

Productividad forrajera de maíces experimentales provenientes de la cruce con *Zea diploperennis* I, D & G y sorgo forrajero bajo riego y seco en Santa Rosa, La Pampa.

Forage productivity in experimental crossbred maize (*Zea diploperennis* I, D & G) and forage sorghum under rainfed and irrigated conditions in Santa Rosa, La Pampa.

Pacífici, E.G¹, L.A. Piorno¹, H.J. Pagela² & H.A. Paccapelo^{1*}

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la producción de biomasa (MS kg ha⁻¹) de líneas experimentales de maíces forrajeros con introgresión de *Z. diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán. En diferentes momentos de corte y en condiciones de cultivo bajo riego y seco. Las líneas de mayor producción de materia seca digestible en cada condición de cultivo se comparan con la productividad de un sorgo forrajero tipo nevadura marrón. En la producción de forraje fresco se encontró interacción genotipo x ambiente para la producción de biomasa total del cultivo siendo la línea 212 la favorecida en condiciones de riego y la 224 en cultivo de seco. La producción de materia seca de planta completa al estado de ¼ de avance de la línea de leche en el grano no presentó interacción genotipo x ambiente y las líneas 212, 224 y 230^a tuvieron un rendimiento estadísticamente similar al testigo (DK780). La producción de materia seca digestible de maíz en seco favoreció a las líneas 212, 224 y 230^a que superaron al rendimiento del testigo mientras que en condiciones de riego las líneas de mayor rendimiento fueron 212, 213 y 224. En ambas condiciones de cultivo la línea 224 superó el rendimiento de materia digestible de grano de DK 780. La producción de materia seca digestible al estado de grano pastoso fue similar para sorgo y maíz en condiciones de seco pero levemente superior para el sorgo cuando se cultiva con aplicación de riego. La mejora genética a través de cruces amplias, conlleva la incorporación de características indeseables en la especie cultivada sin embargo si el aprovechamiento es forrajero, como en maíz, se pueden obtener resultados exitosos y lograr líneas que expresen una producción similar a un híbrido comercial.

Palabras clave: maíz forrajero, introgresión, *Zea diploperennis*, sorgo forrajero, cultivo bajo riego y seco.

ABSTRACT

This paper analyses biomass production (MS kg ha⁻¹) in experimental forage maize lines by introgression of *Z. diploperennis* I, D, & G at different cutting times under rainfed and irrigated conditions. The lines that produced the highest levels of digestible dry

¹ Genética y Mejoramiento de Plantas y Animales.

² Nutrición Animal. Facultad de Agronomía de la UNLPam. CC 300. (6300) Santa Rosa.

*E-mail: paccapelo@agro.unlpam.edu.ar

matter in each crop are compared to forage sorghum (brown midrib type) productivity. During the crop's vegetative phase it was found that there was genotype x environment interaction for the total biomass production. Under irrigation L. 212, was favoured, whereas L. 224 was favoured without irrigation. Whole plant dry matter production at ¼ advancement milk lines in grain did not show genotype-environment interaction and lines L. 212, L.224 and L.230^a showed a yield statistically similar to that of the tester (DK780). Production of maize digestible dry matter without irrigation favoured lines L.212, L.224 and L.230^a that superseded the yield of the control line, whereas with irrigated condition, the lines that showed the best yield were L.212, L.213 and L.224. L.224 supersedes the DK 780 grain digestible matter under both conditions. Production of digestible dry matter during the grain dough state, without irrigation was similar both for sorghum and maize, but with irrigation it was slightly higher for sorghum. Genetic improvement by means of wide cross-breeding implies incorporating undesirable features in the cultivated crop; however, if it is to be used as forage, as in the case of maize, successful results may be obtained, developing lines that might yield similarly to a commercial hybrid.

Key words: forage corn, introgression, *Zea diploperennis*, forage sorghum, rainfed and irrigated condition

INTRODUCCIÓN

Productividad del maíz forrajero y su relación con el ambiente

Entre los cultivos forrajeros de verano, el maíz produce la biomasa aérea de mayor valor nutritivo cuando se encuentra en su estado fenológico de espigazón, y es tal vez el de manejo más fácil en cuanto a su utilización. Puede ser comido desde el estado de pasto hasta la madurez (diferido). La calidad, aunque buena, varía con el desarrollo de la planta. Los estados anteriores a la floración son mejores para alimentar terneros recién destetados. En grano lechoso o pastoso se convierte en un forraje muy bueno para engordar novillos, vacas y vaquillonas (Torroba, 1993).

El aumento de la productividad forrajera es una vía de reducción de los costos nutricionales de los animales. En Francia, el potencial de producción de biomasa de los híbridos de maíz aumentó, debido al mejoramiento, en 0.17 Kg/ha/año desde 1985 a 1995 (Barriere *et al.*, 1997). Una continuidad en el mejoramiento del cultivo es necesaria para aumentar el límite teó-

rico de la especie que a su vez está ligado a las posibilidades de intercepción y transformación de la energía luminica (Bertoia, 2007). En cuanto a la estabilidad de la producción es una cualidad esencial, puesto que en condiciones no óptimas se obtienen rendimientos muy bajos y antieconómicos. Esta situación determina que la selección de genotipos debe tener en cuenta los criterios de interacción genotipo x ambiente (GXE) (Bertoia, 2007).

En los primeros ideotipos de maíz no se discriminaba por su aptitud. Se consideraba que el mejor híbrido granífero también era el mejor forrajero. En Estados Unidos existía y aún persiste, en gran medida, el concepto que el rendimiento de grano y la proporción de la materia seca del grano son determinantes en la calidad del silaje. Actualmente, en las investigaciones realizadas en Canadá y Europa se cuestionan estos criterios, basándose en que el silaje se realiza con la planta completa y no sólo con el componente grano (Dhillon *et al.*, 1990).

En Argentina, se han realizado varios trabajos relativos a la mejora u obtención de maíces de tipo forrajero. Puede mencionarse el cultivar macollador "Don Faustino INTA" obtenido

en la EEA Bordenave (Gorostegui, 1971) y trabajos realizados en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Torrecillas & Bertoia, 2006; Bertoia, 2004) y en la UN Río Cuarto (Szpiniak *et al.*, 1996; Grassi *et al.*, 2002; Brun *et al.*, 2008; di Santo *et al.*, 2009).

La calidad del maíz para ensilar, está estrechamente relacionada con la cantidad de lignina y la digestibilidad de la pared celular, principalmente del tallo. Hay que tener en cuenta que los actuales híbridos tienen tallos más resistentes al quebrado (vuelco), con un alto contenido de lignina en la pared celular, lo que disminuye su calidad forrajera. Esta disminución se ve compensada con el crecimiento del componente grano. Sin embargo, dependiendo del cultivar, no siempre un porcentaje mayor de grano implica una mejor calidad del material a ensilar (Bertoia, 2004).

La acumulación máxima de materia seca en la biomasa aérea del cultivo de maíz es de alrededor de un 44 %. La digestibilidad de la biomasa aérea tiende a mantenerse invariable dentro del rango de valores de materia seca comprendido entre 34 a 44%. Existen evidencias que la disminución del aporte de los tallos a la materia seca total de la planta de maíz se debe a la translocación de los productos de la fotosíntesis, principalmente carbohidratos solubles en agua (como sacarosa y fructosa), que se mueven hacia la espiga. En plantas espigadas, la contribución del tallo al rendimiento de materia seca de la planta entera declina desde un 42% a los treinta días posteriores a la antesis, a un 26% en el momento de cosecha (Cozzolino & Fassio, 1997).

Roth *et al.*, (1970) destacaron la característica del silaje de maíz de poseer una concentración energética elevada, estando su valor nutritivo en función de la digestibilidad y de los factores que la afectan. Ellos sugirieron el uso de la variable contenido de materia seca digestible como criterio de selección genética, estimada a partir de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de la biomasa aérea total.

