

Nuevas variedades de maíz (*Zea mays* L.) para la zona semiárida de la provincia de Córdoba, Argentina

Biasutti, C. A., Bongianino, N. y de la Torre, M. V.

DOI: 10.31047/1668.298x.v38.n1.32098

RESUMEN

El empleo de variedades de maíz de libre polinización adaptadas a ambientes específicos representa una alternativa para productores de zonas marginales para los cuales es problemática la adopción de cultivares híbridos de última generación por su alto costo. A pesar del mayor potencial de rendimiento de los cultivares híbridos, las variedades de polinización libre pueden ser ventajosas por su adaptación, estabilidad, menor costo y la posibilidad de obtener semilla propia. Dos poblaciones de maíz de libre polinización fueron desarrolladas mediante métodos de selección recurrente para adaptación a la zona semiárida del centro de la provincia de Córdoba. Las variedades obtenidas se compararon con cultivares híbridos comerciales durante tres años en experimentos a campo y presentaron buenas características agronómicas relativas a los componentes del rendimiento, resistencia a enfermedades prevalentes, calidad y rendimiento en grano.

Palabras clave: cultivares; selección adaptativa; ambientes marginales; rendimiento en grano.

Biasutti, C. A., Bongianino, N. and de la Torre, M. V., 2021. New maize (*Zea mays* L.) varieties for semi-arid lands of Cordoba province, Argentina. Agriscientia 38: 111-116

SUMMARY

The use of open pollinated varieties adapted to specific environments represents an alternative to hybrid cultivars for producers in marginal areas for whom the high cost of state-of-the-art hybrid cultivars complicates their adoption. Despite the greater yield potential of maize hybrids, open pollinated varieties can be advantageous due to its adaptation to marginal environments, yield stability, lower seed prices, and mainly because it enables the producers to obtain their own seed. Two open pollinated maize varieties were developed by recurrent selection for their adaptation to the semi-arid region of Córdoba province. The varieties obtained were compared with commercial hybrids during three years

in field trials and they showed good agronomic performance in grain yield and related characteristics, grain quality and resistance to prevalent diseases.

Key words: cultivars; adaptive selection; marginal environments; grain yield.

Biasutti, C. A. (ORCID 0000-0002-0010-8199), Bongianino, N. (ORCID 0000-0002-7553-4774) y de la Torre, M. V. (ORCID 0000-0003-0605-4301): Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Mejoramiento Genético Vegetal. Ing. Agr. Félix Aldo Marrone 746, Ciudad Universitaria, (5001) Córdoba, Argentina. Correspondencia a: biasutti@agro.unc.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La provincia de Córdoba es una de las principales productoras de maíz de Argentina. En los últimos diez años ha participado con el 30 % de la superficie sembrada en el país, siendo el rendimiento promedio alcanzado en esa década del orden de 7000 kg ha⁻¹ (MAGYP, 2020). Los departamentos Río Primero, Totoral y Colón, con las subzonas X-A y X-B, constituyen la región semiárida del centro norte de la provincia. La superficie sembrada en toda esta región es de alrededor de 4 500 000 ha, de la cuales el maíz ocupa el 24 % detrás de la soja que es el principal cultivo con el 60 %. En toda la zona los rendimientos promedios del maíz están en el orden de los 5,6 t ha⁻¹ (Sánchez y Barberis, 2013).

Actualmente, casi la totalidad de los cultivares de maíz en la zona centro norte de la provincia de Córdoba son híbridos. Esto es el resultado de una continua investigación y mejoramiento de líneas endocriadas destinadas a la obtención de híbridos con alta heterosis para rendimiento en grano y homogeneidad en la expresión de las características agronómicas.

Sin embargo, se ha postulado que ciertas variedades de polinización libre (VPL) pueden alcanzar un comportamiento comparable a los cultivares híbridos, cuando estas poblaciones son adecuadamente probadas, identificadas y mejoradas empleando métodos adecuados y criterios de selección eficientes (Coors, 1999; Carena, 2005).

