

## Efecto de la densidad de plantas y distancia entre surcos sobre el rendimiento de materia seca de maíces forrajeros en Santa Rosa, La Pampa.

*Plant density and row distance effects on dry matter yield in forage maize at Santa Rosa, La Pampa.*

Recibido: 27/02/04 Aceptado: 21/03/05

Funaro D. O. & H. A. Paccapelo<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se evalúa la producción de la materia seca de planta completa y sus componentes en una población forrajera experimental originada de la cruce entre *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* l. y un híbrido comercial con respecto a tres densidades de siembra (50.000; 65.000 y 80.000 pl x ha<sup>-1</sup>) y en dos distancias entre hileras (50 y 70 cm). No se evidenció respuesta para el espaciamiento entre surcos como tampoco interacción con la densidad de siembra ni genotipos. Se encontró interacción entre la densidad de siembra y los genotipos para la producción de materia seca de la planta completa y de hojas. La población experimental respondió mejor en la densidad menor (5 pl x m<sup>2</sup>) donde obtuvo el mayor rendimiento de planta completa y de hojas. El híbrido lo logra con una densidad de plantas intermedia (6.5 pl x m<sup>2</sup>). La repetición del experimento y la evaluación de la digestibilidad ampliarían la información aportada con el rendimiento de la materia seca.

**Palabras clave:** Maíces forrajeros, materia seca, distancia entre surcos, densidad de siembra.

### ABSTRACT

Whole plant and its components dry matter of an experimental fodder corn population (crossing between *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* l.) and a commercial hybrid was evaluated with respect to three plant densities (50.000; 65.000 y 80.000 plants ha<sup>-1</sup>) and two row spacings (50 y 70 cm). No response to row spacing was found, and no interaction with plant density and genotype could be determined. The results showed interaction of plant density and genotype on dry matter production of whole and leaves. The experimental population responded to the lowest plant density (5 plant m<sup>2</sup>) with the highest whole plant and leaf dry matter, while the commercial hybrid produced higher dry matter at intermediate plant density (6.5 plant m<sup>2</sup>). Future studies will corroborate the information on dry matter production and evaluation of digestibility of plant material should be carried out to better characterize the potential of the experimental population.

**Key words:** Forage corn, dry matter, row spacing, plant density.

---

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. C.C. 300, 6300 Santa Rosa, La Pampa. E-mail: [paccapelo@agro.unlpam.edu.ar](mailto:paccapelo@agro.unlpam.edu.ar)

## INTRODUCCION

El cultivo de maíz genera una elevada producción de materia seca altamente digestible por unidad de superficie en poco tiempo y ello determina muy buena aptitud para ensilado. Para lograrlo se requiere considerar una serie de pautas y prácticas agronómicas entre las cuales se encuentran la densidad de plantas a cosecha (Scheneiter *et al.*, 1997) y el espaciamiento entre hileras.

White (1976) estudió los efectos de la densidad sobre el rendimiento de maíces forrajeros y observó pequeños efectos entre 39.000 y 80.000 pl x ha<sup>-1</sup>. La materia seca del tallo + hoja no se afectó por el incremento de la densidad, pero el contenido de materia seca de la espiga tendió a decrecer. Por su parte, Cozzolino & Fassio (1996) y Moll & Kamprath (1977) mencionan que al aumentar la densidad de plantas aumenta el porcentaje de tallo y hoja y disminuye el porcentaje de grano, pudiéndose interpretar como negativa para lograr una buena calidad del forraje a altas densidades.

Sotomayor Ríos *et al.* (1980) evaluaron 12 selecciones de maíz y no obtuvieron mejora en el rendimiento de materia seca al aumentar la densidad de plantas de 45.000 a 100.000 pl x ha<sup>-1</sup>.

En el país se han realizado numerosos trabajos en relación al efecto de la densidad de plantas sobre la producción de biomasa. En Balcarce, se observaron aumentos en respuesta a la densidad de siembra, entre 47.000 y 93.000 pl x ha<sup>-1</sup> ó entre 56.000 y 85.000 pl x ha<sup>-1</sup>, de acuerdo al híbrido (Andrade *et al.*, 1994). Valentinuz *et al.* (1996) estudiaron tres densidades de siembra (2,2; 8,7 y 16,7 pl x m<sup>-2</sup>) con riego y fertilizante y encontra-

ron que la biomasa acumulada fue mayor en la densidad intermedia y mayor.