Bruno y Romero (1994) evaluaron la DIVMS de híbridos comerciales de maíz, observando una producción de materia seca digestible 30 a 35% mayor cuando el endosperma sólido del grano ocupaba entre la mitad y las tres cuartas partes del grano. En híbridos con alta proporción de espiga se puede extender el período de corte hasta que la biomasa aérea alcance un contenido de materia seca del 40 %. En cambio al considerar híbridos con bajo rendimiento en espigas, el corte temprano (a un contenido de materia seca de la biomasa aérea de 30 %) evitaría la pérdida de valor nutritivo de los componentes morfológicos vegetativos sin afectar mayormente la producción total de materia seca digestible (Carrete *et al.*, 1997).

Di Santo (2009) evalúan durante la campañas 2004/5-2006/7 y 2007/8 en Río Cuarto, Córdoba, 20 híbridos experimentales de maíz con la finalidad de identificar materiales aptos para ensilado. El promedio de materia seca proyectado a hectárea fue de 9,8 tn ha⁻¹ (con un valor máximo de 14,3 tn ha⁻¹). La materia seca de planta entera varió entre 23,4 y 38,1 % y la de espiga entre 29,6 y 53,9% y evaluaciones preliminares de digestibilidad *in vitro* de la materia seca dieron valores de entre 59,3 y 72,3%.

La introducción de germoplasma exótico en la producción de forraje de maíz a pesar de sus promisorios resultados iniciales ha recibido poca atención. Thompson (1968) encontró que algunas poblaciones exóticas o semiexóticas rindieron en promedio un 28% más de materia seca digestible que los híbridos adaptados y Stuber (1986) sugiere usarlos en silaje, dada su buena producción de grano y abundante desarrollo vegetativo.

En la Facultad de Agronomía de la UNLPam se han desarrollado líneas endocriadas (S8) de maíces con características forrajeras provenientes de la cruz original entre *Zea mays* x *Z. diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán (Troiani *et al.*, 1986; Paccapelo & Molas, 1996). Las líneas desarrolladas se diferencian en cuanto a: ciclo a madurez, altura de la planta, número

de tallos por planta, diámetro del tallo, mazorcas por tallo y relación hoja/tallo (Paccapelo *et al.*, 1999).

Productividad del sorgo forrajero y su relación con el ambiente

En la región Pampeana existen grandes áreas ($\pm 40\%$ de su superficie) donde predominan condiciones ecológicas (clima y suelo) marginales para el cultivo de maíz, con rendimientos de grano inferiores a los 4000 kg ha^{-1} (promedio en los últimos 5 años). El silaje de sorgo granífero constituye una alternativa interesante, en especial, en aquellas zonas donde el cultivo de maíz no puede expresar su potencial de producción (Fernández Mayer & Vitali, 2005).

El espectro de los sorgos forrajeros y sileros comprende tres alternativas: los tradicionales Sudán, los fotosensitivos y los de baja lignina (o nervadura marrón) llamados BMR (Brown MidRib). Estos últimos, con rendimientos similares a los sudan, tienen mayor calidad forrajera pero una debilidad se da en siembras de alta densidad que provocan tallos finos y alta posibilidad de vuelco al tener menos lignina en su constitución (Martín, 2005a).

Romero *et al.*, (1998) en Rafaela evaluaron la producción de forraje para silo de un sorgo híbrido azucarado en tres momentos de corte: temprano (29/12) medio (26/1) y tardío (20/3), en los dos primeros también midieron el rebrote. Concluyeron que la máxima producción de Materia Seca se logra cuando se realiza un solo corte en la fecha más tardía ($19.284 \text{ kg ha}^{-1}$). Las fechas de corte tempranos no mejoran la calidad de la planta ni la de los silajes, presentando problemas de bajo contenido de materia seca que se traduce en mala conservación. Por otro lado, se incrementa el costo del material ensilado cuando se realizan más de un corte.

Romero *et al.*, (2002) en Rafaela evaluaron la producción de forraje para silo de cuatro tipos de sorgos híbridos forrajeros cortados en tres estados de desarrollo del cultivo (vege-

tativo, florecido y granos pastoso-duro). Encontraron que la máxima producción de materia seca y los mejores parámetros fermentativos se logran cuando se realiza un solo corte y en la fecha más tardía.

Fernández Mayer & Vitali (2005) consideraron que el silaje de sorgo granífero constituye una alternativa interesante, en especial, en aquellas zonas donde el cultivo de maíz no puede expresar su potencial de producción. Desde el punto de vista energético, un rendimiento en grano de alrededor de 4.000 kg ha^{-1} de sorgo es equivalente a 3.500 kg ha^{-1} de grano de maíz. A medida que las plantas avanzan en su estado de madurez (del 10% de panojamiento a grano pastoso y duro), descende la digestibilidad y la proteína bruta del material incrementándose, paralelamente, los niveles de fibra y de almidón, mientras que la evolución de los azúcares solubles (CNES) se muestra muy aleatoria. La calidad nutritiva de la fracción vegetativa, al igual que en maíz, ha sido históricamente poco considerada. El mayor énfasis del mejoramiento fue el grano que incrementa el contenido energético del ensilaje.

Borrajó (2008) evalúa en 2006 la aptitud silera de 7 híbridos de sorgo y 3 híbridos de maíz en Mercedes (Corrientes) encontrando que la producción de Materia Seca fue mayor para los sorgos destacándose con valores de 19 tn MS ha^{-1} , siendo los maíces en general los de menor producción. El % de grano de esa MS de maíz logro valores de 27-30% de la biomasa total, siendo escaso el peso real de granos en la panoja de los sorgos donde era mayoritaria la estructura de sostén.

Se plantea la hipótesis de que en maíz la cruce con un pariente silvestre rompe la dominancia apical de la planta cultivada permitiendo recuperar en las líneas derivadas algunas características botánicas apropiadas para su aprovechamiento forrajero al presentar mayor rendimiento de biomasa aérea total y/o modificaciones botánicas que afectarían la partición de la materia seca.

El objetivo del presente trabajo fue

evaluar la productividad forrajera de líneas experimentales en distintos momentos de su ciclo bajo condiciones irrigadas y en secano. Asimismo, evaluar comparativamente la línea experimental de mayor producción de biomasa aérea en condiciones de pastoreo y silaje con un híbrido de sorgo forrajero tipo BMR en ambas condiciones de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam. La siembra se efectuó el 8 de Noviembre de 2007 y la emergencia ocurrió el 18 de Noviembre de 2007. Se evaluaron 9 líneas experimentales de maíz y un híbrido (DK 780) en dos ambientes (secano y riego). Se incluyó un híbrido de sorgo forrajero tipo BMR (Nutritop) para su comparación con el genotipo de maíz de mayor rendimiento en forraje en diferentes oportunidades de uso del cultivo (pasto y silaje) y en condiciones de irrigado y en secano. Los momentos de corte fueron:

- Primer corte de maíz: 40 días después de la emergencia. (28/12)
- Rebote de maíz: 65 días posteriores a la emergencia (22/1) coincidente con el primer corte de sorgo.
- Tercer corte de maíz: 113 días posteriores a la emergencia (11/3) y rebote de sorgo.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con dos factores, en la parcela principal se aleatorizó el factor A con dos niveles (riego y secano) y en las subparcelas el factor B con 9 niveles (genotipos) distribuidos en tres bloques completos aleatorizados.

Se aplicó riego por goteo, para asegurar el éxito del ensayo. Se fertilizó a la siembra con N-P-K a razón de 120-60-00 kg ha⁻¹, y el riego se mantuvo durante todo el ciclo de cultivo. El control de malezas se efectuó con aplicación de herbicidas de presiembrá (Atrazina + Lazo).

Maíz

La parcela comprendía cuatro surcos de 5 m de largo y una separación entre surcos de 0,7 m. La densidad de siembra fue de 4,7 plantas m⁻².

