

Análisis de la producción y calidad de maíz para silaje en el norte de la Provincia de Buenos Aires.

Ing. Agr. J.O. Scheneiter
INTA, CRBAN, EEA Pergamino

Introducción

El aumento de la superficie agrícola en los últimos 10 años, estuvo basado en el reemplazo de pasturas y pastizales de alta productividad y calidad por cultivos, principalmente soja. Esto llevó a que actualmente, la carga global en ganadería se haya incrementado con respecto al pasado y con ello, la necesidad de producir alimento en cantidad y calidad suficiente para estabilizar la carga, entre y dentro de años, y sostener la producción individual. Lo anterior ha determinado que los forrajes conservados ocupen un lugar destacado dentro de las alternativas forrajeras, entre las cuales el silaje de maíz posibilita obtener altos volúmenes de forraje de calidad por unidad de superficie en un plazo relativamente breve.

El objetivo de este trabajo fue sistematizar y analizar la información disponible sobre evaluación de maíz para silaje en la EEA Pergamino del INTA desde 1995 hasta la fecha.

Para ello se utilizaron los resultados obtenidos en experimentos de evaluación de germoplasma y de manejo agronómico del cultivo (época y densidad de siembra, fertilización, altura de picado, y momento óptimo de cosecha). Este tipo de experimentos estuvo focalizado en el desarrollo de tecnología para reducir el costo por unidad de nutriente y lograr un producto de mejor valor nutricional.

Entre 1995 y 2010 se evaluaron en la EEA Pergamino del INTA, 105 híbridos y 3 variedades con destino a silaje. Estos ensayos se realizaron sobre un suelo Argiudol típico serie Pergamino y se fertilizaron con fósforo (dosis media de 25,8 Kg. de P ha⁻¹) y con nitrógeno (dosis media de 100 Kg. de N ha⁻¹). Entre 1995 y 2006, se empleó el riego complementario en caso de déficit hídricos transitorios, mientras que a partir de 2007, el riego fue incorporado en todo el ciclo del cultivo. En todos los ensayos se realizó el control de malezas mediante la aplicación de herbicidas de uso estándar.

La cosecha se efectuó para cada material en forma individual cada vez que alcanzaba el estado de ½ a ¼ de línea de leche (LL) con un contenido promedio de materia seca (% MS) de 35,2 ± 2,9 %.

En todos los experimentos se registró la altura media de cada híbrido, la floración femenina media, la acumulación de materia seca y la proporción de mazorca (grano + marlo) y resto de la planta (tallo, hoja y chala). En 12 de los ensayos se confeccionaron

microsilos en los cuales se midió el pH, la digestibilidad *in vitro* (en los últimos 3 años: digestibilidad verdadera) y el contenido de pared celular.

Anualmente, los tratamientos se dispusieron en un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. La información se analizó mediante el Procedimiento ANOVA del SAS.

Acumulación de forraje

Época de picado

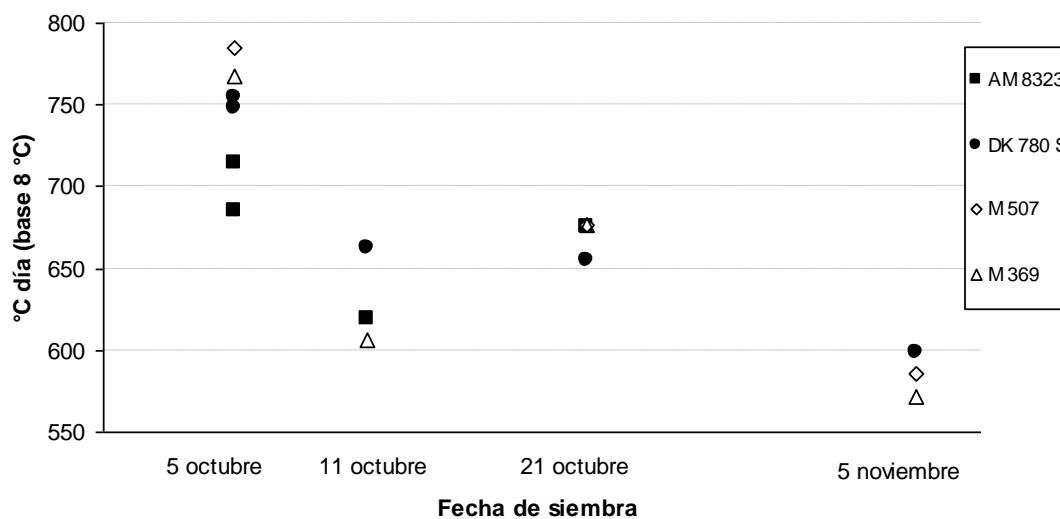
El análisis de un conjunto de híbridos durante 4-5 campañas permite ver que, dependiendo de la época de siembra y del híbrido, el picado (al estado de 1/3 a 1/4 LL), se produce entre 118 y 138 días desde la siembra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Días desde la siembra al picado de 4 híbridos de maíz en diferentes campañas.