En muchos casos las VPL han sido consideradas

como de mayor estabilidad en los rendimientos y con adaptación más amplia comparada con los cultivares híbridos tradicionales, sobre todo en ambientes marginales. (Prasanna, Vasal, Kassahun y Singh, 2001; Vaz Pato, Moreira, Almeida, Satovic y Pego, 2008).

Este tipo de variedades permite que el agricultor pueda cosechar su propia semilla para el próximo ciclo de siembra, reduciendo notablemente sus costos de producción. Con una simple metodología de aislamiento o cruzamiento dirigido entre plantas puede obtener semilla propia del cultivar y, además, incorporar sus propios criterios de selección o de ideotipo de planta. Sobre la base de lo anterior, los agricultores en zonas marginales y aquellos que practican la agricultura orgánica son potenciales beneficiarios de este tipo de variedades incrementado la sustentabilidad de esos agroecosistemas (Kutka, 2011).

Además de ser una alternativa a los genotipos comerciales, estas poblaciones mejoradas, debido a su mayor variabilidad genética en comparación con los híbridos comerciales, son una importante fuente para la obtención de líneas endocriadas genéticamente diversas asegurando un reservorio de alelos útiles para su empleo en el desarrollo de nuevos cultivares sintéticos (Darrah y Penny, 1975; Carena, 2005).

El objetivo de este trabajo fue describir las principales características agronómicas de dos nuevas variedades de maíz de polinización libre desarrolladas por el programa de mejoramiento genético de la Cátedra de Mejoramiento Genético Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de desarrollar variedades de maíz adaptadas a la zona marginal de la provincia de Córdoba, se inició un programa de mejoramiento genético en maíz en dos poblaciones de alta variabilidad genética, una de grano amarillo-rojiza y otra de grano blanco. Estas variedades fueron desarrolladas mediante selección adaptativa que combinó la selección masal estratificada con control de la polinización (cuatro ciclos) y la selección individual sobre la base de progenies de autofecundación (dos ciclos). La selección masal está indicada para la adaptación de poblaciones altamente variables conservando, al mismo tiempo, un alto grado de variabilidad genética. Por otra parte, la selección sobre la base de progenies de autofecundación es útil para la selección individual de familias o individuos a partir de caracteres de moderada a baja heredabilidad (Hallauer y Miranda, 1988). En total se realizaron seis ciclos de selección, en cada población, a partir de germoplasma local (cruza entre las variedades Colorado La Holandesa y MPB-FCA 856) e introducido (Tuxpeño) del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt). La selección se realizó en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC y en las localidades de Villa de Soto y Deán Funes. La elección de los genotipos en cada ciclo se realizó a partir de los siguientes criterios de selección: un reducido intervalo de floración (diferencia en días entre 50 % de plantas con liberación de polen y 50 % de plantas con emisión de estigmas), prolificidad, tolerancia al vuelco, resistencia a enfermedades, tolerancia a altas temperaturas, características de la espiga y rendimiento en grano (Biasutti, Casanoves y Peiretti, 2000). Las poblaciones se condujeron en parcelas con polinización controlada, empleando un mínimo de 5000 plantas, aplicándose una intensidad de selección del 5 % en cada ciclo. Se obtuvieron dos poblaciones de polinización libre, denominadas Capilla 6006, de grano colorado duro y Capilla 8008, de grano blanco duro.

La evaluación de los materiales obtenidos se realizó de acuerdo a las normas establecidas por el Instituto Nacional de Semillas (INASE) para la descripción e inscripción de cultivares en el Registro Nacional de Cultivares de la República Argentina (INASE, 2020). Los genotipos obtenidos fueron comparados con tres cultivares híbridos comerciales: M 369 (Criadero Santa Úrsula), MAC 1000 (Criadero MAISUR) y Prozea 30 (PRODUSEM S.A.), evaluándose bajo condiciones de secano, en ensayos en bloques completos al azar con dos

repeticiones durante tres campañas: 2010, 2011 y 2012. Los testigos fueron elegidos por ser de ciclo similar a los cultivares experimentales y, en el caso del M 369, fue el único cultivar comercial de grano blanco disponible. Durante 2013 a 2015 se realizó la descripción varietal de ambos cultivares de acuerdo a las normas establecidas por INASE (2020). El tamaño de parcela empleado fue de dos surcos de 7 m de longitud, separados a 0,52 m y una distancia entre plantas dentro del surco de 0,30 m. Se sembraron dos semillas por golpe y luego se raleo a una planta al estadio V3/V4. Para el control de malezas se aplicó atrazina y glifosato antes de la siembra, en dosis recomendadas para el cultivo de maíz y luego de la emergencia se controló manualmente. Los ensayos se implantaron en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC.

