

## DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE GRANOS DE MAÍZ DE GENOTIPOS CONTRASTANTES EN BOVINOS

### RUMEN DEGRADABILITY *IN SITU* OF MAIZE GRAINS OF CONTRASTING GENOTYPES

INGENTRON F.M.\*, F. DOMÍNGUEZ<sup>1</sup>, C.M. RABOTNIKOF<sup>1</sup> & N.P. STRITZLER<sup>1,2</sup>

#### RESUMEN

Se evaluó la digestión ruminal de tres híbridos de maíz con características contrastantes: flint (PROZEA 33), semidentado (AW 190 MG) y dentado (EXP 849 CL), presentados en forma de grano entero y tres fracciones obtenidas de la molienda: (< 1mm; > 1mm <2mm; >2mm). Cada material fue incubado en el rumen de 3 novillos Hereford provistos de cánula ruminal, en bolsas de nylon, durante 3, 6, 9, 12, 24 y 48 horas para las tres fracciones y 48 horas solamente para el grano entero. La información obtenida fue ajustada mediante una ecuación exponencial con tiempo de retardo, y los resultados sometidos a análisis de varianza, y prueba de Tukey. La degradabilidad efectiva (DE) más alta ( $p < 0.05$ ) fue para el híbrido dentado, seguido por el semidentado y finalmente el flint, aunque estos dos últimos no mostraron diferencias significativas. La DE fue mayor en la fracción más fina, y similar en las otras dos. La degradabilidad ruminal de los granos de maíz enteros fue muy baja, para todos los híbridos. Se concluye que el tamaño de las partículas obtenidas por molienda y el tipo de híbrido utilizado afectan la digestión del grano de maíz, y que los granos enteros son pobremente digeridos.

**PALABRAS CLAVE:** grano, maíz, molienda, flint, dentado, degradabilidad

#### ABSTRACT

The rumen digestion of three maize hybrids with contrasting characteristics: flint (PROZEA 33), semi dent (AW 190 mg) and dent (CL 849 EXP), presented in the form of whole grains and three milling fractions, was evaluated. Each material was incubated in the rumens of 3 Hereford steers, fitted with rumen cannulae, in nylon bags, for 3, 6, 9, 12, 24 and 48 hours for the three fractions, and 48 hours only for whole grain. The information obtained was fitted by an exponential equation with lag time, and the results subjected to analysis of variance and compared by test of Tukey. The highest effective degradability (ED) ( $p < 0.05$ ) was that of the dent hybrid, followed by the semi dent and, finally, the flint hybrid, but the last two were not significantly different. The comparison between fractions shows that the highest ED was found in the smallest one ( $p < 0.05$ ), with no differences between the other two. The ED of the whole grains was very low for all hybrids. It is concluded that the particle size obtained by grinding and the hybrid type affect the rumen digestion of the maize grain, and that the whole grains of maize are poorly digested.

**KEY WORDS:** grain, maize, milling, flint, dent, degradability

#### INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria argentina ha sufrido un cambio importante en los últimos años, manifestado a través de un gran aumento de la

superficie agrícola, que pasó de 11.473.000 ha en el año 1994 a 31.120.000 ha en el año 2005 (Rearte, 2007; Viglizzo *et al.*, 2010). Este incremento provocó una reducción notable de la su-

1 Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. Ruta 35 Km. 334. 6300. Santa Rosa, La Pampa.

2 Centro Regional La Pampa-San Luis, INTA, Spinetto 785, 6300. Santa Rosa, La Pampa.

\* fedeingentron@hotmail.com

perficie dedicada a la actividad pecuaria y un marcado reordenamiento territorial de la ganadería, que se desplazó desde la Región Pampeana hacia las demás regiones del país, principalmente el NEA (Rearte, 2007). Esta situación produjo también cambios en la alimentación, aumentando marcadamente la utilización de granos de cereales y otros alimentos altamente energéticos.

El engorde a corral representa una de las principales formas de producción intensiva de bovinos de carne. En este sistema, la variable de mayor incidencia en el costo de producción es el alimento (Lobbosco, 2009), razón por la cual la utilización digestiva del mismo es un aspecto fundamental en la eficiencia global del sistema de producción.

El grano de cereal más utilizado en la alimentación del ganado, en una amplia zona de nuestro país, es el maíz (Lobbosco, 2009). Durante muchos años se ha estudiado la forma de mejorar la utilización de este grano en los rumiantes, con especial énfasis en los diferentes métodos de procesamiento. No obstante, siguen existiendo controversias sobre la conveniencia de utilizar el grano entero o procesado.

