

Artículo científico

Cuatero INTA, nuevo cultivar de maíz (*Zea mays* L.) para el subtrópico argentino

Cuatero INTA, a new maize cultivar (*Zea mays* L.) for subtropical Argentina

F.H. Canteros^{1,2*}; J.D. Parrado²; R.E. Aragón³

¹ Agencia de Extensión Rural Monteros, INTA. Ruta 38 km 758, Los Torrejones. Monteros, Tucumán, Argentina. *E-mail: canteros.francisco@inta.gov.ar

² Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Kirchner 1900. Tucumán, Argentina.

³ Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, CIAP - INTA. Chañar Pozo, Leales, Tucumán, Argentina.

⁴ Agencia de Extensión Rural Simoca, INTA. 25 de Mayo, Prolongación Oeste. Simoca, Tucumán, Argentina.

Resumen

El cultivo de maíz en la región del noroeste de la República Argentina (NOA) cumple un rol importante en la sustentabilidad del área agrícola. En este trabajo se presenta la variedad de polinización abierta Cuatero INTA, recomendada para el subtrópico argentino (al norte del paralelo 30° LS). Este nuevo cultivar se destaca por su gran adaptación, potencial de rendimiento (8000 kg/ha), bajo costo de semilla, tolerancia al calor y a las enfermedades propias de la región, lo cual permitiría cubrir las necesidades de pequeños productores y de aquellos de áreas marginales.

Palabras clave: Maíz; Subtrópico; Variedad de polinización abierta.

Abstract

Corn crops play an important role in the agricultural sustainability of the northwestern region in the Argentine Republic (NOA region). This work presents the open-pollinated variety Cuatero INTA, a new cultivar which can be recommended for subtropical regions in Argentina, north of the 30° LS parallel, due to its high adaptation levels, yield potential (8,000 kg/ha), low seed cost, and tolerance to heat and diseases typical of the region. Indeed, this cultivar could cover the needs of both small farmers and producers in marginal areas.

Keywords: Maize; Subtropic; Open pollination variety.

Introducción

El cultivo de maíz en la región del noroeste de la República Argentina (NOA) es antiguo y data de la época prehispánica, cuando los diferentes grupos aborígenes que poblaban la región ya lo conocían, porque estaba de hecho muy arraigado a su cultura. En el libro *La Agricultura Aborigen Argentina* (Parodi, 1966), se menciona que el maíz se cultivaba en diferentes regiones, que hoy son parte de la Argentina y de países vecinos.

En la región del NOA, el maíz cumple un rol importante en la sustentabilidad del área agrícola destinada a la producción de granos, principalmente debido a la captura de carbono (Gregorich *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2006) y al aporte de rastrojos, aspectos críticos en el manejo conservacionista y en la protección de los suelos de la región (Sanzano, 2001; Sanzano *et al.*, 2008). Por otro lado, es importante para la dieta humana, ya que el maíz es la base de muchos alimentos

regionales, así como también para la alimentación de animales (MAIZAR, 2006).

La producción de granos en el NOA abarca las provincias de Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán, ocupando la Llanura Chaco Pampeana y parte de la Llanura Deprimida y el Pedemonte (Figura 1 A y B). En la región, la superficie sembrada para la campaña 2018/2019 fue de 420.000 ha, de las cuales alrededor de 91.880 ha corresponden a la provincia de Tucumán (Rios, 2019). En relación a los rindes obtenidos a nivel país, el promedio fue de 9070 kg/ha, mientras que el NOA alcanzó los 6990 kg/ha (Rios, 2019).

Según datos del Censo Nacional Agropecuario 2018 (INDEC, 2021), en las provincias que integran el NOA existen 15.660 productores que disponen de terrenos agrícolas con superficies que van desde menos de 5 ha hasta 10 ha, abarcando un área total de 50.539 ha. Además, existen áreas marginales donde el cultivo de maíz se encuentra bajo riesgo de cosecha, debido

a las precipitaciones irregulares. En estas áreas predominan las explotaciones mixtas agrícolas-ganaderas, en las cuales el maíz es sumamente importante para el sistema agroecológico, ya que aporta cobertura al suelo en la rotación con soja y sirve de alimento para el ganado, además de ser un producto primario para la venta.

