Rev.Fac. Agronomía - UNLPam - Vol 19
6300 Santa Rosa - Argentina - 2008 *ISSN 0326-6184*

Aptitud Combinatoria de líneas endocriadas (S_8) de maíces forrajeros con introgresión de *Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán para la producción de biomasa aérea.

Combining Aptitude of maize forage inbred lines (S_8) with introgression of *Zea diploperennis* Iltis, Doebley and Guzmán for the production of aerial biomass.

Bolaño, M.A.J.[1], L.M. Bosco[1], C.A. Fenoglio[1], H.J. Pagela[1] & H. A. Paccapelo [1](*)

RESUMEN

La evaluación de líneas endocriadas en un programa de maíces híbridos requiere no sólo determinar la producción *per se* de las mismas, sino también el comportamiento promedio de sus combinaciones híbridas (Aptitud Combinatoria General) y la capacidad de producir combinaciones híbridas superiores al cruzarse entre sí (Aptitud Combinatoria Específica). El objetivo de este trabajo fue analizar la Aptitud Combinatoria General (ACG) de once líneas endocriadas de maíces forrajeros derivados de la cruza original entre *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán y la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de la progenie de un dialélico simple directo entre ellas. Se evaluó la biomasa aérea total de la planta y sus componentes morfológicos en comparación con un híbrido comercial.

La proporción de ACG/ACE fue alta en todos los caracteres de producción evaluados indicando poco efecto de dominancia o sobredominancia, quizás producto de una escasa divergencia entre las líneas. Sólo se encontró ACG significativa para la producción de hojas.

Sobresale en tal sentido la línea 4 (LE 785) que también presentó los mayores valores en la producción de tallo y planta entera. La línea 2 (LE 769) se destacó por su ACG en la producción de mazorca. La cruza (2 x 4) tuvo buen comportamiento en la producción de forraje y teniendo en cuenta que se debe a la transmisión de los genes de sus líneas progenitoras sería interesante iniciar un programa de selección recurrente a partir de la primera generación segregante de esa cruza, intentando una recombinación génica favorable en la producción de biomasa.

Palabras clave: maíz forrajero, aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica, *Zea diploperennis* Doebley Iltis y Guzmán.

[1]*Facultad de Agronomía de la UNLPam. CC.300. 6300. Santa Rosa. La Pampa.*
* *paccapelo@agro.unlpam.edu.ar*

Abstract

The evaluation of inbred lines within a program of hybrid maize requires not only the determination of lines production *per-se* but also that of the average behaviour of their hybrid combinations (General Combining Aptitude) and their capacity to produce higher hybrid combinations among them (Specific Combining Aptitude). The aim of this work was the analysis of the General Combining Aptitude (GCA) of eleven forage maize inbred lines derived from the original crossing between *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* Iltis, Doebley and Guzmán, and the Specific Combining Aptitude (SCA) of the progeny of a simple and direct diallelic among them. The total aerial plant forage mass and their morphological components are evaluated in comparison with a commercial hybrid.

The GCA/SCA rate was high for all the production characters evaluated, showing low dominance effect or over-dominance, maybe due to a slight difference among lines.

GCA was found to be significant for the production of leaves -line 4 (LE 785) presented the highest values and was also favoured with the GCA highest values for stem and whole plant. Line 2 (LE 769) GCA was found satisfactory for corncob production. The crossing (2 x 4) showed good behaviour in the production of forage and since this is due to the genetic contribution of their progeny lines, it would be interesting to begin a recurrent selection program, starting with the first segregating generation of this crossing, trying a favourable gene re-combination of the forage mass.

Key words: Forage corn, general combining ability, specific combining ability, *Zea diploperennis* Doebley Iltis y Guzmán

Introducción

El 63% de la producción mundial de grano de maíz se utiliza en la alimentación del ganado, el 26% se destina a la alimentación humana y el 11% restante se procesa en la industria. El cultivo de maíz en La Pampa ocupa un 10% del área agrícola y debido a que posee atributos forrajeros interesantes, más del 80% de este cereal se destina a la alimentación del ganado, ya sea bajo pastoreo directo o como reserva en la forma de silaje (Reyes, 1999).

Los primeros ideotipos de maíz no se discriminaban por su uso como granífero o forrajero. 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).

El maíz produce la biomasa aérea de

mayor valor nutritivo cuando se encuentra en espigazón, y es tal vez el de manejo más fácil en cuanto a su utilización entre los cultivos forrajeros de verano. 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).

La calidad del maíz para ensilar está estrechamente relacionada con la concentración de lignina y la digestibilidad de la pared celular, principalmente del tallo. Los actuales híbridos 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. Sin embargo, dependiendo del cultivar, no siempre un porcentaje mayor de grano implica una mejor calidad del material a ensilar (Bertoia, 2004).

La elección correcta del momento de cosecha para silaje es muy importante para maximizar la producción de materia seca por hectárea y para obtener un material con alto porcentaje de grano, lo que eleva el valor energético del silaje obtenido. Los híbridos para silaje tienen un momento óptimo de cosecha, entre 40-45 días antes que para grano y se alcanza cuando la planta tiene entre 60-70 % de humedad. En este momento se logran conjugar los mejores valores de rendimiento, calidad y aptitud para silaje. Si el proceso se adelanta o retrasa surgen cambios en los componentes del vegetal que se traducirán en caídas del rendimiento y de la calidad, o complicaciones durante la conservación (Bertoia, 2004).

La acumulación máxima de materia seca en la biomasa aérea del cultivo de maíz es de alrededor de 44 %. La digestibilidad de la biomasa aérea tiende a mantenerse invariable dentro del rango de valores de materia seca comprendido entre 34 – 44 %. Existen evidencias de 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 (Cozzolino & Fassio, 1996).

La contribución del tallo al rendimiento de materia seca de la planta entera en plantas espigadas declina desde 42 % a los treinta días posteriores a la antesis, a 26 % en el momento de cosecha (Cozzolino & Fassio, 1996).

