

## Corte de dos híbridos de maíz a alturas de 15 ó 50 cm en el rendimiento del ensilaje y del rastrojo dejado por el corte alto

M. S. Aello<sup>1</sup>, O. N. Di Marco, G. M. Parodi y L. M. Gutiérrez

Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias - INTA EEA Balcarce (Argentina)  
Recibido Septiembre 5, 2007. Aceptado Agosto 13, 2008.

### Cutting height of 15 or 50 cm applied to two corn hybrids and effects on yield and quality of the silage and of the lower stalk left by the high cutting

**ABSTRACT.** This trial evaluated the effect of cutting heights of 15 or 50 cm of two corn hybrids (Pioneer 37P73 and Dekalb 615), on dry matter (DM) yield and the nutritional quality of silages and lower stalks left by the higher cutting. The two hybrids were sown in small plots in a completely randomized design with three replications. At the half milk line stage of maturity, 20 plants per plot were manually cut at 15-cm height, in 10 plants of which the portion of stalk below 35 cm was separated to simulate the lower stalk that would be left in the field by the 50-cm height cut. Six plants per plot (including lower stalks from the high cutting) were used to determine dry weight and morphological components (leaf, stalk, husk, and grain). The remaining plants of each plot were ensiled in plastic containers of 5 L capacity. For the *in situ* study, samples of the silages and lower stalks were incubated for 0, 6, 12, 18, 24, 48, and 72 h in two 350 kg steers. Plants of the Pioneer hybrid were 24% heavier and had a higher proportion of grain than those of Dekalb, although the latter had a higher proportion of leaves. The 50-cm cutting resulted in a 15% reduction in yield, but a concomitant increase of similar magnitude in the proportion of grain, with no difference between the two hybrids. Silage resulting from the 50-cm cutting was higher in contents of DM (39.7 vs. 33.6%) and starch (35.8 vs. 29.6%) and lower in content of neutral detergent fiber (NDF) (35.8 vs. 39.0%). Neither cutting height nor hybrid affected the kinetics of *in vitro* gas production, but the higher cut improved the *in situ* degradation rate (4.65 vs. 3.08%/h) and the effective degradability (56.1 vs. 51.0%, at  $k_p = 5\%/h$ ; DE-5). The hybrids did not differ in lower stalk weight, leaf/stem proportion or nutritive quality (NDF = 63.9%; DE-5 = 41.1%), the latter values being lower than those of the 15-cm cut silage. It is concluded that the hybrids had little effect on the variables under study, and although the 50-cm cut occasioned a yield loss, this was offset by improved silage quality and the additional biomass of the lower stalk, which could be an extra benefit in periods of forage shortage.

**Key words:** Corn silage, Crop yield, Cutting height, Lower stalk quality, Nutritive quality

**RESUMEN.** Se evaluó los efectos de las dos alturas de corte, 15 y 50 cm, de los dos híbridos de maíz, Pioneer 37P73 y Dekalb 615, en el rendimiento de materia seca (MS) y la calidad nutritiva de los ensilajes y el rastrojo inferior dejado por el corte alto. Se sembraron los dos híbridos en pequeñas parcelas en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Al estado de madurez, mitad de la línea de leche, se cortaron manualmente 20 plantas por parcela a la altura de 15 cm sobre el suelo, y en 10 de las mismas se separó la parte inferior, a 35 cm de la base, para simular el corte a 50 cm. Dicha fracción se consideró rastrojo de corte alto (R50). Se utilizaron seis plantas por parcela (incluyendo el R50) para determinar el peso seco y los componentes morfológicos (hoja, tallo, plata y grano). Las plantas restantes de cada parcela se ensilaron en microsilos de plástico de 5 L de capacidad. Para el procedimiento *in situ* se incubaron muestras de ensilajes y el R50 por 0, 6, 12, 18, 24, 48 y 72 h en dos novillos de 350 kg peso. Las plantas del híbrido pioneer tuvieron 24% más peso y una mayor

<sup>1</sup>Autor para la correspondencia, e-mail: [marioaello@maral50platino.com.ar](mailto:marioaello@maral50platino.com.ar). Fac. Cs. Agrarias, CC 276 (7620) Balcarce, Argentina.

proporción de granos que las de Dekalb, mientras éstas poseían una mayor proporción foliar. El corte a 50 cm de altura resultó en una reducción de 15% en rendimiento, pero también en un aumento de semejante magnitud en la proporción de grano, sin que hubiera diferencias entre los dos híbridos. El ensilaje procedente del corte a los 50 cm mostró mayores contenidos de MS (39.7 vs. 33.6%), y almidón (35.8 vs. 29.6%) y menor contenido de fibra detergente neutro (FDN, 35.8 vs. 39.0%). Ni la altura de corte ni el híbrido afectó la cinética de la producción de gas *in vitro*, pero el corte alto mejoró la tasa de degradación *in situ* (4.65 vs. 3.08%/h) y la degradabilidad efectiva (56.1 vs. 51.0%, a  $k_p = 5\%$ : DE-5). Los híbridos no difirieron en el peso del R50, sus proporciones hoja/tallo o la calidad nutricional (FDN = 63.9%; DE-5 = 41.1%, en promedio), siendo estos últimos valores inferiores a los del ensilaje resultante del corte a 15 cm. Se concluye que los dos híbridos afectaron poco las variables bajo estudio, y aunque el corte a 50 cm causó una pérdida de rendimiento, ésta se compensó por una mejor calidad del ensilaje y la biomasa adicional del R50 que podría resultar beneficiosa durante períodos de escasez de forraje.