El peso verde de hojas se realizó sobre 10 plantas consecutivas, es decir en competencia completa, y al estado V4-V6 (Ritchie & Hanway, 1982) y luego se secaron en estufa de ventilación forzada a 60° C para determinar el peso seco. La altura de corte fue a unos 10 cm.

El rebrote de las 10 plantas se cosechó luego de 25 días y se determinó su peso fresco y seco.

Al estado de 1/4 de avance de la línea de leche en el grano (R₄) (Ritchie & Hanway, 1982) se cortaron 10 plantas en competencia completa y se pesaron. Dicho peso ajustado constituye el rendimiento de materia verde de planta entera por parcela.

En dos plantas de cada parcela se separaron sus componentes botánicos (mazorca, tallo y hoja), se pesaron y se utilizaron para estimar el rendimiento de forraje verde (kg ha⁻¹) de cada componente. Para ello se multiplicó el porcentaje de cada componente por el rendimiento de forraje verde obtenido en cada parcela.

Las fracciones tallo, hoja, grano y marlo se secaron en estufa de aire forzado a 60° C hasta peso constante. Se utilizaron esos pesos para convertir el total de materia verde, mencionado en el párrafo anterior, en materia seca por parcela.

Los datos de producción de biomasa y materia seca se convirtieron en producción por unidad de superficie (kg ha⁻¹). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS): del tallo, hojas, grano y marlo, se determinó utilizando el método de Tilley & Terry (1963) modificado (Minson & McLeod, 1972) sobre la materia seca de las plantas recolectadas.

Sorgo

La parcela estuvo constituida por cuatro surcos de 5 m de largo y separados a 0,70 m. La siembra se efectuó a una densidad mayor a la correspondiente para luego efectuar un raleo al estado de cinco hojas visibles (E2) (Vanderlip & Reeves, 1972) y se ajustó a una densidad final de 12 plantas por metro lineal.

El primer corte se efectuó el 22 de Enero de 2008 sobre un metro lineal de cultivo a una altura de planta de 80-100 cm y se dejó un remanente de 15 cm para facilitar el rebrote posterior. El rebrote se cortó efectuó el 11 de marzo de 2008. Se pesaron las hojas y tallos y se llevaron a estufa de secado. Los datos del contenido de materia seca se convirtieron en rendimiento de materia seca por unidad de superficie (kg ha^{-1}).

A madurez fisiológica (E9) se cortaron y pesaron las plantas correspondientes a un metro lineal. Dicho peso ajustado constituyó el rendimiento de materia verde de planta entera por parcela. Una vez realizado el conteo de las panojas en las parcelas se obtuvo el peso de veinte panojas, el cual previo ajuste significó el rendimiento de materia verde de panoja por parcela. Al efectuar la diferencia entre el rendimiento de materia verde total y el rendimiento de materia verde de la fracción panoja, se obtuvo el rendimiento de materia verde de la fracción tallo+hojas. De las veinte panojas, se trillaron 10 en trilladora estacionaria, para determinar el rendimiento de grano, corregido al nivel de humedad.

Se tomaron muestras de las fracciones tallo+hojas, panoja y grano de cada parcela, se colocaron en estufa de ventilación forzada a una temperatura de 60°C hasta alcanzar peso constante. De acuerdo con el porcentaje de materia seca obtenido de los dos componentes, se calculó el rendimiento de materia seca de cada fracción por parcela. Se convirtieron los datos de rendimiento a kg ha^{-1} .

Las variables relacionadas al rendi-

miento fueron:

-Rendimiento de materia seca total (kg ha^{-1})

-Rendimiento de materia seca de panoja (kg ha^{-1})

-Rendimiento de la materia seca de tallo+ hojas (kg ha^{-1})

Se realizó el Análisis de Varianza de todas las variables y se utilizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) ($p < 0,05$) para la separación de las medias utilizando el programa Info Stat (UNC, 2002).

Se comparó el rendimiento de forraje de la mejor línea de maíz experimental en cada ambiente respecto a un híbrido de sorgo forrajero para sus distintos momentos de corte y se aplicó la prueba *t* de diferencias de medias para determinar la significación estadística (Little & Hills, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de Materia Seca para pastoreo directo

En la Tabla 1 se muestra el ANAVA del primer corte de forraje, rebrote, primer corte más rebrote y la biomasa a $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en el grano. El cuadrado medio para primer corte + rebrote resultó significativo ($p < 0,05$) para la interacción genotipo x ambiente. Los cuadrados medios de las cuatro variables fueron altamente significativos para ambiente. El primer corte y primer corte + rebrote resultó significativo y altamente significativa la biomasa a $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en el grano respecto a genotipos. Los coeficientes de variación (CV) encontrados son normales para este tipo de investigación a campo y en diferentes ambientes. A medida que el coeficiente de variación aumenta disminuye la precisión de los datos y se anula la discriminación dentro de las fuentes de variación.

La falta de significancia estadística en la interacción genotipo x ambiente para el ren-

dimiento de materia seca del primer corte, rebrote y biomasa a $\frac{1}{4}$ avance de la línea de leche indican que las diferencias de los rendimientos

de las líneas y testigo se mantienen en ambos ambientes de evaluación y se pueden caracterizar con su valor promedio como se muestra en

Tabla 1. ANAVA del rendimiento de biomasa al primer corte, rebrote, suma de primer corte y del rebrote y a $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y secano durante la campaña 2007/8.

F.V.	G.L.	Cuadrado Medio			
		Primer corte (30 d.d.e.)	Rebrote (52 d.d.e)	Primer corte + rebrote	$\frac{1}{4}$ avance línea leche
Ambiente	1	**	**	**	**
Genotipo	9	*	n.s.	*	**
Ambiente x Genotipo	9	n.s.	n.s.	*	ns
CV (%)		20,74	34,74	16,31	15,47

d.d.e: días posteriores a la emergencia.d.e: días posteriores a la emergencia.

la Tabla 2.

El primer corte de forraje determinó que todas las líneas y el testigo, excepto las 213 y 217, no difirieron estadísticamente; las líneas 213 y 217 presentaron un rendimiento menor.

El rebrote de la línea 212 se diferencia estadísticamente y en forma positiva respecto al híbrido DK 780 y en forma similar a la 222, 224, 229 y 230^a.

La biomasa a $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en el grano resultó estadísticamente mayor para las líneas 212, 224 y 230^a respecto al resto de las líneas y testigo.

La biomasa del primer corte + rebrote tuvo una interacción genotipo x ambiente estadísticamente significativa, indicando que las diferencias entre los genotipos en esa característica no se mantuvo en los dos ambientes evaluados, en consecuencia, las diferencias entre los participantes se analizaron dentro de cada ambiente.

En la Tabla 3 se muestra que bajo riego el valor de biomasa de la línea 212 supera ampliamente al resto de los participantes. En secano la ventaja comparativa es a favor de la línea 224.

Los beneficios encontrados en el uso del cultivo de maíz como forraje se basan en que el pastoreo del maíz ha mostrado ser un método económico de producir carne y leche mientras se puede rotar la pastura para que recupere su vigor, producir semilla o permitir la acumulación de forraje como reserva en pie para periodos críticos, mientras se pastorea el maíz (Penning *et al.*, 1976).

La disponibilidad en el mercado de nuevos híbridos de ciclo corto (de 75 a 105 días de madurez), con mayor contenido proteico, alto valor nutritivo y capacidad de macollar, han permitido un nuevo rol del maíz en sistemas intensivos de producción (Penning *et al.*, 1976).

Producción de Materia Seca de maíces para Ensilaje

En la Tabla 4 se muestra el ANAVA de la producción de materia seca de planta completa y sus componentes botánicos (tallos, hoja, grano y marlo) al estado de $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en el grano (R₄) (Ritchie & Hanway, 1982). No se detectó diferencias estadísticas significativas para la interacción genotipo x

Tabla 2. Producción de biomasa (MS; kg ha⁻¹) del primer corte y rebrote en dos ambientes (riego y seco) de líneas experimentales de maíz y testigo durante la campaña 2007/8.