Se recolectaron datos sobre días desde siembra a 50 % de plantas con derrame de polen y 50 % de emisión de estigmas, altura de planta, tomada desde la superficie del suelo incluyendo la panoja, altura de inserción de espiga, tomada desde la superficie del suelo al nudo donde se inserta la espiga superior, número de plantas por parcela que presentaron quebrado el tallo debajo de la espiga superior a cosecha, número de plantas volcadas, plantas que poseen un ángulo de 45 o mayor con respecto a la vertical a cosecha, y rendimiento en grano ajustado al 14 % de humedad.

Además, se evaluó el número de plantas con síntomas de roya y tizón (incidencia), de acuerdo a pautas establecidas por INASE (2020) y se cuantificó el peso hectolítrico y porcentaje de proteína de cada cultivar según normas de los laboratorios del SENASA (2020).

Los análisis de varianza en cada ambiente y combinado se realizaron mediante el programa Infostat (Di Rienzo *et al.* 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los cultivares para los caracteres: días a 50 % de plantas con derrame de polen y emisión de estigmas, porcentaje de plantas quebradas, incidencia de roya y tizón y para rendimiento en grano. Los años mostraron una incidencia significativa en todos los caracteres con excepción de la incidencia de roya. La interacción cultivar x año fue altamente significativa para plantas quebradas e incidencia de tizón y significativa para rendimiento (Tabla 1). Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo de cultivo fueron de 595,8 mm, 411,2 mm y 442,2 mm

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para nueve caracteres en cinco cultivares de maíz evaluados durante 3 años

Fuente de Variación	Caracteres								
	Derrame Polen	Emisión Estigmas	Altura Planta	Altura Espiga	Plantas Volcadas	Plantas Quebradas	Roya	Tizón	Rinde
Modelo	16,10**	22,44**	0,05**	0,05*	5,16	3,37**	1,39*	0,65**	272,87**
Cultivares (C)	33,05**	47,28**	0,02	0,03	6,55	5,04**	3,88**	0,62**	584,88**
Años (A)	49,43**	70,93**	0,26**	0,28*	18,10*	4,5**	0,53	1,63**	411,81**
Bloques	2,70	1,20	0,03	0,01	0,51	7,5-04	0,00	0,30	150,17*
C x A	0,97	0,56	0,02	0,01	1,81	2,68**	0,53	0,47**	97,48*
Residuo	1,99	1,77	0,01	0,02	3,61	0,59	0,36	0,09	28,35

*,** indican diferencias significativas y altamente significativas, respectivamente.

para los años 2010, 2011 y 2012, respectivamente.

Los cultivares Capilla 6006 de grano colorado y Capilla 8008, de grano blanco, mostraron buen comportamiento en los ensayos comparativos con híbridos comerciales. Ambos cultivares presentaron un peso hectolítrico similar a los testigos y el cultivar Capilla 8008 mostró un porcentaje de proteína superior a los respectivos cultivares híbridos testigos, M369, MAC1000 y Prozea 30, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Tipo de cultivar, color de grano y valores medios de peso hectolítrico y porcentaje de proteína para cinco cultivares de maíz

Cultivar	Tipo	Color de Grano	Peso Hectolítrico	Porcentaje de Proteína
Capilla 8008	VPL	Blanco	76,00	12,6
Capilla 6006	VPL	Colorado	78,80	10,3
M369	HT	Blanco	76,80	12,3
MAC1000	HD	Colorado	79,20	10,1
Prozea30	HT	Colorado	78,80	9,9

Referencias: VPL: variedad de polinización libre, HD: híbrido doble, HT: híbrido triple.