Muchos autores han demostrado que el principal efecto del procesado físico del grano de maíz (molido, aplastado en seco, aplastado al vapor, etc.), es favorecer la ruptura de la matriz proteica que contiene los gránulos de almidón, mejorando su digestibilidad, (Maresca *et al.*, 2002). El procesamiento de los granos es de suma importancia ya que determinará no sólo el consumo por parte del animal, sino también la tasa y los sitios de digestión del almidón. En trabajos donde se evaluaron distintos tamaños de partículas del grano de maíz y su efecto sobre la tasa y la partición de la digestión, se comprobó que los distintos grados de molienda no afectaron la digestibilidad del grano (Galyean *et al.*, 1979), pero sí modificaron los sitios de digestión. Mientras que con el grano entero la digestión de la materia seca (MS) fue del 45 % en rumen y 32 % en intestino, con el grano molido la fracción digerida en rumen aumentó, disminuyendo el porcentaje que lo hizo a nivel pos gástrico (Galyean *et al.*, 1979).

La presencia de una estructura proteica entre los granos de almidón reduce la velocidad de exposición al licor ruminal y retarda el ataque microbiano al almidón, pero el factor más importante que afecta la digestión ruminal es el tipo de endosperma del grano. La dureza o vitrosidad del grano de maíz aumenta con la proporción de endosperma cómeo, que es mayor en maíces duros (también conocidos como flint) que en semi-dentados y mayor en éstos que en dentados. Montiel y Elizalde (2004) encontraron una correlación negativa entre dureza y degradación ruminal del almidón en granos de maíz, con rangos de degradabilidad ruminal de almidón que van del 40,6 al 77,6 % para granos de maíces duros y dentados respectivamente. La molienda mejora la exposición ruminal del grano, con valores máximos para los dentados, aunque el cambio más significativo se ve en los flint (Pordomingo, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación de la digestión ruminal del grano de tres híbridos de maíz con características contrastantes, expuestos en sus formas de grano entero y de fracciones obtenidas del tratamiento de molienda.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Facultad de Agroonomía de la UNLPam, con tres híbridos distintos de maíz (*Zea mays*), obtenidos de un ensayo comparativo de rendimiento en la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas" del INTA (Tabla 1). En función de las características morfológicas externas del grano, para este trabajo se seleccionaron tres híbridos contrastantes: flint, semi dentado y dentado.

A los granos obtenidos se les aplicó un tratamiento de molienda, en igualdad de condiciones para los tres genotipos, utilizándose un molino de martillos. Al material obtenido de la molienda se lo hizo pasar a través de un par de tamices Tyler (N° 10 y N° 18), separándose así en tres fracciones:

Fracción 1: partículas menores a 1 mm (< 1mm).

Fracción 2: partículas con tamaño mayor a 1 mm y menor a 2 mm (> 1mm <2mm).

Fracción 3: partículas mayores a 2 mm (> 2mm).

Estas fracciones, junto con el grano entero

conformaron los cuatro sustratos de cada híbrido a evaluar. La evaluación de la degradabilidad ruminal de los distintos materiales se realizó por la técnica de incubación *in situ* del sustrato incluido en bolsitas de tela de nylon (Ørskov *et al.*, 1980). Se utilizaron tres novillos Hereford de un peso vivo promedio de 650 kg, provistos de cánula permanente de rumen, y alimentados *ad libitum* con heno de alfalfa (*Medicago sativa*) de buena calidad nutritiva (digestibilidad de la MS: 62,55 %; PB: 20,20 %). Antes de comenzar con las incubaciones los animales fueron sometidos a un período de acostumbamiento a la dieta experimental, que se extendió por 7 días.

Las bolsitas de nylon utilizadas en las incubaciones *in situ* fueron de forma rectangular, con un tamaño de poro de 50  $\mu$ m, y una superficie total de 170 cm<sup>2</sup>. Para determinar la cantidad de sustrato a incubar en cada bolsita, se utilizó una relación peso/superficie de 12,5 mg/cm<sup>2</sup> (NJK, 1985), llevando a que cada una contuviera 1,5 gr de muestra (peso seco), aproximadamente. Se asumió para las bolsitas un área efectiva de exposición del 70 %, estimándose que el 30 % restante correspondería a la parte superior de la bolsita, utilizada para la sujeción de la misma al tapón de goma, por medio de un precinto plástico. Cada tapón de goma se utilizó en la sujeción de hasta un total de 6 bolsitas, actuando como lastre para la inmersión en el contenido ruminal.