**Palabra clave:** Altura de corte, Calidad nutricional, Ensilaje de maíz, Rastrojo, Rendimiento.

## Introducción

El maíz, por su alto rendimiento por hectárea y calidad nutricional, es destinado a la confección de ensilaje, el cual es utilizado en diversos sistemas de producción bovina del mundo, que abarcan desde la cría hasta el engorde a pastoreo o corral y a la producción de leche. En la actualidad, para que se justifique ensilar un cultivo de maíz, es necesario lograr ensilajes de la máxima calidad posible debido al elevado precio del grano. Por lo tanto, toda práctica de manejo que mejore la calidad del ensilaje es de suma importancia en cualquier sistema de producción ganadera.

El grano es el componente de la planta de maíz de máxima digestibilidad (Andrae *et al.*, 2001; Kennington *et al.*, 2005), en cambio la fracción vegetativa es de menor calidad y la misma varía con el estado de madurez, el híbrido y con la relación hoja/tallo (Verbic *et al.*, 1995; Tolera y Sundstøl, 1999; Arias *et al.*, 2003). Debido a esto, en la mayoría de las situaciones de producción, el valor nutritivo del ensilaje de maíz aumenta cuando se incrementa la proporción de grano en la planta. Elevar la altura de corte cuando se ensila es una práctica que posibilita ese objetivo.

Los tallos, que representan el 30-40% del peso de la fracción fibrosa, son los componentes de la planta de menor calidad y su digestibilidad disminuye hacia la base del mismo (Verbic *et al.*, 1995; Di Marco *et al.*, 2007). Por lo tanto, al elevar

la altura de corte del cultivo no sólo se aumenta la relación grano/planta, sino que también se excluye del material a ensilar la parte inferior del tallo y las hojas más viejas. Esta práctica, si bien produce un ensilaje con mayor digestibilidad y almidón, tiene la desventaja que reduce la cantidad de materia seca que se ensila por unidad de superficie.

Diversos trabajos indican que el aumento en la calidad del ensilaje producido por la elevación de altura de corte depende del híbrido y de las condiciones de crecimiento de las plantas, pero que en muchos casos este beneficio no compensa el menor rendimiento obtenido por hectárea (Lauer, 1998; Bernard *et al.*, 2004; Kennington *et al.*, 2005). Sin embargo, en las evaluaciones no se ha tenido en cuenta el rastrojo remanente que, dependiendo de su calidad nutritiva, puede ser una importante reserva de alimento para mantener animales durante períodos de sequía, inundación o bajas temperaturas, que ocasionan escasez de forraje.

Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto de aumentar la altura de corte de 15 a 50 cm, en dos híbridos de maíz, sobre: 1) el peso y composición morfológica de las plantas y del rastrojo del corte alto, y 2) la calidad nutricional de los ensilajes y del rastrojo de corte alto. Esta última se midió en términos de composición química, producción de gas *in vitro* y degradabilidad *in situ* de la materia seca.

## Materiales y Métodos

### *Híbridos de maíz y condiciones de crecimiento*

Se utilizaron los híbridos Pioneer 37P73 y Dekalb 615, de 100 y 110 d de madurez relativa,

respectivamente. La siembra se realizó en Balcarce, provincia de Buenos Aires (37° 45' S, 58° 18' W), a fines de octubre, en parcelas de 2.1 x 6 m (densidad

teórica 80.000 plantas/ha), según un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. El suelo fue un argiudol típico con 2% de pendiente, 20 ppm de fósforo disponible (método Bray) y 6% de materia orgánica. El cultivo se condujo en secano y las precipitaciones registradas durante el ciclo de crecimiento totalizaron 560 mm. La cosecha se realizó a los 118 y 126 d desde la siembra (Pioneer y Dekalb, respectivamente), momento en que el grano alcanzó la madurez de mitad de línea de leche, R5 según la escala fenológica de Ritchie *et al.* (1996).

#### **Altura de corte, muestreo de plantas y confección de ensilajes**

De cada parcela se cortaron 20 plantas al azar a 15 cm del suelo. En 10 plantas se cortó la porción inferior a 35 cm de la base para simular el corte a 50 cm. El residuo obtenido se consideró como rastrojo del corte alto (R50). Seis plantas por parcela y altura de corte se utilizaron para fraccionar en hoja, tallo, chala, marlo y grano. El R50 también fue separado en hojas y tallos. Todas las fracciones se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 60°C hasta peso constante y se pesaron para determinar la materia seca (MS), estimándose la proporción relativa de cada componente morfológico. Con el resto de las plantas, cortadas a 15 y 50 cm, se confeccionó un ensilaje por parcela. Para ello el material se picó con una máquina estática hasta un tamaño aproximado de 1.5 cm. Luego el material se colocó en microsilos de policloruro de vinilo (PVC) de 5 L de capacidad, de los cuales se extrajo el aire con una bomba de vacío. Los microsilos se sellaron con un producto a base de siliconas para mantener su hermeticidad. Después de 90 d los microsilos se abrieron y el ensilaje se secó en estufa con circulación forzada de aire a 60°C para determinar MS.

