

## Manejo de maíz flint

*Lucas Abdala y Lucas Borrás*

<sup>1</sup> Facultad de Cs. Agrarias, UNR-CONICET

### Introducción

La mayor parte del área cultivada de maíz en la República Argentina, cerca de cinco millones de hectáreas (FAO, 2014), la ocupan híbridos dentados o semi-dentados gmo (organismos genéticamente modificados). No obstante, se ha estabilizado la superficie de producción de maíces de endosperma duro mayormente no-gmo. Este maíz se denomina comúnmente tipo flint, o maíz tipo plata. Actualmente, se siembran entre 130 000 y 150 000 hectáreas de este tipo de maíz, exportándose unas 400 000 toneladas a Europa por año (Greco y Martí Ribes, 2016). La República Argentina es el único proveedor mundial de este maíz de muy alta calidad para la molienda seca para la Unión Europea.

El maíz flint se caracteriza por presentar una alta proporción de endosperma vítreo o duro, coloración anaranjada y corona lisa. Las características fisicoquímicas del maíz flint lo convierten en la materia prima preferida por las industrias de molienda seca (Rooney and Serna Saldívar, 2003). La demanda de este producto específico es la molienda seca, por su elevado rendimiento molinero y por la calidad que le da a sus sub-productos como ser copos de desayuno, snacks y masa para tortillas (Macke et al., 2016). Su color y propiedades durante la cocción son otros atributos que la industria valora fuertemente (Kuiper, 2014). Empresas líderes del mercado internacional y nacional utilizan este maíz para sus productos premium (algunos ejemplos son Kellogg Company y Arcor).

Actualmente se reconoce que estos maíces con endosperma más duro no-gmo rinden a campo un 10-20% menos que los dentados (o semi-dentados) gmo (Tamagno et al., 2015), por lo que los productores agropecuarios reciben una prima para compensar este menor rinde. La producción de maíces tipo flint se encuentra dentro del cumplimiento de contratos entre el productor y exportador que exigen el respeto de normas de calidad. Estos atributos de calidad son básicamente las que el SENASA impone dentro de la Norma flint (MAGyP, 2015) para cuando es exportada la mercadería. Para un lote de maíz cumplir con la norma flint debe superar tres valores, (i) tener un peso hectolítrico de más de  $76 \text{ kg hl}^{-1}$ , un índice de flotación menor al 25% (en una solución estándar), y tener más del 92% de los granos con más del 50% del endosperma vítreo. Si bien la retención en zarandas no está contemplada en la norma, la industria toma como referencia el valor de retención en zarandas redondas de 8 mm

(idealmente mayor a 50%). Alcanzar los atributos de la norma flint es crítico, porque le permiten a este maíz una reducción de impuestos cuando son ingresados a la Unión Europea.

La dureza del grano de maíz ha sido tradicionalmente asociada a un importante control genético (Williams et al., 2009; Gerde et al., 2016). Sin embargo, el ambiente donde crece el cultivo también tiene cierta influencia en la calidad y composición final del grano (Borrás et al., 2002; Fox and Manley, 2009; Cirilo et al., 2011; Tamagno et al., 2016). Alcanzar valores de alta calidad es generalmente posible, pero deben ser alcanzados con altos rendimientos físicos a campo a nivel de productor. Es relevante que los productores y cooperativas combinen adecuadas prácticas de manejo que permitan maximizar la calidad del maíz producido. La elección de genotipo, densidad de siembra, fecha de siembra y fertilización nitrogenada son algunas de las opciones de manejo fácilmente realizables por los productores.

El presente informe está dividido en dos partes. Una primera parte describe las diferencias genotípicas tanto en rendimiento físico de campo como en la calidad de grano para molienda seca entre genotipos comerciales. Una segunda parte avanza en describir prácticas de manejo para maximizar la calidad de grano de maíz para molienda seca. Los atributos de calidad evaluados son los mismos que se utilizan para la exportación de maíces de endosperma duro desde la Argentina a la Unión Europea.

## **Efecto del genotipo sobre el rendimiento y calidad de grano**

Existen grandes diferencias en rendimiento y calidad entre los genotipos comerciales que se utilizan actualmente dentro de los programas de mejoramiento de las distintas empresas. En la Tabla 1 se presentan los datos promedios de 18 genotipos (13 flint y 5 semi-dentados) sembrados en la Facultad de Ciencias Agrarias en dos fechas de siembra durante dos campañas (2014-2015 y 2015-2016).

