

REQUERIMIENTOS DE NITRÓGENO DEGRADABLE EN RUMEN EN NOVILLOS ALIMENTADOS A CORRAL CON DIETAS A BASE DE GRANO DE MAÍZ SECO PARTIDO

Lucas González^{1,2,3,*}; Sergio Viano²; Patricio Davies²; Daniel Méndez²; Gustavo Jaurena¹; José Ignacio Arroquy⁴; Juan Elizalde⁵; Irene Ceconi².

¹Facultad de Agronomía - UBA; ²EEA INTA General Villegas; ³CONICET; ⁴EEA INTA Cesáreo Naredo; ⁵Asesor privado

*gonzalez.lucas@inta.gov.ar

PALABRAS CLAVE:

nitrógeno degradable en rumen, grano seco partido, terminación de novillos, feedlot.

INTRODUCCIÓN

Breve introducción al metabolismo de animales polivivívoros

Los rumiantes se distinguen del resto de los herbívoros por la adaptación morfofisiológica que presenta la parte anterior de su tracto gastrointestinal. Son animales polivivívoros con la presencia de un rumen-retículo que aloja un complejo microbioma y funciona como una gran cuba de fermentación (Trincherio et al., 2013). Esto les permite convertir alimentos fibrosos y proteínas de baja calidad, incluso el nitrógeno no proteico (NNP; urea, ácidos nucleicos, nitrógeno amoniacal, nitratos, etc.), en nutrientes de alto valor biológico para el animal (Dewhurst et al., 2000). Para crecer y multiplicarse, los microorganismos degradan y transforman los tejidos vegetales en aminoácidos, esqueletos carbonados, NH_3 y energía en forma de ATP para sintetizar proteína microbiana (PMic), ácidos grasos volátiles (AGV), vitaminas y, a su vez, mantener funciones vitales de las células (NASEM, 2016; Russell, 2002)

Sin embargo, el ganado de carne es relativamente ineficiente utilizando el N dietario, ya que no más del 20% del mismo es utilizado para su propio crecimiento (NASEM, 2016). Esta ineficiencia en parte es debida a la rápida degradación ruminal de las proteínas dietarias que resulta en una mayor absorción de amoníaco (NH_3) a través del epitelio ruminal, que finalmente se excreta en forma de urea en la orina (Kennedy & Milligan, 1980). Otra parte de la urea sintetizada en el hígado se recicla de regreso al rumen a través de la saliva o de la sangre. Este mecanismo de reciclaje es muy beneficioso para el animal porque brinda la oportunidad de sobrevivir y reproducirse en una amplia gama de condiciones ambientales, incluidos los casos en los que la ingesta de N es muy baja (NASEM, 2016).

A su vez, los AGV y la PMic resultantes de la fermentación ruminal del alimento y del crecimiento microbiano, entre otros, son esenciales para proveer al animal de fuentes energéticas y de precursores de ácidos grasos de cadena larga (acetato, butirato) y de glucosa (propionato), así como de péptidos y aminoácidos para la síntesis de proteína animal. Consecuentemente, un adecuado suministro de N, de carbohidratos y otros factores para promover el crecimiento microbiano son centrales para eficientizar la producción de bovinos de carne tanto desde una perspectiva de suministro de fuentes energéticas como proteicas (Ceconi et al., 2013).

Necesidad de mejorar la eficiencia de utilización del N

Las pérdidas de N a partir de las excretas animales en forma de NH_3 y de N_2O son de particular importancia por el potencial impacto de las mismas sobre la contaminación ambiental (Colwey et al., 2019). Sólo del 5 al 20% del N dietario se retiene en la carcasa (Koenig & Beauchemin, 2013). Aproximadamente entre el 40 y el 70% del N consumido diariamente por el ganado en terminación se excreta en la orina y del 20 al 60% del N consumido es excretado en las heces (Koenig et al., 2013; Hristov et al., 2011).

Una vez cubiertos los requerimientos proteicos tanto de los microorganismos ruminales como del propio animal, el exceso de N es excretado a través de la orina (Vasconcelos, 2009). El N urinario se presenta fundamentalmente en forma de urea (60-80% del N en orina; Vasconcelos, 2009; Koenig & Beauchemin, 2013). Una vez en contacto con

el ambiente, la urea excretada en la orina es convertida rápidamente en NH_4^+ y en NH_3 producto de la actividad de ureasas exógenas secretadas por microorganismos presentes en la misma orina y en la superficie de los corrales. Consecuentemente, en los corrales de engorde abiertos, entre el 40 y el 60% del N consumido se pierde hacia la atmósfera como NH_3 (Flesch et al., 2007; Erickson & Klopfenstein, 2010).

Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar la eficiencia del uso del N en los sistemas de encierro a corral y, con ello, reducir las pérdidas de N al medioambiente. En general, a medida que disminuye la ingesta de N, la excreción del mismo también disminuye (Angelidis et al., 2019; NASEM, 2016), reduciendo así su potencial contaminante (Waldrup et al., 2013; Dong et al., 2014). Aunque es inevitable cierta pérdida de N, se ha demostrado que existen algunas prácticas tendientes a mejorar la eficiencia de su uso por el ganado. La medida más eficaz es reducir la ingesta de N de los animales a través de la alimentación de precisión, la alimentación por fases (cambios en la concentración proteica de la/s dieta/s de cría y/o terminación conforme avanzan los días de encierro) y la formulación dietaria (Erickson & Klopfenstein, 2010; NASEM, 2016).

