

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

## **Valor nutricional del grano y ensilaje de maíz en la alimentación de bovinos para carne**

por el **Gustavo Jesús Depetris**

Médico Veterinario. Ms Sci Producción Animal. INTA  
Estación Experimental Agropecuaria Balcarce

Dentro del grupo de los granos utilizados para la alimentación de bovinos para carne, el grano de maíz es que mayor utilización e importancia tiene. Es necesario por tal motivo conocer ciertas consideraciones que afectan el valor nutricional de este. En la producción de carne de bovina, la utilización de maíz radica en el aporte de energía que esta dada por medio de la presencia de almidón. El rumen es el principal sitio de digestión del almidón, donde el 60-95 % de este es fermentado para producir AGV y gas o es incorporado como materia microbiana (Nocek & Tamminga, 1991). El almidón que escapa a la acción microbiana del rumen es digerido en el intestino delgado donde la absorción de glucosa es más eficiente energéticamente que la utilización de AGV en rumen (Owens *et al.*, 1986, Reynolds *et al.*, 2001). Sin embargo, la digestión en el intestino delgado es restringida ya sea debido al limitado tiempo exposición del almidón a las enzimas o al inadecuado acceso de las enzimas (Owens *et al.*, 1986). La digestión en el intestino grueso es insignificante, por lo tanto el almidón que no es digerido en el intestino delgado es excretado en heces. En los rumiantes el sitio de digestión del almidón determina la

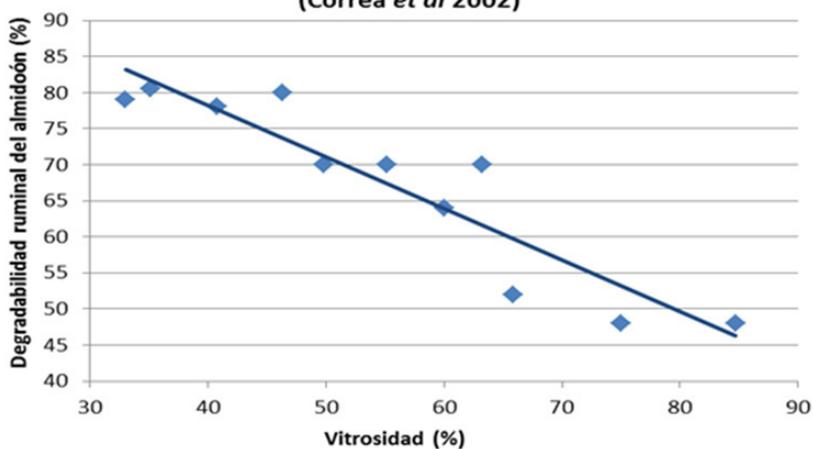
partición de la digestión de la materia orgánica y tiene impacto sobre el consumo de materia seca y sobre la salud ruminal (Sauvant 1997). Dado que el almidón representa el 70% del contenido de materia seca del grano, y que existe una fuerte correlación entre la degradabilidad ruminal de la materia seca y la degradabilidad ruminal del almidón ( $R=0,98$   $P=0,0001$ ) y también entre la digestibilidad total de la materia seca y la digestibilidad total del almidón (Ngomyamo Majee *et al.*, 2008) la mayor atención de la digestión del grano debe estar puesta en el almidón.

La digestibilidad del almidón esta afectada por la composición y la forma física de éste, por la interacción proteína almidón, la integridad celular de las unidades que contienen almidón (Thorne *et al.*, 1983) y por el método de procesamiento del grano (Theurer 1986). En relación a su composición química, el almidón es un glucano compuesto de dos grandes moléculas, la amilosa y la amilopectina, estando la digestibilidad del almidón directamente relacionada con el porcentaje de esta última (Rooney & Pflugfelder, 1986). En general el grano de maíz presenta entre un 20-30 % de amilosa y el resto es amilopectina: los granos del tipo Waxy no presentan en su composición amilosa en cambio los granos altos en amilosa no tienen amilopectina.