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. Estos autores 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 & 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 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 alcanza un contenido de materia seca de 40 %. En cambio al considerar híbridos con bajo rendimiento en espigas, el corte temprano con 30% de materia seca de la biomasa aérea evita la pérdida de valor nutritivo de los componentes morfológicos vegetativos sin afectar mayormente la producción total de materia seca digestible (Carrete *et al.*, 1997).

En la 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. 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 en el momento de corte, el porcentaje de materia seca, la digestibilidad y el consumo (Bertoia, 2004)

En la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa se han desarrollado líneas endocriadas de maíces con características forrajeras provenientes de la cruza original *Zea mays* L. x *Zea 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 la relación hoja/tallo (Paccapelo *et al.*,1999).

El valor forrajero de las líneas endocriadas está determinado no sólo por su rendimiento *per se,* sino también por su capacidad de producir combinaciones híbridas superiores al cruzarse entre sí o con un probador de amplia base genética, siendo la prueba de la Aptitud Combinatoria General la que determina dicho valor.

El término Aptitud Combinatoria General (ACG) designa el comportamiento promedio de un material en combinaciones híbridas. La Aptitud Combinatoria Específica (ACE) caracteriza aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones producen mejores resultados que los esperados sobre la base del comportamiento promedio de todos los materiales involucrados (Sprague & Tatum, 1942). Los mismos autores señalan que la Aptitud Combinatoria General se debe a efectos génicos aditivos y la Aptitud Combinatoria Específica a una acción génica no aditiva como dominancia, epistasis y varias clases de interacción génicas.

Gilbert (1958) y Hayman (1954) indican que la prueba de cruzamientos simples consiste en cruzar cada selecta, clon o línea con cierto número de otras selectas, y al realizar todos los cruzamientos posibles entre estos genotipos, resulta un juego completo de cruzamientos simples, denominado "cruzamiento dialélico".

El método 4 de estimación de aptitud combinatoria a través de dialelos de Griffing (1956) incluye las F_1 directas y considera que las razones de su amplio uso son: a) cuando las suposiciones necesarias respecto a la muestra del grupo de líneas puras pueden hacerse en forma válida y es posible dar una interpretación genética exacta a la varianzas de la ACG y ACE; b) cuando, generalmente, no existen efectos genotípicos recíprocos, y c) por ser rápido, practico y cálculo de la heredabilidad.

Hayes (1963) indica que la diversidad genética tiene influencia sobre la aptitud combinatoria general, ya que dos líneas con alta ACG, pero similares genéticamente, pueden producir un cruzamiento simple con comportamiento relativo más bajo que el esperado. Vasal *et al.*, (1992) y Gama *et al.*, (1995) mencionan este tipo de

comportamiento.

Varios autores, entre ellos, Magoja & Pischedda (1988); López *et al.*, (1994); Burak & Bertoia (1997), Torrecillas & Bertoia (2000), Funaro *et al.*, (2003), De la Cruz *et al.*, (2005) realizaron estudios de ACG en poblaciones de maíces forrajeros.

El objetivo de este trabajo fue determinar la Aptitud Combinatoria General (ACG) de once líneas endocriadas de maíz forrajero, así como la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de la progenie de un dialélico simple directo entre las líneas para la biomasa aérea de la planta y de su partición en los componentes morfológicos (hoja, tallo y espigas), utilizándose como testigo un híbrido triple comercial de amplio uso para ensilado (DK 780).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa durante los años 2003 y 2004. En 2003 se realizaron las cruzas directas entre 11 líneas endocriadas (S_8).

En 2004 se evaluaron las progenies de las 55 cruzas y el testigo DK 780 en un ensayo comparativo de rendimiento, utilizándose un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

La unidad experimental constaba de un surco de 5 m de largo, con una separación entre plantas de 0,33 m. Los surcos estaban separados a 0,70 m. Se fertilizó a la siembra con N-P-K a razón de 120-60-00 kg x ha^{-1}, y no hubieron limitantes hídricas pues el riego se mantuvo durante todo el ciclo de cultivo. El control de malezas se efectuó con aplicación de herbicidas de presiembra (Atrazina + Lazo).

Determinación del rendimiento de biomasa aérea total de la planta y sus componentes botánicos

Se pesaron 10 plantas por parcela útil cuando el grano presentó ¼ de avance de la línea de leche en el grano. En dos plantas de cada parcela se separaron sus componentes botánicos (mazorca, tallo y hoja) para estimar el rendimiento de forraje verde (kg ha^{-1}) correspondiente. Para ello se multiplicó el porcentaje de cada componente por el rendimiento de forraje verde obtenido en cada parcela.

Observación de variables morfológicas de planta

En cada híbrido experimental y sobre 2 plantas por repetición se determinó al estado fenológico de 1/4 del avance de la línea de leche en el grano:

Altura de la planta (cm) desde la superficie del suelo hasta la base de la panoja.
Número de tallos por planta
Número de hojas por planta
Diámetro del tallo principal (mm)
Número de mazorcas por planta

Se realizó el Análisis de Variancia (ANOVA) y la prueba de Diferencias Mínimas Significativas para la separación de medias. La ACG y ACE se determinaron utilizando el Método 4 (progenie F_1 directa) y modelo 1 (efectos fijos) de la metodología propuesta por Griffing (1956). El análisis se efectuó con el programa GENES (Cruz, 1997).

Determinación de digestibilidad in vitro de los componentes botánicos de la biomasa aérea

La digestibilidad *in vitro* de hojas, tallos y espigas se determinó en los cinco híbridos simples sobresalientes mediante el método de Tilley & Terry (1963), modificado por Minson & Mc Leod (1972). A partir de los datos anteriores y el aporte de MS de cada fracción botánica, se calculó la materia seca digestible (MSD, g) para cada uno de los híbridos.