Consideraciones sobre métodos de procesamientos e híbridos de maíz

Los granos de cereales son incluidos a razón de 70 a 90% (base seca) en raciones de terminación a corral (Vasconcelos & Galyean, 2007), ya que aumentan la densidad energética de la dieta optimizando la producción en sistemas intensivos de engorde a corral bien gestionados (Huntington, 1997). Debido a que el almidón es el principal componente energético de los cereales, las mejoras en estos sistemas dependerán de las mejoras de conversión del almidón en producto animal (Huntington, 1997; Owens & Soderlund, 2006). La alteración del genotipo del grano, el almacenamiento y manipulación, el método de procesamiento, el tipo de animal y las condiciones de manejo pueden afectar el valor alimenticio (VA) y la utilización del almidón por el animal (Owens & Zinn, 2005; Zinn et al., 2007), así como el sitio y la extensión de la digestibilidad del almidón en el tracto digestivo total (Huntington, 1997).

El contenido de almidón en granos de maíz ronda el 72% del total de la MS (Huntington, 1997; NASEM, 2016). Sin embargo, los genotipos de maíz difieren en sus características físicas y químicas. El factor químico más importante que impacta sobre el VA del grano de maíz es la cantidad y el tipo de almidón presente en los granos (Soderlund & Owens, 2006). Los híbridos dentados de maíz representan el cruzamiento de maíces duros o flint con maíces harinosos. Debido a ello, difieren en la relación de endosperma vítreo y harinoso (*i.e.* vitrosidad; Corona et al., 2006). La matriz proteica que rodea los gránulos de almidón en el endosperma constituye una barrera a la digestión del almidón de los granos aun cuando hayan sido procesados (McAllister, 1990), afectando la disponibilidad del almidón y la tasa de degradabilidad, lo que altera la velocidad de fermentación (NASEM, 2016). Híbridos de maíz más dentados, por tener mayor proporción de endosperma harinoso, generalmente tienen mayor VA (*i.e.* resultan en mejoras de la eficiencia de conversión, mayor degradabilidad ruminal, post-ruminal y total de la MO, la FDN, el N y el almidón, mayor pro-

ducción de AGV o menor relación acetato:propionato) que los granos más duros, con mayor proporción de endosperma vítreo, cuando se suministran como grano seco partido (**GSP**; Pilippeau et al., 1999a,b; Correa et al., 2002; Macken et al., 2003; Corona et al., 2006; Jeager et al., 2006; Harrelson et al., 2009; Luebbe et al., 2009; Owens & Basalan, 2013). Adicionalmente, estas diferencias se acentúan cuando el procesamiento del grano seco es grosero (Ramos et al., 2009), lo cual sucede debido a que los granos más duros suelen tener menor tamaño pudiendo escapar al daño o partido provocado por los rodillos cuando éstos no están lo suficientemente próximos (Soderlund & Owens, 2006). Sin embargo, las diferencias generalmente se minimizan cuando el grano es roloado al vapor (*i.e.* flaqueado; Corona et al., 2006; Owens & Basalan, 2013; Harrelson et al., 2019) o ensilado con alto contenido de humedad (por encima de 28%; Macken et al., 2003; Szasz et al., 2007; Harrelson et al., 2009; Luebbe et al., 2009; Owens & Basalan, 2013). En estos casos, las diferencias entre híbridos se minimizan debido a la disrupción del pericarpio y la matriz proteica y a la reducción del tamaño de partículas con el consecuente incremento de la superficie expuesta (Soderlund & Owens, 2006). Esto facilita el acceso y colonización microbiana e incrementa la susceptibilidad a la digestión tanto por enzimas microbianas como por las secretadas por el rumiante, en rumen-retículo y abomaso e intestino, respectivamente (McAllister et al., 2006). Particularmente en el caso de granos fermentados húmedos, la degradabilidad *in situ* de la MS y de la proteína se incrementa a medida que aumenta el contenido de humedad al momento de la cosecha y con la duración del tiempo de ensilado (Benton et al., 2005).

La proporción de cada endosperma varía notablemente entre los híbridos y es afectada por la proporción de genética flint de las líneas parentales. Granos dentados tipo flint o más duros, como los cultivados en Europa (Pilippeau et al., 1999a) y en América del Sur (particularmente Brasil; Correa et al., 2002), contienen una proporción mayor de almidón vítreo en comparación con la genética dentada que se cultiva típicamente en América del Norte (Soderlund & Owens, 2006). El endosperma vítreo contiene proporcionalmente más proteínas que el endosperma harinoso. Las principales proteínas del maíz son las zeínas (α , β , γ y δ -zeínas) que representan más del 75% de la proteína total del endosperma (Dombrink-Kurtzman & Bietz, 1993). Gayral et al. (2016) observaron que los gránulos de almidón del endosperma vítreo tienen mayores cantidades de canales que contienen proteínas en comparación con los gránulos del endosperma harinoso. La proteína incluida en los canales podría fortalecer la adhesión de la zeína a la superficie del gránulo y los contactos de los gránulos entre sí contribuyendo a formar el fuerte empaquetamiento. Esto podría explicar la menor degradabilidad de los granos vítreos (tipo flint) en comparación con el tipo de maíz dentado evaluado en los estudios de Correa et al., (2002) y de Corona et al., (2006) que ocasiona un desempeño animal más pobre, resultando en un aumento potencial del costo de la ganancia de peso vivo (Caetano et al. 2019). Sin embargo, en base a la revisión bibliográfica realizada, se puede argumentar que no existen estudios que contrasten el aprovechamiento ruminal de granos de maíces argentinos respecto a los brasileños y norteamericanos.

