

Jornada de Actualización
Calidad del grano de maíz para la industria y la producción en bovinos
Balcarce, 15 de Noviembre de 2013

El ambiente y el manejo del cultivo afectan la dureza del grano de maíz

Alfredo G. Cirilo ¹, Natalia G. Izquierdo ²

¹ Estación Experimental Agropecuaria Pergamino-INTA,

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata y CONICET

En la industria de la molienda seca de maíz interesa la dureza del grano, la que determina la relación de tamaños de partículas producidas en el molino. La calidad exigida por esa industria es aquella que permite la obtención de grandes proporciones de fracciones gruesas ("grits") con destino a la elaboración de copos para desayuno, las que logran mejores precios. En la Unión Europea, un mercado de alto poder adquisitivo donde se estima una demanda anual de alrededor de 300-400 mil toneladas de grano de maíz para esos fines, es preferido el maíz flint argentino del tipo "Plata" no transgénico y su industria depende mayoritariamente de las importaciones desde Argentina. Por ello, desde 1997 rige la Resolución 757/97 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP, 2010) que estipula para esta mercadería un reembolso arancelario en su ingreso a la Unión Europea que se traduce en un sobreprecio para el exportador y, en consecuencia, también para el productor bajo contrato.

Para ser considerado maíz "Plata" el grano debe tener corona lisa sin hendidura, endosperma vítreo dominante al corte y ser de color anaranjado-rojizo. El límite de tolerancia exige que no

menos del 92% de los granos del lote deben ser de este tipo. El grano deberá tener además un peso hectolítrico mínimo de 76 kg/hl y un valor de flotación (cantidad de granos flotando en una solución salina de densidad 1,250 g/cm³) máximo de 25%. Estos tres requisitos conforman el Certificado Argentino de Calidad que extiende SENASA según la Resolución 757/97. El mercado exige además que los granos sean de tamaño grande tal que no menos de la mitad de ellos quede retenida en una zaranda con orificios circulares de 8 mm de diámetro, no más de 3% atraviese la zaranda con orificios circulares de 6,5 mm de diámetro y que en promedio superen un peso mínimo de 265 mg. El grado de satisfacción de estos requisitos incide en la bonificación que recibe el productor de parte de las empresas exportadoras.

Durante los primeros tres cuartos del siglo pasado el maíz argentino fue reconocido y requerido mundialmente por su gran dureza y color anaranjado-rojizo, conociéndose con el nombre de "Plata" al grano de este origen. Pero desde hace más de tres décadas se inició la progresiva incorporación de germoplasma dentado en nuestros maíces autóctonos para elevar los potenciales de rendimiento. Como consecuencia de ello, a comienzos de este siglo sólo unos pocos híbridos se encuadraban todavía dentro del tipo tradicional "Plata", aunque con limitadas posibilidades de competir en productividad con los materiales con germoplasma dentado. Sin embargo, en la última década han aparecido en el mercado local híbridos modernos de maíz flint que compiten en rinde con los maíces semidentados, pero no obstante su calidad puede a veces resultar, según las condiciones de producción, insuficiente para alcanzar los estándares de los flint tradicionales.

La dureza del grano se expresa a través de la resistencia que

opone a la acción mecánica del molino y resulta de la composición química y estructural del grano. Esa propiedad es principalmente dependiente del tipo de endosperma predominante en el grano. En los maíces flint la fracción córnea es la que predomina. Dentro de la célula endospermática, las proteínas se comportan como una malla que incluye, soporta y comprime a los gránulos de almidón a medida que estos crecen en tamaño durante el llenado del grano. La mayor densidad y vitrosidad del endosperma depende del ligamiento entre el almidón y las proteínas de reserva. Condiciones ambientales deficientes para el crecimiento de las plantas del cultivo durante la etapa posterior a la floración (estrés lumínico, hídrico, nutricional, sanitario, defoliación, etc.) limitan la provisión de asimilados a los granos para su llenado (relación fuente-destino), afectando su peso final (Cirilo & Andrade, 1996). En relación con el peso final del grano está la distribución de tamaños resultante, la que puede alcanzar proporciones ampliamente conformes a los requisitos de calidad cuando los granos crecen en condiciones de valores elevados de relación fuente-destino, pero se deteriora notoriamente en el extremo opuesto de la relación, donde se incrementa la proporción de granos muy pequeños (Figura 1; Cirilo *et al.*, 2011).