	Primer corte (30 d.d.e.)	Rebrote (65 d.d.e)	¼ avance línea de leche (113 dde)
(MS kg ha ⁻¹)			
212	1.213,42 a	1.652,82 a	54.761,7 a
213	904,82 bc	1.132,92 b	35.872,9 de
215	929,88 abc	1.142,83 b	35.317,5 de
217	783,22 c	1.016,95 b	39.624,9 cd
221	1.046,53 abc	933,35 b	31.731,5 e
222	1.105,27 ab	1.244,98 ab	34.639,3 de
224	1.008,68 abc	1.256,45 ab	47.734,6 ab
229	1.075,73 abc	1.289,42 ab	44.098,2 bc
230 ^a	968,47 abc	1.230,30 ab	52.099,5 a
DK 780	1.084,62 abc	836,39 b	39.624,9 cd
$\bar{X} \pm D.E.$	1.012,06 \pm 121,23	1.173,60 \pm 225,3	41.550,50 \pm 7840,2
Riego	1.288,44 a	1.326,57 a	57.808,1 a
Secano	735,69 b	963,09 b	25.301,5 b

Letras distintas indican diferencia significativas ($p \leq 0,05$).

Tabla 3. Producción de biomasa (MS; kg ha⁻¹) del primer corte + rebrote en dos ambientes (riego y seco) de líneas experimentales de maíz y testigo durante la campaña 2007/8.

	Primer corte + rebrote (MS kg ha ⁻¹)	
	Riego	Secano
212	4.006,14 a	1.726,33 efg
213	2.264,54 cdefghi	1.810,92 cdefg
215	2.351,68 cdefghi	1.793,72 bcdefg
217	2.205,16 cdefghi	1.395,18 fg
221	2.716,25 bcd	1.514,67 fg
222	2.753,72 bc	1.946,79 bcdef
224	2.395,42 bcdefg	2.134,80 abcdef
229	2.983,20 b	1.747,12 defg
230 ^a	2.505,69 bcdef	1.891,85 bcdefg
DK 780	2.544,55 bcde	1.297,46 g
$\bar{X} \pm DE$	2.672,60 \pm 526,24	1.725,80 \pm 256,76

Letras distintas indican diferencia significativas ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. ANAVA del rendimiento de materia seca (MS; kg.ha⁻¹) de planta completa y sus componentes botánicos al estado ¼ del avance de la línea de leche en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y secano durante la campaña 2007/8.

F.V.	G.L.	Cuadrado Medio				
		Planta completa	Tallo	Hoja	Grano	Marlo
		(MS kg ha ⁻¹)				
Ambiente	1	**	**	**	**	**
Genotipo	9	**	**	**	**	**
Ambiente x Genotipo	9	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV (%)		15,36	28,7	17,9	27,35	27,9

ambiente en ninguna de las variables pero fue altamente significativa ($p < 0,01$) para todas ellas para ambientes y genotipos.

Los coeficientes de variación resultaron aceptables presentando valores normales para investigación a campo y diferentes ambientes.

Martínez & García (2006) analizaron 11 líneas experimentales en su octava generación de autofecundaciones (S_8) entre las cuales se encontraban las analizadas en este trabajo y un testigo coincidente entre ambas investigaciones (DK 780). Respecto a la producción de biomasa aérea y sus componentes botánicos en Santa Rosa (La Pampa) en dicho trabajo se encontraron diferencias altamente significativas entre los participantes en la producción de biomasa de planta y las fracciones hoja, tallo y mazorca.

La falta de significancia estadística en la interacción genotipo x ambiente para el rendimiento de materia seca de las cinco variables analizadas indican que las diferencias de los rendimientos de las líneas y testigo se mantienen en ambos ambientes y se pueden caracterizar con su valor promedio como se muestra en la Tabla 5.

Las líneas 212, 224, 230^a tuvieron los mayores rendimientos y similares estadísticamente al híbrido comercial en la producción de materia seca de planta completa.

La producción de forraje en maíz

puede llegar a 31 tn ha⁻¹ con un contenido promedio de granos cercano al 50%, asegurando así un producto de alto contenido energético. En el pasado, el esfuerzo realizado por los investigadores fue en aumentar el contenido de granos, a fin de incrementar el valor energético del maíz. Recientes investigaciones, relacionadas con el uso del maíz para pastoreo se han concentrado en el mejoramiento de la calidad del forraje, centrándose en la mejora del valor nutritivo del tallo (Penning *et al.*, 1976).

Di Santo *et al.*, (2009) obtienen valores de materia seca proyectados a hectárea de 9,8 tn ha⁻¹ (con valor máximo de 14 tn ha⁻¹), en Río Cuarto cuando analizan 16 híbridos experimentales de maíz. Los pesos verde y seco de planta entera superaron a la de los testigos graníferos mientras que el peso seco de espiga fue similar.

Las líneas 212 y 230^a presentaron los mayores rendimientos de materia seca del tallo. El resto de los participantes tuvieron un rendimiento estadísticamente similar y la línea 224 tuvo el menor rendimiento.

El tallo y la espiga son los componentes morfológicos que mayor contribución realizan a la producción de biomasa en maíz. Existe una relación inversa entre el contenido de mazorca y de tallo + hoja, de modo que los materiales con mayor porcentaje de mazorca tiene menor proporción de tallo y viceversa ($r = 0,95$) (Carrete & Scheneiter, 1999).

Tabla 5. Producción de biomasa al estado ¼ del avance de la línea de leche en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y seco durante la campaña 2007/8.

Genotipo	Planta completa	Tallo	Hoja	Grano	Marlo
(MS, kg ha ⁻¹)					
212	17.865,2 a	9.270,8 a	4.469,2 a	2.729,7 e	1.395,3 b
213	13.834,7 cd	4.728,8 b	2.510,5 e	5.391,2 abc	1.204,1 b
215	12.707,4 d	4.945,4 b	2.891,8 cde	3.893,4 de	976,8 b
217	13.772,8 cd	5.231,4 b	3.512,6 c	3.934,4 de	1.094,2 b
221	12.986,0 cd	5.231,3 b	2.783,7 de	3.966,1 cde	1.204,8 b
222	13.744,9 cd	6.254,5 b	3.092,6 cde	4.793,6 abcd	1.148,8 b
224	17.291,0 ab	4.709,8 b	3.528,1 bc	6.215,5 a	1.212,8 b
229	14.950,2 bcd	6.070,4 b	3.238,0 cd	4.491,8 bcd	1.149,9 b
230 ^a	17.032,2 ab	9.314,2 a	4.248,3 ab	2.727,0 e	1.096,7 b
DK 780	15.713,2 ab	4.993,3 b	3.168,2 cde	5.557,1 ab	1.994,3 a
$\bar{X} \pm DE$	14.989,75 1.881,1 \pm	6.057,70 1.763,1 \pm	3.344,30 620,4 \pm	4.369,90 1.155,7 \pm	1.247,70 283,4 \pm
Riego	20.588,8 a	8449,5 a	4.392,4 a	6.060,4 a	1.684,3 a
Secano	9.329,7 b	3700,5 b	2.256,1 b	2.679,9 b	827,2 b

Letras distintas indican diferencia significativas ($p \leq 0,05$).

La importancia del tallo en la calidad del maíz para ensilar se encuentra estrechamente relacionada con la cantidad de lignina y la digestibilidad de su pared celular. Los actuales híbridos graníferos tienen tallos más resistentes al quebrado (vuelco) con un alto contenido de lignina en la pared celular, lo que disminuye su calidad forrajera. Esta disminución se ve compensada con el crecimiento del componente grano altamente digestible (Bertoia, 2004).

En consideración a los conceptos mencionados en el párrafo anterior se deben buscar aquellos genotipos con menor proporción de tallos ya que esta fracción posee baja digestibilidad. Es importante la selección de aquellos que, teniendo un buen desempeño en la producción de biomasa de planta entera,

también tengan menor proporción de tallo.