Bases del Sistema de Proteína Metabolizable

La digestión de las proteínas y otros compuestos nitrogenados en el tracto gastrointestinal de los rumiantes es complejo como consecuencia de la fermentación pregástrica (NASEM, 2016). Algunos compuestos nitrogenados de la dieta son hidrolizados por los microorganismos del rumen y utilizados para su metabolismo. Es decir que, las proteínas de la dieta se pueden degradar en el rumen y los productos (esqueletos carbonados y NH_3) pueden ser utilizados por los microbios para la síntesis de nuevos aminoácidos y proteínas con gasto de ATP (*i.e.* síntesis *de novo*). La proteína dietaria que potencialmente puede hidrolizarse en el rumen se denomina proteína degradable en rumen (**PDR**) y es el término también utilizado para expresar los requerimientos

microbianos de proteína, mientras que la proteína dietaria que no se hidroliza en el rumen se denomina proteína no degradable en rumen (**PNDR**; NASEM, 2016). En esencia, la PDR suministra proteínas y NNP para cubrir los requerimientos de PDR para el crecimiento microbiano y la producción de PMic. Por su parte, la PNDR y la PMic constituyen el pool de proteínas que abandonan el rumen. Estas proteínas se digieren en el abomaso y en el intestino delgado. Los aminoácidos resultantes son absorbidos a nivel intestinal, constituyendo lo que el sistema propuesto por Burroughs et al. (1974) denominó Proteína Metabolizable (**PM**). Estos aminoácidos son utilizados por el animal huésped para cubrir sus requerimientos proteicos (NASEM, 2016).

Al respecto, el sistema de PM para rumiantes considera que, contrariamente a lo que sucede en animales monogástricos, los aminoácidos que alcanzan el intestino delgado no son sólo una función del suministro dietario. El principio fundamental subyacente del sistema de PM es que los requerimientos proteicos de un rumiante deberían ser considerados en dos partes: por un lado, los requerimientos de proteína por parte de los microorganismos del rumen y, por otro, los del animal (Das et al., 2014). Los requerimientos proteicos del animal son definidos en términos de PM la cual representa la proteína verdadera que es absorbida en forma de aminoácidos en el intestino y, como se mencionó previamente, es suministrada tanto por la PMic como por la PNDR. Es decir, es la proteína que está disponible para el animal para las funciones de mantenimiento, crecimiento, gestación, producción de leche y producción de fibras (Das et al., 2014). En tal sentido, se requieren ciertas cantidades de PDR para la síntesis de PMic y ciertas cantidades de PM, en diferentes escenarios productivos, en el intestino delgado (Eisemann, 2016; Erickson et al., 2016).

Predecir el suministro de aminoácidos en el intestino delgado de un rumiante es complejo. La PMic hace una contribución significativa para cubrir los requerimientos de PM del animal, comprendiendo entre el 50 y el 80% del suministro de PB al intestino delgado (Bach et al., 2005; Owens et al., 2014). Esta cifra enfatiza la importancia de estimar en forma precisa la cantidad de PMic sintetizada, la cual depende de la disponibilidad de nutrientes en el rumen y de la eficiencia de uso de dichos nutrientes por parte de las bacterias ruminales. El tipo de proteína (prolaminas, gluteínas, albuminas, globulinas), la disponibilidad de otros nutrientes (particularmente carbohidratos como fuente principal de esqueletos carbonados y ATP), la tasa de pasaje ruminal, el pH ruminal y los microorganismos preponderantes afectan la degradación efectiva de la PDR y eventualmente la producción de PMic (Bach et al., 2005). Una vez que se predice la producción de PMic, entonces el balance de proteína disponible para el animal puede ser establecido (Eisemann, 2016; Erickson et al., 2016).

Nuevamente, predecir los requerimientos de PDR es desafiante ya que también es necesario predecir el suministro de energía dietaria para los microbios. Por ende, la disponibilidad de fuentes nitrogenadas debe estar sincronizada con la disponibilidad de energía para optimizar la síntesis PMic y maximizar la eficiencia de crecimiento microbiano (g de PMic/kg de MO degradable en rumen o digestible en el tracto total; Kebreab et al., 2002). Si bien cubrir los requerimientos de PDR es esencial para maximizar la fermentación de los carbohidratos y la producción de PMic, la PDR suministrada en exceso podría generar un desperdicio de N ya que el NH_3 que no es retenido en forma de PMic difunde a través del epitelio ruminal, se convierte en urea en el hígado y la proporción de la misma que no es reciclada al rumen, es excretada a través de la orina (Erickson et al., 2016). En consecuencia, el uso del sistema de PM evidencia que, una vez cubiertos los requerimientos microbianos de PDR, agregar PDR adicional no tendrá ningún beneficio sobre el crecimiento microbiano o animal.

Si bien el procesamiento de los granos aumenta la disponibilidad de energía producto de una mayor digestibilidad del almidón (Owens et al., 1997), también aumenta simultáneamente la digestibilidad de los demás nutrientes del grano (Zinn et al., 2002; Owens & Basalan, 2012). Los incrementos en la energía digestible dan como resulta-

do un aumento del contenido total de nutrientes digestibles (**TND**; Owens, 2005). La 7ª y la 8ª edición del *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (NRC, [2000] y NASEM, [2016], respectivamente) utilizan el TND como un sustituto de la MO degradable en el rumen para estimar la síntesis de PMic. A medida que el TND aumenta, el suministro de energía para los microbios también lo hace, lo cual incrementaría los requerimientos microbianos de PDR (Cooper et al., 2002; Ceconi et al., 2013; NASEM, 2016; Erickson et al., 2016). Adicionalmente, la deficiencia de PDR limitaría la producción de PMic y podría limitar la fermentación de la MO a AGV con la consecuente reducción del suministro de energía para el animal hospedante (Brown, 2006). Se hipotetiza que realizar un aporte de PDR acorde a los requerimientos ruminales generados por el consumo de una dieta a base de GSP resulta en un mejor desempeño productivo de los animales. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de niveles crecientes de PDR a través de la inclusión de urea sobre el desempeño animal y las características de carcasa de novillos alimentados a corral con una dieta a base de GSP proveniente de un híbrido comercial semi-dentado local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ciento cuarenta y cuatro novillos Angus negros ($380 \pm 2,0$ kg), agrupados por PV en 6 bloques, fueron asignados al azar a 1 de 4 tratamientos y agrupados de a 6 en corrales de 6×60 m. Los tratamientos consistieron en dietas formuladas para al menos cubrir los requerimientos de PM y generar dos balances deficitarios, uno neutro o uno de exceso de PDR (NASEM, 2016; Tabla 1).

