

**EVALUACIÓN DE LA APTITUD FORRAJERA DE MAICES
EXPERIMENTALES PROVENIENTES DE LA CRUZA CON *Zea
diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán Y SORGO FORRAJERO BAJO
RIEGO Y SECANO**

Autores:

Elías G. Pacifici
Leonardo A. Piorno

Director: Ing. Agr. Héctor A. Paccapelo

Cátedra: Genética y Mejoramiento de Plantas y Animales

Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa

Año: 2009

Capítulos	Pg.
1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1. Hipótesis	9
2.2. Objetivo	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Lugar de realización de los ensayos	10
3.2. Campaña 2006/2007: selección de genotipos de maíz	10
3.3. Campaña 2007/2008: evaluación de maíz y sorgo forrajero	11
3.3.1. Registros sobre las parcelas de maíces en la campaña 2007/8	12
3.3.2. Registros sobre las parcelas de sorgo forrajero en la campaña 2007/8	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1 Campaña 2006/7	14
4.1.1. Análisis de componentes botánicos y de producción	14
4.1.2. Análisis de conglomerados	15
4.2 Campaña 2007/8	16
4.2.1. Producción de materia seca para pastoreo directo	16
4.2.2. Producción de materia seca para silaje	18
4.2.3. Características morfológicas	20
4.2.4. Análisis de componentes principales	22
4.2.4.1. Maíces bajo cultivo de secano	21
4.2.4.2. Maíces bajo cultivo irrigado	22
4.2.5. Producción de forraje de maíz y sorgo forrajero en estado vegetativo	23
4.2.6. Producción de forraje maíz y sorgo forrajero para silaje	24
4.2.7. Materia seca digestible	26
5. CONCLUSIONES	30
6. BIBLIOGRAFÍA	31
7. TABLAS Y GRÁFICOS	36

1. RESUMEN

En el presente trabajo se analizó la producción de biomasa aérea (MS kg ha⁻¹) de líneas experimentales de maíces forrajeros con introgresión de *Zea diploperennis*, y dos híbridos comerciales, uno de maíz y uno de sorgo, en diferentes momentos de corte, y en condiciones de cultivo bajo riego y secano.

En estado vegetativo del cultivo se encontró interacción genotipo x ambiente para la producción de biomasa aérea total del cultivo, resultando superiores la línea L. 212 en condiciones de riego, y la L. 224 en cultivo de secano.

La producción de materia seca (MS) de la parte aérea completa de la planta, al estado de ¼ de avance de la línea de leche en el grano, no presentó interacción genotipo x ambiente, y las líneas L. 212, L.224 y L.230^a tuvieron un rendimiento estadísticamente similar al testigo (DK780).

La producción de MS digestible al estado de grano pastoso fue similar para sorgo y maíz, en condiciones de secano, pero levemente superior para el sorgo con un cultivo bajo riego.

La producción de MS digestible de maíz en secano fue más elevada para las líneas de maíz L.212, L.224 y L.230^a, las que superaron el rendimiento del testigo. En condiciones de riego, las líneas de mayor rendimiento fueron L.212, L.213 y L.224. En ambas condiciones de cultivo, L. 224 superó el rendimiento de MS digestible de grano de DK 780.

La mejora genética a través de cruzas amplias con especies silvestres, 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.

2. INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria de la región subhúmeda-seca y semiárida pampeana se caracteriza por desarrollarse en establecimientos mixtos, donde, a pesar de la agriculturización, la ganadería representa 21,5% de las existencias bovinas nacionales, con 10.477.900 cabezas en las provincias de Córdoba, La Pampa y San Luis (INDEC; 2001). La oferta forrajera regional no es uniforme a lo largo del año, y las pasturas perennes o pastizales se complementan con especies forrajeras de estación. De acuerdo a la Encuesta Nacional Agropecuaria, en la región se cultivaron 2.792.800 ha con forrajeras perennes y 2.197.300 ha con anuales, de las cuales 730.500 ha (33%) correspondían a especies estivales. Dentro de éstas, 430.700 ha (59%) estuvieron ocupadas por maíz para forraje. En La Pampa se sembraron 159.600 ha de maíz para forraje y solamente 41.500 ha de sorgo forrajero (INDEC, 2001).

Productividad del maíz para ensilaje 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 (utilización diferida). 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 genético, en 0.17 Mg/ha/año desde 1985 a 1995 (Barriere, 1997). Una continuidad en el mejoramiento del cultivo es necesaria para aumentar el límite teórico de la especie, que a su vez está ligado a las posibilidades de interceptación y transformación de la energía lumínica (Bertoia, 2007). También, 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, considerándose que el mejor híbrido granífero también era el mejor forrajero. En Estados Unidos existía, y aún persiste, en gran medida, el concepto de que el rendimiento de grano y la proporción de la materia seca (MS) del grano son determinantes en la calidad del silaje. Actualmente, en las investigaciones realizadas en Canadá y Europa se cuestionan estos criterios, tomando en cuenta que el silaje se realiza con la parte aérea completa de la planta, y no sólo con el componente grano (Dhillon *et al.*, 1990).

En la República Argentina, como en la mayoría de los países, no existen cultivares o híbridos de maíz destinados de forma exclusiva a la producción de forraje, sino que se utilizan para tal fin los híbridos que se han seleccionado para producción de grano (doble propósito). Los maíces forrajeros se diferencian de los graníferos por el desarrollo de la parte aérea, el llenado del grano, el mantenimiento de la planta verde al momento del corte, concentración de MS, digestibilidad e ingestibilidad (Bertoia, 2004).

El pastoreo del maíz ha mostrado ser un método económico de producir carne y leche. Mientras se pastorea el maíz, se puede rotar la pastura para que recupere su vigor; reservarla para la producción de semilla o permitir la acumulación de forraje como reserva en pie para períodos críticos.

La disponibilidad en el mercado de híbridos nuevos de ciclo corto (75 a 105 días a madurez), con mayor concentración proteica, alto valor nutritivo y capacidad de macollar, han permitido un nuevo rol del maíz en sistemas intensivos de producción. Algunos cuidados a tener en cuenta en el pastoreo directo del maíz son: a) es importante realizar un período previo de acostumbramiento, a fin de que los animales consuman el cultivo de manera uniforme y no se concentren exclusivamente en la espiga; b) es conveniente, a fin de reducir trastornos digestivos tales como acidosis, suministrar heno y/o granos al menos una semana previa al inicio del pastoreo; c) el uso de alambrado eléctrico es altamente recomendado a fin de reducir pérdidas por pisoteo (Holter *et al.*, 1973; Huber *et al.*, 1971).

La calidad del maíz para ensilar, está estrechamente relacionada con la concentración de lignina y la digestibilidad de la pared celular, principalmente del tallo. Hay que tener en cuenta que los híbridos actuales tienen tallos más resistentes al quebrado (vuelco), con una concentración elevada 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 correcta elección del momento de picado para silaje es muy importante para maximizar la producción de MS por hectárea, y para obtener un material con alto porcentaje de grano, lo que eleva el valor energético del silaje obtenido (Bertoia, 2007).

La acumulación máxima de MS, 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 MS comprendido entre 34 a 44%. Existen evidencias que la disminución del aporte de los tallos a la MS 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), con destino a la espiga. En plantas espigadas, la contribución del tallo al rendimiento de MS 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 y 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 concentración de MS digestible como criterio de selección genética, estimada a partir de la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) de la biomasa aérea total.

Bruno y Romero (1994) evaluaron la DIVMS de híbridos comerciales de maíz, observando una producción de MS 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 una concentración de MS del 40%. En cambio al considerar híbridos con bajo rendimiento en espigas, el corte temprano (concentración de MS de la biomasa aérea de 30%) evitaría la pérdida de valor nutritivo de los componentes morfológicos vegetativos, sin afectar mayormente la producción total de MS digestible (Carrete *et al.*, 1997).

La introducción de germoplasma exótico en la producción de forraje de maíz, a pesar de los resultados promisorios iniciales, ha recibido poca atención. Thompson (1968) encontró que algunas poblaciones exóticas, o semiexóticas, rindieron en promedio un 28% más de MS digestible que los híbridos adaptados y Stuber (1986) sugiere utilizar esos materiales para 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 crucea original entre *Zea mays* x *Z. diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán (Troiani *et al.*, 1986; Paccapelo y Molas, 1996). Las líneas desarrolladas difieren en atributos tales como: 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 y Vitali, 2005).

Se observa un renovado interés en la adopción de esta especie, tanto para su inclusión en planteos agrícolas de siembra directa continua, como para utilizarla con destino forrajero. En este sentido, y en lo que respecta a silaje, se complementa muy bien con maíz, por cuanto aquella presenta menores riesgos de producción bajo condiciones climáticas adversas.

Algunos atributos morfofisiológicos que determinan que el cultivo de sorgo sea considerado una alternativa válida, y crecientemente empleada, son:

- 1) Mayor capacidad de absorción de humedad del suelo que el maíz.
- 2) Mecanismos de latencia durante periodos prolongados de sequía, con capacidad para continuar luego el crecimiento, aunque sin recuperar el potencial de rendimiento total (Johnson y Turner, 1978).

- 3) Alta calidad nutricional del componente vegetativo (Rattunde *et al.*, 2001).
- 4) Adaptación a suelos de baja fertilidad, salinos e inundables.
- 5) Elevada capacidad de rebrote en algunos genotipos graníferos, con posibilidad de un segundo corte de la fracción vegetativa.

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

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), con evaluación del rebrote en las dos primeras fechas. En este trabajo se concluyó que la producción máxima de MS se logra cuando se realiza un solo corte en la fecha más tardía (19.284 kg ha⁻¹). Las fechas de corte tempranos no mejoran la calidad de la planta, ni la de los silajes, presentando problemas de baja concentración de MS que se traduce en una 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 (vegetativo, florecido y granos pastoso-duro). Encontraron que la máxima producción de MS, y los mejores parámetros fermentativos, se logran cuando se realiza un solo corte y en la fecha mas tardía.

