



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Comercialización. Usos y maíces especiales

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





LA PRODUCCION DE MAIZ FLINT DEBE ENFOCARSE EN LOS AMBIENTES DE MAYOR INDICE AMBIENTAL

Seguí, M.⁽¹⁾; Gerde, J.A.⁽¹⁾; Alvarez-Prado, S.⁽¹⁾; Gambin, B.L.⁽¹⁾; Borrás, L.⁽¹⁾

(1) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario y CONICET. Parque Villarino, CC N° 14, Zavalla, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: segui@icar-conicet.gob.ar

HARD ENDOSPERM FOOD GRADE CORN NEEDS TO FOCUS ITS PRODUCTION AT THE HIGHEST YIELDING ENVIRONMENTS

Abstract

Argentinean flint maize is known for its grain hardness, and is used by the dry milling industry to produce food products. Commercial flint genotypes currently used have field physical yields that are 10 to 30% lower than those from regular semi-dent genotypes. Our purpose was to further evaluate yield gap differences between flint and semi-dent kernel type genotypes across a wide range of environments in early and late sowing dates. We tested 49 commercial genotypes during seven years from 2014 to 2021, and all years but one had an early and a late sowing date. Flint genotypes yielded less than semi-dents across all the environments tested, and large genotype differences within each kernel type were evident. The relative difference between flint and semi-dent kernel types were larger in the poorest yielding environments, in agreement with previous results, and this yield gap showed no differences between early and late sowing dates. These results help reinforce that flint production needs to avoid lower yielding environments.

Keywords

Flint maize – food grade corn - yield gap – environmental index - sowing date



Introducción

El maíz flint (o Plata) argentino es una especialidad conocida por su calidad diferencial en aspectos de dureza de grano que aumentan su aptitud para la industria de la molienda seca. El principal destino del maíz flint no-GMO Argentino es la Unión Europea, que importa alrededor de 400.000 toneladas anuales (Martí, 2018). El principal desafío de la producción de maíz flint está en la obtención de granos que cumplan con los atributos de dureza que demanda la industria y alcanzar, al mismo tiempo, altos rendimientos físicos a campo (Borras et al., 2022).

La obtención de híbridos de maíz flint con altos rendimientos a campo está limitada por los requerimientos mínimos de calidad física que establece la Unión Europea. Los planes de mejoramiento están orientados a aumentos de rendimiento, aumentos que se han correlacionado en Argentina con efectos negativos en la calidad de los granos para molienda seca (Abdala et al., 2018a). Actualmente, el maíz flint rinde entre 10% y 30% menos que los semi-dentados (Tamagno et al., 2015; Tamagno et al., 2016).

En la actualidad la cadena de suministro de maíz flint utiliza genotipos específicamente liberados al mercado para poder cumplir con las exigencias de calidad impuestas por el SENASA (MAGyP, 2015) y la Comisión Europea para la importación de maíz (European Commission, 1997). Para compensar la evidente brecha de rendimiento a campo entre los maíces flint y semi-dentados, la cadena ofrece primas a los productores que siembran estos genotipos.

En Argentina el cultivo de maíz se realiza en una extensa franja latitudinal, que abarca desde climas subtropicales hasta templado-fríos (Hall et al., 1992). Sumado a esto, la adopción de diversos planteos tecnológicos posibles da origen a múltiples variantes agronómicas (e.g., variaciones en la fecha de siembra o nivel de fertilización) que determinan un amplio rango de ambientes posibles de producción (Laserna et al., 2018).

Uno de los principales objetivos de la cadena de suministro de maíz flint para molienda seca es identificar ambientes y prácticas de manejo que reduzcan la brecha de rendimiento entre maíces flint y semi-dentados, y al mismo tiempo mejoren la calidad del grano. Los experimentos de Tamagno et al. (2016) determinaron que los ambientes de mayor índice ambiental son los que determinan menores brechas en términos relativos (% de diferencia de rendimiento) entre maíces flint y semi-dentados. Estos resultados indicaron que la producción de maíz flint debe orientarse a regiones y ambientes de alto potencial de rendimiento, aunque no se testearon diferencias en fechas de siembra. En cuanto a prácticas de manejo, cambios en la fecha de siembra no implican cambios en calidad de grano (Abdala et al., 2018b), y reducciones en la densidad de siembra y aumentos en la cantidad de N disponible aumentan la calidad del grano (Tamagno et al., 2016; Gerde et al., 2016).