Como se puede observar en la Tabla 1, en promedio, los genotipos flint rindieron un 87% de los semi-dentados, y muchos de los genotipos no cumplieron con el mínimo de calidad en todos los atributos de calidad física. Evidentemente la elección del genotipo es una práctica de manejo relevante, por su elevado impacto sobre el rendimiento y la calidad del grano producido (Tabla 1). Entre los flint no-gmo se destacan por su calidad los genotipos ACA530 y Mil522 y por su rendimiento el AX8010.

## **Efecto del manejo sobre el rendimiento y calidad de grano**

La fertilización nitrogenada, la densidad de siembra y la elección de la fecha de siembra son algunas de las prácticas de manejo fácilmente aplicables por los productores y tienen un rol fundamental en la determinación del rendimiento y la calidad del producto generado.

Respecto a la fertilización con nitrógeno, en la tabla 2 se presentan los datos de 3 niveles de N, y su efecto sobre los atributos de calidad de grano para alcanzar la norma flint de exportación. Un primer nivel de bajo N donde solo se tuvo en cuenta el N disponible en el suelo. Un nivel intermedio N, que se llevó el lote hasta 150 kg N ha<sup>-1</sup> (suelo + fertilizante), situación que se considera promedio para la zona. Y finalmente, un nivel alto N, alcanzándose los 250 kg N ha<sup>-1</sup> (suelo + fertilizante). Aumentos en el N disponible mejoran los atributos de calidad de grano para molienda seca (Tabla 2). Mayor disponibilidad de N genera aumentos en los valores de peso hectolítrico, vitreosidad y retención en zarandas, y disminuyen el índice de flotación (Tabla 2).

**Tabla 1:** Diferencias genotípicas en rendimiento y calidad (peso hectolítrico, índice de flotación, vitreosidad y retención en zarandas de 8mm). Todos los genotipos fueron sembrados en fecha temprana y tardía durante dos campañas (2014/15 y 2015/16).

Tipo de grano	Genotipo	Rinde	Peso hectolítrico	Índice de flotación	Vitreosidad	Retención en zarandas
		kg ha <sup>-1</sup>	kg hL <sup>-1</sup>	%	%	%
Semi-dent	DK7210VT3Pro	14 064	77.2	36	2	44
	AX7822TD/TG	13 531	77.0	23	3	42
	DK692VT3Pro	12 983	78.2	16	12	49
	P1780HR	12 646	77.3	33	3	42
	NK960TD/TG	12 326	79.3	3	82	30
Flint	AX8010	12 601	79.4	3	83	44
	NT525BT	12 516	79.7	5	47	32
	NT426BT	12 264	80.3	1	97	19
	NT525	11 954	80.5	4	59	30
	SPS2866	11 911	78.2	6	60	30
	NK940TGPLUS	11 568	78.6	4	75	10
	NT426	11 510	79.8	2	95	14
	ACA514	11 234	79.7	5	88	52
	Mill522	10 971	80.5	2	94	66
	ACA2002BT	10 749	79.3	5	80	41
	CyR7325	10 648	79.7	3	89	45
	ACA530	10 578	80.5	2	93	69
	ACA2002	10 514	79.3	5	86	40
	Promedios Semi-dent		13 110	77.8	22	20
Promedios Flint		11463	79.6	4	80	38

Es reconocido que la densidad de siembra afecta fuertemente el rendimiento del cultivo (Hernández et al., 2014). Sin embargo, sus efectos sobre la calidad de grano

son menos conocidos. En la Tabla 2 se presentan los datos de dos densidades de siembra (8 y 5 pl m<sup>-2</sup>), y su efecto sobre los atributos de calidad de grano. En este caso, disminuciones de 8 a 5 pl m<sup>-2</sup> mejoran algunos de los atributos relevantes de calidad de grano para molienda seca. Un menor densidad generó un aumento en el peso hectolítrico y la retención en zarandas, y disminuyó el índice de flotación. Si bien densidades de siembra de 50 000 pl ha<sup>-1</sup> no son comunes entre productores de la zona, es relevante entender que cuando se busca maximizar la calidad de grano, bajar un poco la densidad tiene un efecto positivo sobre la calidad y disminuye el riesgo de no llegar a cumplir la norma en los genotipos que tienen una calidad variable.