Fernández Mayer y 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 de calidad energética, 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. Esto ocurre normalmente porque la digestibilidad de los almidones del grano de sorgo es inferior a la del maíz. Además, por el tamaño del grano, y las capas proteicas que envuelven al mismo, provocan una menor asimilación de los almidones, aumentando el porcentaje de grano de sorgo que pasa por el tracto gastrointestinal sin digerir.

Sin embargo, si se compara la calidad (digestibilidad, concentraciones de fibra, almidones, etc.) de un silaje de planta entera de sorgo con la del maíz, puede haber mucha variación ya que la calidad final está determinada por varios factores: calidad y producción de MS del cultivo, condiciones climáticas imperantes y, por último, el estado del cultivo al momento de la confección del silaje.

A medida que las plantas avanzan en su estado de madurez (del 10% de panojamiento a grano pastoso y duro), desciende 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 errática.

Entre los materiales para ensilar existen varias alternativas posibles, dependiendo del tipo de animal a que se destinará dicho silaje. Por un lado están los sorgos forrajeros: tipo Sudán, los de nervadura marrón o BMR y los fotosensibles, y por el otro, están los sorgos graníferos. Estos últimos son más “energéticos” porque producen más grano (almidón) con relación a los sorgos forrajeros, cuya principal cualidad es la alta producción de MS por hectárea (Fernández Mayer y Vitali, 2005).

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 silaje, (Fernández Mayer y Vitali, 2005).

2.1. Hipótesis del trabajo

Se plantea la **hipótesis** de que en maíz la cruza con un pariente silvestre rompe la dominancia apical de la planta cultivada, permitiendo recuperar en las líneas derivadas ciertas 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 MS.

2.2. Objetivo experimental

El **objetivo** experimental fue seleccionar líneas de maíz con aptitud para pastoreo directo y silaje, y evaluar la productividad forrajera en distintos momentos de su ciclo bajo condiciones irrigadas y en secano. Asimismo, se pretendió realizar una evaluación comparativa entre maíz y sorgo forrajero.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se condujeron en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam durante las campañas 2006/7 y 2007/8.

3.1. Lugar de realización de los ensayos

El trabajo experimental, correspondiente a esta tesis, se llevó a cabo en la sede de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa (36°46' Lat. Sur, 64°16' Long. Oeste, 210 msnm). En el campo experimental de la Facultad se condujeron dos ensayos en parcelas, durante las temporadas estivales 2006/7 y 2007/8, para la evaluación comparativa de la biomasa aérea producida por líneas experimentales de maíz, un híbrido comercial de maíz y otro de sorgo forrajero. Para las determinaciones de digestibilidad, sobre componentes botánicos de la biomasa aérea de las líneas ensayadas de maíces experimentales, se utilizaron las instalaciones de laboratorio, y novillos fistulados, del Área de Producción Animal de ésta Facultad.

3.2. Campaña 2006/7: selección de genotipos de maíz

La siembra se efectuó, en cultivo bajo riego, el 25 de Octubre y la emergencia ocurrió el 4 de Noviembre. Se seleccionaron líneas experimentales en función del análisis de características botánicas de la planta, de un total de 17 genotipos (catorce líneas experimentales y tres testigos comerciales):

Al estado de 1/4 de avance de la línea de leche en el grano (Ritchie y Hanway, 1982) se cortaron 5 plantas en estado de competencia completa, se separaron sus componentes botánicos y se secaron en estufa de aire forzado a 60° C hasta peso constante. Se utilizaron esos pesos para determinar:

Materia Seca de Hojas; expresada en gramos x planta

Materia Seca de Tallos; expresada en gramos x planta

Materia Seca de Granos; expresada en gramos x planta

Índice de Cosecha (IC): cociente entre la MS de grano y MS de hojas + MS de tallos + MS de granos.

La observación de los caracteres morfológicos se efectuó sobre dos plantas por parcela y se registraron los siguientes datos:

Altura de la planta (cm): desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la panoja.

Número de tallos por planta.

Número de mazorcas por planta.

Con los datos de las variables mencionadas se efectuó un análisis de conglomerado con el objeto de encontrar grupos de genotipos similares. Se utilizó el algoritmo conocido como UPGMA o encadenamiento promedio (Balzarini, 2003).

3.3. Campaña 2007/8: evaluación de maíces y sorgo forrajero

La siembra de 2007 fue el 8 de Noviembre y la emergencia el 18 de Noviembre. En la campaña 2007/8 se evaluaron las líneas seleccionadas en la campaña previa y un testigo comercial de maíz (DK 780) en dos ambientes (secano y riego). Se incluyó un híbrido de sorgo forrajero nervadura marrón (Nutritop de Advanta semillas), para compararlo con el genotipo de maíz de mayor rendimiento en forraje, en diferentes momentos del desarrollo del cultivo:

- 1) Primer corte de maíz: 40 días después de la emergencia (28/12)
- 2) Rebrote de maíz: 65 días posteriores a la emergencia (22/1) coincidente con el primer corte de sorgo
- 3) Tercer corte de maíz: 113 días posteriores a la emergencia (11/3) y rebrote 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 ($a = 2$; riego y seco) y en las subparcelas el factor B con 9 niveles ($b = 9$; genotipos) distribuidos en tres ($r = 3$) bloques completos aleatorizados.

La metodología de análisis empleada fue el análisis de varianza (ANAVA) que particiona la variabilidad total de la información y los grados de libertad en:

SCTotal corregida: $(abr - 1)$

S.C.Tratamiento principal: $(a - 1)$

SC Bloque: $(r - 1)$

SC error de la parcela: $(a - 1).(r - 1)$

SC del subtratamiento: $(b - 1)$

SC interaccion Trat* Subtratam: $(a - 1).(b - 1)$

SC error de la subparcela: $(r - 1)a (b - 1)$

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 x ha⁻¹, y el riego se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo. El control de malezas se efectuó manualmente.

En la Tabla 1 se detalla los mm de agua disponibles para el ensayo durante la campaña 2007/8, que comprende tanto la lluvia como la aportada artificialmente, así como las fechas en que se realizó la cosecha de forraje.

3.3.1. Registros sobre las parcelas de maíces en la campaña 2007/8

La parcela comprendió 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 y Hanway, 1982), y luego se llevó el material a estufa de ventilación forzada a 60° C para determinar el peso seco. La altura de corte fue de 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 y Hanway, 1982) se cortaron 10 plantas en competencia completa y se pesaron. Dicho peso ajustado constituyó el rendimiento de materia verde de planta entera por parcela.

En dos plantas de cada parcela se separaron sus componentes botánicos (grano, marlo, 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 MS por parcela.

Los datos de producción de biomasa y MS se convirtieron en producción por unidad de superficie (kg ha⁻¹).

La observación de las características morfológicas se realizó en las dos plantas por parcela mencionadas anteriormente y se registró:

Altura de la planta (cm): desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la panoja.

Número de tallos por planta.

Número de mazorcas por planta

Número de hojas por planta

Diámetro del tallo principal (cm)

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS): se determinó sobre las fracciones de tallo, hoja, grano y marlo de las plantas recolectadas, utilizando el método de Tilley y Terry (1963) modificado (Minson y Mc Leod, 1972).

3.3.2. Registros sobre las parcelas de sorgo forrajero en la campaña 2007/8

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 y 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 el 11 de marzo de 2007. Se pesaron las hojas y tallos y se llevaron a estufa de secado. Los datos del contenido de MS se convirtieron en rendimiento de MS 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. Se separaron los componentes botánicos (panoja, tallo y hoja) y así se obtuvo el rendimiento de materia verde de las diferentes fracciones.

Las fracciones cosechadas se colocaron en estufa de ventilación forzada a una temperatura de 60° C hasta alcanzar peso constante. De acuerdo con el porcentaje de MS obtenido de los tres componentes, se calculó el rendimiento de MS de cada fracción por parcela. Se convirtieron los datos de rendimiento a kg ha^{-1} .

Las variables de rendimiento determinadas fueron:

- Rendimiento de MS total (kg ha⁻¹)
- Rendimiento de MS de panoja (kg ha⁻¹)
- Rendimiento de la MS de tallo (kg ha⁻¹)
- Rendimiento de la MS de hoja (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 (UNRC, 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 y Hills, 1979).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Campaña 2006/7

4.1.1. Análisis de componentes botánicos y de producción de maíces

En la Tabla 2 se describen las características morfológicas y la MS de los componentes botánicos al estado de 1/4 de avance de la línea de leche de los 18 genotipos de maíz (quince líneas experimentales y tres testigos).

Las líneas 215, 216, 217, 221, 222, 230^a, 230b, 231, 234 y 224 superaron la media general (3,72) en el número de tallos por planta.

Las líneas 212, 217, 229, 230^a, 230b, 231,235 y237 superaron la altura media de los participantes (209,2 cm).

Las líneas 215, 216, 217, 222, 230^a, 230b, 231, 234, 235 y 237 superaron al promedio general del ensayo (48,6) en el número de hojas por planta.

Las líneas 213, 215, 221, 222, 229, 230^a, 234, 235 y 237 superaron al promedio (18,3 mm) en el diámetro del tallo principal.

Las líneas 215, 216, 217,230a, 230b, 231, 234 y 235 superan la media general (3,75) en el número de mazorcas por planta.

Las líneas 216, 217, 230^a, 29, 231, 234 y 235 superaron al promedio (153,7 g) en la producción de MS de hoja; las líneas 215, 230^a, 231,234, 235 y 237 superaron al promedio (289,6 g) en la MS de tallo y en la producción de grano las líneas 215, 216, 217, 222, 230b, 231 y 237 superaron al promedio (306,8 g).

Las líneas 213, 215, 216, 217, 222, 230b, 224 y 237 superaron al promedio (0,37) en el índice de cosecha (IC).

Todas las líneas experimentales superaron el promedio de los híbridos comerciales en número de tallos por planta, número de hojas por planta, número de mazorcas por planta, MS de hojas y MS de tallos.