Tabla 1. Ingredientes, composición química analizada y calculada de dietas a base de grano de maíz seco partido con 0, 0,6, 1,2 y 1,6% de urea.

Ítem	Urea, %			
	0	0,6	1,2	1,6
Ingredientes dietarios, %				
Silaje de sorgo	15	15	15	15
Grano de maíz seco rolado	79,0	78,4	77,8	77,4
Grano de soja entero crudo	4	4	4	4
Núcleo vitamínico-mineral ¹	2	2	2	2
Urea	0	0,6	1,2	1,6
Composición química, %MS				
PB ²	8,7	10,4	12,1	13,2
FDN ²	16,4	16,3	16,3	16,2
DIVMS ²	87,9	87,9	87,9	88,0
PDR estimada ³	4,2	6,0	7,7	8,9
Balance de PDR³, g.d⁻¹	-420	-220	20	100

¹Composición nutricional: 0,08% K, 35,20% Ca, 0,08% P, 0,15% Mg, 0,01% S, 2,00 ppm Co, 315 ppm Cu, 735 ppm Fe, 1728 ppm Mn, 4 ppm Se, 786 ppm Zn, 1500 ppm monensina, 110166 UI/kg Vit A, 15023 UI/kg Vit D y 1002 UI/kg Vit E (Santa Sylvina, Clason, Sta. Fe); ²Composición química analizada sobre los ingredientes dietarios (muestras compuestas por 12 submuestras semanales); ³Estimado utilizando el ELS del BCNRM (NASEM, 2016) con la composición química analizada de los alimentos y las concentraciones de referencia de proteína degradable en rumen (PDR) para cada ingrediente sugeridas por Lardy et al., (1998) y Beef Magazine, (2018).

El alimento se ofreció a las 09:00 h, a voluntad. Los rechazos fueron recolectados, pesados y muestreados semanalmente. El CMS se estimó como la diferencia entre la cantidad suministrada y la rechazada durante el período experimental. Los d 1 y 83 se registró el PV luego de 16 h sin acceso a agua y comida, y el área de ojo de bife (**AOB**) y el espesor de grasa dorsal (**EGD**) por ultrasonografía. El d 86 los animales fueron faenados y se registró el peso de carcasa caliente (**PCC**).

La energía neta (**EN**) proporcionada por cada dieta fue calculada en base a la ecuación propuesta por Zinn & Shen (1998) a partir de los resultados de desempeño productivo. Los requerimientos de EN para ganancia de peso o energía retenida (**ER**) fueron calculados como $ER = 0,0635 \times PVPV^{0,75} \times GDPV^{1,097}$ (NASEM, 2016) donde PVPV es el PV Promedio Vacío (PV desbastado promedio $\times 0,891$) y la GDPV es la GDP vacía (GDP con desbaste $\times 0,956$). Los requerimientos de EN para mantenimiento ($reqEN_m$) fueron calculados como $reqEN_m = 0,077 \times PVPV^{0,75}$ (Lofgreen & Garrett, 1968) donde PVPV es el PV desbastado promedio. A partir de ER y $reqEN_m$, el contenido de EN para mantenimiento de cada dieta ($dietEN_m$) se obtuvo utilizando la ecuación cuadrática $dietEN_m = [-b \pm (b^2 - 4ac)^{1/2}] / 2c$, donde $a = -0,41 \times reqEN_m$, $b = 0,877 \times reqEN_m + 0,41 \times CMS + ER$, y $c = -0,877 \times CMS$ (Zinn & Shen, 1998). El contenido de EN para ganancia de peso de cada dieta (**dietEN_g**) se obtuvo a partir de $dietEN_g = 0,877 \times dietEN_m - 0,41$ (Zinn & Shen, 1998).

Los datos se analizaron mediante PROC MIXED de SAS On Demand, según un DBCA con 6 repeticiones (UE: corral). El EGD y el AOB registrados el d 1 se utilizaron como covariables en el análisis de dichas variables registradas el d 83. Se evaluaron: 1- contraste preplaneado cuadrático; 2- comparación múltiple *post hoc* si P tratamiento $\leq 0,10$ (test t, opción *pdiff*). Los efectos fueron considerados significativos cuando $P \leq 0,05$ y tendencias cuando $0,05 < P \leq 0,10$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los contrastes cuadráticos no fueron significativos ($P \geq 0,15$) salvo para AOB ($P = 0,02$; Tabla 2), indicando un mayor AOB en los animales que recibieron la dieta con 0,6% de urea. La EC tendió ($P = 0,06$) a diferenciarse entre tratamientos dietarios, siendo mejor ($P \leq 0,04$) para los animales que recibieron alguna de las tres dietas con urea respecto de los que recibieron la dieta sin urea, siendo similar entre los tres tratamientos que incluyeron una fuente de NNP ($P \geq 0,75$). Adicionalmente, la concentración de EN_g de las dietas con inclusión de urea fue superior ($P = 0,02$) respecto a la de la dieta sin urea. Owens & Basalan (2013) sugieren que el enfoque de ER incluye inherentemente diferencias en la eficiencia de conversión de Energía Metabolizable a EN y que dicha eficiencia es afectada por la digestibilidad total de los nutrientes, particularmente el almidón, y el sitio de digestión que altera los productos de la misma. Aunque no se evaluó la digestibilidad de los tratamientos en el presente estudio, una mejora en la misma resultante de una reducción numérica del CMS y un aumento numérico de la GDP, podría explicar la mayor concentración dietaria de EN_g calculada para las dietas que incluyeron urea. Las demás variables de desempeño productivo y características de carcasa fueron similares entre tratamientos ($P \geq 0,12$).

