

Comunicación

Evaluación preliminar de líneas endocriadas obtenidas de la cruce entre *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* I.

Preliminar evaluation of inbred lines from the cross between *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* I.

Recibido:15/12/99 Aceptado:29/6/00

Saluzzi, L., D. Funaro y H. A. Paccapelo¹

Resumen

En la Argentina, como en la mayoría de los países, no existen cultivares o híbridos de maíz destinado exclusivamente a la producción de forraje sino que se utilizan con doble propósito 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 digestible y el consumo por parte del animal. El silaje de maíz es considerado como un alimento energético y su valor nutritivo está en función de la digestibilidad y de los factores que lo afectan. Un criterio de selección es el uso del parámetro Producción de *Materia Seca Digestible*.

Con el objeto de evaluar en forma preliminar las características forrajeras y el valor nutritivo de líneas de maíz con introgresión de genes silvestres, se determinó la digestibilidad aparente *in vitro* de planta entera, hojas y tallo en siete líneas S₃ provenientes de la cruce entre maíz y *Zea diploperennis*. Las líneas endocriadas y el híbrido comercial mostraron valores similares de digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Sin embargo, dada una mayor producción de materia seca en las líneas experimentales, su producción de materia seca digestible, tanto de planta entera como de hojas y tallos, respecto al testigo, fue mayor. Se observó una alta asociación entre la cantidad y digestibilidad del componente tallo con los parámetros de calidad nutritiva de la materia seca analizados.

Palabras clave: *Zea mays*, *Zea diploperennis*, líneas S₃, maíz forrajero, producción de materia seca digestible.

¹Facultad de Agronomía de la UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, La Pampa. e-mail: paccapelo@cpenet.com.ar

Summary

In Argentina, as in most of the countries, do not exist cultivars or hybrids of corn destined exclusively to forage production, and hybrids selected for grain production are used for such purpose. Forage corns differ from grain purpose corns in the development of air part, grain filled, maintenance of the green plant harvest, digestible dry matter content and animal intake. Corn forage used as silage is considered an energetic food and its nutritious value depends on its digestibility. A criterion used for selection is *in vitro* digestibility of the dried matter of leaves and stems. With the purpose to a preliminary evaluation of corn with introgression of wild genes, is analyzed botanic components of the plant, the digestibility *in vitro* of total dry matter and the digestible dry matter of whole plant and leaf and stem in seven inbred lines (S_3) of corn. The experimental lines and the hybrid showed similar total dry matter digestibility *in vitro* value. The higher dry matter production of the experimental lines increased the digestible dry matter production of the whole plants, leaves and stems. Quantity and digestibility of stem were highly associated with the dry matter nutritious parameters analyzed.

Key words: *Zea mays*, *Zea diploperennis*, S_3 lines, forage maize, dry matter digestible production.

Introducción

La producción mundial de maíz se utiliza en un 63% para la alimentación animal, un 26% en la alimentación humana y un 11% restante en la industria. En la provincia de La Pampa la superficie cultivada con maíz ocupa un 10% del área agrícola y debido a su gran componente energético más del 80% de este cereal está destinado al pastoreo y silaje (Reyes, 1999).

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

genético para rendimiento y facilidad de cosecha favorecieron un tipo de planta de maíz con fuerte dominancia apical, una arquitectura simplificada y menor plasticidad (Evans, 1993). Este proceso modificó los tipos ancestrales capaces de producir numerosos tallos y espigas a modernas formas de un solo tallo que produce una o pocas espigas (Rosenthal and Welter, 1995).

La calidad del maíz para ensilar está estrechamente relacionada con la cantidad de lignina y la digestibilidad de la pared celular de la planta, principalmente del tallo. Hay que tener en cuenta que los actuales híbridos tienen tallos más resistentes al quebrado, con un mayor contenido de lignina de 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.

La máxima acumulación de materia seca en planta entera, se obtiene cuando el maíz tiene un 44% de materia seca, observándose además que, hasta ese momento la digestibilidad permanece constante, en un rango de 34 a 44 % (Cozzolino y Fassio, 1997). En plantas espigadas, la contribución del tallo al rendimiento de materia seca de la planta entera declina desde un 42% a los treinta días posteriores a la antesis, a un 26% en el momento de cosecha. 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 y Fassio, 1997).

Roth *et al.*, (1970) consideran al silo de maíz como un alimento energético cuyo valor nutritivo está en función de la digestibilidad y de los factores que lo afectan. Sugieren como criterio de selección el uso del parámetro Producción de *Materia Seca Digestible*.