	5/11/2003	21/10/2004	5/10/2005	11/10/2006	5/10/2007
AM 8323	----	125	134	127	137
DK 780 S	118	119	138	132	134
M 507	120	130	138	----	----
M 369	120	130	138	132	----

Si la información se acota al período entre la floración femenina media (comienzo de polinización) y el momento óptimo de picado (1/3 a 1/4 de LL) y se expresa en términos de suma térmica es posible observar una relación negativa, entre los requerimientos térmicos y la fecha de siembra (Figura 1).

Figura 1. Suma térmica de 4 híbridos entre floración femenina media y picado con diferentes fechas de siembra

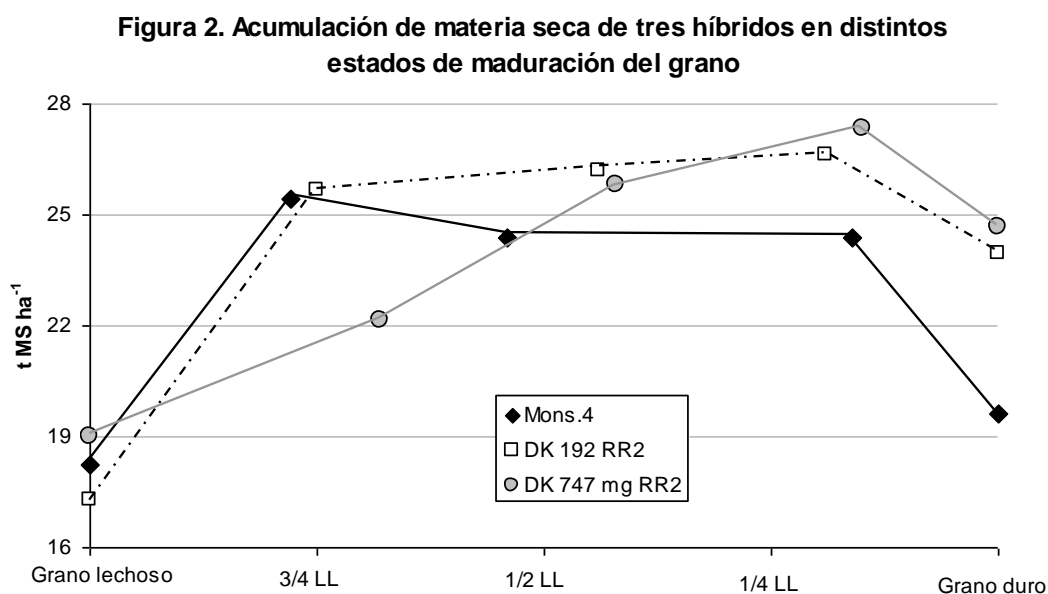


Tasa de secado

El momento de picado define la acumulación de forraje, la partición de la materia seca, el contenido de humedad del material a ensilar (con su efecto sobre la calidad fermentativa) y la calidad del silaje. Extensivamente, ese momento se define como óptimo cuando se alcanza alrededor del 35 % de MS del forraje o 1/4 de línea de leche (Cattani et al, 2008). Sin embargo, es frecuente que, por diversas causas, el cultivo se coseche muy temprano (con las consecuentes pérdidas de acumulación de forraje y la posibilidad de efluentes) o demasiado tarde (con pérdidas de calidad asociadas a dificultades de compactación y calidad fermentativa del silaje). Por lo anterior, un atributo favorable del germoplasma es un secado relativamente lento lo cual implica disponer de mayor tiempo para cosechar un híbrido en su momento óptimo. De acuerdo a lo anterior, en la EEA Pergamino, se evaluó un conjunto de híbridos, los cuales se cosecharon en distintos momentos entre grano lechoso y grano duro.

