

Artículo Original. Enero-Abril 2016; 6(1): 13-21. Recibido: 14/08/2015. Aceptado: 24/01/2016.

Productive performance and carcass characteristics of steers fed with glucogenic precursor

Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico

Carrillo-Herrera Jay¹, Murillo-Ortiz Manuel² , Herrera-Torres Esperanza², Carrete-Carreón Francisco², Reyes-Estrada Osvaldo², Livas-Calderón Fernando³

¹Alumna de la Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, México ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Murillo-Ortiz Manuel. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-Mezquital Km 11.5. Durango, México. CP 34000 Email: muom8@yahoo.com.mx

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of commercial glucogenic precursor (Lipofeed®) on productive performance and carcass characteristics of steers in feedlot. The study lasted 120 days, and 16 steers of different breeds of cattle were used with an average weight of 260±5 kg. Animals were fed with experimental diets; T1: 15 % alfalfa hay (AH), 15 % oat hay (OH), 20 % cotton seed (CS), 47 % rolled corn, 1 % minerals, 2 % bicarbonate; T2, T3, and T4 added 20, 40 and 60 g of glucogenic precursor. +. For administration, the glucogenic precursor was mixed with the ingredients of diets which were provided at 07:00, and 19:00 h. The intake of each diet, was restricted to 2.8% of live animal weight. Data obtained were analyzed with a completely randomized design (4 treatments and 4 replicates). The higher weight daily gain (WDG), feed conversion (FC), hot carcass weight (HCC) and area of rib eye (ARE) were obtained with the treatment of 20 g of glucogenic precursor ($P<0.05$). According to the results of this research, it is concluded that 20 g of glucogenic precursor improves the productive variables and carcass characteristics of steers in feedlot.

Keywords: cattle, glucogenic precursor, productive performance, carcass characteristics.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de un precursor glucogénico comercial (Lipofeed®), sobre el rendimiento productivo y características de la canal en becerros en corral de engorda. El estudio duró 120 días y se utilizaron 16 becerros cruzados con un peso promedio de 260 ± 5 Kg. Los animales se alimentaron con cuatro dietas experimentales; T1: 15 % heno de alfalfa (HA), 15 % heno de avena (HAV), 20 % harinolina (H), 47 % maíz roado (MR), 1 % mezcla mineral, 2 % bicarbonato; T2, T3 y T4 se le adicionó al T1 20, 40 y 60 g del precursor glucogénico, respectivamente. Los datos obtenidos se analizaron con un diseño completamente al azar (4 tratamientos y 4 repeticiones). Para su administración el precursor glucogénico se mezcló con los ingredientes de las dietas, las cuales fueron proporcionadas a las 07:00 y 19:00 h. El consumo se restringió al 2.8 % del peso vivo de los animales. La mayor ganancia diaria de peso (GDP), la conversión alimenticia (CA), el peso de la canal caliente (PPC) y el área del ojo de la costilla (AOC) se obtuvieron con el tratamiento de 20 g de precursor glucogénico ($P < 0.05$). De acuerdo a los resultados de esta investigación se puede concluir que 20 g de precursor glucogénico mejoran las variables productivas y características de la canal de los becerros en corral de engorda.

Palabras clave: bovinos, precursor glucogénico, rendimiento productivo, características de la canal.

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento constante del precio de granos y cereales, la etapa en el desarrollo y la finalización de ganado bovino en corrales de engorda, incrementó sus costos de producción. Por lo tanto, se buscan alternativas alimenticias de bajo costo que favorezcan el rendimiento óptimo del ganado y garanticen la inocuidad de la carne. En este sentido se puede decir que el concepto de calidad en canales de ganado bovino ha evolucionado; tanto en el mercado interno como para exportación, se enfrenta el reto de producir carne de excelente calidad en el menor tiempo posible, con el fin de hacer rentable y eficiente la empresa ganadera. No obstante, en términos del mercado internacional, se consideran de calidad aquellas canales bien conformadas, con un elevado contenido de músculo y suficiente cantidad de grasa intramuscular, para satisfacer los requerimientos organolépticos del consumidor (Monsón *et al.*, 2005).