Resultados y Discusión

Rendimiento de biomasa aérea y sus componentes botánicos

El ANOVA reveló que sólo fue significativo ($p \leq 0.01$) el cuadrado medio para la Aptitud Combinatoria General (ACG) de la fracción hoja, lo cual indica una transmisión aditiva del carácter. Ninguno de los cuadrados medios referidos a la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) resultó significativo (Tabla 1). Este resultado podría deberse a los altos valores del cuadrado medio del error registrados en todos los caracteres, enmascarando las diferencias genéticas entre las diferentes líneas. Sería de esperar, en tal sentido, un cuadrado medio de ACG con significancia estadística en la variable biomasa aérea total de planta (BC) al menos. De acuerdo a lo expresado por Luchsinger & Violic (1972) y Sprague & Tatum (1942) los componentes aditivos serían los más importantes para genotipos que no han sido anteriormente probados.

La línea 4 seguida de las líneas 1, 6, 2, 3 y 9 se destacaron para la biomasa de la fracción hoja (BH) (Tabla 2). Los efectos fueron no significativos para todas las líneas para BC, BT y BM, por lo que se infiere que todas las líneas imparten efectos similares a sus cruzas; sin embargo dentro de ellas sobresalen por sus mayores efectos de ACG las líneas 1 y 2, que presentan valores positivos de ACG en las cuatro variables. Considerando el conjunto de líneas, la línea L.4 (LE 785) sería la más apropiada para un programa de mejoramiento genético de maíz forrajero al impartir a sus cruzas efectos positivos en BC, BH, BT y BM.

Tabla 1. Cuadrados medios de un análisis dialélico de líneas forrajeras de maíz con introgresión de *Zea diploperennis I,D & G* en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

Fuente de Variación	GL.	Cuadrado medio			
		BC	BH	BT	BM
ACG	10	174.058.336	18.721.344**	24.646.354	34.606.712
ACE	44	59.668.364	6.083.968	9.602.307	17.929.740
Error	98	103.376.832	4.345.309	8.521.849	11.541.401

Ref. BC: rendimiento de la biomasa aérea total de planta (kg ha^{-1}); BH: rendimiento de la biomasa de hojas (kg ha^{-1}); BT: rendimiento de biomasa de tallo (kg ha^{-1}); BM: rendimiento de la biomasa de mazorca (kg ha^{-1})

Los efectos estimados de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de las 55 cruzas tuvieron valores positivos y negativos pero sin encontrarse diferencias esta-

Tabla 2. Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de 11 líneas forrajeras de maíz con introgresión de *Zea diploperenni I, D y G* en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

Líneas	BC	BH	BT	BM
1. L.E. 768	2820,3	506,9	844,6	1078,9
2 .L.E. 769	2284,8	297,2	126,4	1943,1
3. L.E. 775	543,5	199,6	-139,3	945,4
4. L.E. 785	4993,1	1853,4	2201,4	686,6
5. L.E. 791	-3549,3	-991,4	-4,4	-2009,7
6. L.E. 802	283,9	479,5	-50,1	-63,2
7. L.E. 813	-728	-386,2	-69,5	-177,5
8. L.E. 850	-2246,1	-872,3	-1534,6	-356,6
9. L.E. 855	-530	185,4	142	-660,6
10. L.E 860	-2062,7	-283,9	-777,2	-1368,6
11. L.E 867	-1809,5	-970,4	-739,1	-17,5
E. E. ($\hat{g}i - \hat{g}j$)	2767.2	567.3	794.5	10685.4

Ref. BC: rendimiento de la biomasa aérea total de planta (kg ha^{-1}); BH: rendimiento de la biomasa de hojas (kg ha^{-1}); BT: rendimiento de biomasa de tallo (kg ha^{-1}); BM: rendimiento de la biomasa de mazorca (kg ha^{-1}).

dísticas significativas en ninguna de los caracteres analizados. Esto indicaría un comportamiento similar de todas las cruzas; sin embargo algunas de ellas presentaron valores positivos para BC, BT, BH y BM. Las cruzas 2x4, 1x9, 2x10, 1x11, 7x10, 4x5, 5x8 y 7x8 siguen un orden decreciente en los valores para todas estas variables. Hoegenmeyer & Hallauer (1976) señalaron que la Aptitud Combinatoria Específica es más importante que la Aptitud Combinatoria General en un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos, ya que con la ACE se puede hacer mejor uso de los efectos no aditivos como la dominancia y la epistasis.

En términos generales, las cruzas entre líneas derivadas de diferentes poblaciones tienen mayores efectos positivos de ACE que las cruzas derivadas de una sola población, tal como lo mencionan Vasal *et al,*. (1992) y Gama *et al,*. (1995). A medida que se incrementa la divergencia genética entre las líneas, se incrementan las diferencias entre sus híbridos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son acordes con los conceptos mencionados en el párrafo precedente, pues las líneas derivan de una única población resultante de la cruza entre una planta de *Zea mays* L. por su pariente silvestre *Zea diploperennis* I, D & G. La elevada variabilidad inicial de la cruza interespecífica (Paccapelo & Molas, 1996) no permitió diferenciar genéticamente a las líneas, debido quizás a que en los primeros años de recombinación genética (Paccapelo *et al.*, 1999) se efectuó una rígida selección para caracteres relacionados con el uso forrajero tales como altura de planta, número de tallos, diámetro menor del tallo, número de hojas y mazorcas.

Tabla 3. Efectos estimados de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de líneas forrajeras de maíz con introgresión de *Zea diploperennis* I, D & G en cultivo bajo riego en Santa Rosa La Pampa.