El objetivo de este trabajo es describir la brecha de rendimiento entre maíces flint y semi-dentados ante cambios en la calidad ambiental y fecha de siembra. La hipótesis es que los ambientes de menor productividad son los que generan brechas de rinde más elevadas, independientemente de su fecha de siembra.



Materiales y Métodos

Se realizaron una serie de experimentos en el Campo Experimental Villarino ubicado en la localidad de Zavalla (33° 1' S, 60° 53' W), Santa Fe, Argentina, durante las campañas 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2020/2021 y 2021/2022. En todos los años se utilizaron dos ambientes, uno en fecha temprana y otro en fecha tardía, a excepción de la campaña 2018/2019 donde se realizaron dos ambientes en fecha temprana. Se evaluó un total de 49 genotipos comerciales, 27 flint y 22 semi-dentados.

En todos los ensayos se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 4 surcos y 6 m de largo, con distanciamiento entre hileras de 0,52 m. Los experimentos fueron en secano, y se sembraron bajo sistema de siembra directa. El cultivo antecesor fue siempre trigo-soja. Se utilizó en todos los casos una densidad de siembra de 8 plantas m⁻². Se fertilizó con 160 kg ha⁻¹ MAP a la siembra y luego se fertilizó con urea entre V3 y V4 hasta alcanzar los 200 kg N ha⁻¹, siguiendo los análisis de suelo realizados a la siembra. Los experimentos se mantuvieron libres de insectos y malezas a lo largo del ciclo de cultivo.

El rendimiento se determinó a madurez comercial cosechando los dos surcos centrales de cada parcela. El rendimiento se corrigió a una base de 14,5% de humedad.

Para analizar los efectos del tipo de grano, genotipo, año y todas las posibles interacciones se realizó un ANOVA mediante modelos mixtos usando el software R versión 3.6.3. La respuesta del rendimiento al índice ambiental se modelizó utilizando una función lineal, y en el caso del rendimiento relativo flint:dent y su respuesta al índice ambiental, se ajustó un modelo de regresión exponencial.

Resultados

La varianza del rendimiento fue explicada en un 53% por la interacción año x fecha de siembra (Tabla 1), que fue el efecto que tuvo la contribución mayoritaria. Por otro lado, la fecha de siembra como efecto principal no tuvo impacto sobre la varianza del rendimiento en los datos estudiados, mientras que el año explicó un 5,6% del total de la varianza observada. El tipo de grano es responsable del 11,5% de la varianza del rendimiento. Esta variación está asociada a la brecha de rendimiento entre los genotipos flint y semi-dentados.

Tabla 1. Valores promedio de rendimiento y porcentaje de la varianza explicada para los factores año, fecha de siembra y tipo de grano. FS: fecha de siembra; G: genotipo.

Ver en página siguiente



Factor		Rendimiento
		<i>kg ha⁻¹</i>
Año	2014	12472
	2015	11451
	2016	10134
	2017	10408
	2018	10180
	2020	9267
	2021	8419
Fecha de siembra (FS)	Temprana	10312
	Tardía	10409
Tipo	Semi-dentado	11200
	Flint	9909
Año		5,6
FS		0,0
Tipo		11,5
Año*FS		53,5
Tipo(G)		8,2
Residual		21,1

Se evaluaron las diferencias en respuesta al rendimiento entre tipos de grano a través de cambios en el índice ambiental (Fig. 1). El índice ambiental se calculó como el promedio de rendimiento de todos los genotipos evaluados en cada año y en cada fecha de siembra, siguiendo a Finlay y Wilkinson (1963).