En los partidos de San Vicente y Cañuelas se reportaron aumentos lineales en la producción de biomasa al incrementarse la densidad dentro del rango de 60.000 a 100.000 pl x ha<sup>-1</sup>, con un comportamiento diferencial entre los híbridos de acuerdo a la localidad (Bertoia *et al.*, 1994).

En Pergamino, no se detectó respuesta a la producción de materia seca con densidades de 59.500, 74.000 y 93.500 pl x ha<sup>-1</sup>, pero si en Bragado al aumentar la densidad de 69.500 a 100.000 pl x ha<sup>-1</sup> (Scheneiter *et al.*, 1997).

En Rafaela, se obtuvo respuesta entre 57.000 y 141.000 pl x ha<sup>-1</sup> y entre 57.000 y 86.000 pl x ha<sup>-1</sup>, según años (Romero *et al.*, 1994).

Corsetti & Pantuso (2003) evaluaron una población experimental de maíz forrajero en tres fechas de siembra (25/09, 30/10 y 4/12) y tres densidades (50.000, 70.000 y 100.000 pl x ha<sup>-1</sup>) y concluyeron que la fecha óptima sería la intermedia y la densidad más apropiada de 50.000 pl x ha<sup>-1</sup>.

Alibes (1976) comparando dos variedades de maíz, una reconocida como granífera y la otra como forrajera, observó en la primera que el aumento de 67.100 a 94.200 pl x ha<sup>-1</sup> afectó el peso seco de la espiga y de la planta entera junto a una variación en la proporción espiga/tallo + hojas a favor del denominador. En la variedad forrajera, en la cual siempre predominó la fracción tallo + hojas, no manifestó cambio alguno por efecto de la densidad sobre la relación espiga/

tallo + hojas y peso seco de la planta.

Satin & Mosca (1984), evaluando híbridos de hojas horizontales y de hojas erectas, encontraron que los primeros tienen ventajas productivas a densidades menores, mientras que en los de hojas erectas estas ventajas se producen en densidades mayores.

Bertoia *et al.* (2001) analizaron dos morfotipos de maíz forrajero, C 350 y Sil 3 en tres densidades a la cosecha (70, 90 y 110000 pl x ha<sup>-1</sup>) y encontraron una interacción significativa entre los híbridos y la densidad, quizás como respuesta de cada morfotipo a los cambios en la población de plantas. Por su parte, Díaz & Di Nuci (2001) analizaron la respuesta de esos mismos híbridos a tres densidades de siembra (5,7; 7,1 y 8,6 pl x m<sup>2</sup>) y no encontraron una interacción significativa cultivar x densidad.

Investigaciones que comparan las separaciones entre surcos (37 a 50 cm) respecto al convencional (75 cm) indican que la respuesta a favor de menores separaciones entre hileras son inconsistentes dependiendo del híbrido, ambiente y densidad de plantas (Roth, 1996; Uhart *et al.*, 2000). Baribieri *et al.* (2001) analizaron dos distancias entre hileras (0.70 y 0.35 m) con y sin agregado de nitrógeno y no encontraron diferencias significativas en la producción de materia seca total entre ambos distanciamientos.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la producción de materia seca de dos genotipos de maíz con diferente estructura de planta con aprovechamiento forrajero al utilizar tres densidades de siembra (5; 6,5 y 8 pl x m<sup>2</sup>) y dos distancias entre surcos (50 y 70 cm).

## MATERIALES Y METODO

El ensayo se sembró el 12 de noviembre de 2002 en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Se utilizaron dos genotipos de morfología diferente: Sil 3: híbrido simple de ciclo normal a corto, con buen índice de cosecha, altura media y tolerante a la competencia intrapoblacional y la Población Experimental 3 FA caracterizada por plantas altas con numerosos tallos prolíficos y hojas con orientación horizontal.

Se utilizó un diseño de parcela sub-subdivididas (Little & Jackson Hills, 1979), con cuatro repeticiones. Se evaluaron tres densidades de siembra ( $D_1$ : 5,  $D_2$ : 6,5 y  $D_3$ : 8 pl x m<sup>2</sup>) como parcela principal; dos distancias entre surcos ( $E_1$ : 0.50 y  $E_2$ : 0.70 m) como subparcelas y dos genotipos ( $G_1$ : Población Experimental y  $G_2$ : el híbrido Sil 3) como sub-subparcelas.