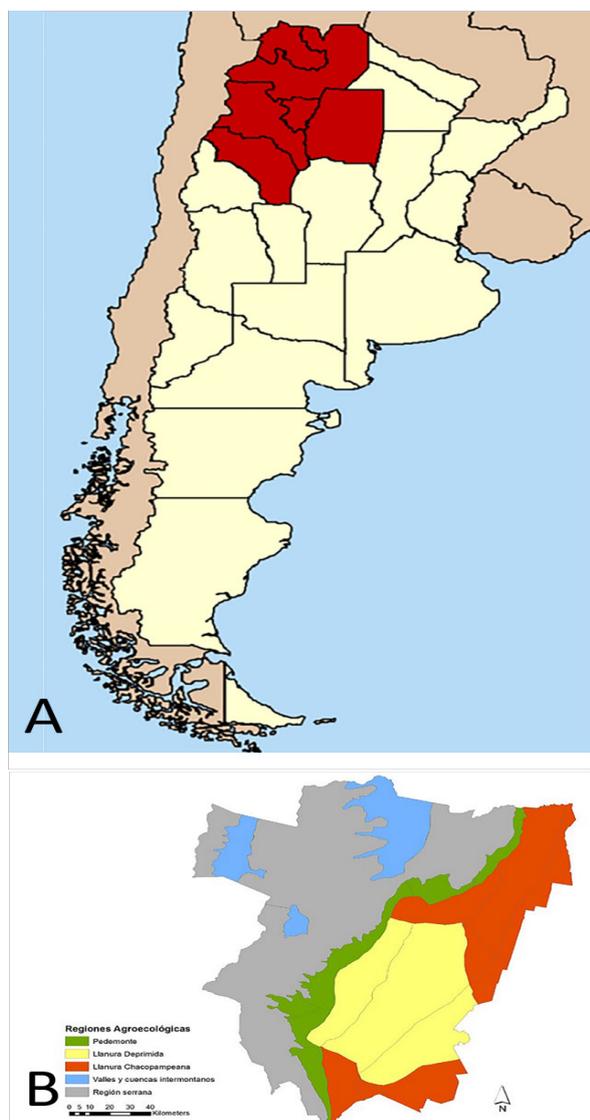


Figura 1. (A) Mapa de la República Argentina y delimitación de la región del noroeste Argentino (Fuente: Wikimedia Commons). (B) Regiones agroecológicas de la provincia de Tucumán (Fuente: Zuccardi y Fadda, 1985).

Para el desarrollo de este último tipo de explotaciones, se necesita poner a disposición del productor cultivares de maíz lo suficientemente estables en su rendimiento, con tecnología incorporada y semilla de bajo precio, cuyo impacto en el costo de producción sea el menor posible. Esto no ocurre actualmente con la semilla de los

híbridos comerciales, cuyos precios impactan fuertemente en los costos de producción.

Las variedades de polinización abierta (VPA), que se inter cruzan libremente en forma natural, ocupan un lugar importante en los sistemas productivos de los pequeños productores del NOA. Además de proveer semillas económicamente accesibles para los agricultores, estas variedades cumplen una importante función social por los múltiples usos que pueden otorgárseles: por ejemplo, pueden utilizarse para alimentar animales, además de constituir un alimento para los seres humanos, ya sea consumidas en fresco o en comidas típicas regionales. Por lo tanto, con este tipo de cultivares se busca satisfacer las necesidades de este sector y poner a su disposición cultivares mejorados.

El objetivo de este trabajo es presentar el cultivar Cuatero INTA y dar cuenta de su proceso de desarrollo, el cual fue impulsado por el Programa de Mejoramiento de Maíces Subtropicales del Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS), dependiente del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Materiales y métodos

Esta nueva variedad se desarrolló en el marco del Programa de Mejoramiento de Maíces Subtropicales (PMMS) del IIACS, mediante ensayos realizados en la localidad de Chañar Pozo, del departamento Leales de la provincia de Tucumán, en la Argentina. La fuente de germoplasma elite utilizada en su obtención era material propio del PMMS.