	BC	BT	BH	BM
1x2	-10187	-2273	-3159	-4372
1x3	-1222	-1648	500	-73
1x4	-1136	-901	243	255
1x5	2243	-1211	-722	4097
1x6	3475	3655	2198	-1997
1x7	-6082	-1483	-1785	-2433
1x8	1871	-3107	-843	-495
1x9	7609	3788	2109	1979
1x10	1779	462	194	1260
1x11	5392	2720	1263	1790
2x3	3690	1809	827	584
2x4	9245	3788	2313	3404
2x5	-6810	-3108	-1969	-2283
2x6	-6363	-2499	-885	-3070
2x7	1599	631	263	602
2x8	3981	671	251	3568
2x9	-577	-608	347	-522
2x10	7231	1131	2196	4262
2x11	-1808	458	-184	-2172
3x4	-2819	-2156	-1753	-796
3x5	-1099	139	-101	2088
3x6	5242	-157	359	4569
3x7	-4424	360	-413	-4853
3x8	1874	973	222	806
3x9	-372	-493	54	513
3x10	3761	2542	1550	-354
3x11	-4629	-1368	-1247	-2485
4x5	3757	1240	707	1609
4x6	1558	2542	1341	-2063
4x7	-1423	122	323	331
4x8	-7534	-1680	-2790	-2201
4x9	2129	42	1557	676

4x10	-960	-1898	-996	-704
4x11	-2817	-1098	-945	-512
5x6	1493	-321	-26	1288
5x7	-35	277	14	-891
5x8	3304	1015	1924	411
5x9	-1507	632	-610	-2196
5x10	-5442	-498	-1007	-4050
5x11	4097	1825	1791	-72
6x7	3488	-38	1856	1567
6x8	-1436	-211	-524	-190
6x9	-1940	-1700	-1573	-190
6x10	-6967	72	-1573	-4244
6x11	1449	-1342	-308	3010
7x8	2303	222	472	262
7x9	-1666	-749	-1636	500
7x10	4167	714	1090	2709
7x11	2073	-57	-187	2213
8x9	1292	1228	713	-255
8x10	-1153	147	174	-497
8x11	-777	742	398	-1048
9x10	-2210	-1471	-573	79
9x11	-2756	-669	-387	-1904
10x11	-223	-1211	-192	1539
ES ($\hat{S}ij$-$\hat{S}ik$)	7826.9	2247.2	1604.7	30222.9
ES ($\hat{S}ij$-$\hat{S}kl$)	7321.4	2102.0	1501.0	28270.9

Ref. BC: rendimiento de la biomasa aérea de planta entera (kg ha^{-1}); BH: rendimiento de la biomasa de hojas (kg ha^{-1}); BT: rendimiento de biomasa de tallo (kg ha^{-1}); BM: rendimiento de la biomasa de mazorca (kg ha^{-1}).

De la Cruz *et al.*, (2005) y Dhillon *et al.*, (1990) encuentran diferencias significativas para la ACE de los caracteres producción de forraje verde, materia seca total y porcentaje de mazorca.

La proporción relativa de los efectos de ACG y ACE determinada por los cuadrados medios indica el tipo de acción génica promedio de los factores genéticos que determinan los caracteres (Baker, 1978; Antuna *et al.*, 2003).

En el presente trabajo se encontró que los valores de los cuadrados medios de ACG son 3, 3, 2,5 y 2 veces mayores a los de los cuadrados medios para ACE en BC, BH, BT y BM, respectivamente. Ferret *et al.*, (1991), Barriere *et al.*, (1993) y De la Cruz *et al.*, (2005) también encuentran este

tipo de relación entre aptitudes combinatorias.

En la Tabla 4 se muestra el análisis estadístico para los caracteres relacionados a la producción de las cruzas. Los mismos presentaron diferencias estadísticas en las variables BC ($p<0,01$), BH ($p<0,01$) y BT ($p<0,05$).

Tabla 4. Cuadrados medios de un análisis de varianza de híbridos experimentales de maíces forrajeros en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

FV	GL	BH	BM	BT	BC	MSPC
Genotipos	54	9.399.013**	28.822.170*	13.889.620*	103.376.829**	6.513.932
Repeticiones	2	9.757.675**	5.289.148	11.128.137	35.626.008	14.283.193
Error	108					

Ref. BH: rendimiento de la biomasa de hojas (kg ha^{-1}) BM: rendimiento de la biomasa de mazorca (kg ha^{-1}) BT: rendimiento de biomasa de tallo (kg ha^{-1}); BC: rendimiento de la biomasa aérea de planta entera (kg ha^{-1}); MSPC: materia seca de planta entera.

La biomasa de planta entera (BC) presenta un desvío estándar bajo siendo la cruza 12 (2x4) la que presenta el mayor rendimiento pero similar al resto de las cruzas y al testigo, mientras que la 13, 44 y 39 que presentan valores estadísticamente inferiores, como se puede observar en la Tabla 5.

La biomasa de la fracción hoja (BH) también presenta bajo desvío estándar, y solo consigue separarse la cruza 12 (2x4) de la 1 y 13, siendo similar al rendimiento del resto de las cruzas y al testigo.

La biomasa del tallo (BT) muestra que la cruza 12 tiene un rendimiento similar al resto de las cruzas y testigo, siendo la 7 la que presenta valor inferior al resto.

El desvío estándar de la biomasa de mazorcas resultó elevado; el testigo (DK 780) se diferencia estadísticamente y en forma positiva a las cruzas 5x9, 6x10 y 5x10 pero tiene un comportamiento similar al resto de las cruzas. Este híbrido comercial es utilizado como forrajero en la confección de silos pero ha sido obtenido atendiendo al rendimiento de grano.

El rendimiento de materia seca de planta entera no presentó diferencias estadísticas significativas entre genotipos. Varias cruzas superaron el promedio del ensayo y resulta interesante destacar las que rindieron más de los 10.000 kg ha^{-1}. Ellas son las cruzas 1x 11, 5x7, 7x9, 6x11 y 2x4; además, superaron el híbrido comercial utilizado como testigo.

El comportamiento descrito en las cruzas del presente trabajo sugiere que la biomasa de la fracción tallo y de hoja son las que aportan significativamente al rendimiento de la biomasa de planta completa.

