

ETAPAS DE CORTE, PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE DIFERENTE CICLO BIOLÓGICO

HARVEST STAGES, FORAGE YIELD AND QUALITY OF CORN HYBRIDS WITH DIFFERENT BIOLOGICAL CYCLE

Fernando González Castañeda^{1*}, Alfonso Peña Ramos¹ y Gregorio Núñez Hernández²

¹Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 32.5 Carr. Aguascalientes-Zacatecas. 20,660, Pabellón de Arteaga, Ags. Tel. y Fax: 01 (465) 958-0167. ² Campo Experimental La Laguna, (INIFAP). Km 17 Carr. Torreón-Matamoros, Matamoros, Coah.

*Autor para correspondencia (fdoglez61@hotmail.com)

RESUMEN

En México, tradicionalmente el maíz (*Zea mays* L.) se corta para ensilaje cuando el grano se encuentra en estado lechoso-masoso o masoso, y se obtiene una baja proporción de elote, lo que refleja una menor producción y calidad del forraje. El objetivo de este estudio fue evaluar el criterio de avance de la línea de leche para precisar la etapa óptima de corte en cuanto a la producción y calidad del forraje de maíz en dos híbridos de diferente ciclo biológico. El experimento se estableció en Aguascalientes, México, con los híbridos 'Halcón' (precoz) y '3028W' (intermedio). Las etapas de corte fueron: masoso, 1/3, 1/2 y 2/3 del avance de línea de leche. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo en parcelas divididas, donde los híbridos fueron las parcelas grandes y las etapas de corte las menores. La interacción híbrido x etapa sólo fue significativa ($P \leq 0.05$) para el porcentaje de materia seca. El híbrido de ciclo intermedio superó en 6.6 t ha⁻¹ de materia seca y en 2940 kg ha⁻¹ de leche al híbrido precoz ($P \leq 0.05$), pero la calidad del forraje fue similar entre ambos híbridos. Conforme avanzó el estado de madurez, de masoso a 2/3 de línea de leche, se incrementó el rendimiento de materia seca en 4.7 t ha⁻¹, la proporción de elote en 17.5 unidades, y la producción de leche por tonelada de materia seca en 168 kg y de leche por hectárea en 6030 kg. El contenido de fibra detergente neutro disminuyó 6.9 unidades y el de fibra detergente ácido 3.6 unidades. La digestibilidad de la materia seca no varió y presentó una media de 66.6 %. Los resultados indican que al cosechar en etapas de 1/2 a 2/3 de línea de leche es mejor que cosechar en estado masoso porque se incrementan la producción y el valor nutricional del forraje.

Palabras clave: *Zea mays*, forraje, etapa de corte, calidad de forraje.

SUMMARY

In México, the time for harvest of corn forage is traditionally made at the milking-dough or dough grain stages, and grain represents a low proportion of the forage; as a result, corn forage production and quality are generally low. The objective of this study was to evaluate several milking line advances in order to define optimal the time for harvest, regarding the forage production and quality of two corn hybrids differing in biological cycle, with hybrids 'Halcón' (early) y '302PW' (intermediate). The experiment was conducted, in Aguascalientes, México. Harvest stages were: dough, 1/3, 1/2 and 2/3 of the milk line advance. The experiment was a randomized complete block design with four replications in a split-plot arrangement in which plots corresponded to hybrids and harvest stages to split plots. The hybrid x harvest stage interaction was significant ($P \leq 0.05$) only for dry matter percentage at harvest. The intermediate hybrid produced 6.6 t ha⁻¹ more dry matter and 2940 kg ha⁻¹ of milk than the early hybrid ($P \leq 0.05$). As maturity advanced from dough to 2/3 milk line, dry matter increased in 4.7 t ha⁻¹, ear proportion in 17.5 %, milk production in 168 kg t⁻¹ and milk production per hectare in 6030 kg. The neutral detergent fiber diminished in 6.9 units and the acid detergent fiber in 3.6 units. Dry matter digestibility did not change and the average was 66.6 %. The results indicate that harvesting between 1/2 and 2/3 milk line is better than to harvest at dough stage, because yield and nutritional value increase significantly.

Index words: *Zea mays* L., forage, harvest stage, forage quality

INTRODUCCIÓN

En las principales cuencas lecheras de México, el maíz (*Zea mays* L.) es el forraje más importantes para la alimentación del ganado bovino productor de leche debido a su alto rendimiento y contenido de energía. Desafortunadamente, en México los ensilados de maíz presentan un contenido energético bajo debido principalmente al escaso mejoramiento genético para la generación de híbridos con características forrajeras y al desconocimiento de prácticas de cosecha adecuadas para mejorar la calidad del forraje, como contenido de humedad, etapa y a altura de corte, tamaño de partícula, compactación del silo, etc.