Las líneas 212 y 230^a no se diferenciaron estadísticamente y presentaron los mayores rendimientos de materia seca de hojas.

Las líneas 213, 222 y 224 tuvieron los mayores valores y similares estadísticamente al testigo en el rendimiento de la materia seca de grano.

El testigo superó estadísticamente a los restantes participantes en el rendimiento de materia seca de marlo.

Los primeros ideotipos de maíz no eran discriminados por su uso como granífero o forrajero y se consideraba que el mejor híbrido granífero también era el mejor forrajero. En Estados Unidos existía y aún persiste, en gran medida, el concepto que el rendimiento de grano y la proporción de la materia seca del

grano son determinantes en la calidad del silaje. Actualmente, en las investigaciones realizadas en Canadá y Europa se cuestionan estos criterios, basándose en que el silaje se realiza con la biomasa aérea completa y no sólo con el componente grano (Dhillon *et al.*, 1990).

Los híbridos de maíz de mayor potencial de rendimiento en grano no necesariamente son los más aptos para hacer silo de planta entera. Esto es debido a que la proporción de grano en el silo varía, según los investigadores, entre el 28% y el 46% (Produce, 2001). Por lo tanto, en la producción final juegan tanto la producción de grano como las otras partes de la planta. El tallo representa el 50% o más de la biomasa de la planta y su contenido de fibra es mucho menos digestible que la fibra del grano (Hunt *et al.*, 1992), por esta razón el tallo se convierte en el objetivo principal del mejoramiento genético.

Materia seca digestible de maíces forrajeros

En la Tabla 6 se muestran los valores de materia seca (kg ha^{-1}), digestibilidad (DIVMS) de componentes botánicos y materia seca digestible de la biomasa aérea de planta completa de las nueve líneas experimentales de maíces forrajeros y el híbrido comercial DK 780 en cultivo bajo riego. La cosecha de biomasa se efectuó al $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en el grano.

El 41,0 % de la materia seca de la planta correspondió a tallo, 21,32 % a hojas, 29,42 % a granos y el 8,17 % a marlo, considerando el promedio de todos los genotipos. Se encontraron diferencias estadísticas entre las líneas 212, 230^a y DK780 respecto al resto en la materia seca de planta completa.

Las líneas 212 y 230^a se separaron estadísticamente del resto por presentar mayor rendimiento de materia seca de tallo. Se debe considerar que esta fracción es la de menor digestibilidad por lo que interesa tener en cuenta las líneas de menor contribución en esta frac-

ción, siendo ellas las líneas 213, 217 y 222.

Las líneas 212 y 230^a se diferenciaron estadísticamente en forma favorable del resto de los genotipos en la materia seca de hojas.

Las líneas 213 y el híbrido DK 780 se separaron estadísticamente y favorablemente de las demás líneas en la materia seca de grano.

El híbrido DK780 y las líneas 212, 213, 221 y 230^a superaron estadísticamente los valores de materia seca de marlo del resto de los participantes. Como es deseable un valor bajo de esta fracción habría que considerar a 215 que presenta el menor valor.

A medida que el corte del forraje se realiza en momentos más avanzados del cultivo, como puede ser madurez fisiológica se espera un mayor rendimiento de materia seca por unidad de superficie sin embargo aumenta el contenido de fibra detergente neutro (FDN) de la parte vegetativa y disminuye su digestibilidad *in vitro* (DIVMS) (Gutiérrez *et al.*, 1997).

La línea 224 superó al promedio en la materia seca digestible luego le siguen 212 y 213 con valores ligeramente inferiores al promedio.

La contribución de los diferentes componentes morfológicos a la materia seca digestible total de planta fue, teniendo en cuenta todos los genotipos, de 20,44 a 40,82% para tallo, 15,02 a 24,40 para hojas, 23,19 a 56,98 para grano y 7,59 a 9,10% para marlo. Algunos autores consideran que el porcentaje de grano es una de las características más importantes en determinar el valor energético de los ensilados de maíz, mientras que otros estudios señalan la contribución de la características nutritivas de hojas y tallos, en la digestibilidad de los híbridos de maíz; se han indicado diferencias entre genotipos de 26,2 a 65% en la digestibilidad de tallos y de 58 a 67,6% en la de hojas con incremento en la digestibilidad de la materia seca total al aumentar la digestibilidad en las hojas y tallos (Wolf *et al.*, 1993).

La calidad del silaje de maíz está relacionada con la concentración y digestibilidad

Tabla 6. Rendimiento de MS (kg ha⁻¹), MS digestible (kg ha⁻¹) y DIV MS (%) de planta completa y sus componentes botánicos en cultivo bajo riego de líneas experimentales de maíz y tes-tigo durante la campaña 2007/8.

Genotipo	Planta Completa				Tallo		Hojas		Granos		Molte				
	MS (kg ha ⁻¹)	MS Digestible (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)		DIV MS (%)		MS (kg ha ⁻¹)		DIV MS (%)					
				MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)						
Riego															
212	24.768,40	15.087,80	60,92	13.071,40	a	51,46	5.832,20	a	59,80	3.786,50	efgh	92,44	2.078,20	ab	66,09
213	20.671,60	15.142,80	73,25	6.018,40	bcd	51,44	3.608,20	defg	67,02	9.085,00	a	94,98	1.959,90	abc	51,00
215	17.354,50	11.913,00	68,65	7.164,80	bc	58,78	3.855,80	cdefg	58,57	5.128,10	cdef	92,52	1.205,80	def	57,94
217	18.575,40	12.717,60	68,46	6.904,90	bcd	58,74	4.647,60	bc	57,60	5.394,20	cde	95,68	1.528,60	bcd	53,87
221	18.271,40	12.652,90	69,25	8.392,60	bc	61,55	3.216,60	fgh	59,11	4.968,10	cdefg	94,81	1.694,00	abcd	51,68
222	18.491,00	13.096,60	70,83	6.705,90	bcd	57,68	4.027,30	cdef	62,28	6.350,80	bc	94,58	1.406,90	cde	50,72
224	23.671,10	16.697,30	70,54	8.455,40	bc	54,39	4.811,30	bc	61,57	8.670,50	a	94,75	1.734,00	abcd	53,09
229	20.094,80	14.104,70	70,19	8.561,10	b	58,76	4.292,90	cd	62,72	5.856,20	bcd	95,73	1.384,60	cde	55,98
230a	22.796,70	14.668,40	64,34	11.784,20	a	53,93	5.490,80	ab	65,19	3.886,50	defgh	95,68	1.635,10	abcd	62,14
DK 780	21.273,10	14.883,60	69,96	7.436,40	bc	54,41	4.142,10	cde	61,95	7.478,30	ab	96,01	2.216,20	a	49,28
Media	20596,80			8449,50			4392,50			6060,40	a		1684,30		
D.E.	2513,30			2273,30			817,30			1840,90			323,00		

de la pared celular de la planta (principalmente tallo, por su gran aporte a la biomasa total) y también con el contenido de grano al momento de ensilar (Elizalde, 1993)

La DIVMS de la planta completa tuvo un rango de valores entre 60,92% (212) a 73,25% (213). El promedio fue de 68,63%. Van Olphen *et al.*, (2000) obtuvieron valores de 13,4 tn MS ha y una digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 66,7 % en Balcarce para un corte de maíz silero a ¼ grano lechoso y 10 cm de altura de corte.

La DIVMS del tallo presentó valores 51,44% (213) y 61,55 % (221), la de hojas entre 57,60 % (217) y 67,02 % (213), la de granos entre 92,44 % (212) y 96,01 % (DK 780) y la de marlo entre 49,28 % (DK 780) y 66,09 % (212).