En las condiciones del presente ensayo, inclusiones de urea por encima de 0,6% (base MS) no generarían beneficios productivos adicionales. Dicha inclusión resultó en un suministro de 10,4% de PB, en concordancia con Owens et al. (2014) quienes sugieren que valores de PB por encima de 11% rara vez mejoran la EC en bovinos de terminación a corral con pesos superiores a los 450 kg. Adicionalmente, el agregado de 0,6% de urea resultó en un contenido dietario de 6,0% de PDR (%MS), valor que se encuentra por debajo de los reportados como óptimos por diversos autores. Al respecto, estudios estadounidenses (Milton et al., 1997; Shain et al., 1998; Cooper et al., 2002) recomiendan óptimos de PDR (%MS) dentro del rango de 6,3 a 7,2% para dietas a base de maíz amarillo dentado procesado como GSP. Adicionalmente, revisiones realizadas por Brown (2006) y Ceconi et al. (2012) sugieren que los niveles óptimos de PDR serían de 6,5% y 7,7%, respectivamente. En ambas revisiones se incluyeron únicamente estudios canadienses y estadounidenses, sin embargo, el primer estudio incluyó dietas a base de GSP sin inclusión de residuos de destilería mientras que el segundo consideró algunos estudios que utilizaron hasta 25% de residuos de destilería en base seca.

Los hallazgos del presente estudio indican que una concentración de

PDR de 6,0% en una dieta como la descrita anteriormente sería suficiente para cubrir la demanda de PDR por parte de los microorganismos ruminales, a pesar de que la misma resultó en un déficit estimado de PDR de 220 gramos por día. Esto es coincidente con los resultados obtenidos por Romano et al. (2018) y González et al. (2020) quienes, utilizando el mismo híbrido de maíz semi-dentado argentino, establecieron requerimientos de PDR menores a los predichos por NASEM (2016) y a los reportados por la literatura para granos amarillos den-

que contrasten las propiedades físicas y químicas de granos argentinos, brasileños y estadounidenses. Dichos abordajes contribuirían a mejorar la sensibilidad de las estimaciones productivas de los modelos matemáticos de formulación de raciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Santa Sylvina S.A. por aportar el núcleo vitamínico-mineral con monensina, al Frigorífico Carnes Pam-

Tabla 2. Desempeño productivo (GDP: ganancia diaria de peso, CMS: consumo de materia seca y eficiencias de conversión expresadas como CMS:GDP), energía neta dietaria para ganancia de peso (dietEN_g) y características de carcasa (PCC: peso de carcasa caliente, EGDf: espesor de grasa dorsal final y AOBf: área de ojo de bife final) de novillos terminados a corral con dietas a base de grano de maíz seco partido con 0; 0,6; 1,2 o 1,6% de urea en base seca.

Ítem	Urea, %				EED	Valores-P				
	0	0,6	1,2	1,6		Cuad ¹	Urea			
Desempeño productivo										
Peso inicial, kg	380	380	380	380	2,0	0,97	0,99			
Peso final, kg	479	482	484	480	4,2	0,30	0,65			
GDP, kg	1,19	1,23	1,25	1,21	0,048	0,31	0,62			
CMS, kg·d ⁻¹	11,2	10,9	11,1	10,7	0,25	0,93	0,21			
EC ² , kg:kg	9,5	a	8,9	b	8,8	b	8,8	0,25	0,15	0,06
dietEN _g ³ , Mcal·kg de MS ⁴	0,96	a	1,02	b	1,02	b	1,03	0,021	0,16	0,02
Características de carcasa										
PCC, kg	275	277	277	276	2,9	0,38	0,82			
EGDf, mm	7,3	7,3	7,1	6,8	0,24	0,27	0,16			
AOBf, cm ²	76,6	79,2	78,2	76,8	1,21	0,02	0,12			

^aLetras distintas indican diferencias ($P \leq 0,05$); ¹Cuad: contraste cuadrático; ²EC: Reportada como CMS:GDP y analizada como GDP:CMS; ³dietEN_g calculada a partir de los resultados de desempeño productivo, basado en Zinn & Shen (1998); EED: error estándar de las diferencias entre medias.

tados norteamericanos procesados como grano ensilado con alto contenido de humedad entero y partido, respectivamente.

CONCLUSIONES

Concentraciones dietarias de 10,4% de PB y 6,0% de PDR (%MS) serían suficientes para satisfacer los requerimientos microbianos de PDR generados por el consumo de una dieta a base de GSP proveniente de un híbrido comercial semi-dentado local.

Consideraciones finales

Maximizar la respuesta animal con el mínimo agregado posible de urea en dietas a base de GSP impactaría favorablemente sobre el costo de la ración y el kilo de producto obtenido. Adicionalmente, y si bien no fue evaluado en forma directa en este estudio, minimizar la concentración de PB y PDR en dietas de terminación a corral minimizaría las pérdidas de nitrógeno en las excretas.