López *et al.*, (1994) observaron que varias poblaciones nativas de maíz presentan una aptitud forrajera destacable, debido al gran aporte de materia seca total realizado por la fracción tallo + hojas. Algunos híbridos experimentales superaron al híbrido comercial de mayor rendimiento usado como testigo, en el rendimiento de la materia seca de la biomasa aérea de planta completa. Sin embargo, los tres testigos comerciales superaron a las cruzas en el número de mazorcas y rendimiento de la materia seca de espiga. Este comportamiento fue esperable, puesto que los mis-

Tabla 5. Producción de la biomasa aérea, sus componentes botánicos y materia seca de planta completa (kg ha^{-1}) de la progenie de un dialélico entre 11 líneas endocriadas de maíz forrajero y testigo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

Cruzas	Planta completa	Hoja	Mazorcas	Tallo	Materia Seca Planta completa
1 (1x2)	25.147 abc	5.192 b	11.789 abc	8.164 ab	7.911
2 (1x3)	32.370 abc	8.755 ab	15.090 abc	8.524 ab	8.347
3 (1x4)	36.906 abc	10.134 ab	15.160 abc	11.611 ab	8.135
4 (1x5)	31.744 abc	6.341 ab	16.306 abc	9.095 ab	9.516
5 (1x6)	36.809 abc	10.733 ab	12.158 abc	13.917 ab	7.002
6 (1x7)	26.239 abc	5.883 ab	11.597 abc	8.758 ab	9.147
7 (1x8)	25.376 abc	6.339 ab	13.366 abc	5.669 b	8.362
8 (1x9)	40.129 abc	10.350 ab	15.537 abc	14.242 ab	6.724
9 (1x10)	32.766 abc	7.965 ab	14.110 abc	9.997 ab	9.303
10 (1x11)	36.632 abc	8.348 ab	15.991 abc	12.293 ab	10.800
11 (2x3)	36.747 abc	8.872 ab	16.612 abc	11.263 ab	6.024
12 (2x4)	46.752 a	11.994 a	19.174 ab	15.583 a	10.288
13 (2x5)	22.154 bc	4.884 b	10.789 abc	6.480 ab	7.445
14 (2x6)	26.433 abc	7.439 ab	11.949 abc	7.044 ab	8.896
15 (2x7)	33.385 abc	7.722 ab	15.507 abc	10.155 ab	7.604
16 (2x8)	34.249 abc	7.224 ab	18.294 abc	8.730 ab	7.734
17 (2x9)	31.406 abc	8.378 ab	13.899 abc	9.127 ab	8.910
18 (2x10)	37.683 abc	9.758 ab	17.976 abc	9.948 ab	8.766
19 (2x11)	28.896 abc	6.690 ab	12.892 abc	9.313 ab	8.434
20 (3x4)	32.946 abc	7.829 ab	13.975 abc	9.372 ab	9.309
21 (3x5)	26.124 abc	6.655 ab	14.163 abc	9.462 ab	7.316
22 (3x6)	36.229 abc	8.587 ab	18.591 ab	9.120 ab	8.708
23 (3x7)	25.620 abc	6.948 ab	9.054 abc	9.618 ab	6.670
24 (3x8)	30.401 abc	7.098 ab	14.535 abc	8.766 ab	8.672
25 (3x9)	29.870 abc	7.987 ab	13.938 abc	8.976 ab	8.571
26 (3x10)	32.471 abc	9.015 ab	12.362 abc	11.093 ab	9.303
27 (3x11)	24.333 abc	5.530 ab	11.582 abc	7.220 ab	7.215

28 (4x5)	35.429 abc	9.099 ab	13.426 abc	12.904 ab	9.718
29 (4x6)	37.065 abc	11.204 ab	11.699 abc	14.161 ab	7.705
30 (4x7)	33.071 abc	9.321 ab	13.980 abc	11.721 ab	8.549
31 (4x8)	25.441 abc	5.720 ab	11.268 abc	8.453 ab	8.787
32 (4x9)	36.821 abc	11.126 ab	13.842 abc	11.853 ab	7.034
33 (4x10)	32.199 abc	8.103 ab	11.753 abc	8.992 ab	8.128
34 (4x11)	30.594 abc	7.467 ab	13.296 abc	9.831 ab	6.926
35 (5x6)	28.456 abc	7.009 ab	12.355 abc	9.091 ab	7.453
36 (5x7)	25.916 abc	6.185 ab	10.060 abc	9.670 ab	10.757
37 (5x8)	27.737 abc	7.609 ab	11.184 abc	8.943 ab	7.546
38 (5x9)	24.642 abc	6.131 ab	8.272 bc	10.237 ab	6.262
39 (5x10)	19.173 c	5.265 ab	5.710 c	8.197 ab	5.021
40 (5x11)	28.967 abc	7.377 ab	11.040 abc	10.549 ab	5.526
41 (6x7)	33.274 abc	9.498 ab	14.466 abc	9.309 ab	8.549
42 (6x8)	26.830 abc	6.631 ab	12.529 abc	7.670 ab	6.897
43 (6x9)	28.042 abc	6.639 ab	13.545 abc	7.858 ab	9.227
44 (6x10)	21.482 bc	5.306 ab	7.463 bc	8.712 ab	5.299
45 (6x11)	30.153 abc	6.748 ab	16.069 abc	7.335 ab	10.230
46 (7x8)	29.558 abc	6.762 ab	12.868 abc	8.085 ab	8.571
47 (7x9)	27.305 abc	5.711 ab	12.802 abc	8.791 ab	10.360
48 (7x10)	31.605 abc	7.968 ab	14.303 abc	9.334 ab	8.344
49 (7x11)	29.764 abc	6.004 ab	15.158 abc	8.601 ab	8.571
50 (8x9)	28.744 abc	7.574 ab	11.867 abc	9.303 ab	7.337
51 (8x 10)	24.785 abc	6.566 ab	10.916 abc	7.302 ab	6.493
52 (8x11)	25.396 abc	6.104 ab	11.357 abc	7.935 ab	5.786
53 (9x 10)	25.426 abc	6.876 ab	11.189 abc	7.360 ab	7.225
54 (9x11)	25.133 abc	6.375 ab	10.557 abc	8.200 ab	6.154
55 (10x11)	26.133 abc	6.101 ab	13.293 abc	6.739 ab	7.316
DK 780	44.217 ab	9.992 ab	21.604 a	12.620 ab	9.329
Promedio	30.413	7.591	13.240	9.523	8.039
Desvío Estandar	5.461	1.677	2.830	2.038	1.357

Medias de tratamiento seguidas de la misma letra en sentido vertical no difieren significativamente entre sí (DMS p=0,05).

mos habían sido originalmente seleccionados para rendimiento de grano.