En la campaña 2008-09 se realizó un experimento con el objetivo de comparar la acumulación de forraje, y el % MS de híbridos en distintos estados de maduración del grano.

La acumulación de forraje en el tiempo evidenció diferentes perfiles según el híbrido (Figura 2). Por ejemplo, el híbrido DK 747 mg RR2 tuvo un patrón de acumulación de forraje con el valor máximo próximo al estado de grano duro mientras DK 192 RR2 y Mons. 4 tuvieron inicialmente una rápida acumulación de materia seca y luego lo hicieron a una tasa más baja o disminuyeron.

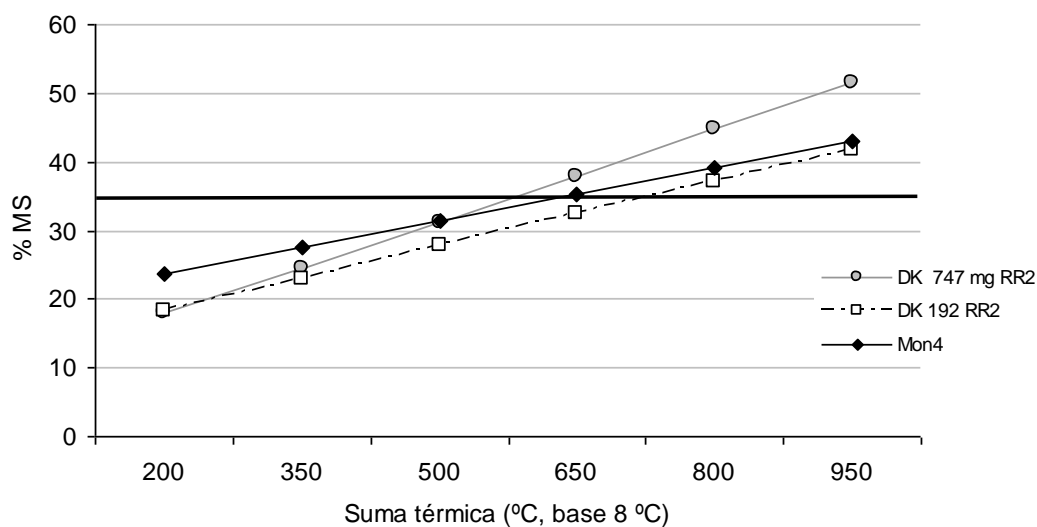


Igualmente, la velocidad de secado varió entre híbridos (Cuadro 2 y Figura 3). Por ejemplo, DK 747 mg RR2 se secó a una tasa más elevada que Mons. 4

Cuadro 2. Tasa de secado de dos híbridos comerciales de maíz en Pergamino, Año 2008/2009.

Híbrido	Tasa de secado % MS/°C (base 8 °C)	Significancia y ajuste
DK 747 mg RR2	0,032	P < 0,01; R ² : 0,91
DK 192 RR2	0,045	P < 0,001; R ² : 0,94

Figura 3. Evolución del porcentaje de materia seca de tres híbridos en función de la suma térmica



La tasa de secado puede variar entre años y entre ambientes, conservando el ordenamiento de los híbridos, tal como lo demuestran los resultados de Rodríguez et al (2009) en el noreste de la Pcia de Buenos Aires (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tasa de secado de tres híbridos de maíz para silaje en tres ambientes (% MS/°C (base 8 °C)).

Híbrido	2006/2007		2007/08
	Ambiente 1	Ambiente 2	
A	0,045	0,028	0,038
B	0,059	0,030	0,042
C	0,070	0,038	0,057

Adaptado de Rodríguez et al, 2009.

Acumulación de forraje

La acumulación de forraje en los experimentos de secado de la EEA Pergamino ha sido de $17,2 \pm 2,7$ t MS ha⁻¹.

En materia verde, un dato usualmente utilizado a nivel de campo fue de $48,2 \pm 7,5$ t MV ha⁻¹.