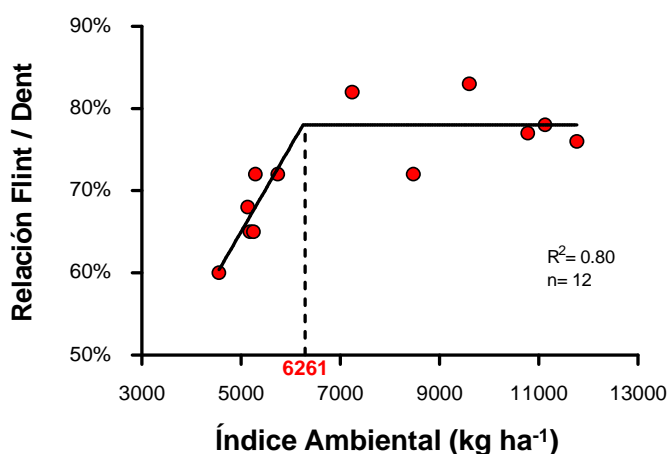
Otro aspecto de manejo que es relevante comprender es el efecto que tiene la fecha de siembra sobre la calidad de grano. Es reconocido que los productores obtienen rendimientos aceptables con buena estabilidad en fechas tardías de diciembre. Actualmente existen prácticas específicas de manejo para estos maíces tardíos (Mercau and Otegui, 2014; Gambín et al., 2016), pero poco se sabe sobre el efecto de cambiar la fecha de siembra sobre los atributos específicos de calidad de grano para molienda seca. En la Tabla 2, se presentan los promedios 18 genotipos sembrados en fecha temprana y tardía durante dos campañas (2014/15 y 2015/16). Se puede observar que la calidad no se ve prácticamente afectada cuando se comparan ambas fechas. El efecto fecha de siembra sobre la calidad del grano para molienda seca fue significativamente menor que el efecto genotipo. Es posible maximizar la calidad de grano para molienda seca en maíces sembrados en fecha tardía. La correcta elección del genotipo es una decisión muy relevante en términos de calidad del producto cosechado para molienda seca.

**Tabla 2.** Efecto de la fertilización con N y densidad de siembra (para dos genotipos flint sembrados en 2012/2013 y 2013/2014) y la fecha de siembra (para los 18 genotipos de la Tabla 1) sobre los atributos físicos de calidad de grano.

Práctica de manejo	Tratamientos	Peso hectolítrico kg hL <sup>-1</sup>	Índice de flotación %	Vitreosidad %	Retención en zarandas %
Fertilización	Bajo N	78.5	17	87	23
	Intermedio N	79.0	11	95	25
	Alto N	79.0	12	94	31
Densidad de siembra	8 pl m <sup>-2</sup>	79.0	11	95	25
	5 pl m <sup>-2</sup>	79.5	8	95	31
Fecha de siembra	Temprano	79.1	9	66	41
	Tardío	79.1	9	62	36

Finalmente, respecto a la decisión de sembrar los genotipos flint en los mejores o peores ambientes, Tamagno et al. (2016) realizó un análisis con datos disponibles y muestra que la menor diferencia con los genotipos dentados se observa cuando son sembrados en los mejores ambientes. Esto se debe a que la diferencia relativa en rinde entre los genotipos flint y dent no se mantiene constante, y se maximiza en peores ambientes de  $6\,261\text{ kg ha}^{-1}$  (ver Figura 1).

**Fig. 1.** Proporción de rendimiento de los genotipos flint respecto a los dentados, sembrados en un amplio rango de condiciones ambientales. Datos extraídos de Tamagno (2016).



## Conclusiones

- Existieron grandes diferencias en el rendimiento, donde los genotipos flint rindieron entre 13 % menos que los semi-dentados.
- Hubo importantes diferencias en calidad entre los genotipos flint del mercado, y muchos no cumplieron con el mínimo de calidad en todos los atributos.
- Evidentemente la elección del genotipo adecuado debe tener en cuenta tanto el rendimiento físico de campo como la calidad del producto generado.