En la campaña 2012/2013 se realizó el cruzamiento de un compuesto formado por una mezcla balanceada de líneas del PMMS (Fehr, 1991; Poehlman y Sleper, 1995), por la VPA Leales 25 Plus. En la campaña 2013/2014 se sembró en forma aislada la semilla F1, se seleccionaron 200 plantas y se cosechó la semilla F2. Cada espiga se consideró como una familia de medio hermanos maternos (FMHM), se etiquetó y guardó en cámara de frío. En la campaña 2014/2015, se sembraron las FMHM en ensayos comparativos de rendimiento (ECR) para su evaluación mediante el método de prueba de progenies descrito por Poehlman y Sleper (1995). El diseño del ECR fue en bloques completos aleatorizados, con dos repeticiones. Las parcelas fueron de 3,5 m² (1 surco de 5 m distanciados a 70 cm), con una densidad de 60.000

plantas/ha. Se fertilizó con 150 kg/ha de urea y 80 kg/ha de fosfato diamónico. Como testigos, se utilizaron la VPA Leales 25 Plus y las F2 de los híbridos simples DKB390YGRR2 (Monsanto) y Pioneer 30B39 Hx (Pioneer), que hacían las veces de VPA. Este experimento fue replicado en dos fechas de siembra: el 24 de diciembre de 2014, como fecha óptima, y el 16 de enero de 2015, como tardía. Esto generó dos ambientes diferentes, ya que las condiciones de precipitaciones y luminosidad fueron distintas. Cada experimento fue sembrado en distintos lotes del predio del IIACS, distanciados a 2,31 km.

En base a los datos de los ECR, se seleccionaron las 15 mejores FMHM, teniendo en cuenta los siguientes caracteres: rendimiento, vuelco y acame, altura de la planta y días a antesis (DA), días a emisión de estigmas (DEE) e intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas (ASI, por sus siglas en inglés: *anthesis silking interval*). Estas 15 mejores FMHM constituyeron el germoplasma de la nueva VPA, Cuatero INTA. Además de los caracteres antes mencionados para la selección de las FMHM, también se tuvo en cuenta el color de los estigmas, las anteras, la altura de inserción de espigas y el tipo de grano, seleccionando en este caso espigas que presentaban grano colorado duro, tal como se puede ver en la Figura 2 A y B. Estos caracteres se evaluaron con el fin de generar un cultivar uniforme que cumpliera con los requisitos para su inscripción.

Las malezas se controlaron mediante barbecho químico, con glifosato más 2,4 D, en dosis de 3 l/ha y 0,5 l/ha, respectivamente. Se hicieron dos pasadas de rastra de discos y se aplicó atrazina (3,0 l/ha) y metaloclor (2,5 l/ha) en presiembra. Las plagas insectiles se controlaron con dos aplicaciones de insecticidas deltametrina (Decis Forte) (40 cm³/ha) entre los estados fenológico V2 y V3 (Ritchie y Hanway, 1982) y lambdacialotrina (Karate Zeon) (40 cm³/ha), en estado fenológico V4 (Ritchie y Hanway, 1982).

En el ciclo de invierno del año 2015, las semillas remanentes F2 de las 15 FMHM selectas que habían sido cosechadas en la campaña 2013/2014 y guardadas en cámara de frío, se sembraron en invernáculo el 17 de julio de 2015, en surcos de 10 m: 2 surcos de hembras formadas por FMHM selectas y un surco de macho polinizador, formado por una mezcla en partes iguales de cada una de las FMHM selectas (macho balanceado) (Figura 3). El objetivo era lograr intercruzamientos de estas

semillas para obtener la VPA Cuatero INTA. Las malezas fueron controladas manualmente con azada y no se requirió ningún control contra insectos.