Comparativamente en INTA Rafaela, entre 2003 y 2010, se han obtenido resultados similares en secano $17,9 \pm 1,3$ t MS ha⁻¹ y $56,1 \pm 4,3$ t MV ha⁻¹ (Romero, L., Com. Pers). Los ensayos conducidos bajo riego con el objetivo de aumentar la acumulación de forraje picado, tuvieron valores un 30 % superiores en MS ($22,4 \pm 2,8$ t MS ha⁻¹) y un 23 % en MV ($59,4 \pm 8,8$ t MV ha⁻¹) que los de secano.

En todos los experimentos se detectaron diferencias entre híbridos en acumulación de materia seca las cuales pueden estar asociadas a diferente ciclo vegetativo, morfología y adaptación general al ambiente, entre otros.

Dentro de cada año, la acumulación de forraje de los híbridos evaluados estuvo medianamente y positivamente relacionada con la altura de los híbridos (Cuadro 4). De este modo los híbridos de mayor altura estuvieron asociados con una mayor acumulación de forraje. En cambio el ciclo vegetativo, solo ocasionalmente se relacionó con la acumulación de materia seca.

Cuadro 4. Relación entre la acumulación de forraje y la altura de la planta y el ciclo vegetativo.

Campaña	Altura de la planta t MS ha ⁻¹ = altura + e		Ciclo vegetativo t MS ha ⁻¹ = ciclo + e	
	P <	R ²	P <	R ²
95/96	0,001	0,75	0,05	0,30
96/97	0,05	0,17	NS	-----
97/98	NS	-----	NS	-----
98/99	0,001	0,16	0,05	0,25
01/02	0,01	0,59	NS	-----
02/03	0,05	0,40	NS	-----
03/04	0,001	0,22	NS	-----
04/05	0,001	0,48	NS	-----
05/06	NS	-----	NS	-----
06/07	NS	-----	NS	-----
07/08	0,05	0,52	NS	-----
08/09	0,01	0,18	NS	-----
09/10	0,001	0,24	0,05	0,46

Contenido de grano

El contenido promedio de grano en condiciones de secano representó aproximadamente el 42,2 % de la materia seca del silaje (rango 38,7 a 45,8 %) mientras en los ensayos con riego el promedio fue de 43,1 % (rango 39,8 % a 46,4 %). El resto de la planta (tallo + vaina + hoja + chala + panoja) estuvo positivamente relacionado, en 8 de 10 ensayos,

con los días a floración femenina ($r=0,67$; rango 0,51-0,86). Esto indicaría que cuando el ciclo del híbrido fue más largo disminuyó la proporción de mazorca en el silaje.

Calidad

- Digestibilidad

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca, promedio de una serie de 10 años tuvo un valor de $59,6 \pm 3,5$ %. Este valor se asemeja al 60,2 % reportado en muestreos realizados a nivel de productor en el norte de la provincia de Buenos Aires (Schroeder et al, 2000) y al 61,9 % al informado por Romero et al (1999) para las provincias de Santa Fé y Córdoba.

El análisis en el tiempo evidenció escasas posibilidades de diferencias importantes y sistemáticas en DIVMS debidas al germoplasma (Cuadro 5). Si bien dentro de un año en particular un híbrido puede tener mayor % de DIVMS que otro.

La degradabilidad *in vitro* de la materia seca a las 30 hs tuvo un promedio en dos campañas (08/09 y 09/10) de 60,7 %.

Cuadro 5. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del silaje de cuatro híbridos y una población.