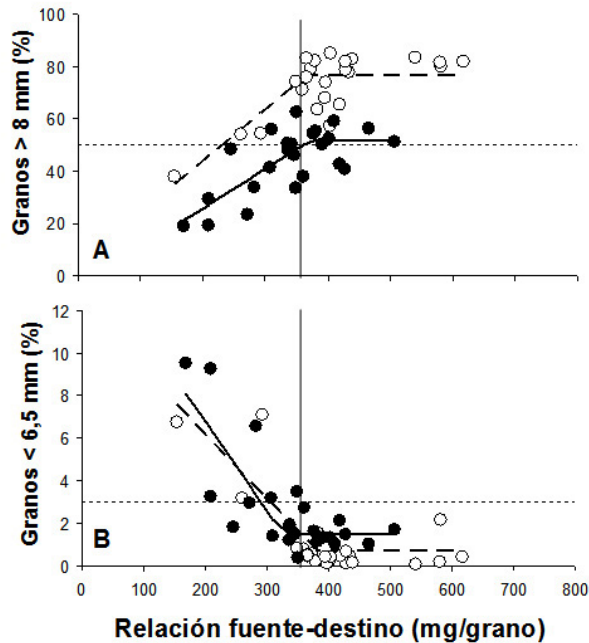


Figura 1. Respuesta del porcentaje de tamaños de granos (mayores a 8 mm en A y menores a 6,5 mm en B a la variación en la relación fuente-destino (cociente entre el crecimiento del cultivo en post-floración y el número de granos cosechados) obtenidos con dos híbridos: moderno (puntos negros y línea de ajuste llena) y tradicional (puntos blancos y línea de ajuste cortada) cultivados con distintos manejos agronómicos en tres localidades durante dos campañas agrícolas. Las líneas punteadas horizontales marcan los requerimientos mínimo (en A) y máximo (en B) del mercado.

Consecuentemente con el incremento de biomasa alojada en el grano, su contenido de proteína y de almidón en el endosperma también aumentan con la mejora en la relación fuente-destino establecida en el cultivo durante el llenado de los granos (Borrás et al., 2002). Analizando la respuesta de un híbrido flint de reciente liberación sometido a un amplio rango de disponibilidad de asimilados por grano durante su llenado, Masagué et al. (2004) encontraron que el porcentaje de proteína del grano se redujo notablemente cuando la relación fuente-destino cayó por

debajo de un valor umbral y con él empeoraron los valores de densidad del grano. Estas variaciones se asociaron con valores declinantes en la relación de tamaños de partículas obtenida en la molienda, en el peso hectolítrico y en el porcentaje de flotación de los granos resultantes. Del mismo modo, esos valores de dureza de grano mostraron valores más favorables a medida que se incrementó la relación fuente-destino durante su etapa de llenado.

Híbrido	Manejo del cultivo	Rendimiento (kg/ha)	Número de granos (n°/m ²)	Peso del grano (mg)	Crecimiento post-floración (g/m ²)	Relación fuente-destino (mg/grano)
Moderno	Control	10783	3718	296	1297	344
	Alta densidad	10466	3676	287	1246	334
	Refertilización	11850	3779	320	1478	391
	Siembra tardía	6717	2852	242	843	300
Tradicional	Control	9133	3066	305	1285	419
	Alta densidad	9067	3153	290	1260	398
	Refertilización	9483	3090	314	1402	452
	Siembra tardía	5633	2199	263	750	351

Tabla 1. Rendimiento en grano y sus componentes (número de granos y peso del grano), crecimiento (biomasa seca aérea) acumulado en el cultivo durante la etapa post-floración y relación fuente-destino (cociente entre ese crecimiento y el número de granos) obtenidos con dos híbridos (moderno y tradicional) cultivados con distintos manejos agronómicos: (i) manejo habitual o control, (ii) siembra en alta densidad, (iii) refertilización con nitrógeno y azufre en pre-floración y (iv) siembra tardía, como promedio de tres localidades y dos campañas agrícolas.

Variaciones ambientales y en el manejo del cultivo que determinan modificaciones en el rendimiento resultan en alteraciones en el número de granos logrados y en el crecimiento post-floración y, por lo tanto, en la relación fuente-destino establecida durante el llenado de los granos (Tabla 1; Cirilo *et al.*, 2011). Analizando

los valores de distintos atributos de calidad de los granos de dos híbridos de diferente productividad y calidad comercial (uno de mayor rendimiento y menor dureza y otro de menor rendimiento y mayor dureza) obtenidos bajo diferentes manejos agronómicos en diferentes ambientes Cirilo *et al.* (2011) encontraron importantes variaciones (Tabla 2). La siembra tardía, el empleo de elevada densidad de siembra y la restricción en el suministro de nitrógeno y azufre deterioraron la calidad del grano, siendo más notable este efecto en el híbrido de mayor rinde y menor calidad, el que no llegó a alcanzar en muchos casos las exigencias mínimas del mercado europeo. Por su parte, el deterioro de la dureza con la demora en la siembra resultó más notable en la localidad situada más al sur de la región debido a la reducida extensión de su estación de crecimiento para el maíz, donde declinan notoriamente los valores de temperatura y radiación durante con el avance de la etapa de llenado de granos en tales siembras. El llenado de los granos en maíz ocurre mayoritariamente a expensas del crecimiento del cultivo durante la etapa posterior a la floración y, en ambientes de mayor latitud, la demora en la siembra determina que las condiciones ambientales resulten menos favorables para la actividad fotosintética hacia el final del ciclo del cultivo (Andrade *et al.*, 1996).