Las líneas 217, 229, 230^a, 230b, 231, 235 y 237 superaron la altura de planta del promedio de los testigos. En el diámetro del tallo principal las líneas 213, 215, 221, 222, 229, 230^a, 234, 235 y 237 superaron al promedio de los testigos (16,4).

A excepción de las líneas 212, 221 y 234, las restantes superaron al promedio de los híbridos en MS de granos y solo la línea 215 superó el promedio de los testigos en el Índice de Cosecha.

La suma de la fracción tallo y hoja puede aportar entre un 50-70% de la MS cosechada y, por lo tanto, debe ser objeto de estudio en cuanto a su calidad, situación descuidada en el ideotipo granífero (Bertoia, 2004).

4.1.2. Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerado es una combinación de técnicas y algoritmos matemáticos que tiene por objeto la búsqueda de grupos similares. Cuando se realiza el agrupamiento de genotipos se busca clasificarlos en grupos lo más homogéneos posible en base a todas las variables involucradas (Balzarini, 2003).

En la Figura 1 se muestra el dendrograma correspondiente al análisis de conglomerado de los 18 genotipos, utilizando el algoritmo conocido como UPGMA, o encadenamiento promedio que define la distancia entre dos grupos o conglomerados como el promedio de todas las distancias de a pares entre elementos de un grupo y elementos de otro grupo. Los elementos que intervienen en este análisis de conglomerado son: N° de tallos por planta, Altura de planta, N° de hojas por planta, Diámetro del tallo principal, N° de mazorcas por planta, MS de hojas, MS de tallo, MS de granos e Índice de Cosecha.

Sobre el eje de las abscisas se representan las distancias entre grupos. El corte para definir el número de grupos o conglomerados que subyacen en la base de datos suele efectuarse en la mitad del rango total de valores de distancia, en este caso en el valor 3,01. En esta situación, los genotipos, 2(Pucará), 230-1, 231 y 212 son diferentes a todo el resto de los participantes. Los híbridos 3 (Tornado) y 1 (DK 780) resultan cercanos y también 221 y 234 entre si. Se observa dos grupos o conglomerados diferentes, uno formado por 235, 229 y 237 y el otro conglomerado compuesto por 216, 224, 217, 230-2, 213, 215 y 222.

Todos los participantes son diferentes, a excepción de las líneas 216 y 224, cuando se utiliza la mitad del rango total de valores, o sea 1,51. Esas dos líneas resultan las más cercanas en el análisis. Una situación intermedia o sea 2,26 muestra que las líneas 235 y 229 forman un grupo; las líneas 216, 224, 217 y 230,2 otro grupo; las líneas 215 y 222 otro grupo y 3 (Tornado) y 1 (DK 780) otro grupo.

Se seleccionaron las líneas 212, 213, 215, 217, 221, 222, 224, 229 y 230^a como representativas de los grupos encontrados en el análisis de conglomerado y con ellas se efectuó la evaluación de biomasa y componentes morfológicos para diferentes usos forrajeros en la campaña siguiente.

4.2. Campaña 2007/8

4.2.1. Producción de Materia Seca de maíces para pastoreo directo

En la Tabla 3 se muestra el ANAVA del primer corte de forraje, rebrote, primer corte más rebrote y la biomasa a ¼ 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 ¼ 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 CV 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 rendimiento de MS del primer corte, rebrote y biomasa a ¼ 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 la Tabla 4.

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 genotipos se analizaron dentro de cada ambiente. En la Tabla 5 se muestra que, bajo riego, el valor de biomasa de la línea 212 supera ampliamente al resto de los genotipos. En secano la ventaja comparativa es a favor de la línea 224.

En la Tabla 4 y 5 se puede observar que al aplicar riego los rendimientos de biomasa, tanto para el primer corte, y rebrote, como para primer corte + rebrote, son estadísticamente superiores a los encontrados en secano. Estas diferencias entre condiciones de humedad (riego vs. secano) son esperables, ya que es conocido que ambientes con riego suplementario aumentan las producciones de forraje.

En todo el mundo, tanto en sistemas de producción de leche, carne o lana, los productores han hecho un esfuerzo en extender al máximo el ciclo de pastoreo, con el objetivo principal de reducir costos. 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 deja descansar la pastura para que recupere su vigor, produzca semillas o acumule forraje como reserva en pie para períodos críticos (Penning et al., 1976).

La disponibilidad en el mercado de nuevos híbridos de ciclo corto (75 a 105 días a 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).

4.2.2. Producción de Materia Seca de maíces para Silaje

En la Tabla 6 se muestra el ANAVA de la producción de MS de planta completa y sus componentes botánicos (tallos, hoja, grano y mazorca) al estado de $\frac{1}{4}$ de avance de la línea de leche en el grano (R_4) (Ritchie y Hanway, 1982). No se detectó diferencias estadísticas significativas para la interacción genotipo x ambiente en ninguna de las variables, pero fue altamente significativa ($p < 0,01$) para todas ellas para ambientes y genotipos.

Los CV resultaron aceptables, presentando valores normales para la investigación a campo en diferentes ambientes.

Martínez y García (2006) analizaron 11 líneas experimentales, en su octava generación de autofecundaciones (S_8), entre las cuales se encontraban las analizadas en este trabajo, así como 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 aquel trabajo se encontraron diferencias altamente significativas entre los genotipos 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 MS 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 7.

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

La producción de forraje en maíz puede llegar a 31 t 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 consistió en aumentar el contenido de granos, a fin de incrementar el valor energético del maíz. Investigaciones recientes, relacionadas con el uso del maíz para pastoreo, se han concentrado en el mejoramiento de la calidad del forraje, enfatizando la mejora del valor nutritivo del tallo (Penning et al., 1976).

Las líneas 212 y 230^a presentaron los mayores rendimientos de MS del tallo. El resto de los genotipos 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 aérea 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 et al., 1997).

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

Considerando 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 genotipos que, teniendo un buen desempeño en la producción de biomasa aérea, también tengan menor proporción de tallo.

Las líneas 212 y 230^a no se diferencian estadísticamente, y presentaron los mayores rendimientos de MS de hojas.

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

El testigo supera estadísticamente a los genotipos restantes en el rendimiento de MS de marlo.

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, tanto la producción de grano, como de otras partes aéreas de la planta, juegan un rol importante. El tallo representa el 50% o más de la biomasa de la planta, y su fibra es mucho menos

digestible que la del grano (Hunt *et al.*, 1992). Por esta razón, el tallo se convierte en el objetivo principal del mejoramiento genético.

En el ANEXO 2 se detallan los rendimientos obtenidos en cada ambiente y su significancia estadística.

4.2.3. Características morfológicas de plantas de maíces forrajeros

En la Tabla 8 se muestra el ANAVA para las características morfológicas de las líneas experimentales e híbrido comercial utilizado como testigo. No se detectó interacción entre ambiente y genotipos para ninguna de las mismas.

Los atributos altura de planta, número de hojas por planta, diámetro del tallo principal y número de mazorcas por planta, manifestaron diferencias altamente significativas para el factor Ambiente, pero no se detectó en el número de tallos por planta.

La variable altura de planta presentó diferencias altamente significativas para el factor Genotipos, mientras que para número de tallos por planta y número de hojas por planta resultó significativo, y para diámetro del tallo y número de mazorcas por planta, no significativa.

Los CV fueron altos para el número de mazorcas por planta, disminuyendo la precisión de los resultados y dificultando la detección estadística de diferencias entre genotipos.

En la Tabla 9 se describen los promedios de las características morfológicas de los genotipos y se muestra la separación estadística según la prueba LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

Las líneas 212 y 213 se diferenciaron favorable, y significativamente, de la línea 224 y el testigo en el número de tallos por planta. La introducción de genes de la especie silvestre (*Z. diploperennis*) aportaría una disminución de la dominancia apical, la que se manifestaría en el desarrollo de vástagos en los nudos inferiores (Molina, 1984; Corcuera y Magoja, 1988; Magoja y Pischedda, 1988; Troiani *et al.*, 1986; Paccapelo y Molas, 1996).

Las líneas 212, 224, 230^a y DK780 no se diferenciaron estadísticamente, y presentaron los valores mayores de altura de planta, mientras que la 213 y 221

tuvieron las alturas menores. En los híbridos de maíz, destinados a la producción de grano, se busca menor altura porque de esa manera se aproxima el centro de gravedad de la planta al suelo, y se reduce la incidencia de los vientos disminuyendo el vuelco. Sin embargo, esta situación es contraproducente para los genotipos destinados a silaje, puesto que las plantas de menor altura y menor desarrollo presentaron menor producción de MS total por hectárea (Centeno, 2003).

La línea 212 se diferenció estadísticamente de las restantes líneas, y del testigo, presentando el número mayor de hojas por planta. En una planta forrajera todas las fracciones contribuyen al rendimiento de MS. En este sentido, una planta con hojas numerosas, largas y anchas son receptoras de un máximo de energía solar para asegurar el rendimiento de la planta entera (Bertoia, 2004). En condiciones de estrés hídrico, el mantenimiento de tasas elevadas de fotosíntesis y mayor producción de biomasa mejora el comportamiento de la especie cultivada (Golberg *et al.*, 1988; Golberg, 1991).

La línea 221 se diferenció estadísticamente del híbrido comercial por presentar un diámetro menor del tallo principal, mientras que el resto de las líneas se comportaron estadísticamente en forma similar. Es importante considerar que diámetros mayores disminuirían los valores de DIVMS.

La línea 221 se diferenció positiva y significativamente de las líneas 224, 229, 230^a y el testigo en el número de mazorcas por planta y no se diferenció del resto de los genotipos. Esta prolificidad mayor resultaría de la introgresión de *Z. diploperennis* (Molina, 1984; Corcuera y Magoja, 1988; Magoja y Pischedda, 1988; Troiani *et al.*, 1986; Paccapelo y Molas, 1996).

