

A photograph of a cornfield at sunset, with the sky and clouds in shades of orange and yellow. The corn plants are in the foreground, and a line of trees is visible in the distance.

Seamaíz

XI Congreso Nacional de Maíz

**MANEJO DEL CULTIVO,
FERTILIDAD Y USOS**

CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE PROTEÍNAS Y ALMIDÓN EN HÍBRIDOS DE MAÍZ ARGENTINOS LIBERADOS DESDE 1965 A 2016.

Caballero-Rothar N.; Abdala L. J.; Borrás L. y Gerde J. A.

Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Campo Experimental Villarino S/N, Zavalla, Prov. de Santa Fe, Argentina.

caballerorothar@iicar-conicet.gob.ar

CHANGES IN PROTEIN AND STARCH COMPOSITION OF ARGENTINEAN MAIZE HYBRIDS RELEASED FROM 1965 TO 2016

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is used for different industrial purposes. Dry milling industry requires hard endosperm kernels, and Argentina is the single provider of this type of maize to the European Union. In the last decades, the hardness of Argentinean maize has changed as a result of yield oriented breeding. Zeins (specific endosperm maize proteins) and starch composition have traditionally been related to kernel hardness. Our objective was to evaluate the biochemical components (zein and starch composition) determining kernel hardness in commercial maize hybrids released in Argentina from 1965 to 2016. Results revealed a decrease in Z1 and Z2 zein concentrations with increasing genotype release year, although their proportions to the total zein content did not change. The concentrations and proportions of Z2 components, C1 and E zeins, decreased, while C2 (both concentration and proportion) increased throughout the studied period. No significant trend was observed in F zein concentration, but its relative proportion did increase. There was no clear trend throughout the release years for amylose concentration or amylose: starch ratio. In general, kernel hardness attributes were positively correlated with Z1 and Z2 concentrations, and the specific zeins E and C1, while C2 was negatively correlated with these attributes.

Palabras Clave

Maíz, Almidón, Zeínas, Dureza del endosperma.

Key Words

Maize, Starch, Zein, Endosperm hardness.

INTRODUCCIÓN

La dureza del endosperma de maíz es un atributo de calidad importante, dado que define posibles usos finales. Los granos más duros son preferidos para el proceso de molienda seca. Hasta fines de la década del 80 los maíces duros, tipo flint o Plata, fueron los más representativos del tipo de maíz producido en nuestro país. En la actualidad la producción de maíz está mayormente representada por genotipos de endosperma semi-blando, debido a la introducción de materiales dentados que se produjo con el fin de aumentar el rendimiento del cultivo a campo (Brun y Dudley, 1989). Los atributos de dureza han sido tradicionalmente relacionados con proteínas

específicas (zeínas) y con la concentración de amilosa (Eyhérbide *et al.*, 1996; Gerde *et al.*, 2016; Martínez *et al.*, 2017).

Más allá del aumento en rendimiento y disminución en dureza, poco se conoce del impacto que el mejoramiento ha tenido sobre los determinantes bioquímicos de la dureza del grano (composición de proteínas y de almidón). Comprender las bases bioquímicas que están relacionadas con los cambios en la dureza del maíz argentino es crítico, ya que permitiría entender qué mecanismos deben manipularse para mantener los estándares requeridos por la industria procesadora.

OBJETIVO

Nuestro objetivo fue estudiar el impacto del mejoramiento para rendimiento sobre la composición de las zeínas Z1 (α - y δ -zeínas) y Z2 (C1 y C2 (β -zeínas)), E y F (γ -zeínas) y del almidón

de maíz (concentración de amilosa en grano y en almidón) en genotipos argentinos liberados al mercado entre los años 1965 y 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos a campo se llevaron a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR (Zavalla, Santa Fe), en un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas. Se utilizaron 32 híbridos comerciales de maíz liberados en Argentina por Dekalb-Monsanto desde 1965 a 2016. Los mismos se sembraron en dos ambientes (Octubre 2015, fecha temprana, y Diciembre 2015, fecha tardía) y con una única densidad de 6 pl m⁻². Las parcelas tuvieron 6 m de largo con 0.52 m de espaciamiento.