Los gránulos de almidón están embebidos en una matriz proteica la cual puede ser continua formando el endosperma vítreo o discontinua formando el endosperma harinoso (Rooney & Pflugfelder, 1986). Esta matriz proteica limita la digestibilidad del almidón ya que previene la colonización microbiana y retarda la penetración de las enzimas amilolíticas (McAllister *et al.*, 1990). A su vez en el endosperma harinoso, los gránulos de almidón son grandes y tienen espacio entre ellos, en cambio en el en-

dosperma vítreo los gránulos son mas pequeños y compactos (Dado, 1999). En los híbridos comerciales existen diferencias en la proporción de endosperma, y esta, determina la vitrosidad del grano. Los maíces con mayor vitrosidad presentan mayor proporción de endosperma del tipo vítreo y son conocidos como Flint, en cambio cuando la proporción de endosperma harinoso es la que predomina tenemos los maíces de tipo Dent (Kotarski *et al.*, 1992). Se ha observado que existe una fuerte relación inversa entre la vitrosidad del grano y la degradabilidad del almidón (Philippeau & Michael Doreau, 1997; Correa *et al.*, 2002). También se observó que con el avance de la madurez del grano, la vitrosidad aumenta y por la tanto la digestibilidad disminuye aunque de manera mayor en los híbridos flint (Correa *et al.*, 2002. Figura 1).

**Relación entre la vitrosidad del grano y la digestión *in situ* ruminal del almidón**  
(Correa *et al* 2002)



**Figura 1.** Relación entre la vitrosidad del grano y la digestión *in situ* ruminal del almidón (Correa *et al.*, 2002)

El procesamiento del grano ya sea el quebrado, molido, ensilado o vaporizado incrementa la digestibilidad total del almidón,

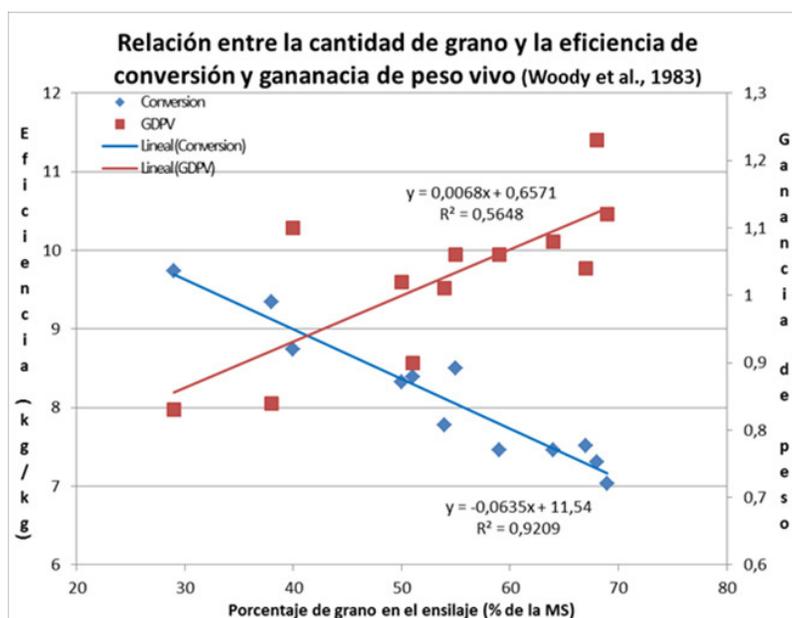
sin embargo, el mayor efecto que tiene, es el cambio del sitio de digestión aumentándolo a nivel ruminal. No siempre un procesamiento mas intenso va a generar una mayor respuesta productiva, si no que esta respuesta va a depender de otros factores tales como el nivel de grano en la dieta, el porcentaje de fibra y el tamaño del animal al cual es suministrado.

El molido, rolado o partido busca romper el pericarpio y aumentar la superficie expuesta a la acción microbiana en el rumen. Este proceso aumenta la degradabilidad ruminal del almidón e incrementa la digestión total del almidón. A su vez, cuanto menor es el tamaño de partícula del grano mayor es el incremento de la degradabilidad ruminal del almidón (Callison *et al.*, 2001) y de la fracción soluble (Rémond *et al.*, 2004). Sin embargo, la molienda no igualaría la degradabilidad del almidón de híbridos con diferente dureza ya que la diferencia se mantiene pero en menor medida.