#### **Análisis químicos**

En una muestra (100 g MS) de cada silo, molida con malla de 1 mm en molino tipo Willey, se realizaron los siguientes análisis químicos: materia orgánica (MO) (AOAC, 1990); almidón (MacRae y Armstrong, 1968); fibra detergente neutro (FDN) (Van Soest *et al.*, 1991) y nitrógeno (Horneck y Miller, 1998), a partir del cual se calculó la proteína bruta (PB) como  $N \times 6.25$ . En el R50 se determinó únicamente el contenido de FDN.

#### **Producción de gas *in vitro***

La producción de gas *in vitro* de la MS se midió, por duplicado, en muestras de ensilaje y de R50 según la técnica de Theodorou *et al.* (1994). Para ello se incubaron 500 mg de MS (molida a 1

mm) en frascos de 125 ml con líquido ruminal en baño termostático a 39°C, utilizándose un "buffer" fosfato-bicarbonato. El licor ruminal se obtuvo de un vacuno alimentado con una dieta compuesta por heno de alfalfa (36%), heno de gramíneas (36%), grano de maíz (19%) y harina de girasol (9%).

La producción acumulada de gas se midió a las 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h con un manómetro electrónico digital PSI-TRONIX, escala 0-20 PSI, resolución 0,01 PSI, provisto de una aguja de 0.8 x 25 mm. La cinética de la producción de gas se analizó con el modelo de France *et al.* (1993):

$Y = A \{1 - \exp[-b(t-L) - c \times (t-L)]\}$ , donde:

Y = producción acumulada de gas (ml),

A = asíntota superior (producción potencial de gas, ml),

L = tiempo de retardo ("lag time", h),

b ( $h^{-1}$ ) y c ( $h^{-0.5}$ ) = tasas fraccionales constantes.

Se calculó la tasa fraccional combinada de producción de gas (France *et al.*, 2005) como:

$\mu = b + c/2^t$ , donde:

$\mu$  = tasa de producción de gas ( $h^{-1}$ ),

b y c = parámetros ya descriptos y

t = tiempo de incubación (h).

La estimación de los parámetros del modelo se realizó con el procedimiento Solver de Microsoft Excel 2003, según protocolo descrito por Fernández (2004).

#### **Degradabilidad *in situ***

La degradabilidad *in situ* de la MS de los ensilajes y del R50 se determinó en dos novillos Hereford (350 kg peso vivo) con fístula ruminal, empleando la metodología de Mehrez y Ørskov (1977). Los animales se alimentaron a mantenimiento de peso vivo (AFRC, 1993) con heno de alfalfa durante 15 d, los primeros 7 d fueron de acostumbamiento y en los restantes se efectuaron las mediciones. El heno tenía 62% de digestibilidad *in vitro*, 58% de FDN y 19% de PB, y fue suministrado dos veces al día (33% a las 9:00 h y 67% a las 15:00 h). Se utilizaron bolsas de dacrón de 10 x 20 cm con tamaño de poro de 50  $\mu$ m (Ankom 1020), en donde se colocaron 5 g MS de cada material molido a 2 mm. En cada animal se incubaron dos bolsas para cada uno de los siguientes horarios: 0, 6, 12, 18, 24, 48 y 72 h. La hora cero correspondió a una incubación de 5 minutos para estimar la fracción soluble. Una vez retiradas las bolsas del rumen se lavaron manualmente hasta que escurrió agua clara. Posteriormente se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante. La degradabilidad de la MS se calculó por diferencia de peso entre el material incubado y

el residuo. En el residuo de incubación correspondiente a las 24:00 h se determinó, además de la MS, el contenido de almidón (MacRae y Armstrong, 1968), a partir del cual se calculó su degradabilidad y, por diferencia, la de la fracción vegetativa (100-almidón).

Los datos de degradabilidad ruminal se analizaron por el modelo de Ørskov y McDonald (1979):  $D = a + b(1 - e^{-ct})$ , donde:

D = degradabilidad ruminal (%)

a = fracción soluble (%)

b = fracción degradable (%)

c = tasa fraccional de degradación (%/hora)

t = tiempo (horas)

La estimación de los parámetros del modelo se realizó con el procedimiento NLIN, método Marquardt de SAS (2000).

Se calculó la degradabilidad efectiva (DE) para distintas tasas de pasaje (kp) según

McDonald (1981):  $DE = a + b(c/c+kp)$ . Se utilizaron valores de kp de 2.5, 5 y 8%/h (DE-2, DE-5 y DE-8, respectivamente), según lo sugerido por el AFRC (1993).