El análisis de las diferencias ambientales para todas las variables, excepto el número de tallos por planta, muestra que el ambiente irrigado presenta promedios mayores al de seco. Estas diferencias entre condiciones de humedad (riego vs. seco) son esperables, ya que es conocido que ambientes con riego suplementario favorece el crecimiento de la planta y sus componentes botánicos que los de seco.

4.2.4. Análisis de componentes principales

4.2.4.1. Maíces bajo cultivo de seco

En la Tabla 10 se muestra el aporte de las variables analizadas para las dos primeras componentes principales. La Componente Principal 1 (CP1) está definida por

las variables forrajimasa (kg ha^{-1}), tallo (kg ha^{-1}) silaje (MS kg ha^{-1}), hoja (kg ha^{-1}) y altura de planta. La Componente Principal 2 (CP2) comprende las variables N° de tallos por planta y N° de hojas por planta, en forma positiva, y grano (kg ha^{-1}) y marlo (kg ha^{-1}) en forma negativa.

En la Figura 2 se muestra el biplot correspondiente al análisis de componentes principales. El plano conformado por las dos primeras componentes principales explica un 70,5 % de la variabilidad total. La CP1 explica un 39,9 % y la CP2 un 30,6 %. Estos niveles de explicación se consideran adecuados para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005).

En cuanto a las variables que definen el CP1, se puede observar que producción de silaje (kg MS ha^{-1}) y altura de planta forman un ángulo muy agudo entre los vectores que la representan, lo cual da una idea de que están correlacionadas fuerte y positivamente. La misma saturación se presenta para forrajimasa (kg ha^{-1}) y el componente hoja (kg ha^{-1}).

Las dos variables que definen el CP2 en forma negativa son grano (kg ha^{-1}) y marlo (kg ha^{-1}) y sus vectores representativos forman un ángulo agudo indicando una asociación positiva fuerte entre ellas.

Respecto a la ubicación de los genotipos en el biplot, se observa que el genotipo 9 (230^a) estaría definido por la producción de hoja y tallo (kg ha^{-1}), el genotipo 7 (224) por altura de planta y la producción de silaje (kg MS ha^{-1}), el genotipo 10 (DK780) por la producción de grano y mazorca (kg ha^{-1}) y el genotipo 3 (215) por el número de mazorcas por planta.

4.2.4.2. Maíces bajo cultivo irrigado

En la Tabla 11 se muestran el aporte de las variables analizadas para las dos primeras componentes principales. La Componente Principal 1 (CP1) estaría definida por las variables tallo (kg ha^{-1}), N° de hojas por planta, forrajimasa (kg ha^{-1}), rebrote (kg ha^{-1}), primer corte + rebrote (kg ha^{-1}), hoja (kg ha^{-1}) y silaje (MS kg ha^{-1}). La Componente Principal 2 (CP2) por las variables N° de tallos por planta.

En la Figura 3 se muestra el biplot correspondiente al análisis de componentes principales. El plano conformado por las dos primeras componentes principales explica un 65,6% de la variabilidad total. La CP1 explica un 50% y la CP2 un 15,6%.

Estos niveles de explicación se consideran adecuados para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005).

En cuanto a las variables que definen el CP1 se puede observar que silaje (kg MS ha⁻¹), hoja (kg ha⁻¹) y forrajimasa (kg ha⁻¹) forman ángulos muy agudos entre los vectores que la representan, lo cual da una idea de que están correlacionadas fuerte y positivamente. Lo mismo para rebrote, primer corte + rebrote y N° de hojas.

Respecto a la ubicación de los genotipos en el biplot, se observa que el genotipo 9 (230^a) estaría definido por la producción de hoja y forrajimasa (kg ha⁻¹), el genotipo 1(212) por rebrote, primer corte + rebrote y número de hojas, el genotipo 10 (DK780) y en menor grado el genotipo 7 (224) por la producción de grano.

4.2.5. Producción de forraje de maíz y sorgo forrajero en estado vegetativo.

En la Tabla 12 se presenta la producción de MS del primer corte, del rebrote, de la suma de ambas y de las fracciones hoja y tallo. La comparación se efectuó entre la línea experimental de maíz L.212 y el sorgo forrajero en condiciones de cultivo con riego y la línea L.224 y el mismo sorgo en condiciones de secano. La elección de las líneas de maíz 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 MS 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 MS de sorgo del primer corte, en condición de 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 MS del rebrote no se observaron diferencias estadísticas. La MS de maíz consistió solo del componente hoja, mientras que en el sorgo es mayoritariamente tallo, lo cual podría deberse a un

aceleramiento del crecimiento de la planta de sorgo y por ello el incremento notable de esta fracción.

En el INTA Rafaela (Romero *et al.*, 2002), para sorgos BMR (nervadura marrón) cosechados en estado vegetativo, se obtuvieron valores de producción 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), con un porcentaje de MS al momento del corte de 13,1%.

El corte temprano del sorgo no mejora la calidad de la planta ni del silaje, y además presenta bajo contenido de MS que impide una adecuada fermentación y conservación del silo (Romero, *et al.*, 1998). Por otro lado, la producción de dos cortes (primer corte más rebrote) no alcanza el rendimiento de un corte tardío (grano de sorgo pastoso duro), lo que aumenta 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 la del sorgo 185 cm. El sorgo tuvo, al primer corte, un contenido de MS de 15,53% y el maíz un 11,13%. El rebrote tuvo 20,70 y 11,37% de MS, respectivamente.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del sorgo en la producción de MS 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 BMR, o de baja concentración de lignina, poseen una calidad mayor forrajera que otros tipos de sorgos forrajeros, favoreciendo el consumo voluntario del animal y la digestibilidad. La tasa 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, 2005 “a”).

4.2.6. Producción de forraje maíz y sorgo forrajero para silaje

En la Tabla 13 se muestran los valores de rendimiento de MS 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 MS digestible de ambos cultivos resulta similar y la DIVMS (%) de las fracciones mazorca, hojas y tallos fueron más altas para el maíz que para el sorgo.

Massigoge *et al.* (2005) evaluaron el rendimiento de MS al estado de grano pastoso en 29 híbridos comerciales y experimentales de sorgos forrajeros, en Barrow, provincia de Buenos Aires. Nutritop rindió 13.640 kg ha⁻¹ con una precipitación durante el ciclo de cultivo de 234 mm. Este valor es 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 comerciales de sorgos graníferos y forrajeros en Paraná (Entre Ríos), y encontraron para Nutritop una producción de MS de 10.790 kg ha⁻¹ y un rendimiento de 1.422 kg ha⁻¹ de grano.

En cultivo bajo riego, el sorgo aventaja sustancialmente al maíz en la producción de MS digestible, y el maíz supera al sorgo en la DIVMS (%) en mazorca y hojas, pero no en tallo.

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

La calidad final de un silaje de planta entera de sorgo, comparada con la del maíz, puede ser muy variable pues está determinada por varios factores: calidad y producción de MS 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, bajo las mismas condiciones ecológicas y de suelo (Fernández Mayer y 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 sorgos forrajeros BMR, que si bien muestran niveles de producción grano 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 y Vitali, 2005).

En los planteos de cría se pueden utilizar 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.

El momento óptimo para el picado de los sorgos BMR dependería del tipo de animal a que estaría destinado el silaje. Si el destino son terneros de recría o vacas lecheras en producción el picado con 10% de panojamiento permite obtener un material de altísima digestibilidad, comparable con la de un verdeo de invierno en el mejor de los estados fenológicos (pasto a principio de encañazón). Mientras que si se destina el silaje para animales en engorde, donde se busca un mayor nivel de engrasamiento, se pueden picar los sorgos BMR, en el mismo estado fenológico, es decir, en inicio de Panojamiento, debiendo en este caso agregar grano de cereal o bien hacerlo más adelante, con grano pastoso a duro (Fernández Mayer y Vitali, 2005).

4.2.7. Materia seca digestible

En la Tabla 14 se muestran los valores de producción de MS aérea (kg ha⁻¹), DIVMS de componentes botánicos y MS 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.

El 41,0 % de la MS 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 L.212, L.230^a y DK780, respecto al resto de los genotipos, en la MS de planta completa.

Las líneas L.212 y L.230^a se separaron estadísticamente del resto por presentar mayor rendimiento de MS 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 fracción, siendo ellas las líneas L. 213, L.217 y L.222.

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

La línea 213 y el híbrido DK 780 se separaron estadísticamente, y favorablemente, de las demás líneas en la MS de grano.

El híbrido DK 780 y las líneas 212, L.213, L.221 y L. 230^a superaron estadísticamente los valores de MS de marlo del resto de los participantes. Como es deseable un valor bajo de esta fracción, habría que considerar como superior a L.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 MS por unidad de superficie. Sin embargo, aumenta la concentración de fibra detergente neutro (FDN) de la parte vegetativa y disminuye su DIVMS (Gutiérrez *et al.* 1997).

El contenido de MS afecta la respuesta animal, así como las pérdidas debidas a respiración en el silo. En un trabajo que incluyó un gran número de híbridos experimentales, autores franceses informan la presencia de variabilidad genética para caracteres de calidad y rendimiento de MS en el estado óptimo para silaje. Sugirieron que la variación en la ingesta fue mayor que en digestibilidad. Para explicar dichas variaciones consideraron la calidad del tallo y la proporción de grano. También encontraron que la proporción de grano no estuvo correlacionado con el rendimiento total de MS. La variabilidad y correlaciones en rasgos forrajeros indicaron la posibilidad de seleccionar por caracteres de calidad, tales como la digestibilidad y la ingestibilidad, manteniendo igual el rendimiento de MS, o seleccionando para dicho carácter manteniendo igual la calidad. Destacaron la posibilidad de seleccionar para ambos caracteres simultáneamente (Bertoia, 2004).

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

La contribución de los diferentes componentes morfológicos a la MS 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 las 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 MS 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 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 (Van Olphen *et al.* 2000).