En la Tabla 7 se muestra la contribución de planta completa y sus componentes botánicos a la digestibilidad en condiciones de secado fueron:

El 39,3 % de la materia seca de la planta correspondió a tallo, 24,00 % a hojas, 38,70 % a granos y el 18,80 % a marlo, considerando el promedio de todos los genotipos. Se encontraron diferencias estadísticas entre las líneas 212, 230^a respecto a 213 pero con rendimiento similar al resto y DK780 en la materia seca de planta completa.

La línea 230^a se separó estadísticamente del resto por presentar mayor rendimiento de materia seca de tallo. Se debe considerar que esta fracción es la de menor digestibilidad por lo que, en este sentido, las líneas de menor contribución en esta fracción, siendo ellas las líneas 222 y 215.

Las líneas 213, 215 y 221 se diferenciaron estadísticamente en forma favorable del resto de los genotipos en la materia seca de hojas.

La línea 224 se separó estadísticamente y favorablemente de las líneas 212, 213 y 230^a y rindió en forma similar al resto en la

materia seca de grano.

El híbrido DK780 superó estadísticamente los valores de materia seca de marlo del resto de los participantes.

Las líneas 230^a, 224, 229, 212 y DK 780 superan al promedio en la materia seca digestible.

La contribución de los diferentes componentes morfológicos a la materia seca digestible total de planta fue, teniendo en cuenta todos los genotipos, de 16,34 a 42,21% para tallo, 15,78 a 18,86% para hojas, 12,74 a 33,15% para grano y 4,68 a 4,81% para marlo.

La DIVMS de la planta completa tuvo un rango de valores entre 70,04% (212) a 77,29% (230a). El promedio fue de 75,47%. Di Santo (2009) encuentra valores preliminares de entre 59,3 y 72,3% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca en híbridos experimentales de maíz en Río Cuarto, Córdoba, durante las campañas 2004/5, 2006/7 y 2007/8

La DIVMS del tallo presentó valores 60,80% (221) y 69,92 % (213), la de hojas entre 62,29 % (221) y 70,70 % (230a), la de granos entre 91,61 % (230a) y 96,94 % (DK 780) y la de marlo entre 50,40 % (221) y 74,06 % (212).

La línea 224 tuvo un buen rendimiento de materia seca digestible en ambas condiciones de cultivo y en ambos casos la fracción granos fue más elevada que el testigo comercial.

En el área de la producción ganadera en Argentina la utilización del maíz en la obtención de silaje es uno de los usos más frecuentes de este cultivo. En la última década no solamente se ha incrementado la superficie destinada a silaje, sino que ha tenido un alto impacto productivo en las producciones de carne y leche, debido a la aparición de maíces específicos para silaje con una alta relación grano/planta, un mantenimiento del estado verde a la madurez del grano, una mayor digestibilidad de la fibra de los tallos y un alto rendimiento de materia seca por hectárea (Martín, 2005b).

Tabla 7: Rendimiento de MS (kg ha⁻¹), MS digestible (kg ha⁻¹) y DIV MS (%) de planta completa y sus componentes botánicos en cultivo en seco de líneas experimentales de maíz y testigo durante la campaña 2007/8.

Genotipo	Planta Completa		Tallo		Hojas		Granos		Molteado						
	MS (kg ha ⁻¹)	MS Digestible (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)	MS (kg ha ⁻¹)	DIV MS (%)				
Secano															
212	10.962,00	7.677,40	70,04	5.470,30	cdef	64,17	3.106,20	fghi	65,14	1.673,00	ij	96,59	712,50	fg	74,06
213	6.997,70	5.273,30	75,36	3.439,10	efg	69,92	1.412,80	j	66,59	1.697,40	ij	96,10	448,20	g	66,19
215	8.060,40	6.047,20	75,02	2.726,10	fg	64,52	1.927,70	j	67,43	2.658,70	hij	95,57	747,70	fg	59,87
217	9.070,20	6.607,50	72,85	3.558,00	efg	64,87	2.377,50	hij	66,52	2.474,70	hij	95,14	659,90	fg	55,05
221	7.700,70	5.602,10	72,75	2.070,00	g	60,80	1.950,90	j	62,29	2.964,10	ghij	93,38	715,60	fg	50,40
222	8.998,70	6.602,20	73,37	2.713,80	fg	61,71	2.157,80	ij	65,76	3.236,70	ghij	91,95	890,70	efg	59,75
224	10.910,90	8.423,00	77,20	4.053,50	efg	67,46	2.245,20	hij	69,15	3.760,00	efgh	96,21	851,70	efg	60,88
229	9.805,60	7.050,80	71,91	3.579,80	efg	62,90	2.183,10	ij	63,37	3.127,40	fghij	91,84	915,30	efg	59,39
230a	11.267,70	8.709,30	77,29	6.844,20	bcd	69,66	3.005,80	ghi	70,70	1.567,50	j	91,61	558,30	g	68,20
DK 780	10.153,30	7.663,10	75,47	2.550,30	fg	61,71	2.149,40	ij	68,17	3.636,00	efghi	96,94	1.772,50	abcd	62,02
Media	9.392,70			3.700,50			2.251,60			2.679,60			827,20		
D.E.	1.478,20			1.458,60			498,70			811,80			362,40		

Producción de forraje de maíz y sorgo en estado vegetativo.

En la Tabla 8 se presenta la producción de materia seca del primer corte, del rebrote, de la suma de ambas y las fracciones hoja y tallo. La comparación se efectuó entre la línea experimental 224 y el sorgo forrajero nevadura marrón Nutritop (de Advanta semillas) en condiciones de secano y la línea experimental 212 y el mismo sorgo en cultivo con riego y. Para la elección de las líneas de maíz se tuvo en cuenta la producción en biomasa (Tabla 3).

La cosecha de forraje de maíz se efectuó 40 días después de la emergencia cuando las plantas tenían una altura de 85 cm (V6) y la cosecha de forraje del sorgo unos 65 días posteriores a la emergencia con una altura de planta de 140 cm. para las condiciones de secano.

El sorgo tenía al momento del primer corte de forraje un contenido de materia seca de 18,5% y el maíz un 13,7%. En el rebrote esos porcentajes fueron 17,5 y 13,6 %, respectivamente en condiciones de secano.

La producción de materia seca de sorgo del primer corte en secano fue estadísticamente mayor que la de maíz y la misma situación se encontró para la producción total del primer corte + rebrote. En la producción de materia seca del rebrote no se observó diferencias estadísticas. La materia seca de maíz consistió solo en hoja mientras que en el sorgo fue mayoritariamente tallo, lo cual podría deberse a un aceleramiento del crecimiento de la planta de sorgo y por ello incremento notable de esta fracción.

En el INTA Rafaela (Romero *et al.*, 2002) para sorgos BMR (nevadura marrón) cosechados en estado vegetativo se obtuvieron valores de MS en el primer corte de 6.991 kg ha⁻¹ y de 5.655 kg ha⁻¹ para el rebrote (12.646 kg ha⁻¹ en total) y con un porcentaje de materia seca al momento del corte de 13,1%.

El corte temprano del sorgo no mejoró la calidad de la planta ni del silaje y además

presenta bajo contenido de materia seca que impide una adecuada fermentación y conservación del silo (Romero, *et al.*, 1998). Por otro lado, la producción de dos cortes (primer corte mas rebrote) no alcanzó el rendimiento de un corte tardío (grano de sorgo pastoso duro) lo que aumentan los costos de confección (hay que picar dos veces la misma superficie).

En cultivo bajo riego, la altura de la planta de maíz al momento del corte fue de 102 cm y el sorgo 185 cm. El sorgo tenía al primer corte un contenido de materia seca de 15,53% y el maíz un 11,13%. El rebrote tenía 20,70 y 11,37% de materia seca, respectivamente.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del sorgo en la producción de materia seca del primer corte pero no se evidenció lo mismo para el rebrote. La diferencia en la producción total (primer corte + rebrote) también fue positiva y estadísticamente favorable para el sorgo.