Bruno y Romero (1994) evaluaron la digestibilidad de la materia seca (DIVMS) en híbridos comerciales. Registraron una mayor producción de materia seca digestible (30-35%) cuando el endosperma sólido del grano ocupaba entre la mitad y las tres cuartas partes del grano. En híbridos con alto contenido de grano y buen estado general, sería posible extender el período de cosecha hasta aproximadamente un 40 % de materia seca de la planta. En cambio en híbridos con bajo contenido de

mazorca, la cosecha temprana (30 % de materia seca de la planta) evitaría la pérdida de calidad de los componentes vegetativos sin afectar mayormente el rendimiento de materia seca digestible (Carrete *et al.*, 1997)

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.

El uso de especies silvestres en cruza con el maíz permite aportar valiosas características forrajeras (Molina, 1984; Magoja y Pischédá, 1988). Entre ellas pueden mencionarse alta producción de biomasa, numerosas macollas y gran prolificidad, las cuáles permiten avizorar un buen tipo forrajero (Troiani *et al.*, 1988; Paccapelo y Molas, 1996).

Los híbridos entre maíz y *Zea diploperennis* I. son, por lo general, muy heteróticos, expresando su vigor especialmente a través de elevada prolificidad, número de nudos productivos por tallo, número de espigas en el nudo productivo superior, número de espigas por tallo y número de espigas por planta (Corcuera y Magoja, 1988). En condiciones de estrés hídrico el mantenimiento de altas tasas de fotosíntesis y mayor producción de biomasa mejora el comportamiento de la especie cultivada (Golberg *et al.*, 1988; Golberg, 1991).

En la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa se han desarrollado líneas

endocriadas (S_3) de maíces con características forrajeras provenientes de la cruce original entre *Zea mays* x *Zea diploperennis*. Las líneas desarrolladas se diferencian en cuanto a: ciclo a madurez, altura de la planta, número de tallos por planta, diámetro del tallo, número de mazorcas por tallo y la relación hoja/tallo (Paccapelo *et al.*, 1999).

Se plantea la hipótesis de que la cruce del maíz con un pariente silvestre rompe la dominancia apical en la planta cultivada permitiendo recuperar, en las futuras descendencias, características botánicas apropiadas para su aprovechamiento forrajero como silaje, especialmente en cuanto a la cantidad y calidad de materia seca digestible.

En esta comunicación se analizan siete líneas de maíz (S_3) con introgresión de *Zea diploperennis* I. y un testigo comercial (Sil3, de Cargill) en cuanto a componentes botánicos y valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y aporte de materia seca digestible por planta y sus fracciones constitutivas hojas y tallos.

Materiales y métodos

El material corresponde a siete líneas selectas S_3 que se seleccionaron de un total de 53 por presentar buenos atributos forrajeros y floración sincronizada. El testigo (Sil₃ de Cargill) es de amplio uso en la zona por su destacada producción de forraje para silaje.

La escasez de semilla en cada línea experimental, producto de una

autofecundación, impidió la utilización de un diseño experimental.

La siembra se efectuó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, el 22 de Noviembre de 1998 a una densidad de 5,7 pl/m² (0.25 x 0.70). Utilizando 10 plantas por línea al inicio de floración y a madurez comercial se determinaron las siguientes características:

Altura (cm): de cada tallo, medido desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la panoja.

Número de tallos reproductivos por planta.

Número de mazorcas fértiles por planta

Diámetro del tallo principal (mm): tomado a la altura de la inserción de la mazorca inferior de la planta.

Relación hoja / tallo: se pesó la materia seca de las hojas de cada planta y la materia seca de los tallos. El secado se produjo en estufa a 60° C hasta peso constante. Se realizó el cociente entre ambos valores.

Digestibilidad " in vitro" de la materia seca (DIVMS): del tallo y de las hojas, utilizando el método de Tilley y Terry modificado (Minson y McLeod, 1972) en dos plantas por líneas en cada estado.

Se determinaron los coeficientes de correlaciones simples entre los parámetros de calidad y entre éstos y los componentes morfológicos de las plantas, tanto a floración como a madurez comercial.

En la Figura 1 se presentan los valores de precipitaciones y temperaturas ocurridas durante el desarrollo del cultivo de maíz.

Resultados y discusión

La siembra se efectuó con disponibilidad hídrica superior a la histórica, pero en los dos meses siguientes esa disponibilidad disminuyó, resultando inferior al período histórico considerado (Figura 1). La floración ocurrió en la segunda quincena de febrero, con precipitaciones favorables similares a la del promedio en el decenio considerado. Durante el llenado del grano la disponibilidad hídrica fue muy abundante, registrándose la primer helada en la primer quincena de abril, la cuál no afectó el llenado del grano puesto que las líneas evaluadas había alcanzado la madurez comercial.