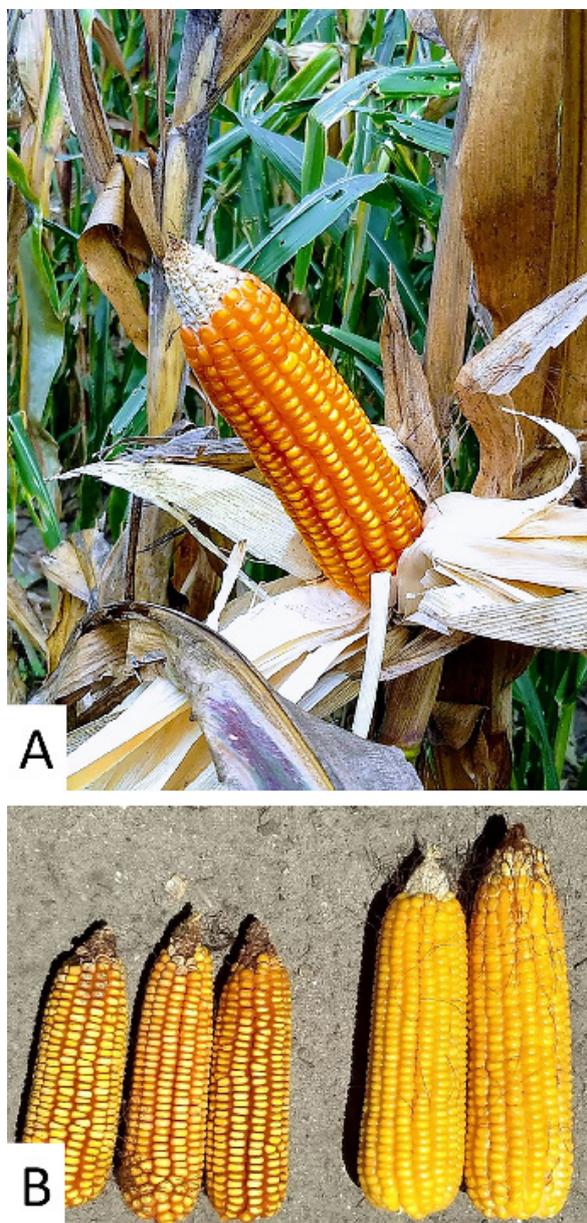


Figura 2. (A) Espigas de maíz Cuatero INTA con tipo de grano colorado duro. (B) Espigas de maíz Cuatero INTA (derecha), comparadas con espigas de otro cultivar (izquierda).

En la campaña 2015/2016, Cuatero INTA se incorporó a los ECR del IIACS, cuyos resultados serían presentados luego en el Instituto Nacional de Semillas (INASE). Los ensayos se realizaron durante tres campañas (2015/2016, 2016/2017 y 2017/2018), como indica el protocolo del INASE para la inscripción de variedades, utilizándose como testigos a Leales 25 Plus y a dos híbridos simples subtropicales, INTA 2012, que no es un OGM (organismo genéticamente modificado) y el

híbrido DKB390YGRR2 (Monsanto), que es un OGM. Las características de estos cultivares se muestran en la Tabla 1.

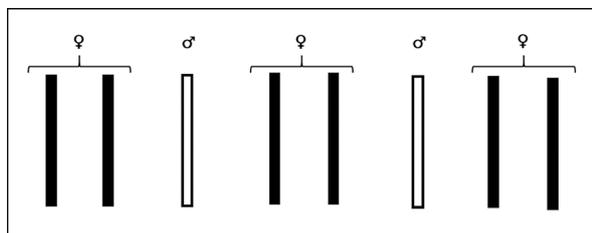


Figura 3. Esquema de siembra de familia de medio hermanos maternos (FMHM) en invernáculo, para la producción de semillas de la VPA Cuatero INTA. Barras negras corresponden a surcos de FMHM hembras (♀); barras vacías corresponden a surcos de machos balanceados (♂).

Los ensayos se realizaron en parcelas de 7 m² (2 surcos distanciados a 70 cm, de 5 m de longitud), provenientes de soja como cultivo antecesor, que se cultivaron con una densidad de 60.000 plantas/ha, siguiéndose un diseño de bloques completamente aleatorizados con dos repeticiones. Se fertilizó con 150 kg/ha de urea y 80 kg/ha de fosfato diamónico. Las malezas se controlaron aplicando atrazina (3,0 l/ha) y metaloclor (2,5 l/ha) en presiembra. Las plagas insectiles se controlaron con Lorsban Plus (clorpirifos 50 g + cipermetrina 5 g) en una dosis de 350 cm³/ha.

Las fechas de siembras fueron: el 19 de enero de 2016 para la campaña 2015/2016; el 6 de enero de 2017 para la campaña 2016/2017; y el 6 de enero de 2018 para la campaña 2017/2018.

En muestras de 2 kg de cada uno de los testigos y del nuevo cultivar, tomadas del ECR en la campaña 2017/2018, se determinaron el porcentaje de proteína bruta en base seca, mediante el método Kjeldahl Fc: 6,25; y el peso hectolítrico, según Resolución N 1075/94 de SAGPyA Norma XXVI. El análisis se realizó en el Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Agua, del Área de Laboratorios de la EEA-INTA Pergamino, en Pergamino, Buenos Aires.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Infostat (Di Renzo *et al.*, 2008), con el cual se hizo un ANOVA y el test de comparación de medias LSD al 0,05 %.