#### Análisis estadístico

Los datos de peso y composición morfológica de las plantas y del R50, y de composición química y producción de gas *in vitro*, se analizaron según un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones, considerando los efectos de híbrido, altura de corte y su interacción en el caso de los ensilajes, y el efecto de híbrido para el R50. Los datos de degradabilidad ruminal de ensilajes y R50 fueron analizados considerando el animal como bloque. En todos los casos las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico de SAS (2000).

## Resultados y Discusión

### Características de las plantas y rendimiento del cultivo

El peso y la composición morfológica de las plantas mostraron diferencias significativas debido a la altura de corte y al híbrido (Cuadro 1), sin interacción altura x híbrido. La planta del híbrido Pioneer cortada a 15 cm fue 24% más pesada, con mayor proporción de espiga (+5.9%) y de grano (+3.9%), y menor de hoja (-15%), que la del híbrido Dekalb. Sin embargo no hubo diferencias entre híbridos en la proporción de tallo ni en la relación hoja/tallo.

Al elevar la altura de corte de 15 a 50 cm hubo una pérdida de aproximadamente 15% en el peso de la planta, que no se diferenció entre

híbridos. Como consecuencia aumentó el contenido de espiga y grano en la misma proporción (15%), y disminuyó el contenido de tallo (40%) en mayor proporción que el de hoja (17%), por lo que el material cortado a 50 cm tuvo una relación hoja/tallo más elevada (> 40%).

En base a la diferencia de peso de las plantas, entre ambas alturas de corte, se puede inferir la merma de material para ensilar. Por ejemplo en un cultivo sembrado a una densidad de 80 000 plantas/ha, que es normal para la zona donde se realizó el experimento, el corte a mayor altura provocaría una disminución de casi 1 900 kg MS/ha en la cantidad de ensilaje obtenido, material que queda como rastrojo en pie cuya

Cuadro 1. Peso y composición morfológica de las plantas de dos híbridos de maíz cortados a dos alturas.

	Dekalb		Pioneer		EE	Valor p		
	15 cm	50 cm	15 cm	50 cm		H	C	H x C
Peso (g MS/planta)	163.0	141.7	202.5	176.4	4.59	<0.01	0.01	0.72
Grano (%)	48.6	55.9	50.5	58.2	0.64	0.04	<0.01	0.84
Espiga* (%)	61.3	70.5	64.9	74.7	1.08	0.03	<0.01	0.85
Hoja (%)	23.4	20.1	19.8	16.3	0.85	0.02	0.02	0.90
Tallo (%)	15.4	9.4	15.3	8.9	0.74	0.81	<0.01	0.88
Relación hoja/tallo	1.52	2.16	1.31	2.00	0.20	0.54	0.05	0.93

EE = error estándar; H = híbrido; C = altura de corte, H x C = interacción híbrido x altura de corte

\*Espiga = grano + tusa + chala (hojas que recubren la mazorca)

utilidad como alimento se analizará posteriormente. En las condiciones del presente ensayo dicha pérdida es equivalente a 55 kg MS/ha por cada centímetro de aumento en la altura de corte (1900/35 cm).

Una pérdida de material para ensilar de similar magnitud (15%) también fue encontrada por Lauer (1998) al elevar la altura de corte de 15.2 a 45.7 cm. Por su parte Kennington *et al.* (2005), al comparar un corte a 20.3 ó 61.0 cm de altura, obtuvieron mermas en el rendimiento de MS de 9.0 y 18.7% en dos híbridos diferentes. En un análisis de resultados de 11 ensayos, Wu y Roth (2003) calcularon una reducción promedio del 7.3% para alturas de corte entre 12.5 y 72.0 cm. En general los datos bibliográficos indican que la merma en el rendimiento de MS del cultivo para ensilar ocasionado por el aumento de la altura de corte está entre 10 y 20%. La misma puede variar con las características del híbrido, estado de madurez del cultivo, densidad de plantas y con la magnitud de la elevación de la altura de corte (Satter *et al.*, 2000; Neylon y Kung, 2003; Lewis *et al.*, 2004; González Castañeda *et al.*, 2005). **Composición química y producción de gas *in vitro* de los ensilajes**

No se detectó efecto de híbrido en la composición química de los ensilajes a pesar de las diferencias en la composición morfológica de las plantas. La altura de corte, en cambio, aumentó significativamente el contenido de MS y almidón, disminuyó el de FDN y no afectó la MO y PB (Cuadro 2). Resultados similares se observan en otros trabajos que han evaluado el efecto de la altura de corte en diferentes híbridos, estados de

madurez y condiciones de crecimiento de las plantas (Satter *et al.*, 2000; Neylon y Kung, 2003; Wu y Roth, 2003; Bernard *et al.*, 2004; Kennington *et al.*, 2005). En este ensayo el aumento en el contenido de almidón fue, en promedio para ambos híbridos, de 14.8%, y estuvo relacionado directamente con la mayor proporción de grano (15% en promedio) que tuvieron los ensilajes de corte alto.