Caracteres morfológicos de las plantas

El análisis estadístico para los caracteres morfológicos registrados en las cruzas se presenta en la Tabla 6. Se encontraron diferencias estadísticamente muy significativas (p = 0,01) para el número de tallos por planta, número de hojas por planta y número de mazorcas por planta; diferencias significativas para el diámetro del tallo (p = 0,05) y la altura de planta resultó no significativa.

Los promedios para cada cruza en los caracteres morfológicos analizados se presentan en la Tabla 6. La cruza 4 x 5 se destacó por el número de tallos, mientras que en el otro extremo se ubicaron las cruzas 8 x 11, 10 x 11 y el testigo comercial. Las líneas progenitoras de las cruzas fueron seleccionadas por esta característica a partir de la población segregante original (Paccapelo *et.al.*, 1999).

El rango de variación entre cruzas fue estrecho aunque se detectaron diferencias estadísticas en la altura de planta. Los límites extremos son la cruza 2x 5, 1x11, 7x9 como las más altas y la 3x10 como la más baja.

Tabla 6. Significancia estadística de los cuadrados medios de caracteres morfológicos correspondientes a híbridos experimentales de maíces forrajeros en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

		Cuadrados medios				
FV	GL	Altura de planta	Nº tallos por planta	Nº hojas por planta	Diámetro del tallo	Nº mazorcas por planta
Genotipo	54	190,2	2,16**	136,8**	7,77*	2,39**
Repeticiones	2	960,8**	2,79**	258,9**	0,23	2,34**
Error	108					

La cruza 1x7 se separó estadísticamente en forma favorable de la cruza 8x11 pero se comportó en forma similar al resto de las cruzas y el testigo respecto al número de hojas por planta

Las cruzas 1x5, 1x6, 2x3 se separaron estadísticamente del testigo comercial por poseer menor diámetro del tallo principal.

La cruza 6x9 se diferenció estadísticamente y favorablemente de las cruzas 2x7, 4x11, 5x9, 5x10, 8x9, 8x11, 9x11 y el testigo DK 780 en el número de mazorcas por planta. A medida que aumenta el número de mazorcas disminuye su tamaño razón por la cual no se traduce en mayores rendimientos. Por esta razón resulta más razonable considerar el rendimiento de biomasa de mazorca cuando se quiere establecer el comportamiento de un híbrido.

Tabla 7. Promedios de características morfológicas de 55 híbridos experimentales de maíces forrajeros con introgresión de *Zea diploperennis* I, D & G en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

Híbridos	Nº tallos por planta	Altura planta (cm)	Nº hojas por planta	Diámetro del. Tallo (mm)	Nº mazorcas por planta
1 (1x2)	3,8 abc	157,2 ab	32,5 ab	14,4 ab	3,7 ab
2 (1x3)	3,8 abc	153,0 ab	35,7 ab	14,4 ab	3,3 ab
3 (1x4)	3,8 abc	148,0 ab	31,3 ab	14,7 ab	3,7 ab
4 (1x5)	4,0 ab	160,0 a	33,7 ab	13,6 b	4,7 ab
5 (1x6)	3,0 abcde	152,8 ab	32,2 ab	14,0 b	4,2 ab
6 (1x7)	4,2 ab	152,3 ab	39,5 a	16,8 ab	4,0 ab
7 (1x8)	3,0 abcde	136,5 ab	33,3 ab	14,9 ab	4,0 ab
8 (1x9)	3,7 abcd	146,7 ab	27,7 ab	16,8 ab	2,5 ab
9 (1x10)	3,9 abc	153,0 ab	32,0 ab	15,0 ab	4,0 ab
10 (1x11)	2,8 abcde	165,3 a	30,3 ab	17,1 ab	4,3 ab
11 (2x3)	3,2 abcde	159,5 a	23,7 ab	14,1 b	2,5 ab
12 (2x4)	3,3 abcde	162,8 a	32,0 ab	15,6 ab	3,2 ab
13 (2x5)	2,8 abcde	165,3 a	25,0 ab	15,0 ab	3,3 ab
14 (2x6)	2,7 abcde	152,7 ab	26,2 ab	17,1 ab	2,8 ab
15 (2x7)	2,8 abcde	153,5 ab	26,2 ab	16,0 ab	2,0 b
16 (2x8)	2,7 abcde	152,8 ab	25,0 ab	15,4 ab	3,7 ab
17 (2x9)	3,5 abcde	158,3 ab	29,3 ab	14,6 ab	3,7 ab
18 (2x10)	2,5 abcde	157,7 ab	24,3 ab	18,1 ab	4,2 ab
19 (2x11)	2,2 bcde	156,7 ab	28,3 ab	16,5 ab	3,0 ab
20 (3 x 4)	3,5 abcde	148,0 ab	32,0 ab	16,0 ab	2,8 ab
21 (3x5)	3,1 bcde	147,0 ab	31,0 ab	16,1 ab	2,9 ab
22 (3x6)	2,7 abcde	158,0 ab	24,8 ab	14,6 ab	3,0 ab
23 (3x7)	3,7 abcd	154,3 ab	34,3 ab	15,0 ab	2,7 ab
24 (3x8)	3,5 abcde	147,8 ab	31,7 ab	16,9 ab	3,0 ab
25 (3x9)	3,4 abcde	140,0 ab	30,0 ab	15,8 ab	3,1 ab
26 (3x10)	3,5 abcde	121,2 ab	32,5 ab	17,7 ab	3,5 ab
27 (3x11)	2,3 abcde	147,7 ab	18,2 ab	15,6 ab	3,0 ab
28 (4x5)	4,8 a	158,7 a	36,8 ab	18,2 ab	3,2 ab
29 (4x6)	2,2 bcde	155,3 ab	21,2 ab	19,6 ab	2,3 ab
30 (4x7)	2,0bcde	156,0 ab	27,0 ab	17,4 ab	3,8 ab
31 (4x8)	3,5 abcde	156,8 ab	30,0 ab	17,2 ab	4,0 ab
32 (4x9)	2,3 abcde	164,8 a	23,0 ab	18,4 ab	2,5 ab
33 (4x10)	2,8 abcde	160,0 a	20,4 ab	18,5 ab	2,9 ab