- Una adecuada fertilización nitrogenada permite asegurar una mejor calidad de grano, por lo que es una práctica de manejo relevante.
- Disminuciones en la densidad de siembra permiten asegurar una mejor calidad de grano.
- La calidad de grano prácticamente no se ve afectada cuando se comparan fechas tempranas y tardías, siendo posible maximizar la calidad de grano para molienda seca en maíces sembrados en fecha tardía.
- Las mayores diferencias en rendimiento entre los genotipos flint y dentados se observa en sitios de menor índice ambiental (o menor rendimiento).

## **Agradecimientos**

El presente trabajo fue parcialmente financiado por Kellogg Company, Dacsa, Codrico Rotterdam, Cargill, ACA, Dreyfus y Cotecna. Los autores agradecen a las distintas empresas semilleras por proveer sus materiales.

## **Referencias**

- Borrás, L., Curá, J.A., Otegui, M.E., 2002. Maize kernel composition and post-flowering source-sink ratio. *Crop Sci.* 42, 781-790.
- Cirilo, A.G., Actis, M., Andrade, F.H., Valentiluz, O.R., 2011. Crop management affects dry-milling quality of flint maize kernels. *Field Crops Res.* 122, 140 - 150
- FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2014. Statistics of farming production. Maize. Available in <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- Fox, G., Manley, M., 2009. Hardness methods for testing maize kernels. *J. Agric. Food Chem.* 57, 5647-5657.
- Gambín, B.L., Coyos, T., Di Mauro, G., Borrás, L., Garibaldi, L.A., 2016. Exploring genotype, management, and environmental variables influencing grain yield of late-sown maize in central Argentina. *Agric. Syst.* 146, 11-19.
- Gerde, J.A., Tamagno, S., Di Paola, J.C., Borrás, L., 2016. Genotype and nitrogen effects over maize kernel hardness and endosperm zein profiles. *CropSci.* 56, 1225-1233.
- Greco, I.A., Martí Ribes, I., 2016. Actualidad en producción, exportación y tendencias en nuestro uso del maíz Plata / Flint Argentino para el mercado Europeo. En: *Optimizando el manejo del cultivo de maíz flint*, ed. L. Borrás, Editorial Tecnigráfica, 87 pgs.
- Hernández, F., Amelong, A., Borrás, L. 2014. Genotypic differences among Argentinean maize hybrids in yield response to stand density. *Agron J* 106:2316-2324.
- Kuiper, E., 2014. Usos del maíz flint. En: *Manejo eficiente del nitrógeno en maíz flint*, ed.: L. Borrás, Editorial Tecnigráfica, 89 pgs.



- Macke, J.A., Bohn, M.O., Raush, K.D., Mumm, R.H., 2016. Genetic factors underlying dry milling efficiency and flaking grit yield examined in U.S. maize (*Zea mays* ssp. *mays* L.) germplasm. *CropSci.* 56, 2516-2526.
- MAGyP, 2015. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. Norma XXIX de la Resolución Número 757. Boletín Oficial, Octubre 17th 1997, p. 17. <http://www.infoleg.gov.ar> (verificado 20/11/16).
- Mercau, J.L., Otegui, M.E., 2014. Advances in agricultural systems modeling. En: Ahuja, L.R., Ma, L., Lascano, R.J. (Eds.) Practical applications of agricultural system models to optimize the use of limited water. ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA, pp. 301-323.
- Rooney, L.W., Serna Saldívar, S.O., 2003. Food use of whole corn and dry-milled fractions. En: *Corn: Chemistry and technology*, ed.: P.J. White y L.A. Johnson, 2nd ed. AACC, Saint Paul, MN, p. 495-535.
- Tamagno, S., Greco, I., Almeida, H., DiPaola, J.C., MartiRibes, P., Borrás, L., 2016. Crop management options for maximizing maize kernel hardness. *Agron. J.* 108, 1561-1570.
- Tamagno, S., Greco, I.A., Almeida, H., Borrás, L. 2015. Physiological differences in yield related traits between flint and dent Argentinean commercial maize genotypes. *Eur. J. Agron.* 68, 50-56.
- Williams, P., Geladi, P., Fox, G., Manley, M., 2009. Maize kernel hardness classification by near infrared (NIR) hyperspectral imaging and multivariate data analysis. *Anal. Chim. Acta* 653, 121-130.