La biotecnología aplicada a la nutrición animal, ha generado una serie de aditivos alimenticios, cuya función biológica es mejorar la actividad de los microorganismos del rumen, y de esta forma incrementar la eficiencia de utilización de los nutrientes aportados por la dietas consumidas por los bovinos en corrales de engorda. Los principales aditivos alimenticios que se utilizan con mayor frecuencia en dietas, para ganado bovino en engorda intensiva, son: ionóforos, levaduras y enzimas fibrolíticas.

La acción biológica de los ionóforos, está relacionada directamente con las vías metabólicas que incrementan la producción de ácido propiónico y el recambio de la glucosa corporal (Van Soest, 1994). Esta acción se debe en parte a un proceso de selección biológica de bacterias resistentes que metabolizan más propionato y succinato, y menos acetato, butirato, formato y metano (Cobos, 1996). También se ha demostrado que los ionóforos reducen la degradación de la proteína e incrementan la cantidad de proteína de sobrepaso que llega al abomaso (Cain, 1987).

En el caso de las levaduras, se ha encontrado que adicionadas a dietas de bovino productores de carne, incrementan la digestión y flujo de nitrógeno; la concentración de nitrógeno amoniacal ruminal, modifican la tasa de recambio ruminal de líquidos y mantienen el pH ruminal por tiempo prolongados después de la alimentación (Adams *et al.*, 1981; Erasmus *et al.*, 1992); (Martín *et al.*, 1989; Murillo *et al.*, 2000^a).

Por lo que respecta a las enzimas fibrolíticas, los estudios indican que mejoran la digestibilidad de la fibra en dietas altas en concentrados (Zinn y Salinas, 1999), lo cual puede mejorar el empleo de los nutrientes en los rumiantes. Esta acción se atribuye a que las posibles deficiencias de las enzimas fibrolíticas presentes en el rumen, pueden ser parcialmente superadas con la suplementación de las dietas con enzimas fibrolíticas (Murillo *et al.*, 2000^b).

Con el uso de ionóforos, levaduras y enzimas fibrolíticas en dietas de desarrollo y finalización, se han obtenido incrementos significativos en las ganancias diarias de peso y la conversión alimenticia de bovinos en engorda intensiva (Duffield *et al.*, 2012; Swyers *et al.*, 2014; He *et al.*, 2014). Además de estos aditivos, una nueva alternativa es el uso de precursores glucogénicos elaborados a base de propionatos (Sánchez *et al.*, 2014), los cuales favorecen la producción de energía a partir de la oxidación de glucosa a ácido pirúvico, en la ruta de la glucólisis (Van Soest, 1994). O bien a través del ciclo de Krebs en la ruta del succinato, donde se transforma en propionil CoA, para después formarse propionato; y finalmente piruvato a glucosa (McKee y McKee, 2013). La glucosa así formada representa una fuente extra de energía, la cual es utilizada por el animal para promover mayores incrementos diarios de peso, así como mejores conversiones alimenticias; y por lo tanto mejores rendimientos en canal. En México, la evaluación de este tipo de aditivos en la alimentación del ganado es incipiente y resulta relevante su evaluación en dietas de crecimiento y finalización de ganado bovino en corral de engorda. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de un precursor gluconeogénico sobre el rendimiento productivo y las características de la canal de becerros en corral de engorda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción y localización del estudio

El presente estudio se realizó en el Ejido de Praxedis Guerrero (La Loma), situado en el km 12.5 de la carretera Durango-Mezquital; con una altitud de 1890 msnm, con temperatura promedio de 31°C durante los meses de mayo y junio y de 1.7°C en el mes de enero; la precipitación media anual es de 450 mm (INEGI, 2004).