La unidad experimental constaba de 4 surcos de 5 metros de largo y a madurez fisiológica se analizó la materia seca de la planta completa y sus componentes hoja, tallo y mazorca en cinco plantas con competencia completa.

Se realizó el análisis de la variancia de las variables y para la separación de medias se utilizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS,  $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se muestra la significancia estadística de los factores en estudio. La interacción entre la densidad de siembra, el espaciamiento entre los sur-

**Tabla 1.** Significancia estadística del análisis de variancia de la materia seca de planta completa y sus componentes en el estudio de la interacción entre la densidad de siembra, espaciamiento entre surcos y genotipos de maíz forrajero en Santa Rosa, La Pampa.

F. V.	Materia Seca (kg x ha <sup>-1</sup> )			
	Hoja	Tallo	Mazorca	Planta Completa
Densidad	NS	NS	**	*
Espaciamiento	NS	NS	NS	NS
Densidad x Espaciamiento	NS	NS	NS	NS
Genotipo	NS	**	**	NS
Densidad x Genotipo	*	NS	NS	*
Espaciamiento x Genotipo	NS	NS	NS	NS
Densidad x Espaciamiento x Genotipo	*	NS	NS	NS

NS: no significativo. \* y \*\*: significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente.

cos y los genotipos resultó estadísticamente significativa para la materia seca de hoja. La población experimental adquiere una mayor superficie foliar con la menor densidad y espaciamiento ( $D_1E_1$ ) mientras que el híbrido lo hizo con la mayor densidad de siembra y menor distancia entre surcos ( $D_3E_1$ ), como puede observarse en la Tabla 2. Satin & Mosca (1984) encontraron que las densidades menores favorecen a los híbridos de hojas horizontales mientras que densidades mayores a los de hojas erectas.

El efecto espaciamiento entre surcos resultó no significativo para todas las variables analizadas. El mismo comportamiento se encontró en las interacciones entre espaciamientos con genotipos y con densidad de siembra. Estudios realizados por Roth *et al.* (1996) y Uhart *et al.* (2000) muestran una inconsistencia en la respuesta al aumento de la distancia entre surcos,

dependiendo del ambiente, los híbridos y la densidad de siembra. Barbieri *et al.* (2001) no encontraron diferencias significativas en la materia seca total y sus componentes al evaluar un híbrido de maíz sembrado a 0.70 y 0.35 m entre hileras.

El efecto de la interacción entre densidad de siembra x genotipo resultó significativo en la producción de materia seca de la planta completa y en su componente hoja, sin evidenciarse diferencias en la fracción tallo y mazorca al incrementarse la densidad. En la Tabla 2 se puede observar que como consecuencia de las diferentes arquitecturas de las plantas de ambos genotipos, en la densidad de 5 pl x m<sup>2</sup> se incrementa el peso de las plantas de la población al aumentar el componente hoja sin afectarse las fracciones correspondiente a espiga y tallo mientras que el híbrido lo hace en la densidad

de plantas intermedia o sea  $6.5 \text{ pl} \times \text{m}^2$ .

Respuestas positivas al incremento en la densidad de siembra y diferencial entre híbridos fueron reportadas por Alibes (1976), Andrade *et al.* (1994), Bertoia *et al.* (1994), Romero *et al.* (1994), Scheneiter *et al.* (1997), Bertoia *et al.* (2001). Contrariamente, Diaz & Di Nucci (2001) evaluando los cultivares Cargill 350 y Sil 3 en tres densidades de plantas (5,7; 7,1 y  $8,6 \text{ pl} \times \text{m}^2$ ) no encontraron interacción significativa para la producción de materia seca total, el rendimiento de grano, la composición porcentual de la planta y de la espiga sobre peso seco. Scheneiter *et al.* (1994) no hallaron cam-

bios en la producción de materia seca con el aumento en la producción de materia seca con el aumento en la densidad de siembra. Sotomayor Ríos *et al.* (2001) no encontraron una mejora en el rendimiento de materia seca al aumentar la densidad de 45 a  $100.000 \text{ pl} \times \text{ha}^{-1}$ .