Las bolsitas conteniendo los sustratos de cada híbrido se incubaron en el rumen de los novillos durante 3, 6, 9, 12, 24 y 48 hs, con una repetición por cada novillo (I, II y III). Una vez retiradas del rumen se procedió a su lavado durante 60 minutos y a su posterior secado a 60°C hasta peso constante, para determinar el residuo. Por diferencia entre el peso del residuo y el peso ini-

cial se obtuvo la desaparición porcentual de la muestra. Para determinar degradabilidad inicial (tiempo 0) se colocaron muestras de los mismos sustratos en bolsitas de nylon en agua a 39°C, por un periodo de 15 minutos con agitación leve y constante.

Para el análisis de la dinámica de desaparición ruminal de los sustratos, los datos se ajustaron a un modelo exponencial con tiempo de retardo, de acuerdo a lo propuesto por McDonald (1981). Los parámetros de dinámica de degradación de dicho modelo, cuya estimación surge del ajuste de los datos observados, se describen como: fracción soluble (A); fracción insoluble, lentamente degradable (B); fracción potencialmente degradable (A+B); tasa de degradación de la fracción B (c); tiempo de retardo (L). La degradabilidad efectiva (DE) de cada fracción se calculó ponderando la digestión ruminal por la tasa de pasaje k (Stritzler *et al.*, 1997), asumiéndose para esta última un valor de 0,05 h<sup>-1</sup>. Para ello se utilizó la ecuación  $DE = A + B.c.e^{-(c+k)L}/(c+k)$ .

Los resultados para cada una de estas variables fueron sometidos a análisis de varianza, y prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción entre genotipo y procesado del grano, al igual que en el trabajo de Elizalde *et al.*, (2005b), no fue significativa ( $p > 0.05$ ) para ninguna de las variables evaluadas.

La Tabla 2 muestra las proporciones de cada fracción, obtenidas por tamizado del material sometido a molienda. Como se puede observar, los granos dentados en comparación con los otros genotipos evaluados generan, luego de la molienda, una mayor proporción de la fracción fina (< 1 mm) y una menor proporción de la fracción

**Tabla 1.** Genotipos de maíz utilizados en el estudio.

**Table 1.** Maize genotypes used in this study

Hibrido	Empresa	Hibrido Tipo	Fecha			Rendimiento kg/ha
			Siembra	Emergencia	Floración	
Exp 849 CL	Don Mario	Dentado	09/10/2007	20/10/2007	10/01/2008	4575,4
AW 190 MG	Monsanto	Semidentado	09/10/2007	20/10/2007	14/01/2008	4008,4
Prozea 33	ProduceM	Flint	09/10/2007	20/10/2007	08/01/2008	3327,4

Ensayo Comparativo Rendimiento. EEA Anguil "Ing. Guillermo Covas" INTA. Campaña 2007/08

gruesa (> 2 mm). Ello se debe, probablemente, a que los granos dentados poseen una mayor proporción de endosperma harinoso, que les confiere una resistencia menor a transformarse en partículas de harina. Con respecto a la fracción intermedia, no se observan diferencias porcentuales entre los tres genotipos evaluados, teniendo un valor cercano al 20 %.

Con respecto a los granos tipo flint y semi dentados, su comportamiento es muy similar, ya que luego del tratamiento de molienda no presentan grandes diferencias en las proporciones de cada fracción, sólo una pequeña ventaja en la fracción más gruesa (0,9 %) a favor del genotipo con mayor proporción de endosperma córneo (flint).

Tabla 2: Proporción de fracciones en cada híbrido de maíz luego de la molienda.

Table 2: Proportion of fractions in each hybrid after milling.

FRACCION	PROZEA 33	AW 190 MG	EXP 849 CL
	(flint)	(semidentado)	(dentado)
	%	%	%
< 1 mm	13,7	14,6	19,5
> 1; <2 mm	20,1	20,1	20,8
> 2 mm	66,2	65,3	59,7
TOTAL.	100	100	100

Tabla 3: Parámetros de digestión ruminal para maíz tipo flint, semi dentado y dentado (en %MS, excepto c, en %MS<sup>-1</sup>), incluyendo todas las fracciones de molienda.

Table 3: Parameters of rumen digestion for Flint, semi-dent and dent maize grains (in %DM, except c, in %DM h<sup>-1</sup>), including all milling fractions.