Animales y dietas experimentales

La prueba duró 120 días, se utilizaron 16 becerros cruzados de diferentes razas de ganado bovino (*Bos taurus* y *Bos indicus*) de un peso promedio de 260 ± 5 Kg. Al ingreso al corral de engorda, los becerros fueron pesados, desparasitados, vitaminados, vacunados y alojados en corraletas individuales de 3x6 m provistas con bebederos y comederos. Las dietas experimentales fueron isonitrogenadas e isoenergéticas, se formularon de acuerdo a los requerimientos para bovinos de carne en crecimiento recomendados por la NRC (2000). La composición de las dietas y su perfil nutricional se muestra en la Tabla 1.

Tratamientos experimentales

Los tratamientos evaluados consistieron en 4 niveles de un precursor glucogénico comercial (Lipofeed ®) (0, 20, 40 y 60 g a/d). La cantidad de precursor glucogénico se mezcló con los ingredientes de las dietas. Las dietas se proporcionaron a los animales en dos horarios 7:00 y 19:00 horas. El consumo de cada dieta se restringió al 2.8% del peso vivo de los animales (Zinn *et al.*, 2000).

Fases de la engorda y variables de respuesta.

La prueba de alimentación duró 120 días, de los cuales en los primeros 15 días, se les ofreció a los becerros una dieta con 50 % de forraje y 50 % de concentrado (fase de inicio). Los siguientes 15 días se incrementó a 65 % el concentrado (fase de transición); y al término de esta fase, los animales se finalizaron durante 90 días, con 70 % de concentrado y 30 % forraje. Con el propósito de obtener la ganancia diaria de peso y ajustar los consumos individuales de materia seca, los becerros se pesaron cada 14 días. Para el cálculo del consumo de materia seca de los animales, durante los últimos diez días de cada mes, se tomaron muestras del alimento rechazado por cada animal. Con la ganancia diaria de peso y el consumo de materia seca de los animales se estimó la conversión alimenticia (Kg de MS consumida /Kg de peso incrementado).

Características de la canal

Al concluir los 120 días de la prueba de alimentación los becerros fueron sacrificados en un rastro tipo inspección federal, perteneciente a la Unión ganadera del estado de Durango. El sacrificio se realizó mediante aturdimiento con pistola de perno cautivo.

Las canales fueron cortadas longitudinalmente y se registró el peso de la canal caliente en una báscula de riel electrónica. El espesor de la grasa dorsal (EGD) y el área del ojo de la costilla (AOC), fueron medidos en la canal fría a la altura de la 12^a costilla 24 horas después del sacrificio; de acuerdo a las normas establecidas por la USDA (Kempster *et al.*, 1982). El EGD se midió con un vernier. El rendimiento (R) se calculó de la siguiente manera: peso de la canal caliente/ peso final)*100.

Tabla 1. Composición de la dietas y tratamientos experimentales

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Heno de alfalfa (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Heno de avena (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Harinolina (%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Maíz rolado (%)	47.0	47.0	47.0	47.0
Mezcla mineral (%)	1.0	1.0	1.0	1.0
Carbonato de calcio (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Rumensin (g) ^a	2	2	2	2
Sustrato glucogénico (g/a/d)	0	20	40	60
Composición Nutricional (BS) ^b				
ENm (Mcal/Kg)	1.79	1.79	1.79	1.79
ENg (Mcal/Kg)	1.12	1.12	1.12	1.12
TND (%)	80.0	80.0	80.0	80.0
PC (%)	17.2	17.2	17.2	17.2
EE (%)	3.0	3.0	3.0	3.0
FDN (%)	25.5	25.5	25.5	25.5
Ca (%)	1.18	1.18	1.18	1.18
P (%)	0.45	0.45	0.45	0.45

^aMonensina adicionada en 2 g a/d/d

^bValores tabulares generados con el programa sin tomar en cuenta el aporte nutricional de Lipofeed®, NRC (2000)

Análisis estadístico

Las variables de rendimiento productivo y de las características de la canal se analizaron mediante un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (dietas) y 4 repeticiones (becerros); y para separar las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey (Snedecor y Cochran, 1989). Los datos se analizaron de acuerdo a los procedimientos GLM de SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento productivo