El grano cosechado húmedo presenta mayor degradabilidad ruminal y digestión total del almidón respecto al grano seco rolado (Ladely *et al.*, 1995; Alvarez *et al.*, 2001, Harrelson *et al.*, 2009) , esto se debe a que presenta menor contenido de prolaminas zeinas que son parte de la matriz proteica que envuelve los gránulos de almidón (Hoffman *et al.*, 2011). A su vez, tanto el proceso de ensilado, como la molienda del grano aumentan la fracción rápidamente disponible respecto al grano húmedo entero no ensilado (Philippeau & Michalet-Doreau 1998). El proceso de ensilado genera una parcial solubilización de las proteínas del endosperma permitiendo una mayor accesibilidad de las bacterias ruminales y así una mayor digestión del almidón. Esta solubilización es mayor con el tiempo de almacenado permitiendo que aumente la tasa de degradación ruminal del almidón (Philippeau

& Michalet-Doreau 1998, Hoffman *et al.*, 2011). Las diferencias entre genotipos (Flint y Dent) permanecen constantes antes y después del ensilado (10,7 y 11,6 %) respectivamente (Philippeau & Michalet-Doreau 1998). Por otra parte, el nivel de humedad con el cual es cosechado el grano también incrementa la degradabilidad ruminal del almidón siendo esta directamente proporcional. (Parra y otros 2005 , Szasz *et al.*, 2007).

La utilización del maíz como ensilaje en la alimentación de bovinos para carne se ha intensificado en los últimos años ya sea como parte de dietas de engorde o como suplemento en dietas base pastoril. El valor nutricional de ensilaje de maíz está afectado por factores intrínsecos pero también juegan un rol importante factores extrínsecos como ser el estado de madurez de la planta al momento del picado, el tamaño de picado y el procesado que sufra el grano durante su confección. Concerniente a la planta, el valor nutricional esta determinado por la proporción y tipo de grano presente en el ensilaje y en menor medida la calidad de fibra. Se ha observado que el incremento en la proporción de grano en el ensilaje incrementa el contenido de almidón y la digestibilidad de la materia orgánica (Demarquilly, 1994) y está directamente relacionada con la ganancia de peso vivo y la eficiencia de conversión alimenticia (Woody *et al.*, 1983; Figura 2)



**Figura 2.** Relación entre la cantidad de grano presente en dietas de ensilaje y la eficiencia de conversión y ganancia de peso vivo. Adaptado de Woody *et al.* (1983)

En lo referente al tipo de grano ensilado, los híbridos dentados presentan mayor degradabilidad ruminal del almidón que los flint. Con el avance de la madurez de la planta se incrementa el contenido de almidón en el ensilaje, sin embargo la digestibilidad de este disminuye (Bal *et al.*, 1997) y estas diferencias son mayores según el tipo de endosperma del grano (Philippeau & Michalet-Doreau, 1997). Por otra parte, el procesado con cracker aumenta la degradabilidad del almidón (Rojas Bourrillon *et al.*, 1987) y la digestibilidad del silaje (Bal *et al.*, 2000; Andrae *et al.*, 2001) siendo mayor el efecto con el avance de la madurez (Andrae *et al.*, 2001). No obstante, esta mejora observada en la digestión del almidón, ha revelado pocos beneficios productivos ya que solo sería importante con ensilajes con 40% o superiores de MS. De la misma forma la disminución del tamaño de picado no afectaría la digestión

de la materia seca ni del almidón cuando el porcentaje de materia seca del ensilaje es menor al 32 % (Fernández *et al.*, 2004).

En relación al valor nutricional de la fibra, existen los híbridos que presentan el gen BMR (*Brown Mid Rib*) que exhiben una mayor digestibilidad de la FDN debido a que tienen menor contenido de lignina. La utilización de materiales BMR en comparación con materiales no BMR mostraron una mayor degradabilidad de la FDN a nivel ruminal, incrementando el consumo de materia seca pero no mejorando la ganancia de peso y la eficiencia de conversión en engorde a corral (Tjardes *et al.*, 2000).