Parámetros	GENOTIPO			
	Flint	Semi dentado	Dentado	EEM
A	16,16 a	14,74 a	15,54 a	0,47
B	80,36 a	81,59 a	81,78 a	0,9
A+B	96,52 a	96,34 a	97,33 a	0,42
c	0,14 a	0,14 a	0,15 a	0,0022
DE	61,57 b	63,05 b	69,42 a	5,14

A: Fracción soluble;

B: Fracción insoluble, lentamente degradable;

A+B: Fracción potencialmente degradable;

c: Tasa de digestión de la fracción lentamente degradable;

DE: Degradabilidad efectiva a una tasa de pasaje de 0,05 h<sup>-1</sup>.

Letras distintas en la misma fila, indican diferencias significativas (p<0.05)

EEM: Error estándar de la media.

Las comparaciones entre los distintos genotipos muestran que no se presentaron diferencias significativas (p>0,05) para ninguno de los parámetros estimados, con excepción de la DE, lo que estaría indicando una dinámica digestiva ruminal distinta para cada material genético (Tabla 3). La DE más alta fue para el genotipo dentado, seguido por el semi dentado y finalmente el flint, aunque no se observaron diferencias significativas entre los dos últimos. Esto coincide con lo hallado por Dillon *et al.* (2005), quienes observaron este mismo comportamiento entre los genotipos dentado y flint. Estos resultados podrían deberse a que la estructura del grano de maíz afecta la degradabilidad ruminal del almidón. De esta manera, en el maíz dentado, donde la matriz

proteica es discontinua, las bacterias del rumen tienen mayor facilidad para acceder a los gránulos de almidón. Sumado a esto, este tipo de grano presenta mayor proporción de endosperma harinoso, lo que explicaría su mayor degradabilidad en el rumen, respecto al maíz flint. (Elizalde *et al.*, 2005a). En las 3 fracciones la tendencia es la misma, presentando el genotipo dentado mayores porcentajes de desaparición. Esta diferencia es más acentuada en las primeras 24 hs de incubación en rumen, llegando a valores muy similares al finalizar el período completo de incubación (48 hs).

La degradabilidad potencial (DP) en rumen es la suma de las fracciones potencialmente degradables, soluble (A) e insoluble (B). La DE, sin embargo no alcanza nunca la DP, debido a que una proporción de

Tabla 4: Parámetros de digestión ruminal para tres fracciones de molienda y grano entero (en %MS, excepto c, en %MS.h<sup>-1</sup>), incluyendo todos los híbridos.Table 4: Parameters of rumen digestion for three milling fractions and whole grain (in %DM, except c, in %DM.h<sup>-1</sup>), including all maize hybrids.

Parámetros	MOLIENDA			Grano entero
	< 1 mm	>1 mm < 2 mm	> 2 mm	
A	24,52 a	12,45 b	9,47 c	-
B	72,33 c	82,71 b	88,70 a	-
A+B	96,86 a	95,16 b	98,17 a	-
c	0,10 b	0,16 a	0,18 a	-
DE	93,41 a	79,56 b	74,57 b	11,19 c

A: Fracción soluble;

B: Fracción insoluble, lentamente degradable;

A+B: Fracción potencialmente degradable;

c: Tasa de digestión de la fracción lentamente degradable;

DE: Degradabilidad efectiva a una tasa de pasaje de 0,05 h<sup>-1</sup>.

Letras distintas en la misma fila, indican diferencias significativas (p&lt;0.05)

las partículas potencialmente degradables, escapa a la digestión ruminal, abandonando este compartimiento sin ser digerida. Esta diferencia es más alta en los granos flint y semi-dentados que en los dentados (Tabla 3), probablemente debido a la mayor degradación de aquellos en las primeras horas de incubación.

El tamaño de molienda tuvo una marcada influencia sobre los parámetros obtenidos (Tabla 4), disminuyendo A y aumentando B con el aumento en el tamaño de partícula. La DE fue claramente mayor en la fracción más fina, y similar en las otras dos, a pesar de que la fracción 2 presentó mayores valores de DE que la fracción 3 en todos los genotipos evaluados.