En la Tabla 2 se muestran las variables de comportamiento productivo de los becerros registradas durante el periodo de engorda. El PF y la GDP fueron diferentes entre los tratamientos ($P<0.05$). Con T2 el peso final (PF) fue 12.8 % más alto que el tratamiento control (T1); mientras que con T2 la GDP incrementó 21.2 % con respecto al tratamiento control (T1). El consumo de materia seca (CMS) más bajo, se registró con T2 y fue diferente a los otros tratamientos ($P<0.05$). La mejor CA se obtuvo con T2 en comparación con la CA, obtenida con los demás tratamientos ($P<0.05$); es decir con T2 el ganado consumió una menor cantidad de materia seca para producir un kilogramo de peso vivo.

Tabla 2. Rendimiento productivo de becerros en corral de engorda suplementados con un precursor glucogénico

	T1	T2	T3	T4	EED
Peso Final, kg	436.6 ^d	492.6 ^a	466.6 ^b	459.3 ^c	3.7
GDP, kg/d	1.27 ^d	1.54 ^a	1.42 ^b	1.38 ^c	1.2
CMS, kg/d	11.2 ^a	10.2 ^b	11.4 ^a	11.1 ^a	1.0
CA	8.8 ^a	6.6 ^c	8.0 ^b	8.0 ^b	2.6

^{abc}Medias dentro de las hileras con literales distintas son diferentes ($P < 0.05$). GDP= ganancia diaria de peso; CMS= consumo de materia seca; CA= conversión alimenticia

Existe poca información científica relacionada a la respuesta productiva de becerros suplementados con propionatos; sin embargo, Corona *et al.* (2005) y Scott *et al.* (2003) reportaron valores inferiores a los registrados en este estudio en la GDP, CMS y CA en becerros en corral de engorda alimentado con dietas similares en ingredientes y en proporciones forraje:concentrado.

Las diferencias observadas entre nuestro estudio y los trabajos antes mencionados, pueden explicarse a partir de la densidad energética de las dietas consumidas por el ganado en ambos estudios (Núñez *et al.*, 2014). Cabe mencionar que los carbohidratos presentes en las raciones proporcionan más del 50% de la energía que efectúa el trabajo metabólico. El metabolismo de los carbohidratos o de los compuestos formados a partir de compuestos diferentes a los carbohidratos, como los propionatos; proporcionan energía que se almacena como glucógeno, que sirve para la síntesis de aminoácidos no esenciales; y ante un exceso de carbohidratos, la síntesis de ácidos grasos; lo cual podría tener como efecto el aumento en la masa muscular de los animales.

Características de la canal

En la Tabla 3 se muestran las características de la canal de becerros en corral de engorda suplementados con un precursor glucogénico. No se observaron efectos de tratamientos sobre el espesor de la grasa dorsal ($P > 0.05$); no obstante, el PCC fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$). Con T2 el peso de la canal caliente fue 14.9 %, más alto que el tratamiento control (T1). También con T2, se obtuvo el valor más alto en el AOC, en relación con los otros tratamientos evaluados ($P < 0.05$). Con T2 el AOC fue 20.5 % más alto que el tratamiento control (T1), y no se registraron diferencias en el AOC entre T3 y T4 ($P > 0.05$). No se observaron diferencias en el rendimiento de la canal (RC) entre T1, T2 y T3 ($P > 0.05$); aunque las medias de estos tres tratamientos fueron diferentes a T4 ($P < 0.05$).