En conclusión, el tipo de endosperma predominante del grano va a afectar la digestibilidad del almidón, el procesado del grano no solo aumenta la digestibilidad del almidón sino que cambia el sitio y velocidad de digestión. La intensidad o tipo de procesado dependerá de factores de la dieta total y del tamaño del animal a alimentar, como así también de aspectos económicos. Para el caso de ensilaje de maíz su valor nutricional está directamente relacionado con la cantidad de grano presente en este, siendo menos importante la calidad de la fibra cuando la madurez del cultivo avanza.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarez HJ, Santini FJ, Rearte DH & Elizalde JC. 2001. Milk production and ruminal digestion in lactating dairy cows grazing temperate pastures and supplemented with dry cracked corn or high moisture corn. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 91: 183-195

Andrae, J G Hunt C W, Pritchard G T, Kennington L R, Harrison J H, Kezar W & Mahanna W. 2001. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J Anim Sci*, 79: 2268-2275

Bal MA, Coors JG & Shaver RD. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 80: 2497– 2503

Bal MA,. Shaver RD,. Shinnors KJ,. Coors JG, Lauer J G, Straub RJ & Koegel RG. 2000. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole plant corn silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 86: 83–94

Callison SL, Firkins JL, Eastridge ML & Hull BL. 2001. Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. *J. Dairy Sci.*, 84: 1458–1467

Correa CES, Shaver RD, Pereira MN, Lauer JG & Kohn K. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *J. Dairy Sci.*, 85: 3008–3012.

Dado RG. 1999. Nutritional benefits of specialty corn grain hybrids in dairy diets. *J Anim Sci.*, 77: 197-207

Demarquilly C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. *INRA Prod. Anim.*, 7(3): 177-189

Fernández I, Nozière P & Michalet-Doreau B. 2004 Site and extent of starch digestion of whole-plant maize silages differing in maturity stage and chop length, in dairy cows *Livestock Production Science*, 89: 147–157

Harrelson FW, Luebke MK, Meyer NF, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Jackson DS & Fithian WA. 2009. Influence of corn hybrid

and processing method on nutrient digestibility, finishing performance, and carcass characteristics. *J Anim Sci.*, 87: 2323-2332

Hoffman PC, Esser NM, Shaver RD, Coblenz WK, Scott MP, Bodnar AL, Schmidt RJ & Charley RC. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *J. Dairy Sci.*, 94: 2465–2474

Ladely SR, Stock RA, Klopfenstein TJ & Sindt MH. 1995. High-lysine corn as a source of protein and energy for finishing calves. *J. Anim. Sci.*, 73: 228

Kotarski SF, Waniska RD & Thurn KK. 1992. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *J. Nutr.*, 122: 178-190

McAllister TA., Cheng KJ., Rode LM & Forsberg CW. 1990. Digestion of barley, maize, and wheat by selected species of ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56: 3146–3153

Ngonyamo-Majee D, Shaver RD, Coors JG, Sapienza D & Lauer JG. 2008. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm II. Ruminal and post-ruminal degradabilities. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 142: 259–274

Nocek JE & Tamminga S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk-yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3598–3629

Owens FN, Zinn RA & Kim YK. 1986. Limits to Storch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*, 63: 1634–1648

Philippeau C & Michalet-Doreau B. 1997. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 68: 25–35

Philippeau C & Michalet-Doreau B. 1998. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *J. Dairy Sci.*, 81: 2178–2184

Remond D, Cabrera-Estrada JI, Champion M, Chauveau B, Coudure R & Poncet C. 2004. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87: 1389–1399

Reynolds CK, Cammell SB, Humphries DJ, Beever DE, Sutton J D & Newbold JR. 2001. Effects of post-rumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84: 2250-2259

Rooney LW & Pflugfelder RL. 1986. Factors affecting Starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.*, 63: 1607–1623

Sauvant D. 1997. Conséquences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l'amidon chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 10 (4): 287-300

Szasz JI, Hunt CW, Szasz PA, Weber RA, Owens N, Kezar W & Turgeon OA. 2007. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot stress. *J. Anim. Sci.*, 85: 2214-2221

Theurer CB. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 63: 1649

Thorne MJ, Thompson LU & Jenkins DJA. 1983. Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 38: 481

Tjardes KE, Buskirk DD, Allen MS, Ames NK, Bourquin LD & Rust SR. 2000. Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. *J Anim Sci*, 78: 2957-2965

Woody HD, Fox DG & Balck JR. 1983. Predicting net energy value of corn silage varying in grain content. *J. Anim. Sci.*, 57: 710-716