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los valores promedio de días a antesis (DA), días a emisión de estigmas (DEE), porcentaje de quebrado de tallo (QUE),

Tabla 1. Características de los materiales utilizados en los ensayos comparativos de rendimientos. Tipo de material (TM), híbrido simple (HS), variedad de polinización abierta (VPA) y organismo genéticamente modificado (OGM). Valores (promedios ± error estándar del modelo ajustado), de días a antesis (DA), días a emisión de estigmas (DEE), porcentaje de plantas quebradas (QUE%) y profinidad (PRO). Intervalo antesis-emisión de estigmas (ASI), altura de planta en cm (AP) y porcentaje de proteína bruta (PB%).

Nombre	TM	OGM	Adaptación	DA	DEE	QUE%	PRO	ASI ¹	AP ² (cm)	PB%
Cuatero INTA	VPA	No	Subtropical	53,67 ± 0,47ab	56,00 ± 0,47a	2,07 ± 1,54b	1,79 ± 0,38a	2,33	257*	11,8
Leales 25 Plus	VPA	No	Subtropical	52,67 ± 0,47b	55,00 ± 0,47ab	1,00 ± 1,54b	0,91 ± 0,38a	2,33	260	10,0
INTA 2012	HS	No	Subtropical	52,33 ± 0,47b	53,65 ± 0,47b	7,56 ± 1,54a	0,98 ± 0,38a	1,32	290	10,3
DKB390YGRR2	HS	Si	Subtropical	54,33 ± 0,47a	55,00 ± 0,47ab	4,13 ± 1,54ab	0,97 ± 0,38a	0,67	240	8,7

Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas (test de LSD de Fisher, $p < 0,05$).

¹ASI se obtuvo de la diferencia entre DEE y DA.

²AP se sacó de catálogo, excepto Cuatero INTA.

número de espigas por planta o prolificidad (PRO) e intervalo antesis-emisión de estigmas (ASI) de los materiales evaluados. Para Cuatero INTA, el valor de DA fue aproximadamente 53,67 días, sin diferencias significativas con los testigos Leales 25 Plus e INTA 2012 (52,67 y 52,33 días, respectivamente). En cambio, sí hubo diferencias significativas con DKB390YGRR2, cuyo valor de DA fue 54,33 días. Cabe mencionar que Bastidas *et al.* (2015) encontraron valores de DA similares a los de Cuatero INTA para VPA tropicales en la localidad de San Javier, en Venezuela (53,2 a 55,5 días).

En relación a DEE (Tabla 1), para Cuatero INTA se registró un valor de 56 días, no diferenciándose significativamente de Leales 25 Plus (55 días) ni de DKB390YGRR2 (55 días), pero sí de INTA 2012. El valor de DEE de Cuatero INTA fue un mayor al reportado por Bastidas *et al.* (2015) para VPA tropicales (53,2 y 55,5 días). Por su parte, Lafitte (2001) reportó valores 55 y 59 días a floración para VPA tropicales en localidades de trópico bajo (Tlaltizapan y Poza Rica, en México), que poseen ambientes similares al subtropical argentino.

Con respecto a QUE% (Tabla 1), Cuatero INTA presentó un valor de 2,07 % y no mostró diferencias significativas con Leales 25 Plus y DKB390YGRR2 (1,0 % y 4,13 %, respectivamente), pero sí con INTA 2012, que presentó un valor alto (7,56 %). Los valores de QUE% de Cuatero INTA fueron similares a los reportados por Martínez Uribe *et al.* (2017) (1,25 %) para VPA tropicales cultivadas con una densidad de 50.000 plantas/ha en el municipio de Jaú, en Sao Paulo (Brasil). En cambio, Bastidas *et al.* (2015) reportaron un valor superior (3,9 %) para estas últimas variedades. Por su parte, Biasutti *et al.* (2021) encontraron valores de QUE% similares al de Cuatero INTA para las VPA templadas Capilla 6006 y 8008: 2,29 % y

3,2 %, respectivamente.

En lo que se refiere a PRO (Tabla 1), vemos que Cuatero INTA presenta tendencia a tener dos espigas por planta (1,79 espigas/planta). Esta característica en algunos ambientes con estrés, como ser una alta densidad de plantas (Tollenaar *et al.*, 1994) o un bajo contenido de nitrógeno en el suelo (Moll *et al.*, 1987), fue asociada a mejores rendimientos. Esto constituye una ventaja en ambientes marginales, como los que tienen algunas áreas agrícolas del NOA.