La DIVMS de la planta completa tuvo un rango de valores entre 60,92% (L.212) y 73,25% (L. 213), con un valor promedio de 68,63%. Van Olphen et al. (2000) obtuvieron valores de 13,4 tn MS ha⁻¹, y una DIVMS 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 % (L.213) y 61,55 % (L.221), la de hojas entre 57,60 % (L.217) y 67,02 % (L.213), la de granos entre 92,44 % (L.212) y 96,01 % (DK 780) y la de marlo entre 49,28 % (DK 780) y 66,09 % (L.212).

En la Tabla 15 se muestran los valores de MS (kg ha⁻¹), DIVMS de componentes botánicos, y MS 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 seco.

El 39,3 % de la MS 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 L.212, L.230^a respecto a L. 213, pero con rendimiento similar al resto y DK 780 en la MS de planta completa.

La línea L.230^a se separó estadísticamente del resto, por presentar mayor rendimiento de MS 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 serían mejores, siendo ellas las líneas L. 222 y L.215.

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

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

El híbrido DK 780 superó estadísticamente los valores de MS de marlo del resto de los participantes.

Las líneas L.230^a, L.224, L.229, L.212 y DK 780 superaron al promedio en la MS digestible.

La contribución, de los diferentes componentes morfológicos, a la MS 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 % (L.212) a 77,29 % (L. 230a), con un valor promedio de 75,47 %.

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

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

La utilización del maíz en la obtención de silaje es uno de los destinos más frecuentes de este cultivo, en el área de la producción ganadera en Argentina. 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 MS por hectárea (Martín, 2005 b).

5. CONCLUSIONES

Confirmando la hipótesis planteada, la metodología de mejora genética que dio origen a las líneas experimentales de maíz 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 MS.

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.

BIBLIOGRAFIA

- Arroyo, A.; M. Balzarini; C. Bruno y J. Di Rienzo.** 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de reordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia* 30: 550-554.
- Balzarini M.; C. Bruno y A. Arroyo.** 2005. Análisis de ensayos agrícolas multiambientales. *Estadística y Biometría*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. 141 p.
- Barriere, Y.; JC Emile, T. Traineau and 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. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas Zamora.
- Bruno, O. A y 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. Estación Experimental de Rafaela. INTA http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p34.htm
- Carrete, J.; O. Scheneiter; P. Rimieri y C. Devito.** 1997. Maíz para silaje: efecto del momento de cosecha sobre la producción y el valor nutritivo del forraje. *Revista de Tecnología Agropecuaria*.6:2-5
- Centeno, A.** 2003. Para silo: ¿que maíz sembrar? www.elsitioagrícola.com. 25/08/2003.
- Corcuera, V.R. y J.L. Magoja.** 1988. Herencia de la prolificidad en híbridos entre teosinte diploperennis y maíz. Libro de Resúmenes XIX Congreso Argentino de Genética. Universidad Nacional de Jujuy. 28 de agosto-1 de setiembre. p.74.
- Cozzolino, D y A. Fassio.** 1997. Silaje de maíz: Calidad. *Forrajes Journal*. Año 1 (8): 52-55.
- Dhillon, B. S.; C. Paul; E. Zimmer; P. A. Gurrath; D. Klein and W. G. Pollmer.** 1990. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. *Crop Science* 30:931-936.

Díaz, M.G.; E. Blanzaco; A. Pasinato y E. Di Nucci. 2005. Caracterización e identificación de germoplasma de sorgo con aptitud silera. Estación Experimental de Paraná. INTA. www.inta.gov.ar/parana.

Fernández Mayer, A. y L. Vitali. 2005. Determinación de la calidad de los sorgos BMR y graníferos, previo al picado, para confeccionar silajes de planta entera. www.elsitioagricola.com/articulos/fernandezmayer/Determinacion%20Calidad%20Sorgos%20BMR.asp.

Golberg, A.D., C. Renard, and J.F. Ledent. 1988. Comparison of *Zea diploperennis* and *Zea mays* under water stress conditions. *Agronomie* 8:405-410.

Golberg, A. D. 1991. Comportment du maïs et de la teosinte diploïde perenne et d'hybrides interspécifiques en cas de sécheresse. Thèses de l'Université catholique de Louvain 187 pp.

Gutierrez, L.M.; E. Viviani Rossi y E. Delpech. 1997. Época de corte para maíz para silaje en el sudeste bonaerense. *Revista Argentina de Producción Animal* 1(1):6.

Holter, J. B.; W.E. Urban; W.S. Kennet and C.J. Sniffen. 1973. Corn silage with and without grass hay for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 56:915-922.

Huber, J.T.; et al., 1971. Urea treated corn silage in low protein rations. *Journal of Dairy Science*, 54:224-230.

Hunt, C.W., W. Kezar and 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.

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001. Censo Agropecuario 2001.

Johnson, R.C. and N.C. Turner, 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. *Plant Physiology* 61:122-126.

Little T. M. y F. J. Hills. 1979 Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Ed. Trillas. México. 270 pp.

Magoja, J.L. y G. Pischedda. 1988. Perennial teosinte introgressed population of maize: variation within S1 derived lines. *Maize Genet Coop News Lett* 61:66.

Martin, G. O. 2005a. Sorgos forrajeros. La nueva generación. www.produccion.com.ar.

- Martin, G. O.** 2005b. Reflexiones sobre el silaje de maíz. www.produccion.com.ar.
- Martínez J. C. y 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 Universidad Nacional de La Pampa.
- Massigoge J.I.; M. Zamora y A. Melín.** 2005. Evaluación de la producción de planta entera de sorgos forrajeros. Boletín Técnico Chacra Experimental Barrow. Convenio INTA-MAA.
- Minson, D. J. and M.N. Leod.** 1972. The *in vitro* digestibility of large number of tropical pastures samples. Technique Paper. Division of Tropical Pastures C.S.I.R.O., Australia 8: 1-15.
- Molina, M. C.** 1984. New hybrid from the species of *Zea*. Maize Genetics Cooperation Newsletter 58:114-115.
- Paccapelo, H. A. y M. L. Molas.** 1996. Caracterización de una población de maíz forrajero con introgresión de *Zea diploperennis* I. Revista de Investigaciones Agropecuarias 27:33-38
- Paccapelo, H. A.; M. L. Molas y L. Saluzzi.** 1999. Aptitud forrajera de líneas S2 originadas del híbrido *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* I. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa 10:59-64.
- Penning, I. M.; J.M.Wilkinson and 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.
- ProduceM,** 2001. Silaje de maíz de planta entera. <http://www.conectarse.com.ar/produsem/silodemaiz>.
- Rattunde, H. F. W.; E. Zerbini; S. Chandra and J. Flower.** 2001. Stover quality of dual-purpose sorghum: genetic and environmental sources of variation. Field Crops Research 71:1-8.
- Ritchie, S. and J. Hanway, J.** 1982. How a corn plant develops. Iowa State University. Office of Science and Technology. Cooperative Extensión Service Ames. Iowa. Special Report N° 48.

Romero, L., O. Bruno, E. Comerón y M. Gaggiotti. 1998. A la hora de sembrar para silo. <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/pxx10999.htm>

Romero, L., S. Aronna y E. Comerón. 2002. El sorgo forrajero ¿puede ser un sustituto del maíz? http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/45-sorgo_puede-sustituir_al_maiz.htm

Roth, L. S.; G.C. Marten; A. Compton and D.D. Stuthman. 1970. Genetic variation of quality traits in maize (*Zea mays* L.). Forage Crop Science 10:365-367.

Stuber, C.W. 1986. Use of exotic sources of germplasm for maize improvement. In O. Dolstra and P. Miedema (ed.) Breeding of silage maize. Proceedings of Congress Maize and Sorghum Section. EUCARPIA. pp. 19-31. 13th. Wageningen, the Netherlands. 9-12 Sept. 1985.

Thompson, D.L. 1968. Silage yield of exotic corn. Agronomy Journal 60:579-581.

Tilley J.M y R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society 18:104-111.

Torroba, J. P. 1993. Factores de la producción para hacer eficiente el sistema de invernada. Cuaderno de Actualización Técnica N° 52. CREA. 96 pág.

Troiani, H.; H. A. Paccapelo y D. A. Golberg. 1986. Descripción botánica del híbrido interespecífico entre *Zea mays* x *Zea diploperennis*. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa 3:153-158.

Universidad Nacional de Río Cuarto. 2002. versión 1.1. Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Ed. Brujas. Pp: 61-90.

Vanderlip R. E. and H.E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Agronomy Journal 64:13-16.

Van Olphen, P.V.; E.M. Viviani Rossi; L.M. Gutierrez y 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.produccion-animal.com.ar

Wolf, D.P.; J.G. Coors; K.A. Albretch; D.J. Undersander and P.R. Carter. 1993.
Agronomic evaluation of maize genotypes selected for extreme fiber concentration.
Crop Science 33:1359-1365.

Tabla 1. Distribución de lluvias mensuales en la campaña 2007/8 en Santa Rosa (La Pampa) y desarrollo fenológico del cultivo.