Tabla 3. Características de la canal de becerros en corral de engorda suplementados con un precursor glucogénico

	T1	T2	T3	T4	EED
EGD, cm	0.33 ^a	0.79 ^a	0.70 ^a	0.80 ^a	0.07
PCC, kg	260.6 ^d	299.6 ^a	281.3 ^b	269.5 ^c	3.64
AOC, cm ²	84.6 ^c	102.0 ^a	92.6 ^b	91.3 ^b	2.64
RC, %	59.6 ^a	60.8 ^a	60.2 ^a	56.7 ^b	0.33

^{abcd}Medias dentro de las hileras con literales distintas son diferentes ($P < 0.05$). EGD= espesor de la grasa dorsal; PCC= peso de la canal caliente; AOC=área del ojo e la costilla; RC=rendimiento de la canal

De igual manera, no se encontraron estudios en los cuales se evaluaran los efectos del precursor glucogénico en las características de la canal de ganado bovino en corral de engorda. Sin embargo, Boles *et al.*, (2004) con dietas similares, encontró PCC menores a los registrados en este estudio en novillos en corral de engorda. Así mismo, Schoonmaker *et al.* (2010) y Depenbush *et al.* (2009) en condiciones experimentales similares a las de este estudio, obtuvieron incrementos de 2% en el PCC en novillos finalizados en corral de engorda. Por lo que respecta al AOC Buckner *et al.*, (2008) reporta 94.5 cm² en bovinos finalizados en corral de engorda.

Las canales obtenidas en el presente estudio pueden considerarse de grado 1, puesto que de acuerdo con las normas establecidas por la USDA, las canales de bovinos con rendimientos por encima de 52 %, se consideran dentro de este nivel de calidad. Este nivel describe a una canal cubierta con una capa delgada de grasa sobre el lomo y la costilla, así como depósitos pequeños de grasa en el riñón, pelvis y corazón (Hale *et al.*, 2013). En este trabajo se registraron rendimientos de la canal superiores a los reportados por Hernández *et al.* (2009).

CONCLUSIÓN

La adición de 20 g del sustrato glucogénico, mejora el comportamiento productivo y algunas características de la canal, por lo que es una buena alternativa para ser utilizado en las dietas de desarrollo y finalización de ganado bovino en corral de engorda.

LITERATURA CITADA

ADAMS CC, Galyean ML, Kiesling HE, Wallace JD, Finker MD. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensina on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J Anim Sci.* 1981; 53:780.

BOLES SA, Bowman JG, Surber LM, Boss DLJ. Effects of barley variety fed to steers on carcass characteristics and color of meat. *J Anim Sci.* 2004; 82:7:2087-2091.

BUCKNER CD, Mader TL, Erickson GE, Colgan SL, Mark DR, Bremer VR, Kargues KK, Gibsons ML. Evaluation of dry distillers grains plus soluble inclusion on performance and economics of finishing beef steers. *Prof Anim Sci.* 2008; 24:404-410.

CAIN M. Modo de acción eficacia y valor económico de los ionóforos para bovinos en pastoreo. *Memorias del Seminario Internacional.* 1987:88-93. Chihuahua, Mex

COBOS PM. Microbiología aplicada a producción de rumiantes. *Memoria del curso Internacional avanzado de nutrición de rumiantes.* Universidad Autónoma Metropolitana. 1996; pp 16.

CORONA LS, Rodríguez R, Ware A, Zinn. RA. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam flaked corn on digestion and growth performance in feed lot cattle. *Prof Anim Sci.* 2005; 21:200-206.