Los parámetros del modelo de France *et al.* (1993), utilizado para el análisis de la cinética de la producción de gas *in vitro*, no mostraron diferencias debidas al híbrido o mayor altura de corte, como lo indica el Cuadro 2. La producción potencial de gas, promedio de todos los ensilajes, fue de 217 ml/g MS, la mitad de la cual se produjo en las primeras 15 h de incubación. En este experimento la producción de gas *in vitro* se utilizó para evaluar la degradabilidad de los ensilajes, como una alternativa adicional a la técnica *in situ* que se discute en el próximo párrafo. El hecho de que el perfil de producción de gas del ensilaje de corte alto, que tuvo 15% más de almidón y 11% menos de FDN, no se diferencie del de corte bajo, estaría indicando que el primero tuvo mayor degradabilidad, debido a que el almidón genera menos gas que la FDN por unidad de sustrato degradado (De Boever *et al.*, 2005; López *et al.*, 2007). Sin embargo, no es posible estimar de la presente información la magnitud de la degradabilidad de ambos ensilajes, porque la proporción molar de ácidos grasos volátiles provenientes de distintas relaciones almidón/FDN puede afectar la producción de gas por unidad de MS degradada (Bruni y Chilbroste, 2001). Esto explica la gran discrepancia

Cuadro 2. Composición química y producción de gas *in vitro* de ensilajes de dos híbridos de maíz cortados dos alturas

	Dekalb		Pioneer		EE	Valor p		
	15 cm	50 cm	15 cm	50 cm		H	C	H x C
MS (% tal cual)	31.9	39.3	35.3	40.1	0.39	0.28	0.01	0.50
MO (% MS)	92.3	93.3	92.6	93.5	0.46	0.72	0.83	0.89
P B (% MS)	6.0	5.7	5.9	6.0	0.32	0.98	0.83	0.67
FDN (% MS)	39.2	34.4	38.9	35.9	1.33	0.76	0.05	0.45
Almidón (% MS)	28.4	35.0	30.7	36.7	1.60	0.43	0.05	0.88
Producción potencial de gas (A, ml/g MS)	212.5	217.5	215.1	223.2	4.22	0.39	0.20	0.74
Tiempo en alcanzar 0% A (h)	14.6	14.8	14.9	14.4	0.98	0.97	0.87	0.75
Tasa fraccional combinada	0.046	0.047	0.045	0.047	0.002	0.85	0.48	0.73
Tiempo de retardo (h)	0.07	0.08	0.08	0.08	0.002	0.86	0.84	0.85

EE = error estándar; H = híbrido; C = altura de corte; H x C = interacción híbrido x altura de corte

que existe en la bibliografía respecto a los criterios para convertir el volumen de gas en valores de degradabilidad (Williams, 2000).

#### **Degradabilidad ruminal *in situ* de los ensilajes**

El aumento de la altura de corte produjo un incremento de la tasa fraccional de degradación (c) de 51% (3.08 vs. 4.65 %/h), sin afectar el resto de los parámetros (a y b) del modelo de Ørskov y McDonald (1979), como se muestra en el Cuadro 3. Los parámetros de dicho modelo no fueron afectados por el híbrido. Como consecuencia del incremento de la tasa fraccional de degradación hubo un aumento de la DE. Por ejemplo la DE-5 fue 10% mayor en los ensilajes de corte alto (56.2 vs. 51.0%). El aumento de la DE guarda relación con el mayor contenido de almidón del ensilaje de corte alto y concuerda con lo discutido previamente sobre la interpretación de los datos de producción de gas. Los valores DE-5 observados en los ensilajes de corte bajo (51.0%) están entre los límites de valores de degradabilidad informados por Arieli *et al.* (1998), y de digestibilidad *in vivo* obtenidos por Di Marco *et al.* (2005).

En el Cuadro 3 también se incluye la degradabilidad *in situ* a las 24 h (D24) debido a que en un experimento previo (Di Marco *et al.*, 2005) se encontró que dicho parámetro en el ensilaje de maíz no difiere de los valores de digestibilidad *in vivo*. Esta concordancia empírica guarda relación con el tiempo de permanencia del ensilaje en el rumen. Según se puede deducir del experimento de Kuhlen *et al.* (1999), el ensilaje tiene un tiempo de retención ruminal de 18 a 25 h, ya que estos autores reportaron tasas de pasaje entre 4.0 y 5.5%/hora en vacas lecheras alimentadas con

dietas de ensilaje de maíz. En el presente ensayo la D24 no difirió significativamente de la DE-5 (Cuadro 3), lo cual muestra que es un parámetro *per se* sumamente valioso para caracterizar el valor nutricional del ensilaje de maíz, ya que es mucho más fácil de obtener que la DE debido a que no requiere incubaciones a distintos tiempos.