Los sorgos nevadura marrón (BMR) o de baja lignina poseen mayor calidad forrajera que otro tipo de sorgos forrajeros, favoreciendo el consumo voluntario del animal y la digestibilidad. La tasa de pasaje de pasaje de forraje es mayor, se desocupa el rumen rápidamente y el animal come con mayor frecuencia aumentando la tasa de ganancia diaria (Martín, 2005a).

Producción de materia seca digestible de maíz y sorgo forrajero para silaje

En la Tabla 9 se muestran los valores de rendimiento de materia seca digestible de planta completa y sus componentes botánicos para una línea experimental de maíz y un sorgo BMR tanto para condiciones de secano como en cultivo bajo riego. Las líneas experimentales fueron escogidas por su mayor productividad en estado de ¼ de avance de la línea de leche en el grano en ambas condiciones de cultivo.

En secano la materia seca digestible de ambos cultivos resultaron similar y la digestibilidad *in vitro* (%) de las fracciones mazorca,

Tabla 8. Producción de forraje (MS; kg ha⁻¹) del primer corte, del rebrote y de la producción total (primer corte + rebrote) y sus componentes botánicos en una línea forrajera de maíz y un híbrido comercial de sorgo forrajero en condiciones de seco y con aplicación de riego en Santa Rosa durante la campaña 2007/8.

Materia Seca (Kg. ha ⁻¹)					
	Primer corte	Rebrote	Primer corte + rebrote		
			Total	Hoja	Tallo
Secano					
Línea 224	764,27 b	1.370,57	2.134,00 b	2.039,87	94,93
Sorgo Nutritop	5.233,33 a	2.214,29	7.447,62 a	1.380,95	6.066,65
Riego					
Línea 212	1.676,30 b	2.329,84 a	4.006,20 b	3.520,00	486,97
Sorgo Nutritop	10.800,00 a	1.412,70 b	12.212,70 a	7.861,80	4.350,90

Letras distintas indican diferencia significativas ($p \leq 0,05$) de acuerdo a la prueba t de muestras apareadas.

Tabla 9. Producción de forraje total (MS; kg ha⁻¹) y de sus componentes botánicos para silaje en una línea forrajera de maíz y un híbrido de sorgo forrajero en condiciones de seco y riego en Santa Rosa durante la campaña 2007/8.

Silaje								
MS (kg ha ⁻¹)								
	Total	MS Digestible	Hoja	DIVMS %	Tallo	DIVMS %	Inflorescencia	DIVMS %
Secano								
Línea 230 A	11.267,70	8.512,50	3.005,80	69,15	6.844,20	67,46	2.125,80	85,5
Sorgo Nutritop	13.295,30	8.415,10	2.038,00	61,54	8.809,50	61,92	2.447,60	69,71
Riego								
Línea 224	23.671,10	16.831,80	4.811,30	65,19	8.455,40	53,93	10.404,50	87,8
Sorgo Nutritop	37.368,20	21.125,90	8.444,40	48,73	20.885,70	54,18	8.038,10	70,84

hojas y tallo fueron más altas para el maíz que para el sorgo.

Massigoge *et al.*, (2005) evaluaron en Barrow, provincia de Buenos Aires, 29 híbridos comerciales y experimentales de sorgos forrajeros el rendimiento de materia seca al estado de

grano pastoso. Nutritop rindió 13.640 kg ha⁻¹ en una precipitación durante el ciclo de cultivo de 234 mm. Este valor fue similar al encontrado en este estudio (13.295,3 kg ha⁻¹) con 289,7 mm de lluvia desde noviembre a marzo.

Díaz *et al.*, (2005) evaluaron 33 híbridos

dos comerciales de sorgos graníferos y forrajeros en Paraná (Entre Ríos) y encontraron para Nutritop una producción de materia seca de 10.790 kg ha⁻¹ y un rendimiento de 1.422 kg ha⁻¹ de grano.

Borrajo (2008) al evaluar en Corrientes 3 híbridos de maíz y 7 de sorgo con la aptitud de silos de planta entera encuentra valores de hasta 19 tn MS ha⁻¹ en sorgo, siendo en general los maíces de menor producción. En estos la fracción grano fue de un 27-30% de la biomasa total mientras que en sorgos fue escaso el peso real de grano, predominando las estructuras de sostén de la panoja.

En cultivo bajo riego el sorgo aventaja sustancialmente al maíz en la producción de materia seca digestible y el maíz supera al sorgo en la digestibilidad *in vitro* (%) en mazorca y hojas pero no en tallo.

Romero *et al.*, (2002) encontraron para sorgos BMR en Rafaela una producción de materia seca de 37.200 kg ha⁻¹ (con una digestibilidad *in vitro* de 65 %); valor similar al encontrado para la producción bajo riego en Santa Rosa (37.368,2 con un porcentaje de DIVMS de 56,53).

La calidad final de un silaje de planta entera de sorgo con la del maíz, puede ser muy variable pues está determinada por varios factores: calidad y producción de materia seca del cultivo, las condiciones climáticas imperantes y, por último, el estado del cultivo al momento de la confección del silaje. En la actualidad, falta información sobre cuál es el estado fenológico más adecuado para confeccionar un silaje de planta entera de sorgo, en especial de los BMR o llamados también de "nervadura marrón", bajo las mismas condiciones ecológicas y de suelo (Fernández Mayer & Vitali, 2005).

Para los planteos de engorde o lecheros son recomendables los silajes de sorgos graníferos, más energéticos porque producen más grano (almidón) respecto a los forrajeros. Sin embargo, para estos mismos sistemas de producción se deben considerar, también, a los Sor-

gos Forrajeros BMR, que si bien los niveles de grano son moderados a bajos (el almidón varía de 7 al 16%) respecto a los graníferos, muestran una altísima digestibilidad (62 al 82%) y niveles moderados a altos de azúcares solubles (18 al 22%). Puede corregirse la falta de "almidones" con el agregado de granos de cereal en los comederos y así aprovechar su extraordinaria calidad, aún con una planta de más de 2 m de altura y en plena etapa de Panojamiento. De esta forma se tendría una excelente combinación: altísima calidad en toda la planta + almidón (energía) aportada por el grano de cereal adicional (Fernández Mayer & Vitali, 2005).

En los planteos de cría pueden utilizarse con éxito, tanto los Sorgos BMR, en pastoreo directo, silaje o diferido como también los fotosensibles. Estos últimos se caracterizan por la alta producción de forraje que producen por hectárea (40 a 50.000 kg ha⁻¹ de materia verde, en promedio) y los niveles moderados a bajos de grano (\pm 2.000 kg ha⁻¹), hecho que no es imprescindible para esta categoría de animales.

CONCLUSIONES

Confirmando la hipótesis planteada, la metodología de mejora genética que dio origen a las líneas experimentales evaluadas, permitió recuperar características botánicas apropiadas para su aprovechamiento forrajero.

Esta aseveración se sustenta en los resultados observados para variables tales como capacidad de rebrote, rendimiento de biomasa aérea total y modificaciones botánicas que afectarían la partición de la Materia Seca.