34 (4x11)	1,7 bcde	154,5 ab	16,2 ab	18,7 ab	1,8 b
35 (5x6)	2,0 bcde	164,7 a	17,3 ab	17,7 ab	3,7 ab
36 (5x7)	3,7 abcd	167,0 a	36,0 ab	18,6 ab	5,0 ab
37 (5x8)	3,0 abcde	153,2 ab	26,3 ab	16,2 ab	4,3 ab
38 (5x9)	3,0 abcde	151,0 ab	24,0 ab	16,1 ab	2,0 b
39 (5x10)	2,7 abcde	158,5 ab	24,5 ab	15,3 ab	1,8 b
40 (5x11)	2,0 bcde	160,8 a	19,3 ab	16,4 ab	2,5 ab
41 (6x7)	2,2 bcde	154,7 ab	24,7 ab	18,6 ab	3,3 ab
42 (6x8)	1,8 bcde	150,0 ab	21,7 ab	16,8 ab	2,7 ab
43 (6x9)	3,3 abcde	150,8 ab	28,5 ab	15,1 ab	5,7 a
44 (6x10)	2,2 bcde	157,5 ab	22,8 ab	17,5 ab	2,7 ab
45 (6x11)	1,7 bcde	153,7 ab	17,7 ab	17,5 ab	2,5 ab
46 (7x8)	2,4 bcde	158,5 a	26,0 ab	17,0 ab	3,5 ab
47 (7x9)	3,2 abcde	165,3 a	30,8 ab	18,0 ab	4,3 ab
48 (7x10)	2,8 abcde	161,7 a	25,5 ab	16,7 ab	3,0 ab
49 (7x11)	1,8 bcde	152,7 ab	19,0 ab	18,8 ab	2,8 ab
50 (8x9)	2,3 abcde	157,3 ab	22,2 ab	17,5 ab	2,2 b
51 (8x10)	2,3 abcde	154,2 ab	21,5 ab	15,5 ab	3,3 ab
52 (8x11)	1,0 e	156,0 ab	10,8 b	17,4 ab	2,0 b
53 (9x10)	2,7 abcde	155,0 ab	21,3 ab	15,8 ab	3,5 ab
54 (9x11)	1,8 bcde	144,7 ab	14,8 ab	18,0 ab	1,8 b
55 (10x11)	1,3 cde	141,7 ab	15,7 ab	17,7 ab	2,7 ab
DK 780	1,2 de	155,7 ab	15,5 ab	21,0 a	1,8 b
Promedio	2,82	154,26	26,12	16,59	3,21
D.E.	0,75	7,73	6,39	1,55	0,75

Medias de tratamiento seguidas de la misma letra en sentido vertical no difieren significativamente entre sí (DMS p=0,05).

Digestibilidad de los componentes botánicos de la biomasa aérea

Los valores de materia seca (g/planta), digestibilidad (DIVMS) de componentes botánicos y materia seca digestible de la biomasa aérea total en cuatro cruzas elegidas por su rendimiento en forraje verde de planta completa, una línea progenitora (L.769) y un testigo comercial (DK780) se presentan en la Tabla 8.

Considerando todos los genotipos, entre 20 y 31% de la materia seca de la planta correspondió al componente hoja, 25 a 51% a la fracción tallo y entre un 29 a 50% a la espiga. Se encontraron diferencias significativas en la materia seca de la fracción tallo, mostrándose superior la línea (L.769).

Para el componente hoja no se detectaron diferencias significativas respecto a la DIVMS; el híbrido (2x10) se mostró significativamente superior de la línea progenitora L.769 en la fracción tallo mientras que los híbridos (4x6) y (2x10) fueron los de menor digestibilidad en la fracción espigas. No se evidenciaron diferencias significativas en la cantidad de materia seca digestible de planta entera entre el material experimental, ni entre ellos y el testigo, a pesar de presentar una arquitectura de la planta diferente.

Tabla 8: Promedios y desvíos estándar de la materia seca (g/planta), digestibilidad (DIVMS) de componentes botánicos y materia seca digestible de planta completa en genotipos forrajeros de maíz para silaje en cultivo bajo riego en Santa Rosa, La Pampa.

	Hoja		Tallo		Espiga		MS digestible biomasa aérea total (g/pl)
Genotipo	MS (g/pl)	DIVMS	MS (g/pl)	DIVMS	MS (g/pl)	DIVMS	
(2 x 4)	121,6 ± 8,3	0,52	158,0±11.6 b	0,43 ab	195,6 ± 34,9	0,80 abc	287,7 ± 37,1
Dk 780	95,3 ± 5,1	0,58	121,6±12,1 bc	0,44 ab	214,0 ± 41,2	0,82 ab	284,3 ± 40,1
L. 769	81, 0 ± 1,7	0,55	209,0±2,9 a	0,49 a	116,0 ± 38,4	0,84 ab	244,4 ± 34,4
(2x10)	103,0 ± 18,8	0,65	101,0±7,8 c	0,34 b	199,0 ± 48,8	0,72 bc	244,6 ± 48,2
(4x6)	108,6 ±21,9	0,52	128,3 ±24,8 bc	0,44 ab	119,0 ± 21,5	0,68 c	193,8 ± 29,7
(1 x 9)	81,3 ±18,2	0,5	109,3±21,1 c	0,44 ab	120,0 ± 21,1	0,86 a	191,9 ± 35,1
Promedio	98,6	0,55	137,8	0,43	160,6	0,78	241,2
Desvío estándar	15,89	0,05	40	0,04	46,73	0,07	41,77

Medias de tratamiento seguidas de la misma letra en sentido vertical no difieren significativamente entre sí (DMS p=0,05).

Teniendo en cuenta todos los genotipos, la contribución de los diferentes componentes morfológicos a la materia seca digestible total de planta fue de 18 a 29% para hoja, 14 a 42% para tallo y 40 a 62% para espiga. Algunos autores consideran que el porcentaje de mazorca es una de las características más importante 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 materia seca total al aumentar la digestibilidad en las hojas y tallos (Wolf *et al.*,1993).