En el Cuadro 1 se describen los componentes botánicos y la relación hoja/tallo de las líneas evaluadas. Estas características fueron utilizadas como criterio de selección para la obtención de las líneas en el programa de mejora. En la relación hoja/tallo, se observa una pronunciada disminución entre la floración y la madurez comercial, excepto la línea 774 que prácticamente se mantiene constante. A floración se observa un rango de valores entre 0,500 y 0,730, correspondiendo el menor valor al testigo. A madurez comercial, el rango de valores se amplía de 0,240 a 0,655, aunque en este momento algunas líneas no superan al testigo. El híbrido de maíz usado de testigo

mantiene verde la superficie foliar hasta muy avanzada la madurez. Las líneas FA 788, FA 761, FA770 y FA 774 presentaron valores en la relación hojas/tallo superiores al testigo.

En el Cuadro 2 se describen los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca a floración. Las líneas FA 770, 767, 791 y 774 presentaron valores superiores al testigo. En el mismo cuadro se presenta el aporte de materia seca digestible correspondiente a la planta entera y sus fracciones hoja y tallo, observándose que los valores de las líneas superaron al testigo. El valor más alto le corresponde a la línea FA 770.

En el Cuadro 2 se muestran los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca a la madurez comercial; no se incluye la fracción granos porque los mismos fueron utilizados para propagar los genotipos en evaluación. Sólo la línea FA 767 superó al testigo en este parámetro. En cuanto al aporte de materia seca digestible, tanto en planta entera como en la fracción hoja y tallo, las líneas superan al híbrido testigo. Se interpreta que la mayor cantidad de materia seca en el material experimental, se traduce en valores mayores de producción de materia seca digestible.

Se observó una disminución en la digestibilidad de la materia seca entre floración (Cuadro 2) y madurez comercial (Cuadro 3), tanto en planta entera como en sus componentes, en todos los genotipos evaluados. De acuerdo a datos publicados en otras localidades (Cozzolino y Fassio,

1997; Gutierrez *et al.*, 1997) la menor digestibilidad de las hojas, tallo y chala en madurez comercial, se compensó con el incremento del componente grano.

La contribución del tallo y de la hoja a la producción de materia seca digestible de planta entera fue variable entre las líneas evaluadas, tanto en el momento de la floración como en la madurez comercial. Cozzolino y Fassio (1997) destacan que la digestibilidad dentro y entre las diferentes fracciones de la planta (hoja, tallo y espiga) es muy variable entre genotipos

Carrete *et al.*, (1997) consideran que la cosecha para silaje de maíces con bajo contenido de grano en mazorca (30% de materia seca de la planta) evitaría la pérdida de calidad de los componentes vegetativos sin afectar mayormente el rendimiento de materia seca digestible. Tal pareciera ser la situación de las líneas evaluadas, donde el porcentaje de mazorca es considerablemente inferior a los híbridos comerciales.

En los Cuadros 4 y 5 se detallan los coeficientes de correlación simple entre los parámetros de calidad y entre éstos y los componentes botánicos de las plantas, a floración y madurez comercial, respectivamente. Sólo se detallan aquellas asociaciones altamente significativas ($p < 0,01$), notándose que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca total de la planta está estrechamente relacionada con la digestibilidad *in vitro* del tallo, mientras que presenta una asociación negativa con la altura de la planta.

La materia seca digestible en planta entera a floración se asocia

con la materia seca de hoja y tallos, el número de tallos y el número de hojas. A excepción del número de hojas, los mismos componentes botánicos, se asocian con la materia seca digestible de la planta entera a madurez comercial.

Conclusiones

Al confrontar líneas endocriadas de maíz producto de tres años de autofecundación con la heterosis manifiesta en un híbrido comercial de tres líneas, se encontró un resultado a favor de las líneas experimentales respecto al aporte de materia seca digestible de la materia seca de la planta entera y en sus componentes hoja y tallo.

De la cruce entre las líneas más promisorias se espera obtener vigor híbrido en la producción de materia seca digestible aumentando la superioridad respecto al híbrido testigo.