Como puede observarse en el Cuadro 3, en un período de incubación de 24 h el almidón se degradó 94-99%, independientemente de la altura de corte, lo que muestra el alto valor nutritivo de este componente del ensilaje, lo cual también ha sido observado por Kennington *et al.* (2005). Esta alta D24 contrasta con la de la fracción vegetativa, la cual fue de sólo 31.1% en los ensilajes de corte bajo, y aumentó a 39.1% en los de corte alto. Esta diferencia se debería a la menor proporción de tallo en el material ensilado (Cuadro 1), que es el componente morfológico de la planta de maíz de menor digestibilidad (Verbic *et al.*, 1995; Di Marco *et al.*, 2007).

En síntesis, el aumento de la altura de corte permitió obtener un ensilaje con más almidón y menos tallo, lo cual tuvo efecto en el aumento de la degradabilidad ruminal de la MS. Este incremento fue de 17.5% en D24 (49.3 y 58.0% corte bajo y alto, respectivamente), y de 8.9% para la DE, promediando los valores de las tres tasas de pasajes (2, 5 y 8%/h) utilizadas en el cálculo del Cuadro 3.

#### **Valor nutricional del residuo de corte alto (R50)**

El R50 estuvo constituido por 43.8% de hojas y 56.2% de tallos (Cuadro 4), sin diferencias entre híbridos. Su peso, en promedio, representó el 15% del peso total de la planta, como se señaló

Cuadro 3. Parámetros de la digestión *in situ* de la MS, degradabilidad efectiva y degradabilidad en 24 h de ensilajes de dos híbridos de maíz cortados a dos alturas

	Dekalb		Pioneer		EE	Valor p		
	15 cm	50 cm	15 cm	50 cm		H	C	H x C
a (%)	28.6	30.6	29.6	27.8	0.26	0.08	0.75	<0.01
b (%)	59.0	54.7	58.0	57.4	1.87	0.76	0.39	0.53
a + b (%)	87.6	85.3	87.6	85.2	2.07	0.99	0.46	0.97
c (%/hora)	3.05	4.35	3.10	4.95	0.28	0.47	0.02	0.53
Degradabilidad efectiva								
DE-2 (%)	63.3	68.0	64.9	68.6	0.29	0.06	<0.01	0.31
DE-5 (%)	50.3	56.0	51.8	56.3	0.46	0.23	<0.01	0.39
DE-8 (%)	44.4	49.8	45.8	49.7	0.45	0.37	<0.01	0.28
Degradabilidad 24 h								
MS total (%)	49.7	56.6	48.9	59.3	1.70	0.61	<0.01	0.36
Almidón	99.8	98.8	94.6	94.2	2.27	0.20	0.82	0.92
Fracción vegetativa (%)	31.7	37.2	30.5	41.0	2.94	0.68	0.05	0.43

EE = error estándar; H = híbrido; C = altura de corte; H x C = interacción híbrido x altura de corte

Cuadro 4. Peso, composición y producción de gas *in vitro* del residuo de corte alto (R50) de dos híbridos de maíz

	Dekalb	Pioneer	EE	Valor p
Peso (g MS/planta)	21.3	24.3	2.18	0.38
Hoja (%)	44.6	43.1	3.67	0.79
Tallo (%)	55.4	56.9	3.67	0.79
Contenido FDN (%)	65.7	62.1	1.71	0.21
Producción potencial de gas (A. ml/g MS)	231.3	205.0	2.56	0.02
Tiempo en alcanzar 50% A (h)	19.8	18.5	1.84	0.66
Tasa fraccional combinada	0.026	0.029	0.003	0.47
Tiempo de retardo (h)	0.09	0.08	0.01	0.71

EE = error estándar

anteriormente, y el 26% considerando únicamente a la fracción fibrosa de la misma.

La producción de gas *in vitro* del R50 no se diferenció entre híbridos en los parámetros del modelo de France *et al.* (1993), con excepción del parámetro A (producción potencial) que fue mayor en el híbrido Dekalb (231.3 vs. 205.0 ml/g MS), a pesar de que el contenido de FDN no se diferenció entre híbridos (63.9% en promedio). Es importante destacar que en el R50 el tiempo para alcanzar el 50% de la producción de gas fue mayor (33%), y la tasa fraccional combinada fue menor (-55%), que en el ensilaje de corte alto. Esto está indicando que este material se degradaría más lentamente en el rumen, lo cual coincide con su mayor contenido de FDN.

La cinética de la degradación ruminal del R50 se analizó con un modelo sin fase de retardo (lag), al igual que se hizo con los ensilajes, debido a que no se observó la existencia de un "lag", a pesar de constituir la fracción más fibrosa de la planta. Como lo muestra el Cuadro 5, la degradabilidad ruminal tampoco se diferenció entre híbridos. La

D24 de la MS fue en promedio 44.1% y la DE-5 41.1%, valores cónsonos con los reportados en la bibliografía para hojas y tallos de maíz. Por ejemplo Verbic *et al.* (1995) encuentran en 8 híbridos que la DE-5 de las hojas varió entre 37.7 y 44.6%, y la de los tallos entre 36.2 y 47.0%. Por su parte Tolera y Sundstøl (1999) hallaron un valor promedio de DE-3 de 42% en hojas y tallos. Finalmente, Arias *et al.* (2003) informan valores de DE-5 de 34.3-48.1% para el conjunto de hojas y tallos de dos híbridos de maíz en dos estados de madurez y en animales consumiendo dietas diferentes. La información en su conjunto indica que tanto las hojas como los tallos, y el rastrojo de corte alto, son de baja calidad, con una DE inferior al 45%. Este valor puede aumentar como máximo a 52.0% (Cuadro 5) cuando el kp disminuye al 2%/h, como el que se espera en animales a mantenimiento de peso (AFRC, 1993).