En relación a ASI (Tabla 1), el comportamiento de Cuatero INTA fue similar al de Leales 25 Plus (2,33 días), pero con valores mayores que los de INTA 2012 (1,32 días) y DKB390YGRR2 (1,66 días). El ASI se utiliza como un indicador fenotípico eficiente para medir la tolerancia a la sequía, así como también para incrementar la estabilidad del rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico en programas de mejoramiento (Machado Durães *et al.*, 2002). Un valor de ASI limitado fue mencionado por Rebolloza-Hernández *et al.*, (2020) como un carácter secundario que se correlaciona con el rendimiento de grano y se puede utilizar para realizar una selección indirecta de genotipos tolerantes a sequía, por lo cual lo consideramos un carácter importante en los cultivares desarrollados por el PMMS.

La altura de planta (AP) de Cuatero INTA fue de 257 cm en promedio (Tabla 1), inferior a la de Leales 25 Plus (260 cm) y a la de INTA 2012 (290 cm), pero mayor que la altura de DKB390YGRR2 (240 cm). Así mismo, la AP de Cuatero INTA fue mayor que las reportadas por Bastidas *et al.* (2015) para VPA tropicales, con valores entre 220 y 240 cm, y que las informadas por Biasutti *et al.* (2021) para las VPA templadas Capilla 6006 y 8008, con valores de 208 cm y 222 cm, respectivamente.

Uno de los objetivos del mejoramiento genético

Tabla 2. Resultados de los ensayos comparativos de rendimientos para rendimiento (Rend) en kg/ha y con 14,5 % de humedad en grano, para tres campañas: 2015/2016, 2016/2017 y 2017/2018. Rendimiento promedio (\pm error estándar del modelo ajustado) de cada material (RPM) y diferencial de rendimiento en % con respecto al nuevo cultural (Dif %).

Cultivar	Rend 2015/16	Rend 2016/17	Rend 2017/18	RPM	Dif %
Cuatero INTA	6.843,43 \pm 668,03a	8.607,22 \pm 680,34c	8.014,62 \pm 1.068,08bc	7.821,76	-
Leales 25 Plus	5.971,83 \pm 668,03b	5.789,95 \pm 680,34d	7.418,77 \pm 1.068,08c	6.393,52	-18,26
INTA 2012	7.410,37 \pm 668,03a	10.902,17 \pm 680,34b	12.032,83 \pm 1.068,08a	10.115,12	+29,32
DKB390YGRR2	8.456,54 \pm 668,03a	12.559,17 \pm 680,34a	11.095,61 \pm 1.068,08ab	10.703,77	+36,85
Promedio ECR	5.331,90	8.235,68	9.193,35	-	-
D.M.S	1.616,32	1.646,12	2.584,27	-	-
C.V. (%)	17,72	11,68	16,46	-	-

Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas (test de LSD de Fisher, $p < 0,05$).

del maíz es disminuir la AP, lo cual permitiría reducir el vuelco de plantas y aumentar las densidades de siembra, incrementando consecuentemente los rendimientos (Fischer y Palmer, 1980; Bangarwa *et al.*, 1988; Dornescu y Dornescu, 1988). En la actualidad, los nuevos cultivares de maíz tienden a ser más bajos. Como se observa en la Figura 4, Cuatero INTA tiene una arquitectura similar a la de los cultivares modernos. Junto a esto, la inserción de la espiga también es baja (109 cm), lo cual es favorable, ya que disminuye el efecto palanca de la espiga cuando hay viento, que normalmente causa el quiebre del tallo con una menor fuerza.



Figura 4. Cuatero INTA en una parcela demostrativa ubicada en La Isla San José, en Monteros, Tucumán. Diciembre de 2019.

El contenido de proteína bruta (PB) de Cuatero INTA fue de 11,8 %, valor superior al de los testigos, que fueron de un 10 %, 10,3 % y 8,7 % para Leales 25 Plus, INTA 2012 y DKB390YGRR2, respectivamente (Tabla 1). Si se compara el valor de contenido de PB de Cuatero INTA con los de las VPA templadas reportados por Biasutti *et al.* (2021), se observa que este es inferior al de Capilla 8008 (12,6 %) y mayor que el de Capilla 6006 (10,3 %).

El peso hectolítrico de Cuatero INTA fue 76,5, siendo superior al de la VPA templada Capilla 8008 (76,0) e inferior al de Capilla 6006 (78,8) (Biasutti *et al.*, 2021).