Bibliografía

- BRUNO, O. A y ROMERO, L.A. 1994. Efecto del momento de corte sobre la producción de materia seca y calidad de las especies forrajeras. Actualización Técnica sobre Producción de Forrajes Conservados de Alta Calidad. Rafaela, 10 p
- CARRETE, J., SCHENEITER, O., RIMIARI, P. y DEVITO, C. 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.
- CORCUERA, V.R. y MAGOJA, J.L. 1988. Herencia de la prolificidad en híbridos entre teosinte

- diploperennis y maíz. XIX Congreso Argentino de Genética. UNJujuy. 28 de agosto-1 de setiembre. pp 74 .
- COZZOLINO, D. y FASSIO, A.. 1997. Silaje de maíz. Forraje Journal. Año 1. Nº 8.: 52-55
- DHILLON, B. S., CHR, P., ZIMMER, E., GURRATH, P.A., KLEIN, D. and POLLMER, W.G. 1990. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. *Crop. Sci.* 30:931-936.
- EVANS, L. T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge Univ. Press, Cambridge 500 p.
- GOLBERG, A.D., RENARD, C., LEDENT, J.F. 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. Université Catholique de Louvain (Belgique). 187 pp.
- GUTIÉRREZ, L.M. , VIVIANI ROSSI, E.M. y DELPECH, E. 1997. Epoca de corte de híbridos de maíz para silaje en el sudeste bonaerense. *Revista Argentina de Producción Animal.* Vol 17. Sup.1. p. 117.
- MAGOJA, J. L. y PISCHEDDA, G. 1988. Aptitud combinatoria de progenies S1 derivadas de una población de maíz con introgresión de germoplasma silvestre. XIX Congreso Argentino de Genética. UNJujuy. 28 de agosto-1de setiembre. p.78
- MOLINA, M. C. 1984. New hybrid from the species of *Zea*. *Maize Genetics Cooperation Newsletter.* 58 ,pp 114-115.
- MINSON, D. J. y MC. LEOD, M. N. 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 y MOLAS, M. L. 1996. Caracterización de una población de maíz forrajero con introgresión de *Zea diploperennis*. *Revista de Investigaciones Agropecuarias.* Vol. 27 (1): 33-38.
- PACCAPELO, H. A., MOLAS, M. L. y SALUZZI L.. 1999. Aptitud forrajera de líneas S2 originadas del híbrido *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* L. *Rev. Fac. Agronomía de la UNLPam.* *Revista Facultad de Agronomía,* Vol. 10 (2): 59-64.
- REYES, J. J. 1999. La producción en La Pampa. *Diario La Arena.* 3 de julio.
- ROSENTHAL, J. P. And WELTER, S. C. 1995. Tolerance to herbivory by a stem boring caterpillar in architecturally distinct maize and wild relatives. *Oecología* 102: 146-155.
- ROTH, L. S., G.C. MARTEN, COMPTON A. and STUTHMAN D.D.. 1970. Genetic variation of quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. *Crop. Sci.* 10:365-367.
- TROIANI, H., PACCAPELO H.A. y GOLBERG D. A. 1988. Descripción botánica del híbrido interespecifico entre *Zea mays* x *Zea diploperennis*. *Rev. Fac. Agronomía UNLPam.* Vol. 3. (1): 153-158.

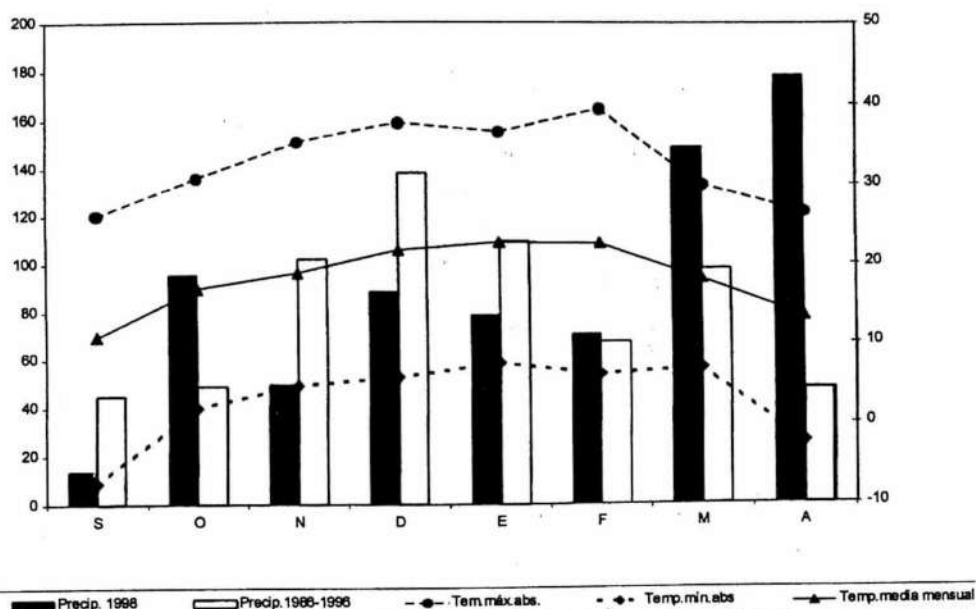


Figura 1. Temperaturas y precipitaciones durante el ciclo del cultivo de maíz (1998-1999) y precipitaciones históricas en Santa Rosa, La Pampa. Datos aportados por la Cátedra de Climatología de la FA de la UNLPam.