Existe un dinamismo complejo y multifactorial para determinar los requerimientos microbianos de PDR. Variables como el genotipo de maíz, el método de procesamiento, la formulación de la dieta, entre otros, interaccionan afectando los mismos.

Finalmente, considerando los hallazgos de Romano et al. (2018), González et al. (2020) y del presente trabajo, se requieren estudios adicionales que evalúen en forma directa el impacto sobre la respuesta animal que ocasionarían distintos procesamientos de un grano de maíz semi-dentado argentino (i.e. procesado como grano seco entero o partido y grano húmedo entero o partido) una vez que haya sido cubierta la demanda microbiana de PDR generada por cada tipo de procesamiento. Las potenciales mejoras asociadas al tipo de procesamiento deberían ser abordadas no sólo desde el desempeño productivo animal sino también complementadas con variables de fermentación ruminal y retención de nutrientes dietarios. Adicionalmente, como se presentó anteriormente, es necesario realizar mediciones directas

peanas S.A. por facilitarnos el trabajo durante la faena, al personal de campo y de laboratorio de la EEA Gral. Villegas y a la Asociación Cooperadora de la EEA por su apoyo y colaboración en la ejecución del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Angelidis, A.; Crompton, L.; Misselbrook, T.; Yan, T.; Reynolds, C.K.; Stergiadis, S. 2019. Evaluation and prediction of nitrogen use efficiency and outputs in faeces and urine in beef cattle. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 280.1–15. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.013>
- Bach, A.; Calsamiglia, S.; Stern, M.D. 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 88(E. Suppl.):E9-E21.
- Beef Magazine. 2018. 2018 feed composition tables. <https://www.beefmagazine.com/nutrition/2018-feed-composition-tables-use-mix-your-cattle-feed-rations?full=1> (último acceso: 20 de Octubre de 2021).
- Benton, J.R.; Klopfenstein, T.J.; Erickson, G.E. 2005. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. *Nebraska Beef Cattle Reports* MP83-A:31-33.
- Brown, M. 2006. Need for ruminally degraded nitrogen by finishing cattle fed processed grains. En: *Cattle Grain Processing Symposium*. Department of Animal Science, Oklahoma State University. p.145-149.
- Burroughs, W.; Trenkle, A.; Vetter R.L. 1974. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Vet. Med. Small Anim. Clin.* 69:713-722.
- Caetano, M.; Goulart, R.S.; Rizzo, P.M.; Silva, S.L.; Drouillard, J.S.; Leme, P.R.; Lanna, D.P.D. 2019. Impact of flint corn processing method and dietary starch concentration on finishing performance