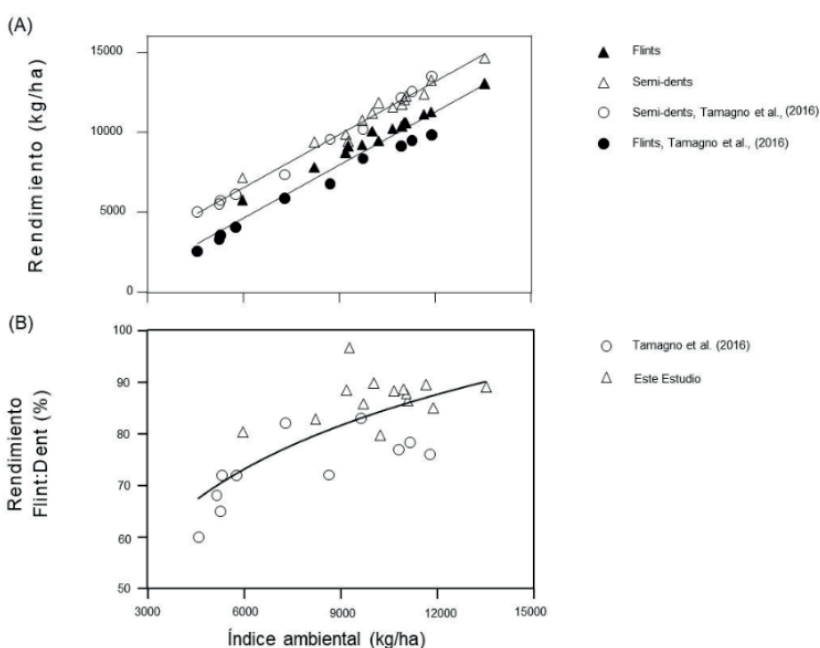


Fig. 1.(A) Relación entre rendimiento e índice ambiental para los genotipos semi-dentados (círculos y triángulos vacíos; $r^2:0,98$; $p<0.001$) y flint (círculos y triángulos llenos; $r^2:0,94$; $p<0.001$). (B) Relación entre el rendimiento relativo de los genotipos flint como proporción del rendimiento de los semi-dentados y el índice ambiental ($r^2: 0,55$; $p<0.05$). La regresión exponencial se ajusta a la ecuación: $y= 59,8e^{3E-05x}$. Para la Figura 1.A, la función lineal para los semi-dentados es $y=0,88x + 2453$, y para el tipo flint: $y=0,90x + 705$. Se utilizaron en la figura los datos de este estudio y los de Tamagno et al. (2016).



En todos los ambientes explorados los genotipos tipo flint tuvieron en promedio rendimientos menores que los semi-dentados (Fig. 1.A). En promedio los genotipos flint mostraron rendimientos entre 10 y 35% menores a los semi-dentados, en un rango de índice ambiental que varió entre 5000 y 14000 kg ha⁻¹. La brecha de rendimiento entre los dos tipos de grano osciló entre 300 y 2400 kg ha⁻¹, que equivalen al 3 y 23% de los respectivos índices ambientales.

Las diferencias de rendimiento relativas entre tipos de grano estuvieron relacionadas al índice ambiental explorado (Fig. 1.B.), y los resultados obtenidos muestran que la respuesta de la brecha de rendimiento al índice ambiental descrita por Tamagno et al. (2016) sigue siendo válida para los genotipos y ambientes explorados en el presente estudio. Al comparar el rendimiento relativo de los genotipos flint calculado como porcentaje del rendimiento alcanzado por los semi-dentados, se observan brechas de mayor magnitud con índices ambientales bajos mientras las diferencias entre ambos tipos de grano se minimizan en los mayores índices ambientales.

Se evaluaron también los rendimientos obtenidos por tipo de grano en los ambientes temprano y tardío (Fig. 2). El rendimiento promedio de ambos tipos de grano fue superior en la fecha temprana en la mitad de los años evaluados. Los rendimientos explorados por las fechas tempranas de siembra alcanzaron mínimos y máximos superiores a los alcanzados en los ambientes tardíos. Los mayores rendimientos obtenidos por las fechas tempranas fueron de 14645 y 13060 kg/ha para semi-dentados y flint, respectivamente, mientras que los mínimos fueron de 7166 y 5763 kg ha⁻¹. Los ambientes tardíos alcanzaron rendimientos máximos de 12243 y 10603 kg ha⁻¹ para los semi-dentados y flint, respectivamente. La fecha de siembra no tuvo efectos significativos en la brecha de rendimiento entre tipos de grano ($p < 0,05$).