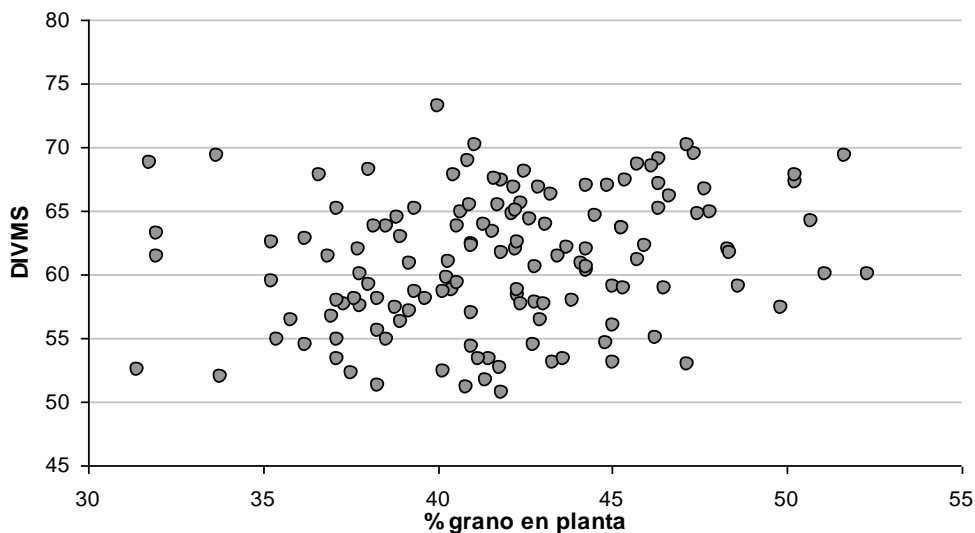
Germoplasma	N [#]	DIVMS	Desvío
DK 780 S	7	60,0	4,4
M 369	9	58,9	4,4
M 507	8	60,2	6,1
AM 8323	4	60,5	5,1
Candelaria INTA*	3	59,5	4,3

Número de campañas evaluadas, * Población

Contenido de grano y calidad del silaje

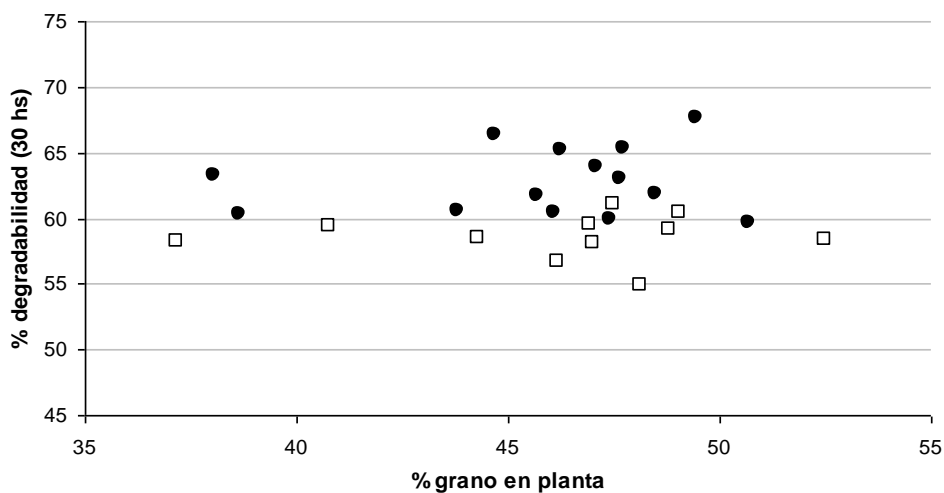
Muchos autores relacionan el valor del silaje de maíz con la cantidad de grano que el mismo posee. Sin embargo, no hay evidencias concluyentes sobre una asociación general y positiva entre contenido de grano de la planta y algunas variables indicadoras del valor nutritivo como la digestibilidad *in vitro* del forraje. De este modo, como se observa en la Figura 4, un determinado porcentaje de grano en la planta puede corresponderse con valores de digestibilidad en el silaje ubicado con un rango de hasta 20 unidades porcentuales. Lo anterior indicaría la presencia de factores adicionales que determinan la calidad del silaje, tales como el momento óptimo de cosecha para cada material y la calidad del resto de la planta.

Figura 4. Porcentaje de grano en planta y digestibilidad *in vitro* del silaje de híbridos de maíz evaluados entre 1996/97 y 2006/07 (n=136)



En la medida que el silaje picado fino tenga una alta tasa de pasaje puede ocurrir una pérdida en heces de material de baja degradabilidad. Esto hace que por un lado la digestibilidad *in vivo* del silaje sea baja y por otro que el consumo se incremente. De este modo, el material de baja calidad que se pierde en heces es reemplazado por fracciones de mayor degradabilidad (almidón, azúcares solubles y fibra de alta calidad).