**Conveniencia de cortar a mayor altura**

En diversos trabajos de investigación recientes se ha estudiado el efecto del aumento de la altura de corte sobre la producción animal

Cuadro 5. Parámetros de la digestión *in situ* de la MS, degradabilidad a las 24 h y degradabilidad efectiva del residuo de corte alto de dos híbridos de maíz

	Dekalb	Pioneer	EE	Valor p
a (%)	23.7	24.1	1.10	0.84
b (%)	47.5	50.1	5.77	0.78
a + b (%)	71.2	74.2	4.79	0.71
c (%/hora)	2.65	3.10	0.68	0.69
Degradabilidad 24 horas	42.4	45.8	3.71	0.54
Degradabilidad efectiva				
DE-2 (%)	50.5	53.4	0.33	0.03
DE-5 (%)	39.9	42.3	1.49	0.37
DE-8 (%)	35.4	37.4	1.66	0.48

EE = error estándar

individual, el consumo o la digestibilidad. Si bien en algunos casos se detectó un efecto positivo, el mismo puede desaparecer cuando se compara la producción por unidad de superficie, debido a que la pérdida de MS es mayor que el beneficio por aumento de la calidad nutricional (Lauer, 1998; Neylon y Kung, 2003; Wu y Roth, 2003; Bernard *et al.*, 2004; Kennington *et al.*, 2005). Los resultados del presente experimento indican que la pérdida de rendimiento (15% de la MS) por cortar a mayor altura puede ser compensada parcial, o totalmente, según el criterio que se utilice para definir la calidad. Esto es, en términos de D24 la compensación sería total, ya que el ensilaje de corte alto tuvo una degradabilidad 17.5% mayor. Por ejemplo, promediando los dos híbridos y considerando una densidad de 80 000 plantas/ha, el peso de las plantas (Cuadro 1) y la D24 (Cuadro 3), se obtendría 7 208 ó 7 374 kg MS degradable/ha cortando a 15 ó 50 cm de altura, respectivamente. En cambio, si el parámetro que se utiliza para evaluar la calidad es la DE-5, la compensación sería parcial debido a que tuvo un aumento del 10% con el corte alto. Esta compensación parcial, de todas maneras, también sería de importancia (66.6%).

Además del análisis precedente, hay que considerar otros factores para evaluar el impacto de esta práctica de manejo en un sistema de producción. En primer lugar, una mejora de la degradabilidad también significa una reducción

en la producción de heces, lo cual representa un ahorro en remoción de estiércol en animales confinados. En segundo lugar, también hay que tener presente que el ensilaje producido tiene un mayor contenido de almidón y menor de FDN lo cual, al menos en teoría, puede favorecer el consumo y la eficiencia de utilización de la energía metabolizable. Esto también puede representar un ahorro porque puede mejorar la conversión alimenticia y la cantidad de grano requerida para aumentar la densidad energética de las dietas.

Finalmente, otro factor a considerar es que en sistemas agrícola-ganaderos los animales utilizan los residuos de cosecha en muchas circunstancias. Estos se vuelven de gran importancia durante sequías, inundaciones o en períodos con baja temperatura en que no crecen las pasturas. El corte alto representó, en las condiciones de este experimento, una biomasa de forraje en pie de aproximadamente 1 900 kg MS/ha, como ya se analizó previamente cuando se calculó la magnitud de la merma de rendimiento para ensilar. Si el rastrojo se utiliza con una eficiencia de cosecha del 60%, en pastoreo directo, puede aportar 1 140 kg MS de un forraje con 50% de degradabilidad, suponiendo un  $k_p = 2\%/h$  como se espera en vacunos en mantenimiento (Cuadro 5). El valor de este aporte puede ser importante o no, según el tipo de establecimiento y de las condiciones climáticas imperantes, pero no puede ser descartado del análisis.

## Conclusión

La elevación de la altura de corte de 15 a 50 cm produjo una pérdida del 15% en la cantidad de MS ensilada, pero el ensilaje obtenido tuvo mayor contenido de almidón y menor de FDN y, por ende, fue de mayor degradabilidad ruminal, parámetros que no se diferenciaron entre híbridos. Esta mejora en la calidad del ensilaje

por cortar a mayor altura puede compensar en gran medida, o totalmente, la merma en rendimiento, dejando como beneficio adicional un rastrojo que puede ser importante para mantener vacunos en condiciones de escasez de forraje en emergencias climáticas.