La determinación de zeínas se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución en fase reversa (RP-HPLC) (Gerde *et al.*, 2017). Las determinaciones de concentraciones de amilosa y almidón se realizaron por espectrofotometría, siguiendo los métodos de Chrastil (1987) y Dubois *et al.* (1956). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA). Como fuente de variación, el modelo incluyó ambiente (A), genotipo (G), y su interacción (AxG).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• CONCENTRACIÓN Y PROPORCIÓN DE ZEÍNAS.

La concentración en el grano (mAU min g⁻¹)

y la proporción del total de zeínas (%) Z1 y Z2 fue afectada significativamente por los efectos ambiente, genotipo ($p < 0.001$) y su interacción

($p < 0.05$) (Tabla 1). El efecto genotipo acumuló la mayoría de la variación observada en todos los casos. El factor ambiental también tuvo un rol importante sobre la proporción de Z1 y Z2 (32% de la variación).

Cuando consideramos los componentes de Z2, cambios en la concentración asociados al genotipo fueron significativos para las zeínas C1, C2, E y F ($p < 0.001$) (Tabla 1). Los

efectos ambiente e interacción AxG también fueron significativos ($p < 0.01$) para la concentración de los componentes de Z2, excepto para C2. Respecto a la proporción de cada uno de los componentes de Z2, el efecto genotipo fue significativo ($p < 0.001$) para todos ellos, mientras que el efecto ambiente fue sólo significativo ($p < 0.001$) para las zeínas E y F; y la interacción fue significativa ($p < 0.05$) para las zeínas C1 y F (Tabla 1).

	Z1	Z2	C1	C2	E	F	Z1	Z2	C1	C2	E	F	Conc amilosa	Prop amilosa: almidón
Ambiente (A)	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	***	***	***	***
Genotipo (G)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Interacción (AxG)	**	***	***	ns	**	***	*	*	*	ns	ns	***	*	*
	Variación (% SS)													
Ambiente (A)	5	3	<1	<1	5	15	32	32	<1	<1	21	11	15	17
Genotipo (G)	84	83	95	93	87	56	52	52	94	94	70	75	67	66
Interacción (AxG)	4	5	2	<1	3	11	4	4	1	1	2	5	5	5
Residual	7	9	3	5	5	19	10	10	4	4	6	8	12	12

*, **, *** significativo a $p < 0.05$, 0.01 y 0.001, respectivamente. ns: no significativo.

Tabla 1. Efecto del ambiente (A), genotipo (G) y su interacción (AxG) sobre la concentración de zeínas, proporción de zeínas, concentración de amilosa en grano y proporción amilosa: almidón.

La concentración de Z1 y Z2 disminuyó con el año de liberación del genotipo (Fig. 1A) en aproximadamente un 50%. La proporción de Z1 y Z2 entre zeínas, por el contrario, no mostró cambios significativos a través del tiempo (Fig. 1B). Z1 representó la fracción mayoritaria de zeínas, cuya proporción varió entre 61.3 y 75.8% en los diferentes genotipos y ambientes.

Las concentraciones de C1 y C2 tuvieron comportamientos opuestos: C1 disminuyó y C2 aumentó a tasas similares a través de los años estudiados (Fig. el período estudiado (Fig. 1B). La concentración de zeína F no cambió, pero su proporción aumentó con el año de liberación debido al descenso en el grano de la concentración de otras zeínas (principalmente Z1 y E) (Fig. 1B).