En el pasado, los híbridos de maíz sembrados para producir forraje fueron seleccionados por su porte alto y elevado rendimiento de biomasa (Núñez *et al.*, 2005). Sin embargo, los híbridos seleccionados bajo este esquema no siempre son los mejores para la producción de leche, por diferencias en calidad del forraje: *i.e.* en contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad de la FDN y de la materia seca (Johnson *et al.*, 2002). Thomas *et al.* (2001) mencionan que un híbrido con menor proporción de elote pero mayor digestibilidad de la materia seca produjo 1.5 kg d⁻¹ más leche por vaca que otro de menor digestibilidad. Existen evidencias que los híbridos precoces presentan menor rendimiento por unidad de superficie que híbridos de ciclo intermedios o tardíos, pero tienen mayor digestibilidad de la materia seca (Núñez *et al.*, 2001).

El estado de madurez de la planta a la cosecha (o etapa de corte) es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilaje de maíz (Fylia, 2004). En México, la etapa de corte para ensilaje tradicionalmente se realiza en estado lechoso-masoso o masoso, por lo que los ensilajes presentan una baja proporción de elote que se refleja en menor producción y calidad del forraje. Wiersma *et al.* (1993) sugirieron el uso de la línea de leche durante la maduración del grano como criterio para determinar el momento oportuno del corte de maíz para ensilar. En etapas tempranas de cosecha las concentraciones de fibra son mayores (Hunt *et al.*, 1989), y se ha determinado que el máximo rendimiento de materia seca, mayor digestibilidad y menor contenido de fibra se obtiene cuando se cosecha a 1/2 (Wiersma *et al.*, 1993) o a 1/3 de línea de leche (Xu *et al.*, 1995), debido principalmente a que incrementa la proporción de grano.

En cuanto al impacto de la etapa de corte en la producción de leche, Bal *et al.* (1997) observaron que vacas alimentadas con raciones de ensilado de maíz cosechado a 2/3 de línea de leche incrementaron en 3 % la producción diaria de leche, en comparación con vacas alimentadas con raciones de ensilados cosechados al final del estado masoso. Heather y Lauer (2002) obtuvieron mayor producción de leche cuando el contenido de materia seca del forraje se encontraba entre 33 y 37 %.

En México no se han efectuado estudios en maíz para forraje en los que la etapa de corte se realice en función del avance de la línea de leche, ni se ha evaluado el impacto que este criterio pueda tener en la producción, calidad y estimación de la producción de leche para materiales de diferente ciclo biológico, lo cual fue el objetivo del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en el ciclo primavera-verano del año 2000 en el Campo Experimental "Pabellón", del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, ubicado en el Estado de Aguascalientes a 1920 msnm. Se evaluaron dos híbridos: uno precoz ('Halcón', de Asgrow) y otro de ciclo intermedio ('3028W', de Pioneer). La siembra fue en suelo húmedo, el 19 de mayo, con una densidad de población de 80 000 plantas/ha; se fertilizó con la fórmula 180N-90P-00K, y se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y la otra mitad del nitrógeno en la primera escarda. Las etapas de corte fueron cuatro etapas de madurez del grano: masoso, 1/3, 1/2 y 2/3 de línea de leche. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo en parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron los híbridos y las menores las etapas de corte. La parcela experimental

consistió de cuatro surcos de 0.76 m de ancho por 6 m de longitud, y la útil los dos surcos centrales de 4 m de longitud.

En cada corte, las plantas se pesaron en verde y posteriormente sus elotes se separaron y pesaron, y por diferencia se determinó el peso fresco de las plantas sin elote. Se tomó una muestra de 10 plantas y 10 elotes, las cuales se picaron y mezclaron por separado. Para cada componente se tomó una submuestra de 1 kg, la cual se secó en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante, para estimar: porcentaje de materia seca (PMS); rendimiento de materia seca de elote (MSE) y de materia seca total (MST); y la proporción de elote en base seca (PEL), al dividir MSE entre MST.