	Peso hectolítrico (kg/hl)		Ind. de flotación (%)		Relac. de molienda	
	Moderno	Tradicional	Moderno	Tradicional	Moderno	Tradicional
Balcarce						
Testigo.	77,7	80,2	17	2	3,9	4,4
Alta densidad	77,2	80,3	36	1	3,6	4,9
Fertilización N+S	78,0	80,0	5	0	4,9	5,9
Siembra tardía	74,7	76,5	41	3	2,0	2,1
Pergamino						
Testigo.	79,5	81,5	4	0	4,2	5,1
Alta densidad	79,5	81,8	8	0	4,2	5,1
Fertilización N+S	80,1	81,8	1	0	5,2	5,9
Siembra tardía	78,5	80,9	1	0	4,6	6,3
Paraná						
Testigo.	78,4	80,7	16	1	3,7	4,3
Alta densidad	78,0	78,9	34	5	3,7	3,6
Fertilización N+S	77,2	80,1	7	1	4,3	5,0
Siembra tardía	79,4	81,1	1	0	4,3	5,4

Tabla 2. Peso hectolítrico, índice de flotación (en densidad 1,305 g cm⁻³) y relación de molienda de dos híbridos (moderno y tradicional) con distintos manejos: i) siembra temprana (setiembre/octubre) y densidad de 75 mil plantas ha⁻¹ ("Testigo"), ii) siembra temprana y densidad de 90 mil plantas ha⁻¹ ("Alta densidad"), iii) siembra temprana, 75 mil plantas ha⁻¹ y refertilización con nitrógeno y azufre en floración (100 kg N + 40 kg S , "Fertilización N+S" y iv) siembra tardía (diciembre) y densidad de 75 mil plantas ha⁻¹ ("Siembra tardía") en tres localidades (Balcarce, Pergamino y Paraná) durante 2003/04.

Los nuevos híbridos flint de alto rendimiento producidos en la mayoría de las zonas maiceras argentinas generalmente cumplen los requisitos de peso hectolítrico y de flotación del Certificado Argentino de Calidad que extiende SENASA, pero con frecuencia no satisfacen la exigencia del 92% mínimo de granos tipo "Plata" debido a la presencia de excesiva proporción de endosperma harinoso o de hendidura en la corona. No obstante, un adecuado ajuste del manejo agronómico del cultivo, tal que asegure buenas condiciones para el crecimiento en post-floración, permite satisfacer los requisitos de tipo de grano del Certificado Argentino de Calidad en estos híbridos flint modernos de alta productividad al asegurar la provisión de asimilados para una adecuada acumulación de proteínas y almidón en el endosperma que garantice la necesaria densificación del tejido (Policastro & Cirilo, 2013).

Entonces, la calidad del grano mejoró cuando más favorables fueron las condiciones (ambientales y de manejo) para el crecimiento de las plantas durante la etapa reproductiva posterior a la floración. Tales condiciones, que aseguraron una mayor producción de biomasa, una alta relación fuente-destino durante el llenado de granos y la determinación de un alto rendimiento, resultaron de siembras tempranas, con densidad de plantas suficiente pero no excesiva y una alta disponibilidad de nutrientes. En tales condiciones de cultivo, los híbridos colorados duros de elevado potencial de rinde pero de calidad variable alcanzaron altos rendimientos con granos que conformaron las exigencias de dureza para un grano de calidad superior, comparable a la de los antiguos híbridos flint de mayor calidad comercial.

Bibliografía

Andrade F, Cirilo AG, Uhart S & Otegui M. 1996. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Editorial La Barrosa-EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires: 292 p

Borrás L, Curá AJ & Otegui ME. 2002. Maize Kernel Composition and Post-Flowering Source-Sink Ratio. *Crop Science*, 42(3): 781-790

Cirilo AG & Andrade FH. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*, 36: 325-331

Cirilo AG, Actis M, Andrade FH & Valentinuz OR. 2011. Crop management affects dry-milling quality of flint maize kernels. *Field Crops Research*, 122: 140-150

MAGyP. 2010. Maíz: Reglamento Técnico de Identidad de Maíz Flint o Plata. Norma XXIX. Resolución 757/97. Boletín Oficial 13/10/97. [http://:www.infoleg.gov.ar](http://www.infoleg.gov.ar).

Masagré A, Cirilo A & Andrade F. 2004. La dureza de grano de maíz (*Zea mays* L.) colorado duro está asociada con la relación fuente-destino postfloración. *Actas XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*. Santa Rosa (La Pampa), 22-24/Septiembre de 2004 : 82-83

Policastro F & Cirilo AG. 2013. Crecimiento post-floración y oferta de nitrógeno en expresión de grano tipo "Plata" en maíz flint. *II Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos Aplicada al Mejoramiento Vegetal Raíces/UIB-INTA/SAFV*. Mar del Plata, 26 y 27 agosto 2013. Versión CD.