Uhart *et al.* (2000) consideran que las plantas de maíz presentan escasa posibilidad de modificar la superficie foliar ante reducciones en la densidad de siembra, debido a la escasa capacidad de macollaje y de expansión foliar. Bertoia *et al.* (2001) mencionan que un alto rendimiento de forraje puede alcanzarse en plantas de gran envergadura (morfotipo vertical) con

**Tabla 2.** Materia seca ( $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$ ) de la planta completa y sus componentes en el estudio de la interacción densidad de siembra, espaciamiento entre surcos y genotipos de maíz forrajero en Santa Rosa, La Pampa.

Densidad de siembra ( $\text{pl} \times \text{m}^2$ )	Espaciamiento entre surcos (cm)	Genotipos					
		Población		Testigo		Promedio de la densidad de siembra ( $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$ )	
		Planta completa	Hojas	Planta completa	Hojas	Planta completa	Mazorca
5	50	16,954	4,441 a	15,545	1,950 d		
	70	20,258	3,033 c	18,362	1,841 d	17,781 a	5,958 b
6,5	50	16,835	3,368 b	16,102	2,243 c		
	70	18,585	2,485 d	19,518	2,968 b	17,760 a	6,658 a
8	50	14,956	3,406 b	15,648	3,306 a		
	70	12,198	3,139 c	15,773	2,364 c	14,643 b	4,814 c

Densidad de siembra x Genotipos (Materia Seca ( $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$ ))				
	Población		Testigo	
	Planta completa	Hojas	Planta completa	Hojas
5	18,606 a	3,737 a	16,954 b	1,895 b
6,5	17,710 b	2,927 c	17,810 a	2,605 a
8	13,577 c	3,172 b	15,710 c	2,835 c

Distintas letras en el sentido de las columnas indican diferencias significativas (DMS  $p < 0.05$ )

**Tabla 3.** Materia Seca ( $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$ ) de mazorca, tallo, hoja y total correspondiente a la población experimental y el testigo en Santa Rosa, La Pampa.

Genotipos	Materia Seca ( $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$ )			
	Mazorca	Tallo	Hoja	Total
Población	5.500 b (33,37%)	7.634 b (45,90%)	3.447 (20,4)	16.631
Testigo	6.070 a (36,08%)	8.175 a (48,59%)	2.578 (15,33)	16.823

Distintas letras en el sentido de las columnas indican diferencias significativas (DMS  $p < 0.05$ )

densidades similares o aún menores que en los híbridos modernos. En éstos últimos, los individuos son más bajos, con caña más delgada, y una arquitectura que les permite mayor tolerancia a la competencia intrapoblacional.

El efecto de la densidad de siembra se muestra en el Tabla 2 y se puede observar que en  $65.000 \text{ pl} \times \text{ha}^{-1}$  se logra mayor producción de materia seca de planta completa y de mazorca y que la misma disminuye a la densidad de  $80.000 \text{ pl} \times \text{ha}^{-1}$  de maíz forrajero evaluada para tres densidades de siembra ( $50, 70$  y  $100.000 \text{ pl} \times \text{ha}^{-1}$ ) encontraron que la densidad óptima sería la de  $50.000 \text{ pl} \times \text{ha}^{-1}$ .

El efecto genotipo se detalla en el Tabla 3, resultando significativo para los componentes mazorca y tallo, a favor del testigo. Ambos genotipos tienen similar rendimiento en planta entera, y la fracción hoja es sensiblemente superior en la población aunque sin alcanzar significancia estadística. Dhillon *et al.* (1990b) señalan que el tallo y la espiga son los componentes morfológicos que más contribuyen a la producción de biomasa en maíz. Según Cozzolino & Fassio (1996) el grano aporta un 50% del total de la materia seca de la planta entera al momento de la cosecha, el tallo aporta alrededor del 26% y las hojas y chalas el 24% restante. En el presente trabajo los

valores del porcentaje de mazorca son muy inferiores a los publicados tanto en el híbrido como en la población experimental mientras que el porcentaje de tallo y de hoja fueron superiores a los mencionados, pudiendo repercutir en los valores de digestibilidad del cultivo.

## CONCLUSIONES

La arquitectura de la planta de la población experimental con varios tallos y hojas en disposición horizontal le permite lograr una mayor producción de biomasa de planta completa en la menor densidad de siembra, donde adquiere el mayor rendimiento de hoja. El híbrido responde mejor con una densidad de plantas intermedia ( $6.5 \text{ pl} \times \text{m}^{-2}$ ). La repetición de esta evaluación y la determinación de la digestibilidad de las distintas fracciones de la planta ampliarían la presente información del rendimiento de la materia seca.