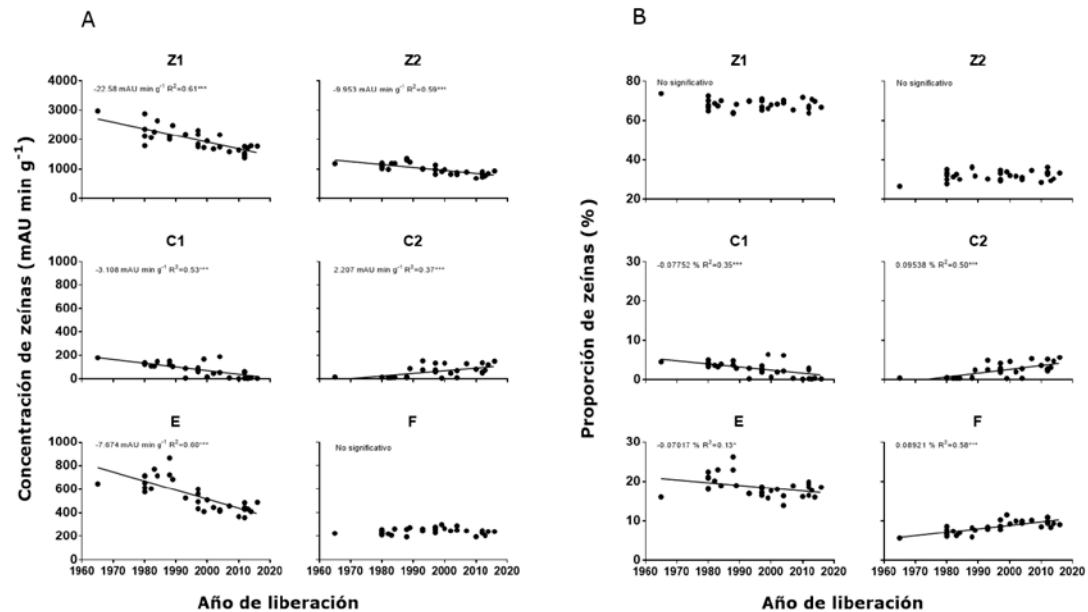


Figura 1. Concentración (Fig. 1A) y proporción (Fig. 1B) de las diferentes zeínas en función del año de liberación del híbrido, para un total de 32 genotipos comerciales liberados desde 1965 a 2016.

• **CONCENTRACIÓN Y PROPORCIÓN DE ZEÍNAS**

La concentración en el grano (mAU min g⁻¹) y la proporción del total de zeínas (%) Z1 y Z2 fue afectada significativamente por los efectos ambiente, genotipo (p<0.001) y su interacción

• **CONCENTRACIÓN DE AMILOSA Y PROPORCIÓN AMILOSA: ALMIDÓN**

Tanto la concentración de amilosa en el grano como su proporción en el almidón fueron afectados significativamente por el genotipo, el ambiente y su interacción (p<0.05; Tabla 1). El genotipo explicó la mayor parte de la variación (66-67%), seguido por el ambiente (15-17%) y la interacción (5%).

No hubo una clara tendencia a través de los años de liberación para concentración de amilosa y proporción amilosa:almidón (Fig. 2), con valores medios que oscilaron entre 18.7-26.5 y entre 26-38%, respectivamente.

• **CORRELACIONES**

La concentración de ambos grupos de zeínas (Z1 y Z2) se correlacionó positivamente

(p<0.01) con peso hectolítrico, vitreosidad, concentración de proteína y densidad de grano; y negativamente con índice de flotación y concentración de almidón (Tabla 2). Respecto a las proporciones entre zeínas, Z1 se correlacionó positivamente con la concentración de proteína; y Z2, negativamente.

La concentración y proporción de C1 se correlacionó significativa y positivamente (p<0.05) con vitreosidad y concentración de proteína. La proporción de C2 estuvo significativa (p<0.05) pero negativamente asociada a los parámetros mencionados, mientras que su concentración se correlacionó positivamente con vitreosidad. En cuanto a la zeína E, su concentración fue significativamente (p<0.01) correlacionada con todos los indicadores de dureza mostrando la misma tendencia que Z2; mientras que su proporción se correlacionó significativa (p<0.05) y positivamente con peso hectolítrico, vitreosidad y densidad. La concentración de F no mostró correlación con ninguno de los atributos evaluados; su proporción se correlacionó de manera significativa (p<0.001) con todos ellos (Tabla 2).

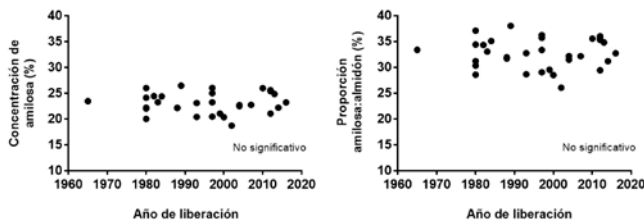


Tabla 2: Coeficientes de correlación de Pearson (*r*) entre parámetros de dureza de grano y concentración de zeínas, proporción de zeínas, concentración de amilosa en grano y proporción amilosa: almidón.