El rendimiento promedio de Cuatero INTA en las tres campañas (Tabla 2) fue de 7821,76 kg/ha. Si se consideran los rendimientos obtenidos por otros autores para otras variedades, Cuatero INTA fue superior en este aspecto a VPA tropicales que fueron evaluadas en Venezuela por Bastidas *et al.* (2015), quienes observaron rendimientos de 1922 a 2935 kg/ha en la localidad Tucupido, y de 5610 y 6786 kg/ha en San Javier. También tuvo un

mayor rendimiento que el reportado por Martínez Uribe *et al.* (2017) para VPA tropicales (6009 kg/ha). En tanto, Biasutti *et al.* (2021) observaron un rendimiento muy similar en la VPA templada Capilla 8008 (7725,83 kg/ha), mientras que encontraron que Capilla 6006 tenía un rendimiento superior (8459,33 kg/ha).

Paliwal (2001) indica que los híbridos simples rinden un 46 % más que las VPA, por lo que podemos decir que Cuatero INTA tiene un excelente comportamiento en cuanto a rendimiento, ya que en promedio solo fue un 36,85 % inferior que el mejor híbrido de maíz utilizado en los ensayos.

Adicionalmente, la variedad Cuatero INTA, que fue inscrita en el INASE con el N° de Registro 18.906, presentó una espiga cilindro-cónica, con un tamaño mediano de 15 a 20 cm de largo y con 14 hileras de grano tipo colorado duro.

Conclusiones

El cultivar Cuatero INTA posee un potencial de rendimiento de más de 8000 kg/ha, superando el potencial de Leales 25 Plus, con 7400 kg/ha. En las tres campañas evaluadas, el rendimiento de este cultivar fue en promedio inferior (entre 29 y 37 %) al de los híbridos simples, lo cual es muy bueno si se consideran las más amplias diferencias citadas por otros autores. La variedad tiene un buen comportamiento en cuanto al QUE% y es prolífica. En cuanto a DA, DEE y AP, los valores reportados están dentro de los parámetros observados para cultivares tropicales. Por otro lado, tiene un ASI igual al de Leales 25 Plus y un alto contenido de proteína bruta en grano.

Esta nueva variedad es recomendada para el subtropico argentino, al norte del paralelo 30° LS, por su gran adaptación, potencial de rendimiento, bajo costo de adquisición de la semilla y tolerancia al calor y a enfermedades propias de la región.

Dada la difusión actual de Leales 25 Plus, el poder contar con un material similar como Cuatero INTA, pero de mejor desempeño en cuanto al rendimiento y otras características, tales como una menor altura de planta, un mayor porcentaje de proteína y un bajo porcentaje de quebrado, hará posible un rápido recambio de cultivares, con el consecuente beneficio para la región.

Adicionalmente, otras partes de la planta de Cuatero INTA son aptas para su aprovechamiento, como por ejemplo las brácteas de la espiga (chala), que son gruesas y fuertes y se venden en

los mercados locales como un subproducto, para su uso en la elaboración de comidas regionales, tales como la humita en chala y los tamales. Esta característica es muy apreciada por los pequeños productores.