La degradabilidad en rumen de los granos de maíz enteros fue muy baja, para todos los genotipos y, coincidiendo con Elizalde *et al.*, (2005b), no se encontraron diferencias significativas en la degradación ruminal entre los distintos genotipos. Se destacan los bajos valores de degradabilidad que poseen, cercanos al 11% (Tabla 4), con diferencias significativas (p<0.05) con respecto a todas las fracciones de molienda. Estos resultados demuestran que, si se ofrecen enteros, sólo pueden ser digeridos en rumen con ruptura previa por la masticación (Stritzler & Gingins, 1983). Este fenómeno se explicaría por

la estructura periférica que genera el endosperma, donde la matriz proteica que contiene los gránulos de almidón, actúa como una verdadera barrera física hacia la acción microbiana, siendo el principal factor que afecta la degradabilidad de cualquier grano en el rumen (Rooney & Pflugfelder, 1986). Esta barrera podría romperse mediante la masticación del animal o en su defecto por un tratamiento de molienda, aplastado, partido, etc. Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que el tratamiento de molienda, a través de la reducción del

tamaño de partícula, facilita la acción microbiana. Este efecto se manifiesta por la mayor tasa de desaparición inicial de la fracción más fina (Tabla 4), común a los tres genotipos evaluados. La tasa de desaparición de la fracción más gruesa fue menor que en las otras dos fracciones, probablemente como consecuencia de la menor exposición de los gránulos de almidón a la microbiota ruminal.

## CONCLUSIONES

- No se encontró interacción significativa entre los genotipos de maíz evaluados y las distintas fracciones obtenidas de su molienda.
- El tamaño de las partículas obtenidas por molienda y el tipo de híbrido utilizado afectaron la digestión de los granos en el rumen. Las mayores degradabilidades efectivas fueron obtenidas por las partículas finas y granos de maíz dentado.
- No se encontraron diferencias significativas entre los genotipos semi-dentado y flint ni entre los dos mayores tamaños de partículas.
- Los granos enteros presentan baja degradabilidad ruminal, independientemente del genotipo

## BIBLIOGRAFÍA

- Dillon A., J.C. Elizalde & C.M. Zaniboni. 2005. Suplementación de novillos en pastoreo con grano de maíz flint o dentado. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25 (Supl 1): 29-30.
- Elizalde J.C., P.A. Menchón, V.F. Parra, M.D. Montiel & G. Eyherabide. 2005a. Consumo y digestión de dietas basadas en granos de maíz flint o dentados ofrecidos enteros o molidos en vacunos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25 (Supl 1): 33-35.
- Elizalde J.C., P.A. Menchón, V.F. Parra, M.D. Montiel & G. Eyherabide. 2005b. Degradación ruminal *in situ* de la materia seca de dos genotipos de maíz ofrecidos enteros o molidos, en dietas con alta inclusión de grano, a vacunos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25 (Supl 1): 35-36.
- Galyean M.L., D.G. Wagner & F.N. Owens. 1979. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *J. Anim. Sci.* 49: 204-210.
- Lobbosco F.A. 2009. El engorde a corral para la producción de carne en la provincia de Buenos Aires: un análisis económico. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata, 84 p.
- Maresca S., F. Santini & E. Pavan. 2002. Comportamiento productivo de terneras alimentadas a corral con grano de maíz entero y partido. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22: 163-168.
- McDonald I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.*, 96: 251-252.
- Montiel M.D. & J.C. Elizalde. 2004. Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24: 1-20.
- NJK. 1985. Introduction to the Nordic Protein Evaluation System for ruminants into practice and further research requirements. *Acta Agric. Scand. Supl.* 25: 216.
- Ørskov E.R., F.D.DeB. Hovell & F. Mould 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195-213.
- Pordomingo A.J. 2005. Feedlot. Alimentación, Diseño y Manejo. Editorial INTA Anguil. 228 p.
- Rearte D. 1994. El Feedlot en la Argentina. Editorial INTA Balcarce. 95 p.
- Rearte D. 2007. Programa de producción de carnes. Editorial INTA. 19 p.
- Rooney L.W. & R.L. Pflugfelder. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* 63: 1607-1623.
- Stritzler N.P., C.M. Ferri & V.V. Jouve. 1997. Comparación de modelos utilizados para estimar la desaparición de la materia seca *in sacco* y la degradabilidad efectiva. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17: 353-364.
- Stritzler N.P. & M.A. Gingins. 1983. Efecto del tamaño del animal sobre la masticación de granos. *Producción Animal* 10: 115-119.
- Viglizzo E.F., L.V. Carreño, H. Pereyra, F. Ricard, J. Clatt & D. Pincén. 2010. Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico. *En: Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico – ambiental.* (E.F. Viglizzo & E. Jobbágy eds.). Ediciones INTA. pp. 9-22.