- of Nellore bulls. *Animal Feed Science and Technology* 251:166–175. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.006>
- Ceconi, I.; Crawford, G.I.; DiCostanzo, A. 2013. Rumen degradable protein in feedlot diets. En: *Proc. 74th Minnesota Nutrition Conference*. Prior Lake, Minnesota. p.152-176.
 - Cooper, R.J.; Milton, C.T.; Klopfenstein, T.J.; Jordon, D.J. 2002. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:242-247.
 - Cowley, F.; Jennings, J.; Cole, A.; Beauchemin, K. 2019. Recent advances to improve nitrogen efficiency of grain-finishing cattle in North American and Australian feedlots. *Review. Animal Production Science*, 59, 2082–2092 <https://doi.org/10.1071/AN19259>
 - Corona, L.; Owens, F.N.; Zinn, R.A. 2006. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84(11), 3020–3031. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-603>
 - Correa, C.E.S.; Shaver, R.D.; Pereira, M.N.; Lauer, J. G.; Kohn, K. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. En: *Journal of Dairy Science*, 85(11): p.3008–3012. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74386-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74386-5)
 - Das, L.K.; Kundu, S.S.; Kumar, D.; Datt, C. 2014. Metabolizable protein systems in ruminant nutrition: A review. *Veterinary World* 7(8): 622-629. doi: 10.14202/vetworld.2014.622-629.
 - Dewhurst, R.J.; Davies, D.R.; Merry, R.J. 2000. Microbial protein supply from the rumen. *Animal Feed Science and Technology* 85, 1–21. doi:10.1016/S0377-8401(00)00139-5.
 - Dombrink-Kurtzman, M.A.; Bietz, J.A., 1993. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. *Cereal Chem.* 70, 105–108.
 - Dong, R.I.; Zhao, G.; Chai, L.I.; Beauchemin, K.A. 2014. Prediction of urinary and fecal nitrogen excretion by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 92, 4669–4681. doi:10.2527/jas.2014-8000
 - Eisemann, J.H. 2016. The 8th revised edition of the nutrient requirements of beef cattle: protein and metabolic modifiers. En: *Memoria. XXVI Reunion Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos*. Instituto de Ciencias Agrícolas, Univ. Autónoma de Baja California. México. p.45-54.
 - Erickson, G.E.; Klopfenstein, T.J. 2010. Nutritional and management methods to decrease nitrogen losses from beef feedlots. *J. Anim. Sci.* 88, E172–E180. doi:10.2527/jas.2009-2358
 - Erickson, G.E.; Watson, A.K.; MacDonald, J.C.; Klopfenstein, T.J. 2016. Protein Nutrition Evaluation and Application to Growing and Finishing Cattle. En: *Proc. 27th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*. Department of Animal Sciences, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Gainesville, Florida. p.91-102.
 - Flesch, T.K.; Wilson, J.D.; Harper, L.A.; Todd, R.W.; Cole, N.A. 2007. Determining ammonia emissions from a cattle feedlot with an inverse dispersion technique. *Agricultural and Forest Meteorology* 144, 139–155. doi:10.1016/j.agrformet.2007.02.006
 - Gayral, M.; Gaillard, C.; Bakan, B.; Dalgalarondo, M.; Elmorjani, K.; Delluc, C.;... Marion, D. 2016. Transition from vitreous to floury endosperm in maize (*Zea mays* L.) kernels is related to protein and starch gradients. *Journal of Cereal Science*, 68, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.01.013>
 - González, L.; Viano, S.; Davies, P.; Méndez, D.; Jaurena, G.; Arroquy, J.I.; Elizalde, J.; Ceconi, I. 2020. Requerimientos de nitrógeno degradable en rumen en novillos alimentados a corral con una dieta a base de grano de maíz húmedo partido. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol.40 Supl. 1:369-404.
 - Harrelson, F.W.; Luebbe, M.K.; Meyer, N.F.; Erickson, G.E.; Klopfenstein, T.J.; Jackson, D.S.; Fithian, W.A. 2009. Influence of corn hybrid and processing method on nutrient digestibility, finishing performance and carcass characteristics. En: *J. Anim. Sci.*, 87(7): p.2323–2332. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1527>
 - Harrelson, F.W.; Erickson, G.E.; Klopfenstein, T.J.; Jackson, D.S.; Clark, P.M.; Fithian, W.A. 2019. Influence of corn hybrid, kernel traits, location, and dry rolling or steam flaking on ruminal digestibility in beef cattle. *Applied Animal Science*, 35(1), 8–19. <https://doi.org/10.15232/aas.2018-01778>
 - Hristov, A.N.; Hanigan, M.; Cole, A.; Todd, R.; McAllister, T.A.; Ndegwa, P.; Rotz, A. 2011. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.* 91:1-35.
 - Huntington, G.B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
 - Jaeger, S.L.; Luebbe, M.K.; Macken, C.N.; Erickson, G.E.; Klopfenstein, T.J.; Fithian, W.A.; Jackson, D.S. 2006. Influence of corn hybrid traits on digestibility and the efficiency of gain in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 84(7), 1790–1800. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-570>
 - Jones, S.J.; Starkey, D.; Calkins, C.R.; Crouse, J. 1990. Myofibrillar protein turnover in feed-restricted and realimented beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 2707–2715. doi:10.2527/1990.6892707x
 - Kebreab, E.; France, J.; Mills, J.A.N.; Allison, R.; Dijkstra, J. 2002. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. *J. Anim. Sci.*, 80: 248-259.
 - Kennedy, P.M.; Milligan, L.P. 1980. The degradation and utilization of endogenous urea in the gastrointestinal tract of ruminants: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 60, 205–221.
 - Koenig, K.M.; Beauchemin, K.A. 2013. Nitrogen metabolism and route of excretion in beef feedlot cattle fed barley-based finishing diets varying in protein concentration and rumen degradability. *J. Anim. Sci.* 91, 2310–2320. doi:10.2527/jas.2012-5653
 - Koenig, K.; McGinn, S.; Beauchemin, K. 2013. Ammonia emissions and performance of backgrounding and finishing beef feedlot cattle fed barley-based diets varying in dietary crude protein concentration and rumen degradability. *J. Anim. Sci.* 91, 2278–2294. doi:10.2527/jas.2012-5651
 - Lardy, G.; McCoy, R.; Shain, D.; Milton, T.; Brink, D.R.; Klopfenstein, T.J. 1998. Use of the NRC model for predicting nutrient balances of finishing cattle. En: *Nebraska Beef Cattle Reports*. University of Nebraska, Lincoln, NE. p.80–83.
 - Lofgreen, G.P.; Garrett, W.N. 1968. A System for Expressing Net Energy Requirements and Feed Values for Growing and Finishing Beef Cattle. En: *Journal of Animal Science*, 27(3): p.793-806. <https://doi.org/10.2527/jas1968.273793x>
 - Luebbe, M.K.; Erickson, G.E.; Klopfenstein, T.J.; Fithian, W.A. 2009. Influence of Corn Hybrid Traits and Processing Method on Nutrient Digestibility. *The Professional Animal Scientist* 25:496–509.
 - Macken, C.; Erickson, G.; Milton, T.; Klopfenstein, T.; Block, H. 2003. Effects of starch endosperm type and corn processing method on feedlot performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation of high-grain diets. *Nebraska Beef Cattle Report MP80-A:32-34*.
 - McAllister, T.A.; Rode, L.M.; Major, D.J.; Cheng, K.J.; Buchanan-Smith, J.G. 1990. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Can. J. Anim. Sci.* 70:571-579. doi.org/10.4141/cjas90-069
 - McAllister, T.A.; Gibb, D.J.; Beauchemin, K.A.; Wang, Y. 2006. Starch type, structure and ruminal digestion. En: *Cattle Grain Processing Symposium*. Department of Animal Science, Oklahoma State University. p.30-41.
 - NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, Eighth revised edition. Washington, D.C.: The National Academies Press.
 - NRC (National Research Council). 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7th Rev. Ed. Update. Washington, DC: National Academy Press.