Condición	N	D	E	F	M	Total del ciclo
Lluvia	66,9	23	110,6	84,6	4,6	289,7
Riego		318,9	139,4			457,3
Total mensual		341,9	250			747
Maíz	Emergencia 18-Nov	Primer corte 28-Dic	Rebrote 22-Ene		Madurez fisiológica 11-Mar	
Sorgo	Primer corte			Rebrote		

Tabla 2. Componentes botánicos y productivos de líneas experimentales de maíz forrajero y testigos comerciales cultivadas bajo riego en Santa Rosa (La Pampa) en la campaña 2006/7

Genotipo	Nº de tallos por planta	Altura de planta (cm)	Número de hojas por planta	Diámetro tallo	Nº de mazorcas por planta	MS (g pl ⁻¹)			IC
						Hoja	Tallo	Grano	
212	3,0	211,3	37,3	16,4	2,3	119,2	234,0	126,2	0,24
213	2,7	195,0	37,3	19,4	2,7	82,8	219,6	288,5	0,45
215	3,7	197,7	49,6	20,0	4,0	117,0	291,8	432,3	0,48
216	4,0	196,7	50,0	17,1	4,7	156,2	251,4	341,8	0,42
217	3,7	212,7	49,6	16,1	5,0	177,2	272,9	325,7	0,38
221	3,8	190,0	45,0	19,3	3,5	143,8	237,2	210,5	0,33
222	4,0	194,7	53,6	19,5	3,3	131,9	243,6	340,8	0,44
229	3,0	220,7	39,0	19,3	3,3	145,5	265,3	242,6	0,34
230 ^a	5,3	231,6	65,0	18,8	4,0	195,2	446,6	292,5	0,29
230 ^b	4,3	218,0	56,0	17,7	4,0	150,5	267,3	387,8	0,44
231	4,3	232,7	59,3	15,6	4,3	218,3	343,6	416,6	0,40
234	4,0	192,0	55,0	18,7	4,6	192,6	375,9	214,6	0,26
224	4,0	201,6	47,0	16,7	3,6	146,0	260,2	281,0	0,38
235	3,3	218,7	48,6	19,8	4,0	195,7	330,6	293,2	0,34
237	2,7	225,0	36,3	20,3	3,0	133,9	305,3	373,2	0,43
Media	3,7	209,2	48,6	18,3	3,8	153,7	289,6	306,8	0,37
D.E.	0,7	14,6	8,54	1,6	0,8	36,5	61,4	78,2	0,07
DK 780	1,0	215,0	13,0	14,4	1,0	77,9	149,8	147,9	0,36
Pucará	1,0	195,0	16,0	19,5	1,0	57,3	126,7	289,5	0,57
Tornado	1,0	225,0	16,0	15,5	1,0	68,5	128,2	207,8	0,48
Media	1,0	211,7	15,0	16,4	1,0	67,9	134,9	215,0	0,47
D.E.	0,0	12,5	1,7	2,7	0,0	10,3	12,9	71,1	0,10

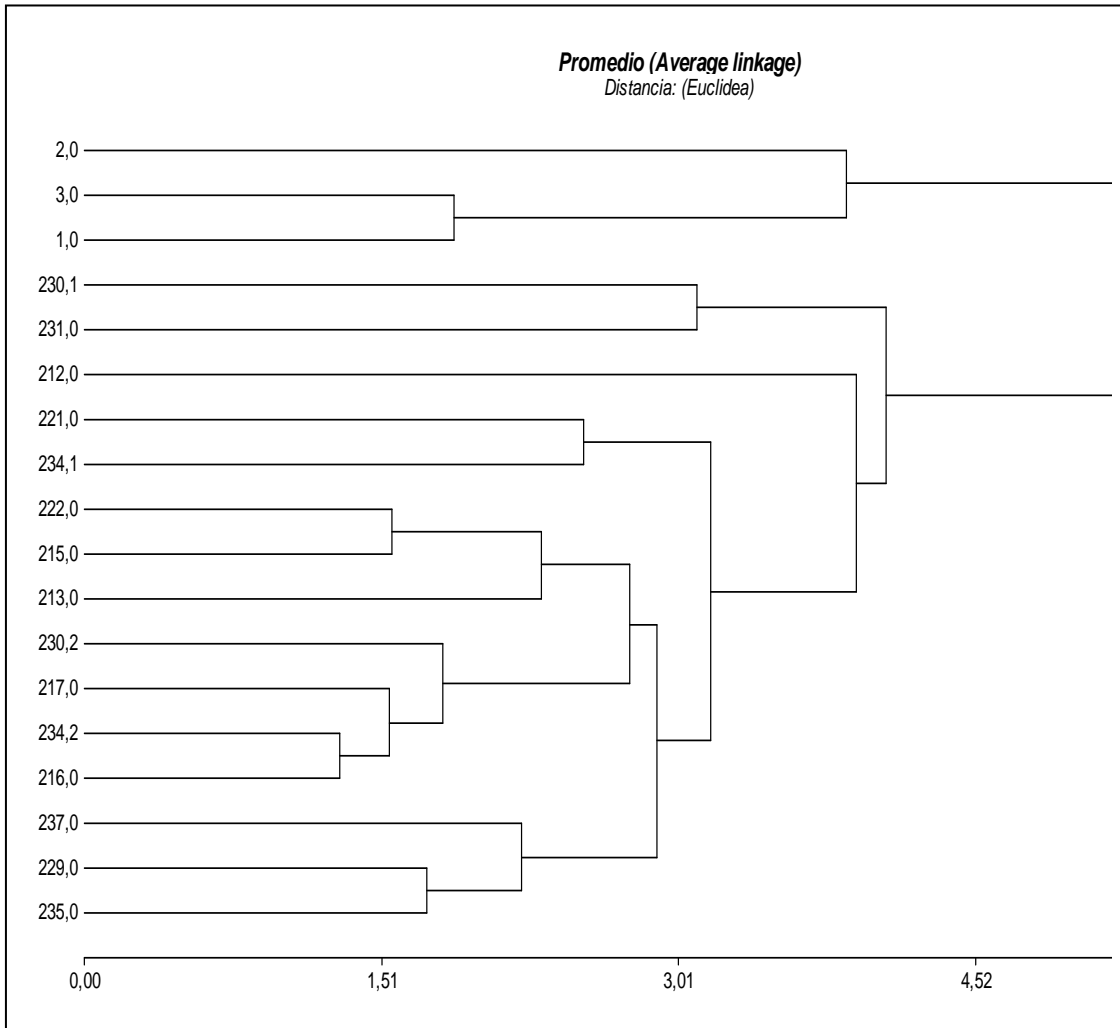


Figura 1: Dendrograma resultante del análisis de conglomerado aplicado sobre 18 genotipos de maíces forrajeros en Santa Rosa bajo riego durante la campaña 2006/7.

Tabla 3. ANAVA del rendimiento de biomasa al primer corte, rebrote, suma de primer corte y del rebrote y a ¼ 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 dde)	Primer corte + rebrote	¼ 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.

Tabla 4. Producción de biomasa (MS; kg ha⁻¹) del primer corte, rebrote y ¼ de avance de la línea de leche en dos ambientes (riego y secano) 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 d.d.e.)
	(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
Media	1.012,06	1.173,60	41.550,50
± DE	121,23	225,3	7.840,20
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 ≤ 0,05)

Tabla 5. 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
Media	2.672,60		1.725,80	

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

ANEXO

A1. Producción de biomasa (MS; kg ha⁻¹) correspondiente al primer corte, rebrote y primer corte + 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 dde)	¼ avance línea de leche (113 dde)
(kg MS ha ⁻¹)			
Riego			
212	1.676,30 a	2.329,84 a	77.777,8 a
213	1.018,13 defg	1.246,40 bcd	50.764,8 e
215	1.205,50 bcdef	1.146,14 bcde	51.341,9 de
217	957,43 cdefgh	1.247,73 bcd	54.054,8 cde
221	1.550,80 ab	1.165,44 bcde	46.753,2 ef
222	1.329,77 abcd	1.423,96 bc	48.600,2 e
224	1.253,10 bcde	1.142,32 bcde	63.910,5 bc
229	1.323,07 bcd	1.660,13 ab	61.818,1 bcd
230 ^a	1.197,33 cdef	1.308,36 bcd	68.354,9 ab
DK 780	1.372,93 abc	1.171,63 bcde	54.704,1 cde
Media	1.288,44	1384,19	57808,1
± DE	218,17	368,4	9.919,00
Secano			
212	750,53 gh	975,80 cde	31.745,6 gh
213	791,50 gh	1.019,44 bcde	20.981,0 hij
215	654,23 h	1.139,51 bcde	19.293,0 j
217	609,00 h	786,17 cde	25.195,0 ghij
221	813,40 gh	701,26 de	16.709,6 j
222	880,77 fgh	1.066,01 bcde	20.678,3 ij
224	764,27 gh	1.370,57 bcd	31.558,6 ghi
229	828,40 gh	918,71 cde	26.378,3 ghij
230 ^a	739,60 gh	1.152,23 bcde	35.844,0 fg
DK 780	796,30 gh	501,15 e	24.631,6 hij
Media	735,69	963,09	25.301,5
± DE	104,12	250	6177,1

Letras distintas indican diferencia significativas (p ≤ 0,05)

Tabla 6. 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
(kg MS ha ⁻¹)						
Ambiente	1	**	**	**	**	**
Genotipo	9	**	**	**	**	**
Ambiente x Genotipo	9	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV		15,36	28,66	17,89	27,35	27,87

Tabla 7. Producción de biomasa al estado ¼ del avance de la línea de leche en líneas experimentales de maíz, y un testigo, en condiciones de riego y secano 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
Media	14.989,75	6.057,70	3.344,30	4.369,90	1.247,70
± DE	1881,1	1763,1	620,4	1155,7	283,4
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 ≤ 0,05)

Tabla 8. ANAVA de los componentes botánicos de plantas al estado ¼ del avance de la línea de leche en grano en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y secano durante la campaña 2007/8.

F.V.	G.L.	Cuadrado Medio				
		Nº de tallos por planta	Altura de planta (cm)	Número de hojas por planta	Diámetro tallo	Nº de mazorcas por planta
Ambiente	1	ns	**	**	**	**
Genotipo	9	*	**	*	ns	ns
Ambiente x Genotipo	9	ns	ns	ns	ns	ns
CV		27,70	14,04	29,00	17,30	48,80

Tabla 9. Componentes botánicos de plantas de maíz al estado ¼ del avance de la línea de leche en el grano en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y secano durante la campaña 2007/8.

