucs, E Paldi (1994) Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agron. J.* 86:799-804.

SAS (1998) SAS/SRAT User's Guide: statistics, ver. 6.12 4th. edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. Vol. 1 and 2.

Satter L D, V Moreira, H Santos, Z Wu, F Kanitz (2000) Relative feeding value of diverse corn silage hybrids. In: Proc. of UW. Arlington Dairy Day. Arlington Wi. Pp:31-46.

- Shaver R D (2003)** Practical application of new forage quality tests. Department of Dairy Science. College of Agricultural and Life Sciences. University of Wisconsin-Madison. <http://www.wisc.edu/dysci/uwex/nutritn/pubs/dubuque502.pdf>. Consultado 13 Agosto 2004.
- Thomas E D, P Mandebvu, C S Ballard (2001)** Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, *in vitro* digestibility, and milk yield by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:2217-2226.
- Tilley J M A, R A Terry (1963)** A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forages. *J. British Grassland Soc.* 18:104-111
- Turgut I T, A Duman, U Bilgili, E Acikgoz (2005)** Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids (*Zea mays* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 191(2):146-151.
- Undersander D, W Howard, R Shaver (1993)**. Milk per acre spread-sheet for combining yield and quality into a silage term. *J. Prod. Agric.* 6:231-235.
- Van Soest P J (1994)** Nutritional ecology of the ruminant. 2a. Ed. Cornell University Press. 476 p.
- Widdicombe W D, K D Thelen (2002)** Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron. J.* 94:226-330.
- Wu Z, G Roth (2003)** Considerations in managing cutting height of corn silage. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. <http://www.das.psu.edu/user/publications/pdf/das03-72.pdf>. Consultado 13 ago. 2004.
- Wu Z, F Kanitz, L D Satter (2002)** Nutritive value of silage corn harvested at two heights above ground for lactating cows. *In: U.S. Dairy Forage Research Center 2000-2001. Research Report.* Agricultural Research Service. pp:76-78.