- Owens, F.N.; Zinn, R.A.; Kim, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1648.
 - Owens, F.N.; Secrist, D.S.; Hill, W.J.; Gill, D.R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
 - Owens, F.N. 2005. Impact of grain processing and quality on Holstein steer performance. En: Proc. Managing and Marketing Quality Holstein steers Conference. Rochester, MN, USA. University of Minnesota Extension Service. p.121-140.
 - Owens, F.N.; Zinn, R.A. 2005. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. *Proc. Southwest. Nutr. Conf.* 86:112.
 - Owens, F.N.; Soderlund, S. 2006. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. En: Cattle Grain Processing Symposium. Department of Animal Science, Oklahoma State University. p.116-128.
 - Owens, F.N.; Basalan, M. 2012. Enhancing the value of corn grain in dairy and beef diets through high moisture harvest or steam flaking. En: Proc. 73rd Minnesota Nutrition Conference. p.101-117.
 - Owens, F.N.; Basalan, M. 2013. Grain processing: gain and efficiency responses by feedlot cattle. In: Proc. of Plains Nutrition Council Spring Conf. pp. 76-100. San Antonio, TX.
 - Owens, F.N.; Qi, S.; Sapienza, D.A. 2014. Invited Review: Applied protein nutrition of ruminants – Current status and future directions. *Prof. Anim. Sci.* 30:150-179.
 - Philippeau, C.; Le Deschault de Monredon, F.; Michalet-Doreau, B. 1999a. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *J. Anim. Sci.*, 77(1), 238–243. <https://doi.org/10.2527/1999.771238x>
 - Philippeau, C.; Martin, C.; Michalet-Doreau, B. 1999b. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.*, 77(6), 1587–1596. <https://doi.org/10.2527/1999.7761587x>
 - Ramos, B.M.O.; Champion, M.; Poncet, C.; Mizubuti, I. Y.; Nozière, P. 2009. Effects of vitreousness and particle size of maize grain on ruminal and intestinal in sacco degradation of dry matter, starch and nitrogen. *Animal Feed Science and Technology*, 148(2–4), 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2008.04.005>
 - Romano, Y.; Ferreyra, S.; Davies, P.; Méndez, D.; Elizalde, J.; Ceconi, I. 2018. Requerimientos de nitrógeno degradable en rumen generados por el consumo de una dieta a base de grano de maíz húmedo entero para terminación de novillos a corral. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 38 (Supl.1): p.333.
 - Russell, J.B. 2002. Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition: A Textbook. Cornell University, Ithaca, NY.
 - SAS Institute Inc. 2021. SAS On Demand for Academics. SAS Institute, Cary, NC.
 - Soderlund, S.; Owens, F.N. 2006. Corn hybrid by processing method considerations. En: Cattle Grain Processing Symposium. Department of Animal Science, Oklahoma State University. p.62-72.
 - Szasz, J. I.; Hunt, C. W.; Szasz, P. A.; Weber, R. A.; Owens, F. N.; Kezar, W.; Turgeon, O. A. 2007. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. *J. Anim. Sci.*, 85(9), 2214–2221. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-288>
 - Trincherro, D.G.; Cetica, P.D.; Pintos, L.N.; Córdoba, M. 2013. Introducción al metabolismo del animal poligástrico. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía. 96 p. ISBN 978-978-29338-4-5.
 - Vasconcelos, J.T.; Galyean, M.L. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *J. Anim. Sci.* 85:2772-2781.
 - Vasconcelos, J.T.; Cole, N.A.; McBride, K.W.; Gueye, A.; Galyean, M.L.; Richardson, C.R.; Greene, L.W. 2009. Effects of dietary crude protein and supplemental urea levels on nitrogen and phosphorus utilization by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87, 1174–1183. doi:10.2527/jas.2008-1411
 - Waldrip, H.; Todd, R.; Cole, N. 2013. Prediction of nitrogen excretion by beef cattle: a meta-analysis. *J. Anim. Sci.* 91, 4290–4302. doi:10.2527/jas.2012-5818
 - Zinn, R. A.; Shen, Y. 1998. An Evaluation of Ruminally Degradable Intake Protein and Metabolizable Amino Acid Requirements of Feedlot Calves. En: *Journal of Animal Science*. 76(5): p.1280–1289. <https://doi.org/10.2527/1998.7651280x>
 - Zinn, R.A.; Owens, F.N.; Ware, R.A. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 1145-1156.
 - Zinn, R.A.; Barreras, A.; Corona, L.; Owens, F.N.; Ware, R.A. 2007. Starch digestion by feedlot cattle: predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. *J. Anim. Sci.* 85:1727-1730. doi:10.2527/jas.2006-556
- *Trabajo presentado en el 44° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal.

UTILIZACIÓN DE PURINES DE TAMBO COMO FERTILIZANTE EN SECUENCIA DE CULTIVO MAÍZ SILO-RYEGRASS

Emilia López Seco ¹; Alicia Otero²; Mirian Barraco³; Pablo Cañada⁴

¹AER INTA Lincoln; ²AER INTA General Villegas; ³EAA INTA General Villegas; ⁴AACREA

lopezseco.emilia@inta.gob.ar

PALABRAS CLAVE:

Purines, tambo, dosis, aplicación.

INTRODUCCIÓN

La adecuada utilización de purines provenientes de los establecimientos lecheros resulta una fuente de nutrientes con potencial fertilizante (Charlón et al., 2006). Las actuales exigencias de manejo de purines a los productores de la provincia de Buenos Aires llevan a planificar su aplicación en los lotes de producción. El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar el rendimiento de la secuencia de cultivos maíz para silo - ryegrass y monitorear las propiedades químicas en el suelo bajo diferentes dosis de purines.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en un lote de establecimiento de producción lechera de la cuenca Oeste de Buenos Aires. El diseño del experimento fue en parcela dividida con tres repeticiones. Para el cultivo de maíz se evaluaron 2 factores: a) lámina de purines aplicadas a la siembra: 0 [0T], 5 mm ha⁻¹ [5S] y 15 mm ha⁻¹ [15S] y lámina de purines aplicadas en V6: 5mm ha⁻¹ [V6S], V6; 15 mm ha⁻¹ [15V6] y b) dosis de nitrógeno (N) en forma de urea al 46%: 0, 60 y 120 kg ha⁻¹ aplicadas en V6. . Para el cultivo de ryegrass (RG) se utilizaron tres láminas de purines