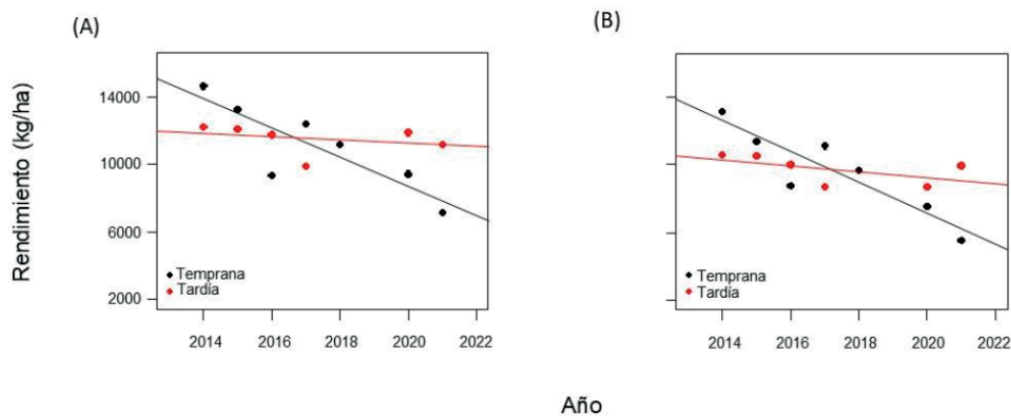


Fig. 2. (A) Rendimiento de los genotipos semi-dentados utilizados en los ensayos en ambientes tempranos y tardíos. (B) Rendimiento de los genotipos flint en ambientes tempranos y tardíos.

Conclusión

Los genotipos semi-dentados tuvieron rendimientos superiores a los flint en todos los ambientes evaluados ($p < 0,05$). Sin embargo, el rendimiento relativo de los flint respecto a los semi-dentados fue mayor en los ambientes de mayor calidad ambiental. Estos resultados coinciden con las conclusiones obtenidas en trabajos previos (Tamagno et al. 2016), y fortalecen el concepto de que la producción de maíz flint no debería ubicarse en ambientes marginales (sean tempranos o tardíos).



En la serie de años utilizados en este estudio se evidencia la tendencia de las fechas tempranas a tener un mayor rendimiento potencial entre los semi-dentados y los flint, pero con la existencia de campañas donde el rendimiento obtenido se encuentra muy por debajo del potencial. La mayor estabilidad en el rendimiento de los maíces tardíos es visible para ambos tipos de grano, así como también se observa que las diferencias entre fechas de siembra aumentan en años con buena disponibilidad hídrica.

Financiamiento

Los experimentos fueron parcialmente financiados por Kellogg's y Dacsa Molinerías Españolas.



Referencias bibliográficas

Abdala, L. J.; Gambin, B. L.; Borrás, L. 2018a. Sowing date and maize grain quality for dry milling. *European Journal of Agronomy* 92:1-8.

Abdala, L.J., Vitantonio-Mazzini, L.N., Gerde, J.A., Martí Ribes, F., Murtagh, G., Borrás, L., 2018b. Dry milling grain quality changes in Argentinean maize genotypes released from 1965 to 2016. *Field Crops Research* 226:74-82.

Borrás, L., Caballero Rothar, NN., Saenz, E., Segui, M., Gerde, JA. 2022. Challenges and opportunities of hard endosperm food grade maize sourced from South America to Europe. *European Journal of Agronomy* 140:126596.

European Commission. 1997. Commission Regulation (EC) No 641/97 of 14 April 1997 amending Commission Regulation (EC) No 1249/96 of 28 June 1996 on rules of application (cereals sector import duties) for Council Regulation (EEC) No 1766/92. *Official Journal European Union L 98*, 15.4.1997.

Finlay, K., Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding program. *Australian Journal of Agriculture* 14:742-754.

Gerde, J. A., Tamagno, S., Di Paola, J.C., Borrás, L. 2016. Genotype and nitrogen effects over maize kernel hardness and endosperm zein profiles. *Crop Science* 56:1225-1233.

Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghersa, C.M., Culot, J.P. 1992. Field-crops systems of the Pampas. *Field Crop Ecosystem* Pgs. 413-450.

Laserna, M.P., Cirilo, A.G., Izquierdo, N.G., Martinez, R.D., Cerrudo, A., Andrade, F.H. El ambiente de producción modifica la expresión de la calidad de Maíz Flint. En: *Manejo de maíz Flint*. Ed: L. Borrás. Tecnigráfica.

MAGyP, 2015. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. Norma XXIX, Resolución Número 757. *Boletín Oficial*, Octubre 17, 1997.

Martí, P. 2018. El maíz flint y la obtención de productos de calidad diferenciada. En: *Manejo de maíz Flint*. Ed: L. Borrás. Tecnigráfica.

Tamagno, S., Greco, I.A., Almeida, H., Borrás, L. 2015. Physiological differences in yield related traits between flint and dent Argentinean commercial maize genotypes. *European Journal of Agronomy* 68:50-56.

Tamagno, S., Greco, I.A., Almeida, H., Di Paola, J.C., Martí Ribes, F., Borrás, L. 2016. Crop management options for maximizing maize kernel hardness. *Agronomy Journal* 108:1561-1570.