CONCLUSIONES

No se evidencia que la combinación de líneas endocriadas origine cruzas con mayor rendimiento de biomasa aérea,

indicando la poca significancia de los efectos de dominancia e interacción entre los genes.

Se encontraron efectos aditivos significativos para la producción de hojas. En tal sentido la línea 4 (LE 785) también presentó los mayores valores en la producción de tallo y planta entera. Sería necesaria su posterior evaluación con la finalidad de tener más datos de su comportamiento como requisito de su inscripción en la categoría de variedad de libre polinización.

La línea 2 (LE 769) se destacó por su ACG en la producción de mazorca.

La acción conjunta de ambas (cruza 2 x 4) tuvo buen comportamiento en la producción de forraje y teniendo en cuenta que se debe a la transmisión de los genes de sus líneas progenitoras, sería interesante iniciar un programa de selección recurrente a partir de la primera generación segregante de esa cruza. Es decir, se podría lograr en las sucesivas generaciones una recombinación génica favorable para todos los caracteres botánicos que influyen en la producción de forraje verde.

La proporción de ACG/ACE fue alta en todos los caracteres de producción evaluados indicando poco efecto de dominancia o sobredominancia quizás producto de una escasa divergencia entre las líneas.

BIBLIOGRAFÍA

Antuna, G.O.; S.F Rincón.; Gutiérrez del Ré; T.N.A Ruiz & G.L, Bustamante. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y calidad fisiológica de semillas de líneas de maíz. Rev. Fitotéc. Mex. 26:11-17.

Baker, R.J. 1978. Issues in diallel analysis. Crop. Sci. 18:533-536

Barriere, Y; Y. Hebert; T.B. Julier; E. Young & V. Furtoss. 1993. Genetic variation for silage and NIRS traits in a half-diallel design of 21 inbred lines o f maize. Maydica 38:7-13.

Bertoia, L.M. 2004. Materia seca, mejor calidad. www.agrototal.com. 5/8/2004

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.

Burak, R. & L.M. Bertoia. 1997. Aptitud Combinatoria en líneas endocriadas de maíz para caracteres de importancia forrajera. Cátedra de Mejoramiento Vegetal. UNLZ.

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 Nº 6.

Cozzolino, D & A. Fassio. 1996. Silaje de maíz. Forraje Journal. 1:52-55.

Cruz, C.D. 1997. Programa GENES ; aplicativo computacional em genética e estatistica. Universidad Federal de Vicosa. Brasil. 442 p.

De la Cruz-Lázaro, E.; S.A. Rodríguez Herrera; M.A. Estrada Botello, J. D. Mendoza-Palacios & N.P. Brito-Manzano. 2005. Análisis

dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. Universidad y ciencia. 21:19-26.

Dhillon, B.S.; C. 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.

Ferret, A.; F. Casañas; A.M. Verdú; L. Bosch & F. Nuez 1991. Breeding for yield and nutritive value in forage maize: an easy criterior for stover quality and genetic analysis of Lancaster variety. Euphitica 53:61-66.

Funaro, D.; L. Saluzzi & H.A. Paccapelo. 2003. Líneas forrajeras de maíz originadas en la cruza con *Zea diploperennis* I.: aptitud combinatoria. Rev. Fac. Agronomía- UNLPam.14:5-12.

Gama E.E.G.; A.R. Hallauer; R.G.Ferraro & D.M. Barbosa. 1995. Heterosis in maize single cross derived from a yellow tuxpeño variety in Brazil. Brazilian J. Genet. 18:81-85.

Gilbert, N.E.G. 1958. Diallel cross in plant breeding. Heredity 12:477-492.

Griffing, B. 1956. Concep of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.

Hayman, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. Genetic 39:789-809.

Hayes, H.K. 1963. A professor`s story of hybrid corn. Minessota, Burguess Publishing. 237 p.

Hoegenmeyer, T.C. & A.R. Hallauer, 1976. Selection among and within full-sib-families to develop single crosses of maize. Crop Sci 16:76-80.

López, C.; R. Burak & L. Bertoia. 1994. Aptitud forrajera en poblaciones de maíz (*Zea mays* L): Análisis dialélico. XXV Congreso Argentino de Genética. La Plata.

Luchsinger, A.L. y A.M. Violic 1972. Capacidad combinatoria general y especifica para rendimiento y sus componentes de diez líneas de maíz (*Zea mays* L.). Fitotécnica Latinoamericana. 8:36-43.

Magoja, J.J. & G. Pischedda. 1988. Aptitud Combinatoria de progenies S1 derivadas de una población de maíz con introgresión de germoplasma silvestre. XIX Congreso Argentino de Genética UNJujuy. 76p.

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. RIA. 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. Agronomía - UNLPam. 10:59-64.

Reyes, J.J. 1999. La producción en La Pampa. Diario La Arena. 3 de

julio.
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.
Sprague, G.F. & L.A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single cross of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-932.
Tilley, J.M & R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassi Soc. 18:104-111.
Torrecillas, M.G. & L.M. Bertoia. 2000. Aptitud combinatoria para características forrajeras en poblaciones nativas y compuestos raciales de maíz en Argentina. Invest. Agro. Prod. Veg. 15:1-21.
Torroba, J.P. 1993. Factores de la producción para hacer eficiente el sistema de invernada. CREA. Cuaderno de Actualización Técnica Nº 52. 96 p.
Troiani, H.; H.A. Paccapelo & D.A. Golberg. 1986. Descripción botánica del híbrido interespecífico entre *Zea mays* x *Zea diploperennis*. Rev. Fac. Agronomía- UNLPam. 3:153-158.
Vasal, S.K.; G. Sirimivasan; G.C.Hen & C.F. Gonzales. 1992. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. Maydica 37:319-327.
Wolf, D.P.; J.G. Coors; K.A. Albretch; D.J. Undersander & P.R. Carter. 1993. Agronomic evaluation of maize genotypes selected for extreme fiber concentration. Crop Sci. 33:1359-1365.