Las muestras secas se molieron en un molino Willey con una criba de 1 mm de diámetro y luego se mezclaron la planta sin elote y el elote en partes proporcionales a su aporte en el rendimiento. A la muestra compuesta se le determinó fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Goering y Van Soest, 1970); digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIG) (Tilley y Terry, 1963), y se estimó producción de leche por hectárea (LEHA) y por tonelada de materia seca (LET) mediante el programa Milk 95. Este programa combina producción de materia seca y calidad del forraje en un solo término (Undersander *et al.*, 1993), y ha sido utilizado eficientemente para la selección de materiales de maíz para forraje (Cox and Cherney, 2001b) y para la determinación de prácticas de manejo para mejorar la calidad del forraje de maíz (Cox and Cherny, 2001a; Darby and Lauer, 2002).

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias significativas entre híbridos para proporción de elote, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, digestibilidad y producción de leche por tonelada de materia seca (Cuadro 1). Los resultados coinciden con los de Núñez *et al.* (2001) quienes tampoco encontraron diferencias en los contenidos de FDN y FDA entre híbridos de ciclo precoz e intermedio, pero difieren con los de Johnson *et al.* (2002). Los contenidos de fibra en promedio de híbridos fueron superiores a los observados por Cusicanqui y Lauer (1999) en la zona sur y central de Wisconsin y la digestibilidad de la materia seca inferior a la determinada por Cox y Cherney (2005).

Cuadro 1. Rendimiento y calidad del forraje de dos híbridos de maíz de precocidad contrastante. Promedio de cuatro etapas de corte.

| Variable | Ciclo | | Promedio |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------|----------|
| | Precoz (‘Halcón’) | Intermedio (‘3028 W’) | |
| MST (t ha ⁻¹) | 15.6 b | 22.2 a | 18.9 |
| PEL (%) | 36.5 a | 39.5 a | 38.0 |
| FDN (%) | 48.9 a | 47.9 a | 48.4 |
| FDA (%) | 25.7 a | 25.8 a | 25.7 |
| DIG (%) | 67.9 a | 65.4 a | 66.6 |
| LET (kg t ⁻¹) | 593 a | 573 a | 583 |
| LEHA (kg ha ⁻¹) | 9240 b | 12180 a | 10710 |

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

MST=Materia seca total; PEL=Proporción de elote; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; DIG=Digestibilidad; LET=Leche por tonelada de MS; LEHA= Leche por hectárea.

El híbrido de ciclo intermedio superó al híbrido precoz ($P \leq 0.05$) en 6.6 t ha⁻¹ de materia seca y en 2940 kg de leche ha⁻¹, lo que en parte coincide con los resultados de Howell *et al.* (1998) quienes obtuvieron 33 % más rendimiento de materia seca en un híbrido de ciclo intermedio que en uno precoz. La mayor producción de leche por hectárea del híbrido intermedio, se debió más a su mayor rendimiento de materia seca que a la calidad del forraje.

En todas las variables, con excepción de la digestibilidad, se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre etapas de corte (Cuadro 2). La producción de materia seca total, proporción de elote, leche por tonelada de materia seca y leche por hectárea, se incrementaron conforme avanzó la madurez del grano en 4.7 t ha⁻¹, 17.5 %, 168 kg t⁻¹ y 6030 kg ha⁻¹; en contraste, los contenidos de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido disminuyeron en 6.9 y 3.6 unidades, respectivamente. Por lo general el incremento o el decremento de estas variables alcanzó un máximo a 1/2 de línea de leche y se mantuvo o mejoró a 2/3 de línea de leche, por lo que estas dos fueron las mejores etapas de corte para obtener mayor producción y calidad del forraje.

El incremento en la producción de materia seca conforme avanza la etapa de madurez del grano coincide con los resultados obtenidos por Darby y Lauer (2002), y se debe principalmente a la mayor proporción de elote (Wiersma *et al.*, 1993). Estos investigadores obtuvieron el máximo rendimiento de grano cuando cosecharon en 3/4 de línea de leche; Ertle y Schwartz (2003) obtuvieron 5.9 % más de elote cuando cosecharon entre 38 y 42 % de materia seca, en comparación con la cosecha entre 30 y 32 % de materia seca.