Agradecimientos

Se agradece a los señores José Suárez, José Luna y Enrique Juárez, personal de apoyo del Programa de Mejoramiento de Maíz del IIACS-CIAP-INTA Leales, por su colaboración y dedicación para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Bangarwa A.S., Kairon M.S., Singh K.P. (1988). Effect of plant density, and level and proportion of nitrogen fertilization on growth, yield, and yield components of winter maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal Agricultural Science* 58: 854-856.
- Bastidas Y., Chassaigne A., Alezones J., Hernandez A. (2015). Comportamiento agronómico y fitopatológico de variedades de maíz (*Zea mays* L.) en los estados de Yaracuy y Guárico, Venezuela. *Biagro* 27 (1): 17-26.
- Biasutti C., Bongianino N., de la Torre M.V. (2021). Nuevas variedades de maíz (*Zea mays* L.) para la zona semiárida de la provincia de Córdoba. En: *AgriScientia* 38(1): 111-116, <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v38.n1.32098>, consulta: julio 2021.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. (2008). *InfoStat* version 2008. FCA, Universidad Nacional de Córdoba Press. Argentina.
- Dornescu D., Dornescu A. (1988). Influence of sowing rate and distance between rows on maize hybrid T-228 on the Moldavian plain. *Cerectari Agronomice in Moldova* 21: 47-52.
- Fehr W.R. (1991). Types of cultivars. En: *Principles of Cultivar Development: Theory and Technique*. Agronomy Books 1, https://lib.dr.iastate.edu/agron_books/1, consulta: julio 2021.
- Fischer K.S., Palmer A.F.E. (1980). Eficiencia del rendimiento en maíces tropicales. Simposio productividad potencial de los cultivares bajo diversos ambientes. 22-26 septiembre, IRRI, Filipinas. Pp.1-40.
- Gregorich E.G., Drury C.F., Baldock J.A. (2001). Changes in soil carbon under long-term maize in monoculture and legume-based rotation. *Canadian Journal Soil Science* 81: 21-31
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (2021). *Censo Nacional Agropecuario 2018*. En: <https://cna2018.indec.gov.ar/informe-de-resultados.html>, consulta: mayo 2021.
- Lafitte H.H. (2001). Estrés abióticos que afectan al maíz. En: *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Paliwal R.L., Granados G., Lafitte H.R., Violic A. D. (Eds.). FAO, Italia. Pp. 101-114.
- Liu X., Herbert S.J., Hashemi A.M., Zhang X., Ding G. (2006). Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation - a review. *Plant Soil & Environment* 52: 531-543.
- Machado Durães F.O., Magalhães P.C., De Oliveira A.C., Dos Santos M.X., Gomes G.E.E., Teixeira G.C. (2002). Combining ability of tropical maize inbred lines under drought stress conditions. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2 (2): 291-298.
- MAIZAR (2006). *Maíz y Nutrición*. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. En: *Recopilación de ILSI Argentina. Serie de Informes Especiales Volumen II*, octubre de 2006, <http://www.maizar.org.ar/documentos/ilsi%20maizar.pdf>, consulta: julio 2021.
- Martínez Uribe R.A., Kölln O.T., de Castro Gava G.J. (2017). Evaluación de la densidad de plantas, componentes fenológicos de producción y rendimiento de granos en diferentes materiales genéticos de maíz. *Idesia* 35 (3): 23-30.
- Moll R.H., Kamprath E.J., Jackson W.A. (1987). Development of nitrogen efficient prolific hybrids of maize. *Crop Science* 27: 181-186.
- Paliwal R.L. (2001). Mejoramiento del maíz híbrido. En: *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Paliwal R.L., Granados G., Lafitte H.R., Violic A. D. (Eds.). FAO, Italia. Pp.151-170.
- Parodi L.R. (1966). *La agricultura aborígen argentina*. EUDEBA, Buenos Aires, Argentina.
- Poehlman J.M., Sleper D.A. (1995). *Breeding field crops*. 4° Ed. Iowa State University Press, EEUU.
- Ritchie S.W., Hanway J.J. (1982). *How a Plant Crop Develops*. Special Report 48. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative. Extension. Service, Ames, Iowa, EEUU.
- Rios L. (2019). El cultivo de granos en el NOA y a nivel país. Principales indicadores Informe Técnico Semestre I-2019. En: <https://inta.gov.ar/documentos/el-cultivo-de-granos-en-el-noa-y-a-nivel-pais-principales-indicadores>, consulta: septiembre 2021.
- Rebolloza-Hernández H., Cervantes-Adame Y.F., Broa-Rojas E., Bahena-Delgado G., Olvera-Velona A. (2020). Fenotipo y selección de líneas S1 segregantes de maíz tolerantes a estrés hídrico. *Biocencia* 22 (3): 20-28.
- Sanzano G.A. (2001). Los procesos de erosión entre surcos y la selectividad en el tamaño de partículas de un Haplustol típico bajo distintas situaciones de manejo de suelo. Tesis de Magíster, Biblioteca Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires, Argentina.

- Sanzano G.A., Morandini M., Hernández C.F., Rojas Quinteros H.C., Sosa F.A., Hasán Jalil A.J., Fadda G.S., Devani M.R. (2008). Efecto de la cobertura de rastrojos y las propiedades edáficas superficiales sobre la erosión hídrica en monocultivo de soja. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 85 (1): 23-30.
- Tollenaar M., Mc Cullough D., Dwyer L. (1994). Physiological basis of the genetic improvement of corn. En: *Genetics Improvement of Field Crops*. Slafer G. (Ed.). Marcel Dekker Inc., EEUU. Pp 183-236.
- Wikimedia Commons (2015). Hogweard. En: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0b/Region_Noroeste1.png/376px-Region_Noroeste1.png, consulta: julio 2021.
- Zuccardi R.B., Fadda G. (1985). Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. *Miscelánea N° 86*. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.