Los cultivares de grano blanco fueron los más tardíos en cuanto a días a derrame de polen, diferenciándose significativamente de los otros

cultivares (Tabla 3). Para días a emisión de estigmas el comportamiento fue similar, aunque el cultivar M 369 fue el más tardío de todos. De acuerdo al índice de madurez en relación al tiempo térmico (INASE, 2020) el cultivar Capilla 6006 es de madurez precoz (1315 °Cd) y el Capilla 8008 de madurez media (1675 °Cd). Capilla 8008 mostró una altura de planta superior significativa con respecto a Capilla 6006 y a MAC 1000. Con respecto a plantas quebradas, el cultivar Prozea 30 mostró un porcentaje menor y significativo en comparación con los otros cultivares, que no se diferenciaron entre sí. En cuanto al porcentaje de plantas volcadas los cultivares Capilla 6006 y 8008 no se diferenciaron del testigo Prozea 30, presentando ambos un valor inferior y significativo respecto a los otros dos testigos. Resultados promedios de tres años de evaluación mostraron un rendimiento en kg ha⁻¹ de 8459, para Capilla 6006 y de 7725 para Capilla 8008. Ambos cultivares experimentales superaron significativamente al testigo MAC 1000. El cultivar Capilla 6006 no se diferenció del híbrido M 369 y solo fue superado significativamente por el cultivar Prozea 30.

Considerando que los rendimientos de una VPL se ubican en porcentaje entre un 20 a un 40 % menor comparado con los cultivares

Tabla 3. Valores medios para días a 50 % a derrame de polen y emergencia de estigmas, altura de planta y de inserción de espiga superior, porcentaje de plantas quebradas y volcadas y rendimiento en grano para cinco cultivares de maíces evaluados durante 3 años

Cultivar	50% Polen Días	50% Estigmas Días	Altura de Planta m	Altura de Espiga m	Plantas Quebradas %	Plantas Volcadas %	Rendimiento Kg/ha
Capilla 6006	71,33 a	73,00 b	2,08 a	1,21 a	2,29 ab	1,66 a	8459,33 c
Capilla 8008	74,17 b	76,17 c	2,22 b	1,36 a	3,2 b	1,58 a	7725,83 b
MAC 1000	71,33 a	73,66 b	2,07 a	1,21 a	3,34 b	3,20 b	6828,16 a
M 369	75,83 b	78,33 d	2,17 ab	1,34 a	2,01 ab	2,56 b	8507,33 c
Prozea 30	70,16 a	71,16 a	2,10 ab	1,24 a	0,81 a	1,00 a	9477,00 d
Media	72,57	74,47	2,13	1,27	2,43	1,94	8199,53
CV%	1,94	1,79	4,76	10,63	78,27	39,58	6,49

CV%: coeficiente de variación. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5 %.

híbridos (Paliwal, 2000), las variedades evaluadas mostraron un excelente comportamiento. Comparado con el testigo híbrido Prozea 30, de mejor rendimiento en grano, la variedad Capilla 6006 rindió, en promedio, un 11 % menos, mientras que la variedad Capilla 8008 tuvo un rendimiento un 19 % menor que el cultivar mencionado, y un 10 % menor que el cultivar híbrido de grano blanco M 369. Estos porcentajes se encuadran entre los hallados por Pixley y Bazinger (2004), los cuales al comparar el comportamiento de VPL e híbridos en diversos ambientes, concluyeron que la superioridad en rendimiento promedio de los híbridos sobre las VPL es del orden del 15 al 20 %. La menor diferencia en porcentaje entre las VPL y los híbridos concuerda con resultados obtenidos en ambientes marginales donde la diferencia en rendimiento entre ambos tipos de cultivares se reduce (Pixley, 2006).

Las variedades obtenidas no mostraron diferencias significativas con el testigo MAC 1000 en cuanto a la incidencia de roya (*Puccinia sorghi*). En cuanto a la incidencia de tizón (*Helminthosporium turcicum*), su comportamiento fue similar a los testigos MAC 1000 y M 369 (Tabla 4).