Cuadro 2. Rendimiento y calidad del forraje de cuatro etapas de corte, en promedio de dos híbridos de maíz de precocidad contrastante.

| Variable | Etapa de Corte | | | | EEM |
|-----------------------------|----------------|---------|---------|---------|------|
| | Masoso | 1/3 L L | 1/2 L L | 2/3 L L | |
| MST (t ha ⁻¹) | 16.6 c | 18.3 bc | 19.5 ab | 21.3 a | 0.83 |
| PEL (%) | 29.2 d | 36.0 c | 40.2 b | 46.7 a | 1.44 |
| FDN (%) | 51.6 a | 50.6 a | 46.7 b | 44.7 b | 0.99 |
| FDA (%) | 27.4 a | 26.8 a | 24.9 b | 23.8 b | 0.54 |
| DIG (%) | 66.4 | 65.3 | 66.9 | 67.9 | 1.04 |
| LET (kg t ⁻¹) | 500 b | 544 ab | 610 ab | 678 a | 57.3 |
| LEHA (kg ha ⁻¹) | 8120 c | 8510 c | 12050 b | 14150 a | 1258 |

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

MST=Materia seca total; PEL=Proporción de elote; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; DIG=Digestibilidad; LET=Leche por tonelada de MS; LEHA= Leche por hectárea. L L =Línea de leche en el grano; EEM = Error estándar de la media.

La reducción en los contenidos de fibra detergente neutro y ácido del estado masoso a 2/3 de línea en el presente estudio, son menores en 4.6 y en 4.5 unidades a los obtenidos por Bal *et al.* (1997), quienes cosecharon entre las etapas de grano dentado y 2/3 de línea de leche. Los menores contenidos de fibra en etapas de madurez más avanzadas, es en parte consecuencia de una mayor proporción de elote, ya que éste se caracteriza por un bajo contenido de fibras (Peña *et al.*, 2003).

A medida que la etapa de madurez avanza, se espera que la digestibilidad del forraje se incremente, pues aumenta la proporción del elote que es la parte más digestible del maíz; sin embargo, en el presente estudio, la digestibilidad no cambió con la madurez y, de acuerdo con Bal *et al.* (1997), esto puede deberse a que en etapas de madurez más avanzadas ocurre una reducción en la digestibilidad de los almidones y de la fibra detergente ácido.

El aumento en la producción de leche por tonelada de materia seca en estados de madurez más avanzados coincide con los resultados de Bal *et al.* (1997), quienes obtuvieron 1 kg más de leche por día en vacas alimentadas con ensilado de maíz cosechado en 2/3 de línea de leche, comparado con ensilado cosechado en estado dentado. La producción de leche aumenta cuando se mejora el consumo de materia seca, se incrementa la digestibilidad y disminuye el contenido de fibras, tal y como sucedió entre las etapas de corte del presente estudio. En consecuencia, la mejor calidad del forraje conforme avanza la madurez, permite un menor uso de concentrados y genera una mayor producción de leche por hectárea (Cox y Cherney, 2005).

El análisis de varianza detectó interacción híbrido x etapa de cosecha solamente para porcentaje de materia seca

(PMS); esto significa que los híbridos tuvieron PMS diferentes según la etapa de corte (Figura 1). El PMS del híbrido intermedio se incrementó en forma lineal en 14 unidades conforme avanzó la madurez de masoso a 2/3 de línea de leche, mientras que en el híbrido precoz lo hizo en 9.1 unidades; el mayor incremento (7.1 unidades) ocurrió al avanzar de 1/2 a 2/3 de línea de leche. Según Wu y Roth (2003), el incremento PMS se debe a la pérdida de humedad de las plantas y a la mayor proporción de grano en etapas de madurez más avanzadas. Las diferencias entre híbridos pueden deberse a diferencias en senescencia foliar (Ettle y Schwarz, 2003). En este estudio se observó que en el híbrido intermedio las hojas basales se secaron más rápido que en el precoz; lo cual en parte explica este comportamiento.