En la evaluación comparativa realizada con sorgo forrajero, se observó que algunas líneas experimentales de maíz tienen un comportamiento productivo similar al mismo, cuando su destino es silaje. Al evaluarse la producción de forraje fresco, el sorgo presenta una amplia diferencia con respecto a los distintos genotipos de maíces evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

- Barriere, Y.; J.C. Emile; T. Traineau & Y. Hebert. 1997. Genetic variation in the feeding efficiency of maize genotypes evaluated from experiments with dairy cows. *Plant breeding* 114:144-198.
- Bertoia, L.M. 2004. Materia seca, mejor calidad. www.agrototal.com. 5/8/2004.
- Bertoia, L.M. 2007. Impacto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de materia seca en sorgos (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con diferentes aptitudes. Proyecto de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNLZ. Período 2008-2010.
- Borrajó, C.I. 2008. ¿Avances en el silaje de planta entera: maíz o sorgo? ¿Qué híbrido elegir? Hoja Informativa N° 4. EEA INTA Mercedes. Corrientes.
- Brun, A.; E. Grassi; B. Szpiniak & V. Ferreira. 2008. Productividad de dos compuestos de maíz local con fines forrajeros. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto*. Vol. 28 (en prensa)
- Bruno, O. A & L.A. Romero. 1994. Efecto del momento de corte sobre la producción de materia seca y calidad de las especies forrajeras. Actualización Técnica sobre Producción de Forrajes Conservados de Alta Calidad. Rafaela, 10 p.
- Carrete, J.R. & J.O. Scheneiter, 1999. Maíz para silaje. Incidencia del híbrido sobre la producción y calidad del forraje. *Revistas: PCA N° 6 y Producir XXI N° 93*.
- Carrete, J.; O. Scheneiter; P. Rimieri & C. Devito. 1997. Maíz para silaje: efecto del momento de cosecha sobre la producción y el valor nutritivo del forraje. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. Vol II N° 6.
- Cozzolino, D & A. Fassio. 1997. Silaje de maíz. *Forraje Journal*. Año 1:52-55
- Dhillon, B. S.; Chr. Paul; E. Zimmer; P. A. Gurrath; D. Klein & W. G. Pollmer. 1990. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. *Crop. Sci.* 30:931-936
- Díaz, M.G.; E. Blanzaco; A. Pasinato & E. Di Nucci. 2005. Caracterización e identificación de germoplasma de sorgo con aptitud silera. Estación Experimental de Paraná. INTA. www.inta.gov.ar/parana.
- di Santo, H.; A. Ferreira; E. Castillo; E. Grassi & V. Ferreira. 2009. Comparación de híbridos experimentales de maíz para silaje. XXXII Congreso Argentino de Producción Animal. Malargüe, Mendoza. Septiembre. 2009.
- Elizalde, J.C.; D.H. Rearte & F.J. Santini, 1993. Utilización de silaje de maíz en vacas lecheras en pastoreo. *Boletín Técnico N°117*. INTA Balcarce. 37 p.
- Fernández Mayer, A. & L. Vitali. 2005. Determinación de la calidad de los sorgos BNR y graníferos, previo al picado, para confeccionar silajes de planta entera. www.elsitioagricola.com.
- Gorostegui, J. 1971. Variedades vegetales del INTA, cultivares creados e introducidos desde 1958. Serie: Colección agropecuaria del INTA 19. Buenos Aires. 528 p.
- Grassi, E.; L. Reynoso, B. Szpiniak, & V. Ferreira. 2002. Agrupamiento de cruces Top-Cross de maíz en base a sus características sileras o graníferas. XXXI Congreso Argentino de Genética. *J BAG* 15 Sup: 117.

- La Plata, Argentina.
- Gutierrez, L.M.; E. Viviani Rossi & E. Delpech. 1997. Época de corte para maíz para silaje en el sudeste bonaerense. *Rev. Prod. Anim.* 1:6.
- Hunt, C.W.; W. Kezar, & R. Vinande. 1992. Yield, chemical composition, and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by hybrid. *Journal of Production Agriculture* 5:286-290
- Infostat. 2002. versión 1.1. Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Little T.M. & F.J. Hills. 1979 Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Ed. Trillas. México. 270 p.
- Martin, G.O. 2005a. Sorgos forrajeros. La nueva generación. www.produccion.com.ar
- Martin, G.O. 2005 b. Reflexiones sobre el silaje de maíz. www.produccion.com.ar
- Martínez, J.C & G. García. 2006. Evaluación de líneas endocriadas de maíz con aptitud forrajera originado de la cruce de *Zea mays* x *Z. diploperennis*. Trabajo Final de Graduación. Biblioteca de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.
- Massigoge J.I.; M. Zamora & A. Melín. 2005. Evaluación de la producción de planta entera de sorgos forrajeros. Boletín Técnico Chacra Experimental Barrow. Convenio INTA-MAA.
- Minson, D. J. & M.N. Mc. Leod. 1972. The in vitro digestibility of large number of tropical pastures samples. *Tech. Pap. Div. Trop. Past.* CSIRO, Australia 8:1-15.
- Paccapelo, H. A. & M.L. Molas. 1996. Caracterización de una población de maíz forrajero con introgresión de *Zea diploperennis* I. *R.I.A* 27:33-38
- Paccapelo, H. A.; M.L. Molas & L. Saluzzi. 1999. Aptitud forrajera de líneas S2 originadas del híbrido *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* I. *Rev. Fac. Agr. de la UNLPam.* 10:59-64
- Penning, I.M., J.M. Wilkinson, & D.F. Osbourn. 1976. The effect of stage of maturity and fineness of chopping on the nutritive value of maize silage. *Animal Production*, 22, 153 p.
- ProduceM, 2001. Silaje de maíz de planta entera. [www.conectarse.com.ar/produsem/silo de maiz.pdf](http://www.conectarse.com.ar/produsem/silo_de_maiz.pdf).
- Rattunde, H.F. W.; E. Zerbini, S. Chandra & D.J. Flower. 2001. Stover quality of dual-purpose sorghum: genetic and environmental sources of variation. *Field Crops Res.* 71:1-8.
- Ritchie, S. & J. Hanway, 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Of Sci. And Technol. Cooperative Extension Service Ames. Iowa. Special Report N° 48.
- Romero, L., O. Brunno, E. Camerón & M. Gaggiotti. 1998. A la hora de sembrar para silo. www.a-campo.com
- Romero, L., S. Aronna & E. Camerón. 2002. El sorgo forrajero ¿puede ser un sustituto del maíz? www.a-campo.com
- Roth, L.S.; G.C. Marten; A. Compton & D.D. Stuthman. 1970. Genetic variation of quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. *Crop. Sci.* 10:365-367.
- Stuber, C.W. 1986. Use of exotic sources of germplasm for maize improvement. P. 19-31. In O. Dolstra and P. Miedema (ed.) Breeding of silage maize. Proc. Congr. Maize Sorghum Section. EUCARPIA. 13th. Wageningen, the Netherlands. 9-12 Sept. 1985.
- Szpiniak, B.; L. Reynoso, E. Grassi, V.

- Ferreira, & R. López Ovejero. 1996. Maíz doble propósito: primeros resultados de un programa de mejoramiento. II Jorn. Argentino-Chilena de Genética, XXVII Cong. Arg. de Genética y XXXIX Reunión Anual Soc. de Biología de Chile. Actas de Resúmenes: 144p. Viña del Mar. Chile.
- Thompson, D.L. 1968. Silage yield of exotic corn. *Agron. J.* 60:579-581.
- Tilley J.M & R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grass Soc.* 18:104-111.
- Torreillas, M.G. & L.M. Bertoia. 2000. Aptitud Combinatoria para caracteres forrajeros en poblaciones nativas y compuestos raciales de maíz en Argentina. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 15:80-90.
- Torroba, J.P. 1993. Factores de la producción para hacer eficiente el sistema de invernada. Cuaderno de Actualización Técnica N° 52. CREA.96 p.
- Troiani, H.; H.A. Paccapelo & D.A. Golberg. 1986. Descripción botánica del híbrido interespecífico entre *Zea mays* x *Zea diploperennis*. *Rev. Fac. Agr.UNLPam.* 3:153-158.
- Vanderlip, R.E & H.E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agron. J* 64:13-16.
- Van Olphen, P.V.; E.M. Viviani Rossi, L.M. Gutierrez & F. Santini. 2000. Efecto del momento y la Altura de corte sobre la producción y calidad de la materia seca de maíz para silaje. www.producción-animal.com.ar
- Wolf D.P.; J.G. Coors; K.A. Albrecht; D.J. Undersander & P.R. Carter. 1993. Forage Quality of Maize Genotypes Selected for Extreme Fiber Concentrations. *Crop Sci* 33:1353-1359.