## BIBLIOGRAFIA

- Alibes, X. 1976. Ensayo comparativo del valor alimenticio de dos variedades de maíz I. La planta entera consumida verde -

- composición morfológica, química y rendimientos. II. La planta entera ensilada. Influencia del estado de recolección y de la densidad de las plantas. Departamento de Producción animal, pastos y forrajes C.R.I.D.A.- 03 I.N.I.A. Zaragoza.
- Andrade, F. H.; F.A. Margiotta; R. M. Martínez; P. Heiland; S. Uhart; A.Cirilo & M. Frugone. 1994. Densidad de plantas de maíz. Boletín Técnico N° 108. Est. Exp. Agrop. Balcarce. INTA.
- Barbieri, P.A.; H.R. Sainz Rozas; H.E. Echeverría & F. H. Andrade. 2001. Reducción de la distancia entre hileras en maíz bajo siembra directa: acumulación y partición de materia seca. Actas del VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, 7-9 de Noviembre de 2001.
- Bertoia, L.M.; M.S. Borlandelli & R. Burak. 1994. Densidad de siembra de maíz (*Zea mays* L.) 1. Efecto sobre la producción de materia seca. Rev. Arg. Prod. Anim. 14:62-63.
- Bertoia, L.M. & A. Peper. 2001. Respuesta forrajera de híbridos de maíz a factores ambientales y de manejo. Actas del VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, 7-9 de Noviembre de 2001.
- Carrete, J.R. & J.O. Scheneiter. 1999. Maíz para silaje, algo especial. Producir XXI: 53-57.
- Corsetti, D.R. & F.S. Pantuso. 2003. Evaluación de una población de maíz forrajero "efecto de la densidad y fecha de siembra sobre el macollaje". Journal of Basic & Applied Genetics. XV (supplement 2):126.
- Cozzolino, D. & A. Fassio. 1996. Silaje de maíz. Forrajes Journal. 1:52-55.
- Díaz, M.G. & Di Nucci de Bedendo. 2001. Efecto de la densidad y del cultivar sobre el comportamiento productivo de maíz para silaje en siembras tardías. Actas del VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, 7-9 de Noviembre de 2001.
- Dillhon, B.S.; P.A.Gurrath; E. Zimmer; M. Wermke; W.G. Pollmer & D.Klein. 1990. Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvest. Maydica 35:297-302.
- Little, T. M. & F. Jackson Hills. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. 270 p.
- Moll, R.H. & E.J. Kamprath. 1977. Effects of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. Agron. J. 69:81-84.
- Romero, L.A.; O.A. Bruno & C. Díaz. 1994. Respuesta a la fertilización y densidad de siembra de maíz y sorgo para silaje. In: Jornada de actualización técnica sobre la producción de forrajes conservados de alta calidad. INTA Rafaela. 26 de octubre de 1994. 10 p.
- Roth, G. W. 1996. Evaluation of narrow row corn for grain and silage production in Pennsylvania. <http://www.agronomy.psu.edu>.
- Satin, M & G. Mosca. 1984. Effetto dell orientamento fogliare sulla produzione di trinciato integrale di mais a diversi livelli di densità di piante. Riv. Di Agron., 2. 101-107.
- Scheneiter, J.; J. Carrete; P. Rimieri & C. Devito. 1997. Maíz para silaje: efecto de la densidad de siembra sobre la producción y el valor nutritivo del forraje. Revista de Tecnología Agropecuaria. Pergamino. pp.23-26.
- Sotomayor Rios A., C. Torres & M. Ellis. 1980. Effects of plant density on yield and plant characters of twelve corn hybrids and selections. J. of Agric. of Univ. of Puerto Rico 64:407-413.
- Uhart, S.A.; F. Andrade; A. Cirilo; N. Frugone & O. Correa. 2000. Densidad y distribución de plantas en maíz. <http://www.megaagro.com.uy>.
- Vega, C.R. & F.H. Andrade. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. Capítulo 4. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Andrade, F.H. y V.O. Sadras. Ed. Médica Pana-

mericana S.A. 443 pp.

White, R.P. 1976. Effects of plant population on forage corn yield and maturity on Prince Edward Island. Can. J.Plant Sci. 56:71-77.