Tabla 4. Valores medios para porcentaje de plantas por parcela con síntomas de roya y tizón en cinco cultivares de maíces evaluados durante 3 años

Cultivar	Roya (1)	Tizón (1)
Capilla 6006	1,66 b	0,33 ab
Capilla 8008	1,33 b	0,50 bc
MAC 1000	1,33 b	1,00 c
M 369	0,33 a	0,33 ab
Prozea 30	0,33 a	0,17 a
Media	0,93	0,37
CV%	64,03	79,85

Escala: 0: No hubo ataque, 1 (aproximadamente 10 % de infección) a 9 (aproximadamente 90 % de infección), Inase (2020). CV%: coeficiente de variación. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5 %.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que es posible obtener VPL que alcancen un rendimiento aceptable mediante la selección recurrente adaptativa en zonas marginales para el cultivo del maíz.

Las variedades desarrolladas constituyen una alternativa a la siembra de cultivares híbridos en la zona semiárida, permitiendo que los agricultores puedan proveerse de semillas propias reduciendo sustancialmente los costos de producción, sobre

todo en ambientes marginales para el cultivo.

Los cultivares Capilla 6006 y Capilla 8008 se encuentran inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares bajo los número de registros 17976 y 17977 respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

La obtención de estas variedades de maíz fue posible gracias a subsidios otorgados por la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la UNC, durante el período 2009 - 2018.

BIBLIOGRAFÍA

- Biasutti, C. A., Casanoves, F. y Peiretti, D. A. (2000). Response to different adaptative mass selection criteria in a maize exotic population. *Maydica*, 45(2), 89 - 94.
- Carena, M. J. (2005). Maize commercial hybrids compared to improved population hybrids for grain yield and agronomic performance. *Euphytica*, 141, 201–208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-005-7072-0>
- Coors, J. G. (1999). Selection methodology and heterosis. En: J. G. Coors, y S. Pandey (Eds.), *The genetics and exploitation of heterosis in crops* (225 – 245). Madison, Wisconsin, Estados Unidos: American Society of Agronomy.
- Darrah, L. L. y Penny, L. H. (1975). Inbred Line Extraction From Improved Breeding Populations. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 41, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/00128325.1975.11662769>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. Infostat (versión 2017) [Software]. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Hallauer, A. R. y Miranda, J. B. (1988). *Quantitative genetics in maize breeding* (2a ed.). Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Instituto Nacional de Semillas (INASE) (2020). *Descriptor de cultivares*. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/variedades-vegetales/descriptor-de-cultivares/cereales>
- Kutka, F. (2011). Open-Pollinated vs. Hybrid Maize Cultivars. *Sustainability*, 3(9), 1531-1554. DOI: <https://doi.org/10.3390/su3091531>
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP) (2020). *Estimaciones Agrícolas*. Recuperado de: <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>

- Paliwal, R. L. (2001). Hybrid maize breeding. En: R. L. Paliwal y G. Granados, (Eds), *Tropical maize improvement and production*. (151 – 170). Rome, Italy: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Pixley, K. y Bazinger, M. (2002). Open-pollinated maize varieties: A backward step or valuable option for farmers? En: D. K. Friesen y A. F. E. Palmer (Eds.). *Integrated approaches to higher maize productivity in the new millennium* (22 – 28). Proceedings of the seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. Nairobi, Kenia: Digital Process Works Ltd.
- Pixley, K. (2006). Hybrid and open-pollinated varieties in modern agriculture. En: K. Lamkey y M. Lee (Eds.), *Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer International Symposium* (234-250). Blackwell Publishing.
- Prasanna, B. M., Vasal, S. K., Kassahun B. y Singh N. N. (2001). Quality protein maize. *Current Science*, 81 (10), 1308-1319.
- Sánchez, C. y Barberis, N. A. (2013). Caracterización del territorio Centro de la provincia de Córdoba. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Córdoba, Argentina: Ediciones INTA.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de Argentina (Senasa) (2020). Laboratorios. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/detalle_analisis_-_cereales.pdf
- Vaz Patto, M. C., Moreira, P. M., Almeida, N., Satovic, Z. y Pego, S. (2008). Genetic diversity evolution through participatory maize breeding in Portugal. *Euphytica* 161, 283–291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9481-8>