Cuadro 1. Valores y desvíos estándar de los componentes botánicos y relación hoja/tallo de plantas en siete líneas S_3 y del testigo a floración y madurez comercial.

Línea	Altura (cm.)	Diámetro del tallo (cm)	Número De hojas	Número de tallos	Hoja/tallo	
					Floración	Madurez Comercial
F.A 761	150,0±8,3	1,45±0,00	33,0± 2	4,0±0,0	0,639±0,00	0,391±0,07
F.A 767	155,0±7,1	1,44±0,05	18,0± 2	2,5±1,5	0,657±0,01	0,240±0,02
F.A 770	157,5±8,2	1,32±0,12	41,5± 6	4,0±1,0	0,640±0,04	0,426±0,01
F.A 774	167,5±9,0	1,78±0,20	37,5± 7	4,0±1,0	0,579±0,05	0,655±0,18
F.A 779	155,0±8,6	1,41±0,02	25,0± 3	4,0±1,0	0,601±0,01	0,291±0,09
F.A 788	172,5±17	1,56±0,22	31,5±3,5	3,5±1,0	0,568±0,05	0,377±0,00
F.A 791	175,0±8,6	1,51±0,04	20,5±4,5	3,0±1,0	0,739±0,04	0,239±0,01
Sil 3	140,0±9,0	1,21±0,22	22,5±7	2,5±0,8	0,500±0,04	0,355±0,07

Cuadro 2. Digestibilidad aparente *in vitro* (DIVMS) de la materia seca (%) de la planta entera y aporte de MS digestible (g x planta^{-1}) en plantas de siete líneas S_3 y del testigo a floración.

Línea	DIVMS (%)	g x planta^{-1}		
		Planta enter	Hoja	Tallo
F.A 770	64,72±0,65	201,78	75,89	123,56
F.A 788	55,21±0,05	140,36	56,67	86,94
F.A 779	60,46±0,55	138,66	52,15	86,74
F.A 761	60,62±1,20	133,23	53,70	80,70
F.A 767	67,08±2,75	130,72	48,94	80,03
F.A 791	66,80±0,65	123,25	49,96	72,20
F.A 774	65,45±0,85	87,60	34,40	53,68
Sil 3	62,57±0,30	70,01	22,74	47,19

Cuadro 3. Digestibilidad aparente *in vitro* (DIVMS) de la materia seca (%) de la planta entera y aporte de MS digestible (g x planta^{-1}) en plantas de siete líneas S_3 y del testigo a madurez comercial.

Línea	DIVMS (%)	g x planta^{-1}		
		Planta enter	Hoja	Tallo
F.A 774	50,92±0,3	112,04	34,26	77,77
F.A 770	47,89±2,0	108,58	27,38	81,20
F.A 779	48,84±1,2	104,39	17,77	86,62
F.A 761	48,40±0,4	99,29	24,27	75,02
F.A 767	53,03±3,2	84,95	14,93	70,01
F.A 788	48,60±1,6	80,62	20,80	59,81
F.A 791	50,49±0,3	67,20	12,35	54,84
Sil 3	51,26±3,5	51,60	10,48	41,12

Cuadro 4. Coeficiente de correlación simple entre parámetros de calidad y componentes botánicos en plantas de genotipos de maíces forrajeros a floración.

Característica	Correlaciona con	Coefficiente de correlación
DIVMS		
	DIVMS tallo	0,992**
	DIVMS hoja	0,880**
	Altura planta	- 0,776**
MS digestible (g x planta entera ⁻¹)		
	MS hoja	0,985**
	MS tallo	0,971**
	Número de hojas	0,761**
	Número de tallos	0,711**

** = (p ≤ 0.01)

Cuadro 5. Coeficiente de correlación simple entre parámetros de calidad y componentes botánicos en plantas de genotipos de maíces forrajeros a madurez comercial.

Característica	Correlaciona con	Coefficiente de Correlación
DIVMS		
	DIVMS tallo	0,909**
MS digestible (g x planta entera ⁻¹)		
	MS tallo	0,910**
	Número de tallos	0,848**
	MS hojas	0,854**

** = (p ≤ 0.01)