## Literatura Citada

- AFRC. 1993. Agricultural and Food Research Council. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK, 159 p.
- Andrae, J. G., C. W. Hunt, G. T. Pritchard, L. R. Kennington, J. H. Harrison, W. Kezar, and W. Mahanna. 2001. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2268-2275.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists International. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Arlington, VA.
- Arias, S., O. N. Di Marco, and M. S. Aello. 2003. Effects of hybrid and maturity on maize stover ruminal degradability in cattle fed



- different diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16:1919-1624.
- Arieli, A., S. J. Mabweesh, Z. Shabi, I. Bruckental, Y. Aharoni, S. Zamwel, and H. Tagari. 1998. *In situ* assessment of degradability of organic matter in the rumen of the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 81:1985-1990.
- Bernard, J. K., J. W. West, D. S. Trammell, and G. H. Cross. 2004. Influence of corn variety and cutting height on nutritive value of silage fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:2172-2176.
- De Boever, J. L., J. M. Aerts, J. M. Vanacker, and D. L. De Brabander. 2005. Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124:255-265.
- Bruni, M. A. y P. Chilibroste. 2001. Artículo Invitado: Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9:43-51.
- Di Marco, O. N., M. S. Aello, and S. Arias. 2005. Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57:223-228.
- Di Marco, O. N., M. S. Aello, and A. Chicatún. 2007. Effect of irrigation on corn plant dry matter yield, morphological components and ruminal degradability of leaves and stems. *J. Anim. Vet. Adv.* 6:8-11.
- Fernández, H. H. 2004. Un procedimiento simple para estimar parámetros de funciones útiles en producción animal usando Solver de Excel. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24:75-81.
- France, J., M. S. Dhanoa, M. K. Theodorou, S. J. Lister, D. R. Davies, and D. Isac. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.* 163:99-111.
- France, J., S. López, E. Kebread, A. Bannink, M.S. Dhanoa, and J. Dijkstra. 2005. A general compartmental model for interpreting gas production profiles. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124:473-485.
- González Castañeda, F., A. Peña Ramos, G. Núñez Hernández y C.A. Jiménez González. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:393-397.
- Horneck, D. A. and R. O. Miller. 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue. In: Kalra, Y.P. (Ed.). *Handbook of reference methods for plant analysis.* Soil and Plant Analysis Council, Inc., CRC Press. Washington, DC, pp. 75-83.
- Kennington, L. R., C. W. Hunt, J. I. Szasz, A. V. Grove, and W. Kesar. 2005. Effect of cutting height and genetics on composition, intake and digestibility of corn silage by beef heifers. *J. Anim. Sci.* 83:1445-1454.
- Kuehn, C. S., J. G. Linn, D. G. Johnson, H. G. Jung, and M. I. Endres. 1999. Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82:2746-2755.
- Lauer, J. 1998. Corn silage cutting height. Consulta: 20 de abril de 2007. <http://www.uwes.edu/ces/orage/articles.htm>
- Lewis, A. L., W. J. Cox, and J. H. Cherney. 2004. Hybrid, maturity and cutting height interactions on corn forage yield and quality. *Agron. J.* 96:267-274.
- López, S., M. S. Dhanoa, J. Dijkstra, A. Bannink, E. Kebreab, and J. France. 2007. Some methodological and analytical considerations regarding application of the gas production technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 135:139-156.
- MacRae, J. E. and D. G. Armstrong. 1968. Enzyme method for determination of  $\alpha$ -linked glucose polymers in biological materials. *J. Sci. Food. Agric.* 19:578-581.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.*, 96:251-252.
- Mehrez, A. and E. R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.*, 88:645-650.
- Neylon, J. M. and L. Kung, Jr. 2003. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 86:2163-2169.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92:499-503.
- Ritchie, S., J. Hanway, and G. Benson. 1996. How a corn plant develops? *Spec. Rep.* 48. Iowa State Univ. of Sci. and Technol., Coop. Ext. Serv., Ames.
- S.A.S. 2000. *Statistical Analysis Systems Institute Inc., SAS User's Guide: Statistics*, Cary, N.C.
- Satter, L. D., V. Moreira, H. Santos, Z. Wu, and F. Kanitz. 2000. Relative feeding value of diverse

- corn silage hybrids. Proc. UW Arlington Dairy Day. Arlington, WI (USA), pp. 31-46.
- Theodorou, M. K., B. A. Williams, M. S. Dhanoa, A. B. Mc Allan, and J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197.
- Tolera, A. and F. Sundstøl, F. 1999. Morphological fractions of maize stover harvested at different stages of grain maturity and nutritive value of different fractions of the stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 81:1-16
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Verbic, J., J. M. A. Stekar, and M. Resnic-Cepon. 1995. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54:133-148.
- Williams, B. A. 2000. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: Givens, D. I., Owen, E., Omed, H. M., and Axford, R. F. E. (Ed.). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford (UK). CAB International. 475 p.
- Wu, Z. and G. Roth. 2003. Considerations in managing cutting height of corn silage. Department of Dairy and Animal Science, The Pennsylvania State University, DAS 03-72, 7 pp.