- DEPENBUSCH BE, Coleman CM, Higgins JJ, Drouillard JS. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with soluble on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. *J Anim Sci.* 2009; 87:2653-2663.
- DUFFIELD TF, Marrill JK, Bagg RN. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake, *J. Anim. Sci.* 2012; 90:4583-4592.
- ERASMUS LJ, Botha PM, Kistner A. Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation and duodenal nitrogen flow in dairy cows. *J Dairy Sci.* 1992; 75:3056.
- HALE DS, Goodson K, Savell SW. [USDA Beef Quality and Yield Grades. Department of Animal Science Texas A&M. 2013.](#) Access: 20/Mayo/2015.
- HE ZX, He ML, Walker ND, McAllister TA, Yang WZ. Using a fibrolytic enzyme in barley-based diets containing wheat dried distillers grains with solubles: Ruminal fermentation, digestibility, and growth performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 2014; 92:3978-3987.
- HERNÁNDEZ BJ, Gómez VA, Núñez GFA, Ríos RFG, Mendoza MGD, García MJA, Villegas AY, Hernández SD, Joaquín TBM. Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes pardo suizo x cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Universidad y Ciencia.* 2009; 25:2:173-180.
- INEGI. [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Cuaderno Estadístico Municipal Durango. Estado de Durango, México. 2004: 16-24.](#) Accesado en 10 de Junio 2015
- KEMPSTER T, Cuthbertson A, Harrington G. Carcase evaluation In *Livestock Breeding, Production and Marketing.* Mackays of Chatham, Kent. Gran Bretaña. 1982:306-308.
- MARTIN SA, Nisbet DJ, Dean RG. Influence of a commercial yeast supplement on the in vitro ruminal fermentation. *Nutr. Rep. Int.* 1989; 40:395.
- MCKEE T, McKee JR. *Bioquímica: La base molecular de la vida.* 3a Edición. McGraw Hill Interamericana. 2013: 221-222. ISBN:844860524-1
- MONSÓN F, Campo MM, Panea B, Sañudo C, Olleta JL, Alberti P. Relación entre medidas objetivas y subjetivas de la conformación en 15 razas europeas de vacuno. *XI Jornadas de Producción Animal de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.* Zaragoza, España. 2005:38-44.
- MURILLO OM, Álvarez EG, Castro H, Sánchez JF, Vázquez MS, Zinn RA. Interaction of forage level and fibrolytic enzymes on digestive function in cattle. *Proc. Wes. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 2000^a; 51:324327
- MURILLO OM, Reyes F. Evaluación de Yea Sacc¹⁰²⁶ en suplementos para bovinos productores de carne apacentados en praderas asociadas de gramíneas y leguminosas. En: *Biotechnología en la Industria de la Alimentación Animal.* 2000^b:91-94.
- NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* 7th edition, National Academy of Sciences. National Research Council. Washington, DC, USA. 2000.
- NUÑEZ AJ, Felix CTL, Lemenager RP, Schoomaker JP. Effect of calcium oxide inclusion in beef feedlot diet containing 60% dried distillers grains with soluble on ruminal

fermentation, diet. Digestibility performance and carcass characteristics. J Anim Sci. 2014; 92:3954-3965.

SANCHEZ PH, Tracey LN, Browne-Silva J, Lodge-Ivey SL. *Propionibacterium acidipropionici* P169 and glucogenic precursors improve rumen fermentation of low-quality forage in beef cattle. J. Anim. Sci. 2014; 92:1738-1746.

SAS (2003). SAS User's Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.

SCHOONMAKER JP, Trenkle AH, Beitz DC. Effect of feeding wet distillers grains on performance, marbling deposition, and fatty acid content of beef from steers fed low- or high-forage diets. J Anim. Sci. 2010; 88:3657-3665.

SCOTT TL, Milton CT, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Stock RA. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. J. Anim. Sci. 2003; 81:3182-3190.

SNEDECOR, G. W and W. G. Cochran. Statistical Methods. 8th Edition. Iowa State University Press. 1989:95-106. ISBN-10:0813815614

SWYERS KL, Wagner JJ, Dorton KL, Archibeque SL. Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product as an alternative to monensin on growth performance, cost of gain, and carcass characteristics of heavy-weight yearling beef steers. J. Anim. Sci. 2014; 92:2538-2545.

VAN SOEST PJ. Nutritional Ecology of the Ruminant, 2ed. Corvallis. O. and B. Book Company. University Press, Ithaca. N. York. USA. 1994: 121-130. ISBN: ISBN 0-8014-2772-X

ZINN RA, Gulati SK, Plascencia A, Salinas J. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. J. Anim. Sci. 2000; 78: 1738-1746.

ZINN RA, Salinas J. Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. In: Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Altech's 15 th Annual Symposium. Nottingham, University Press. 1999:313-320. ISBN: 1-897676-700

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa "Premezclas Energéticas Pecuarias (PREPEC)" el apoyo recibido para la realización de esta investigación.