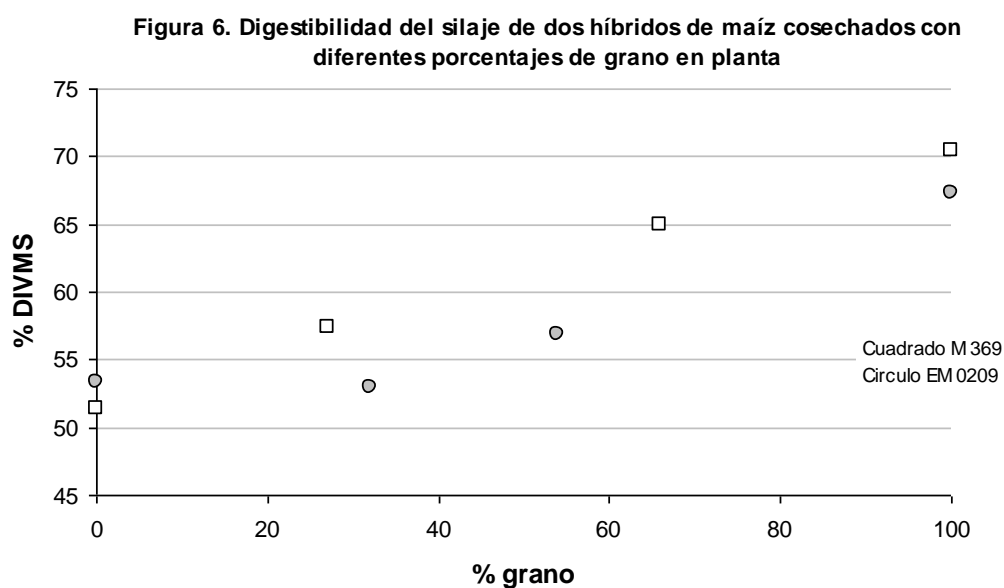
Figura 5. Degradabilidad de la materia seca del silaje (30 hs) y porcentaje de grano de híbridos de maíz evaluados en 2008/09 y 2009/10 (n=25).



Lo anterior indica que cuando se comparan híbridos, una misma digestibilidad puede ser alcanzada con distinto nivel de grano o viceversa (Figuras 4 y 5). Esto es debido a que la calidad del “resto de la planta” puede variar entre híbridos y afectar la calidad general del silaje.

Sin embargo, para un híbrido en particular, el contenido de grano esta asociado con un incremento de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Como se observa en la Figura

6, en un experimento en el cual se indujeron distintos porcentajes de grano a cosecha en dos híbridos (de distinto ciclo vegetativo y partición a grano), existe una asociación positiva entre el porcentaje de grano de cada híbrido y la DIVMS.



- FDN

El silaje de maíz tiene un elevado porcentaje de pared celular. El promedio entre 1997 y 2010 fue de $47,6 \pm 3,1$ %. La FDN de la fracción vegetativa aumenta con el avance de la madurez del cultivo. Sin embargo, su efecto sobre la calidad general de la planta puede verse enmascarada por el aumento del porcentaje grano y la correspondiente disminución del resto de la planta (Di Marco y Aello, 2002).

El % de FDN, además de las diferencias entre híbridos dentro de un año en particular, podría variar en forma consistente entre híbridos, a través de varios años de evaluación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Fibra detergente neutra de cuatro híbridos y una población.