Genotipos	Nº de tallos por planta	Altura de planta (cm)	Número de hojas por planta	Diámetro tallo (mm)	Nº de mazorcas por planta
212	3,83 a	174,00 ab	53,17 a	16,50 ab	2,50 abc
213	3,83 a	139,50 d	38,33 b	15,88 ab	2,33 abc
215	3,00 ab	141,17 cd	30,0 bc	16,07 ab	2,17 abc
217	3,33 ab	147,83 bcd	37,83 b	17,18 ab	3,33 ab
221	3,17 ab	127,33 d	29,50 bc	14,43 b	3,50 a
222	3,17 ab	150,67 bcd	32,83 bc	15,75 ab	2,50 abc
224	2,50 bc	166,67 abc	29,17 bc	17,07 ab	2,00 bc
229	2,83 ab	149,17 bcd	32,00 bc	16,07 ab	2,00 bc
230 ^a	3,00 ab	180,17 a	39,67 b	15,30 ab	1,83 c
DK 780	1,50 c	166,33 abc	21,0 c	18,37 a	1,50 c
Media	3,01	154,20	34,35	16,26	2,31
± DE	0,67	16,80	8,60	1,09	0,68
Riego		183,13 a	38,43 a		2,90 a
Secano		125,43 b	30,27 b		1,83 b

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

A2. Producción de biomasa (MS; kg ha⁻¹) de planta completa y sus componentes botánicos al estado de 1/4 avance de la línea de leche en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y secano durante la campaña 2007/8.

Genotipo	Planta completa	Tallo	Hojas	Granos	Marlo
(kg ha ⁻¹)					
Riego					
212	24.768,4 a	13.071,4 a	5.832,2 a	3.786,5 efgh	2.078,2 ab
213	20.671,6 bc	6.018,4 bcd	3.608,2 defg	9.085,0 a	1.959,9 abc
215	17.354,5 c	7.164,8 bc	3.855,8 cdefg	5.128,1 cdef	1.205,8 def
217	18.475,4 c	6.904,9 bcd	4.647,6 bc	5.394,2 cde	1.528,6 bcd
221	18.271,4 c	8.392,6 bc	3.216,6 fgh	4.968,1 cdefg	1.694,0 abcd
222	18.491,0 c	6.705,9 bcd	4.027,3 cdef	6.350,8 bc	1.406,9 cde
224	23.671,1 ab	8.455,4 bc	4.811,3 bc	8.670,5 a	1.734,0 abcd
229	20.094,8 bc	8.561,1 b	4.292,9 cd	5.856,2 bcd	1.384,6 cde
230 ^a	22.796,7 ab	11.784,2 a	5.490,8 ab	3.886,5 defgh	1.635,1 abcd
DK 780	21.273,1 abc	7.436,4 bc	4.142,1 cde	7.478,3 ab	2.216,2 a
Media	20.586,8 a	8.449,5	4.392,4	6.060,4 a	1.684,3
Secano					
212	10.962,0 d	5.470,3 cdef	3.106,2 fghi	1.673,0 ij	712,5 fg
213	6.997,7 e	3.439,1 efg	1.412,8 j	1.697,4 ij	448,2 g
215	8.060,4 de	2.726,1 fg	1.927,7 j	2.658,7 hij	747,7 fg
217	9.070,2 de	3.558,0 efg	2.377,5 hij	2.474,7 hij	659,9 fg
221	7.700,7 de	2.070,0 g	1.950,9 j	2.964,1 ghij	715,6 fg
222	8.998,7 de	2.713,8 fg	2.157,8 ij	3.236,7fghij	890,7 efg
224	10.910,9 de	4.053,5 efg	2.245,2 hij	3.760,0 efgh	851,7 efg
229	9.805,6 de	3.579,8 efg	2.183,1 ij	3.127,4 fghij	915,3 efg
230 ^a	11267,7 d	6.844,2 bcd	3.005,8 ghi	1.567,5 j	558,3 g
DK 780	10.153,3 de	2.550,3 fg	2.149,4 ij	3.636,0 efghi	1.772,5abcd
Media	9.392,7 b	3.700,5	2.256,1	2.679,6 b	827,2

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

A3. Componentes botánicos de plantas de maíz al estado 1/4 avance de la línea de leche en líneas experimentales de maíz en condiciones de riego y secano durante la campaña 2007/8.

Genotipo	Nº de tallos por planta	Altura de planta (cm)	Número de hojas por planta	Diámetro tallo (mm)	Nº de mazorcas por planta
Riego					
212	4,33 a	210,7 ab	59,67 a	18,67 ab	3,3 ab
213	3,67 abc	170,7 cde	42,00 bc	15,77 abc	3,0 abc
215	3,33 abcd	174,0 bcde	32,67 bc	16,80 abc	2,0 abcde
217	2,67 bcd	168,3 cde	35,67 bc	20,03 a	3,7 a
221	3,33 abcd	153,3 def	33,33 bc	15,87 abc	3,7 a
222	3,67 bcd	188,3 abcd	37,33 bc	16,50 abc	3,3 ab
224	2,67 bcd	190,0 abcd	32,67 bc	18,47 ab	2,7 abcd
229	3,00 abcd	171,7 cde	36,33 bc	16,80 abc	2,3 abcde
230 ^a	3,33 abcd	213,7 a	46,00 ab	15,27 abc	3,0 abc
DK 780	2,00 de	190,7 abc	28,67 cd	18,40 ab	2,0 abcde
Media	3,20	183,1	38,43	17,25	2,9
± DE	0,65	19,2	8,95	1,54	0,6
Secano					
212	3,33 abcd	137,3 efghi	46,67 ab	14,33 bc	1,7 bcde
213	4,00 ab	108,3 hi	34,67 bc	16,00 abc	1,7 bcde
215	2,67 bcd	108,3 hi	27,33 cd	15,33 abc	2,3 abcde
217	4,00 ab	127,3 fghi	40,00 bc	14,33 bc	3,0 abc
221	3,00 abcd	101,3 i	25,67 cd	13,00 c	3,3 ab
222	2,67 bcd	113,0 ghi	28,33 cd	15,00 bc	1,7 bcde
224	2,33 cde	143,3 efgh	25,67 cd	15,67 abc	1,3 cde
229	2,67 bcd	126,7 fghi	27,67 cd	15,33 abc	1,7 bcde
230 ^a	2,67 bcd	146,7 efg	33,33 bc	15,33 abc	0,7 e
DK 780	1,00 e	142,0 efgh	13,33 d	18,33 ab	1,0 de
Media	2,83	125,4	30,26	15,26	1,8
± DE	0,86	16,7	9,07	1,37	0,8

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

Tabla 10. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de líneas experimentales de maíz forrajero en cultivo de secano en Santa Rosa, La Pampa durante la campaña 2007/8

Variables	CP 1	CP 2
Primer corte (kg ha ⁻¹)	-0,17	-0,39
Rebrote (kg ha ⁻¹)	0,50	0,33
Silaje (MS); (kg ha ⁻¹)	0,85	-0,46
C+reb (kg ha ⁻¹)	0,43	0,20
Tallo (kg ha ⁻¹)	0,95	0,20
Hoja (kg ha ⁻¹)	0,82	-0,09
Grano (kg ha ⁻¹)	-0,41	-0,71
Marlo (kg ha ⁻¹)	-0,20	-0,93
Nº tallo	-0,01	0,95
Nº hojas	0,45	0,79
Altura	0,81	-0,49
Nº maz	-0,64	0,50
Forrajimasa (kg ha ⁻¹)	0,97	-0,14

Correlación cofenética= 0,929

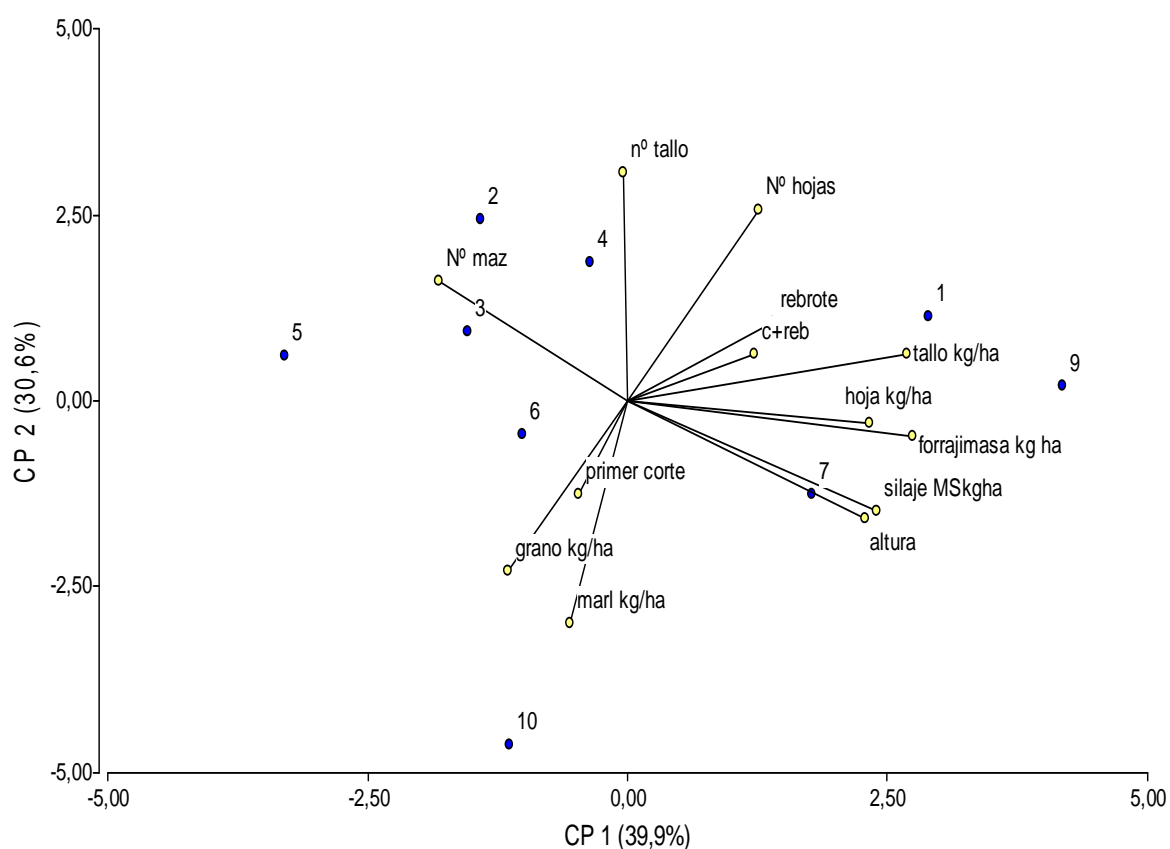


Figura 2: Biplot para los dos primeros componentes principales cuando se analiza el comportamiento de los genotipos en secano