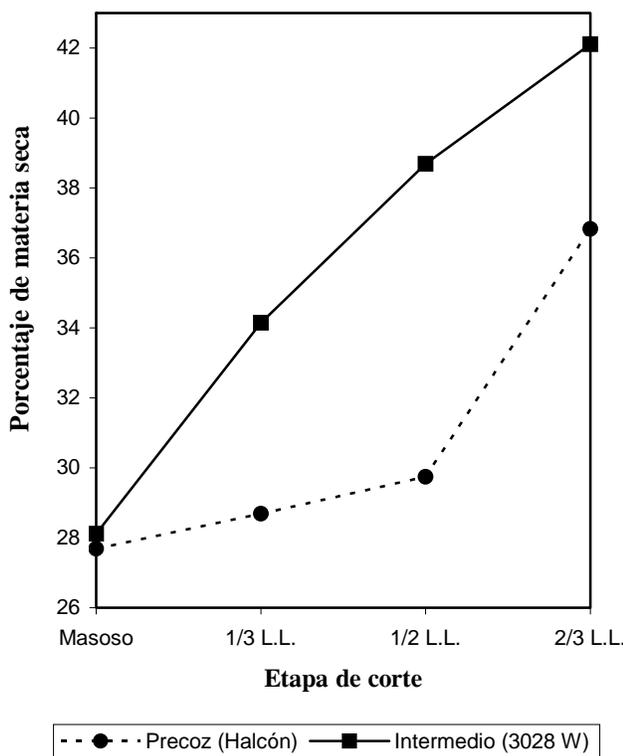


Figura 1. Porcentaje de materia seca del forraje en cada etapa de corte de dos híbridos de maíz de precocidad contrastante. DMS 0.05 = 4.5 % para híbridos a través de etapas de cosecha. L L = Avance de la línea de leche en el grano.

El PMS para obtener una fermentación adecuada en silos de trinchera es de 30 a 35 % (Jones *et al.*, 2004). En el presente estudio, únicamente el corte a 1/3 de línea de leche para el híbrido intermedio y los cortes entre 1/2 y 2/3 para el precoz estuvieron cerca de ese intervalo, por lo que se sugiere considerar, además del avance de la línea de le-

che, el porcentaje de humedad al determinar el momento óptimo de cosecha.

CONCLUSIONES

El híbrido intermedio tuvo mayor producción de leche por hectárea y rendimiento de materia seca que el precoz, pero fueron iguales en calidad forrajera. El corte de la planta de maíz en etapas de madurez de 1/2 a 2/3 de línea de leche permite obtener mayor producción y calidad nutritiva del forraje que cuando se corta en estado masoso o a 1/3 de línea de leche, debido a una reducción en los contenidos de fibras detergente neutro y ácido, y al aumento en la proporción de elote; como consecuencia, se obtiene mayor producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea. Existen diferencias entre híbridos en el porcentaje de materia seca a través de etapas de corte, por lo que conviene considerar también el contenido de humedad al momento del corte para lograr una fermentación adecuada y un ensilado de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

Bal M A, J G Coors, R D Shaver (1997) Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80:2497-2503.

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

Cox W J, J H Cherney (2001)b Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production *Agron. J.* 93:790-796.

Cox W J, J H Cherney (2005) Timing corn forage harvest for bunker silos. *Agron. J.* 97:142-146.

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

Darby H M, J G Lauer (2002) Harvest date and hybrid influence of corn forage yield, quality, and preservation *Agron. J.* 94:559:566.

Ettle T, F J Schwarz (2003). Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. *Anim. Res.* 52:337-349.

Filya I (2004) Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Tec.* 116:141-150.

Goering H K, P J Van Soest (1970) Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook No. 379. 20 p.

Heather M D, J G Lauer (2002) Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 94:559-566.

Howell T A, J A Tolk, D A Schneider, S R Evett (1998) Evapotranspiration, yield, and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. *Agron. J.* 90:3-9.

Hunt C W, W Kezar, R Vinande (1989) Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 2:357-361.

Johnson L M, J H Harrison, D Davidson, J L Robutti, M Swift, W C Mahanna, K Shinnors (2002) Corn silage management I. Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.* 85:833-853.

- Jones CM, A J Heinrichs, G W Roth, V A Ishler (2004)** From Harvest to Feed: Understanding Silage Management. The Pennsylvania State University. College of Agricultural Science. 36 p.
- Núñez H G, R Faz C, F González C, A Peña R (2005)** Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Téc. Pecu. Méx.* 43:69-78.
- Núñez H G, R Faz C, R Tovar G, A Zavala (2001)** Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Méx.* 39:77-88.
- Peña R A, G Núñez H, F González C (2003)** Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. Méx.* 41:63-74.
- SAS Institute (1996)** Statistical Analysis System User's Guide. Release 6.12. Cary. 956 p.
- Thomas E D, P Mandebvu, C S Ballard, C J Sniffen, M P. Carter, J Beck (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. Brit. Grassland Soc.* 18:104-111.
- Undersander D, W Howard, R D Shaver (1993)** Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a silage term. *J. Prod. Agric.* 6:231-235.
- Wiersma D A, Carter P R, Albrecht K A, Coors J G (1993)** Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod Agric.* 6:94-99.
- 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>. Consultada en Febrero del 2006.
- Xu S, J H Harrison, W Kezar, N Entrikin, K A Loney, R E Riley (1995)** Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof. Anim. Sci.* 11:157-165.