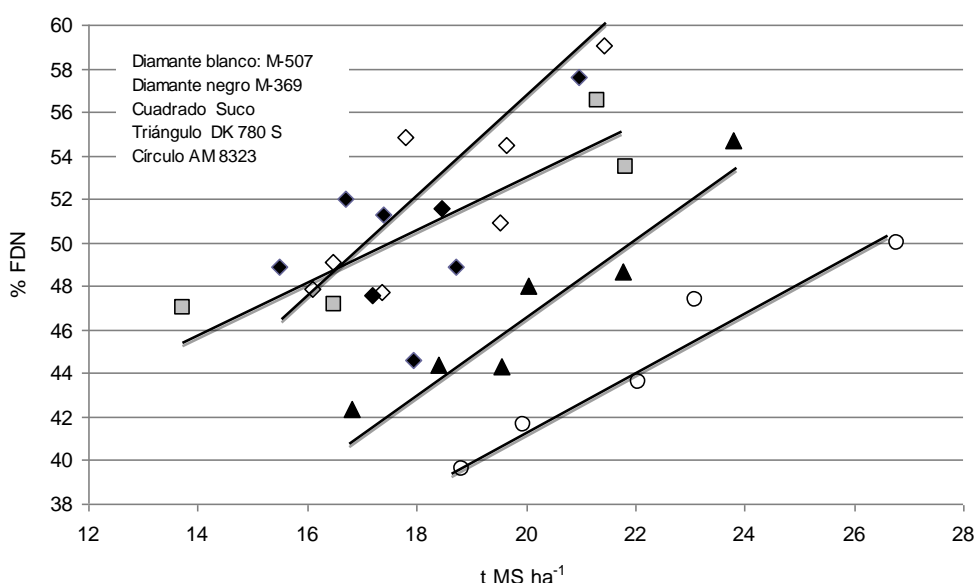
Germoplasma	N [#]	FDN	Desvío
DK 780 S	7	47,4	4,2
M 369	9	50,2	3,6
M 507	8	51,9	4,3
AM 8323	4	43,7	4,5
Candelaria INTA*	3	46,3	3,0

Número de campañas evaluadas, * Población

Dentro de un cierto rango, el aumento de la densidad de plantas a cosecha está acompañado por un incremento en la acumulación de forraje si las condiciones ambientales no son limitantes (Scheneiter y Carrete, 2004) y por una disminución en la digestibilidad y aumento en el contenido de fibra (Roth y Heinrichs, 2001). Del mismo modo se ha comprobado que en algunas oportunidades el incremento de rendimiento

puede estar acompañado por un aumento de la FDN, aunque no se han observado efectos sobre la digestibilidad de la materia seca (Figura 7).

Figura 7. Acumulación de forraje y % de FDN del silaje de 5 híbridos de maíz



Conclusiones

En el norte de la provincia de Buenos Aires es posible obtener altos volúmenes de maíz para silaje con más del 40 % de contenido de grano en un plazo de algo más de cuatro meses.

La calidad del silaje se ubica en valores de alrededor de 60 % de digestibilidad y algo menos del 50 % de fibra. Para un híbrido o situación en particular, la digestibilidad está positivamente relacionada con el contenido de grano. Sin embargo, debido a la importancia de los componentes vegetativos del silaje, que representan más del 50 % de la materia seca, no es posible establecer una relación general entre contenido de grano y calidad del silaje que abarque distinto germoplasma y condiciones de crecimiento del cultivo.

Bibliografía

Cattani, P., Bragachini, M. y Peiretti, J. 2008. Silaje. En Forrajes Conservados de Alta Calidad y Aspectos Relacionados al Manejo Nutricional (Bragachini et al, Eds). INTA Precop Manual Técnico N° 6. Manfredi, Córdoba. Pp: 135-175.

Di Marco, O. N y Aello, M.S. 2002. Calidad nutritiva de la planta de maíz para silaje. UI Fac Cs Agrs UNMdelP-INTA EEA Balcarce.

http://www.engormix.com/calidad_nutritiva_planta_maiz_s_articulos_970_AGR.htm

Rodríguez, J. L., Borlandelli, M. L. y Bertoia, L. M. 2009. Maíz para silaje: tasa de secado y momento de corte de seis híbridos comerciales. Revista Argentina de Producción Animal 29 (1): 417-418.

Romero, L., Gaggiotti, M., Bruno, O., Comerón, E. y Baroni, A. 1999. La calidad de los silajes de maíz en campos de productores en las últimas tres campañas. EEA INTA Rafaela. rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p38.htm

Roth, G.W. and Heinrichs, A.J. 2001. Corn silage production and management. Agronomy Facts 18. Pennsylvania State University. 7 pp

Scheneiter, J.O. y Carrete, J.R. 2004. Aspectos agronómicos del maíz para silaje. IDIA XXI. Cereales. Pp.134-140.

Schroeder, G.F., Elizalde, J.C. y Fay, J.P. 2000. Caracterización del valor nutritivo de los silajes de maíz producidos en la Provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim. 20 (1): 29-30.