Tabla 11. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de líneas experimentales de maíz forrajero en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa durante la campaña 2007/8

Variables	CP 1	CP 2
Primer corte (kg ha ⁻¹)	0,59	0,28
Rebrote (kg ha ⁻¹)	0,87	0,26
Silaje MS (kg ha ⁻¹)	0,74	-0,59
c+reb (kg ha ⁻¹)	0,86	0,30
Tallo (kg ha ⁻¹)	0,94	-0,12
Hoja (kg ha ⁻¹)	0,81	-0,38
Grano (kg ha ⁻¹)	-0,57	-0,42
Marlo (kg ha ⁻¹)	0,34	-0,45
Nº tallo	0,58	0,60
Nº hojas	0,90	0,15
Altura	0,37	-0,38
Nº maz	0,25	0,49
Biomasa (kg ha ⁻¹)	0,89	-0,38

Correlación cofenética= 0,953

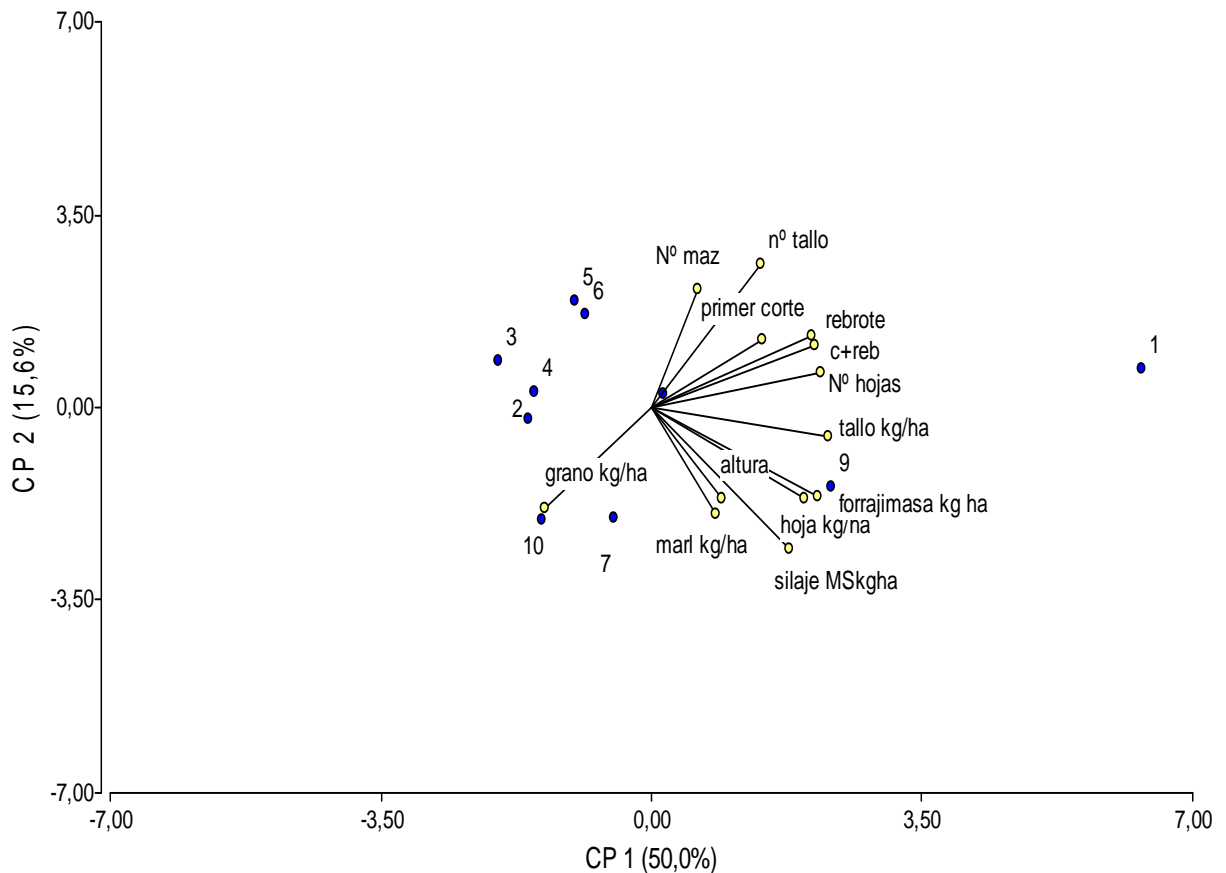


Figura 3: Biplot para los dos Primeros dos componentes principales considerando la evaluación en condiciones de riego.

Tabla 12. 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 secano 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 13. 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 secano 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	8.512,5	3.005,8	69,15	6.844,2	67,46	2.125,8	85,5
Sorgo Nutritop	13.295,3	8.415,1	2.038,0	61,54	8.809,5	61,92	2.447,6	69,71
Riego								
Línea 224	23.671,1	16.831,8	4.811,3	65,19	8.455,4	53,93	10.404,5	87,8
Sorgo Nutritop	37.368,2	21.125,9	8.444,4	48,73	20.885,7	54,18	8.038,1	70,84

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

Tabla 14: Rendimiento de MS (Kg ha⁻¹), MS digestible (Kg ha⁻¹) y DIV MS (%) de planta completa y sus componentes botánicos en cultivos de líneas experimentales de maíz y testigo durante la campaña 2007/8

Genotipo	Planta Completa			Tallo		Hojas		Granos		MS
	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 %	
Riego										
212	24.768,4 a	15.087,8	60,92	13.071,4 a	51,46	5.832,2 a	59,80	3.786,5 _h e f g	92,44	2.078
213	20.671,6 _c ^b	15.142,8	73,25	6.018,4 b c d	51,44	3.608,2 _g d e f	67,02	9.085,0 a	94,98	1.959
215	17.354,5 _c	11.913,0	68,65	7.164,8 b c	58,78	3.855,8 _g c d e f	58,57	5.128,1 c d e f	92,52	1.205
217	18.575,4 _c	12.717,6	68,46	6.904,9 b c d	58,74	4.647,6 b c	57,60	5.394,2 c d e	95,68	1.528
221	18.271,4 _c	12.652,9	69,25	8.392,6 b c	61,55	3.216,6 _{g h} f	59,11	4.968,1 _g c d e f	94,81	1.694
222	18.491,0 _c	13.096,6	70,83	6.705,9 b c d	57,68	4.027,3 c d e f	62,28	6.350,8 b c	94,58	1.406
224	23.671,1 a b	16.697,3	70,54	8.455,4 b c	54,39	4.811,3 b c	61,57	8.670,5 a	94,75	1.734
229	20.094,8 _c ^b	14.104,7	70,19	8.561,1 b	58,76	4.292,9 c d	62,72	5.856,2 b c d	95,73	1.384
230a	22.796,7 a b	14.668,4	64,34	11.784,2 a	53,93	5.490,8 a b	65,19	3.886,5 _{g h} d e f	95,68	1.635
DK 780	21.273,1 _c ^{a b}	14.883,6	69,96	7.436,4 b c	54,41	4.142,1 c d e	61,95	7.478,3 a b	96,01	2.216
Media	20.596,8 a			8.449,5		4.392,5		6.060,4 a		1.684
Desvío	2513,3			2273,3		817,3		1840,9		323

Tabla 15: Rendimiento de MS (Kg ha⁻¹), MS digestible (Kg ha⁻¹) y DIV MS (%) de planta completa y sus componentes botánicos en cultivos de líneas experimentales de maíz y testigo durante la campaña 2007/8

Genotipo	Planta Completa			Tallo		Hojas		Granos		MS
	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 %	
Secano										
212	10.962,0 ^d	7.677,4	70,04	5.470,3 ^{c d e f}	64,17	3.106,2 ^{h i}	65,14	1.673,0 ^{ij}	96,59	712,0
213	6.997,7 ^e	5.273,3	75,36	3.439,1 ^g	69,92	1.412,8 ^j	66,59	1.697,4 ^{ij}	96,10	448,0
215	8.060,4 ^{d e}	6.047,2	75,02	2.726,1 ^{f g}	64,52	1.927,7 ^j	67,43	2.658,7 ^{h ij}	95,57	747,0
217	9.070,2 ^{d e}	6.607,5	72,85	3.558,0 ^g	64,87	2.377,5 ^{h ij}	66,52	2.474,7 ^{h ij}	95,14	659,0
221	7.700,7 ^{d e}	5.602,1	72,75	2.070,0 ^g	60,80	1.950,9 ^j	62,29	2.964,1 ^{ij}	93,38	715,0
222	8.998,7 ^{d e}	6.602,2	73,37	2.713,8 ^{f g}	61,71	2.157,8 ^{ij}	65,76	3.236,7 ^{h ij}	91,95	890,0
224	10.910,9 ^{d e}	8.423,0	77,20	4.053,5 ^g	67,46	2.245,2 ^{h ij}	69,15	3.760,0 ^h	96,21	851,0
229	9.805,6 ^{d e}	7.050,8	71,91	3.579,8 ^g	62,90	2.183,1 ^{ij}	63,37	3.127,4 ^{h ij}	91,84	915,0
230a	11.267,7 ^d	8.709,3	77,29	6.844,2 ^{b c d}	69,66	3.005,8 ⁱ	70,70	1.567,5 ^j	91,61	558,0
DK 780	10.153,3 ^{d e}	7.663,1	75,47	2.550,3 ^{f g}	61,71	2.149,4 ^{ij}	68,17	3.636,0 ^{h i}	96,94	1.772,0
Media	9.392,7			3.700,5		2.251,6		2.679,6		827,0
Desvío	1478,2			1458,6		498,7		811,8		362,0