	Z1	Z2	C1	C2	E	F	Z1	Z2	C1	C2	E	F	Conc amilosa	Prop amilosa: almidón
	Concentración de zeínas (mAU min g ⁻¹)						Proporción de zeínas (%)						%	%
Peso hectolítrico	0.55**	0.61***	ns	ns	0.63***	ns	ns	ns	ns	ns	0.36*	-0.63***	ns	ns
Flotación	-0.54**	-0.48**	ns	ns	-0.50**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.59***	ns	ns
Vitreosidad	0.72***	0.79***	0.54**	-0.47**	0.84***	ns	ns	ns	0.38*	-0.56***	0.53**	-0.83***	ns	ns
Conc proteína	0.95***	0.80***	0.61***	ns	0.75***	ns	0.39*	-0.39*	0.41*	-0.47**	ns	-0.77***	ns	ns
Conc almidón	-0.79***	-0.80***	-0.54**	ns	-0.73***	ns	ns	ns	-0.36*	0.41*	ns	0.65***	ns	ns
Densidad grano	0.72***	0.73***	ns	ns	0.75***	ns	ns	ns	ns	ns	0.38*	-0.80***	ns	ns

*, **, *** significativo a p<0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente. ns: no significativo.

Figura 2: Concentración de amilosa en grano (izquierda) y proporción de amilosa en almidón (derecha) en función del año de liberación del híbrido, para un total de 32 genotipos comerciales liberados desde 1965 a 2016.

CONCLUSIÓN

El impacto del mejoramiento enfocado al rendimiento ha significado una reducción en la concentración de la mayoría de las zeínas de alrededor del 50%. La dureza del endosperma de maíz está asociada a la concentración de ambos grupos de zeínas (Z1 y Z2), especialmente

a los componentes de Z2. De estos últimos, las zeínas E juegan un rol crítico en el desarrollo de la vitreosidad del endosperma. C1 ha sido reemplazada por C2 a lo largo de los últimos 50 años de mejoramiento. Este reemplazo también surge como un posible contribuyente a la pérdida de dureza observada en los granos que se suma a la disminución en la concentración de Z1 y Z2.

No se observó asociación alguna entre cambios en la dureza del endosperma y la concentración de amilosa en el grano, o en la proporción amilosa: almidón.

Apoyo financiero: El proyecto contó con financiamiento de FONCYT (PICT 2016-0956), y se agradece a Monsanto Argentina por proveer los genotipos utilizados.

Referencias

- Brun E. L.; Dudley J. W. 1989. *Breeding potential in the USA and Argentina of corn populations containing different proportions of flint and dent germplasm*. *Crop Sci.* 29, 570-577.
- Chrastil J. 1987. *Improved colorimetric determination of amylose in starches or flours*. *Carbohydr. Res.* 159, 154-158.
- Dubois M.; Gilles K. A.; Hamilton J. K.; Rebers P. A.; Smith F. 1956. *Colorimetric method for determination of sugars and related substances*. *Anal. Chem.* 28, 350-356.
- Eyhéabide G. H.; Robutti J. L.; Borrás F. S. 1996. *Effect of near infrared transmission-based selection on maize hardness and the composition of zeins*. *Cereal Chem.* 73, 775-778.
- 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 Sci.* 56, 1225-1233.
- Gerde J. A.; Spinozzi J. I.; Borrás L. 2017. *Maize kernel hardness, endosperm zein profiles, and ethanol production*. *Bioenerg. Res.* 10, 760-771.
- Martínez R. D.; Cirilo A. G.; Cerrudo A.; Andrade F. H.; Reinoso L.; Valentinuz O. R.; Balbi C. N.; Izquierdo N. G. 2017. *Changes of starch composition by postflowering environmental conditions in kernels of maize hybrids with different endosperm hardness*. *Eur. J. Agron.* 86, 71-77.
- 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*. *Agron. J.* 108, 1561-1570.