

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE
NOVILLOS EN ENGORDA SUPLEMENTADOS CON UN ADITIVO A BASE DE
PROBIÓTICOS Y ENZIMAS DIGESTIVAS**

POR:

M. V. Z. CHRISTIAN MICHAEL ALVAREZ ENCINAS

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ÁREA MAYOR EN NUTRICIÓN ANIMAL**

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

AGOSTO DE 2017



Comportamiento productivo y digestibilidad de nutrientes de novillos en engorda suplementados con un aditivo a base de probióticos y enzimas digestivas. Tesis presentada por Christian Michael Alvarez Encinas como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, ha sido aprobada y aceptada por:

Ph. D. Carlos Ortega Ochoa
 Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología

Ph. D. Alma Delia Alarcón Rojo
 Secretario de Investigación y Posgrado

D. Ph. Agustín Corral Luna
 Coordinador Académico de Posgrado

D. Ph. Francisco Castillo Rangel
 Presidente

12 de Agosto 2017
 Fecha

Comité:

- D. Ph. Francisco Castillo Rangel
- Ph. D. Enrique Álvarez Almora
- D. Ph. Joel Domínguez Viveros
- Ph. D. Guillermo Villalobos Villalobos

© Derechos Reservados
 CHRISTIAN MICHAEL ALVAREZ ENCINAS
 DIRECCIÓN: PERIFÉRICO FRANCISCO R.
 ALMADA KM. 1, CHIHUAHUA, CHIH.,
 MÉXICO C.P. 31453
 AGOSTO DE 2017

AGRADECIMIENTOS

A todos y cada uno de mis maestros que fueron parte de mi formación para obtener el grado de Maestro en Ciencias por compartirme sus conocimientos y experiencias.

En especial un grato agradecimiento al D. Ph. Francisco Castillo Rangel por darme la oportunidad de colaborar con él y ser parte de su equipo de trabajo al fungir como mi asesor. Por compartir agradables experiencias y por todo el conocimiento, apoyo, consejos y asesoría brindada para mi formación durante mi estancia en el Posgrado.

Asimismo, al Ph. D. Guillermo Villalobos Villalobos por la formación y el apoyo brindado como maestro y miembro del comité. Al D. Ph. Joel Domínguez Viveros por su valiosa ayuda en mis análisis estadísticos. De igual forma al Ph. D. Enrique Alvarez Almora por su aportación al formar parte de mi comité.

A mis compañeros Pablo, Felipe, Alan, Chapa y Tavo por haber formado parte de un equipo de trabajo y por la valiosa ayuda brindada para salir adelante y por compartir buenos momentos. De igual manera al resto de mis compañeros de otras áreas por la convivencia y amistad brindada.

A Dios, mis padres y hermanos por el invaluable apoyo brindado para permitirme lograr cumplir un logro más en mi vida.

A la empresa DCM Nutrition & Pharma S. A de C. V. por el financiamiento del presente proyecto de investigación y por las facilidades brindadas para su realización.

Asimismo, al CONACYT por haberme otorgado una beca de manutención para realizar mis estudios de Posgrado.

DEDICATORIA

Con especial dedicación para quienes siempre me han brindado su apoyo en todo momento, me han formado como persona con un buen ejemplo, me han permitido continuar con mis estudios, me han brindado siempre amor y cariño, entre otras muchas cosas más. A ustedes, mis padres: Nidia Encinas y Martin Alvarez.

A mis hermanos, Jesús Alejandro y Martin Octavio, quienes forman parte muy importante en mi vida y que de igual manera siempre han estado conmigo y me han brindado su apoyo y cariño.

A ti Dios, por permitirme llegar con bien a esta etapa de mi vida y hacer posible la realización de este logro.

CURRICULUM VITAE

El autor nació el 12 de Febrero de 1992 en Hermosillo, Sonora, México.

2007 - 2010 Estudios de Preparatoria en el Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

2010 - 2015 Estudios de Licenciatura en el Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México.

2015 - 2017 Estudiante de Maestría. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua, México.

RESUMEN

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE NOVILLOS EN ENGORDA SUPLEMENTADOS CON UN ADITIVO A BASE DE PROBIÓTICOS Y ENZIMAS DIGESTIVAS

POR:

M. V. Z. CHRISTIAN MICHAEL ALVAREZ ENCINAS

Maestría en Ciencias en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Área Mayor: Nutrición Animal

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: D. Ph. Francisco Castillo Rangel

El objetivo fue evaluar el efecto de un aditivo a base de probióticos y enzimas digestivas en el comportamiento productivo de ganado en engorda y la digestibilidad de nutrientes de ganado en finalización. Se utilizaron 30 novillos (Charolais x Beefmaster) con un peso inicial de 321.83 ± 3.73 kg. Éstos fueron asignados aleatoriamente a uno de dos tratamientos: 1) Control (CON; Dieta basal) y 2) Tratamiento (TX; Dieta basal + 30 g / animal / día de aditivo). El CMS se tomó diariamente. Se obtuvo el peso vivo (PV) al inicio y a intervalos de 28 d para calcular la GDP. Se determinó la eficiencia alimenticia (EA) por periodo. En la fase de finalización se evaluó la digestibilidad de la MS, PC y FDN en 10 novillos por tratamiento. Con los datos de CMS, PV y GDP se calculó el consumo residual de alimento (CRA). La información se analizó mediante un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo

(excepto para digestibilidad). El CRA se calculó como la diferencia entre el CMS observado y esperado. Para CMS, GDP y EA no se encontró efecto ($P > 0.05$) de tratamiento ni de la interacción entre periodos. Para GDP hubo diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos durante el total del experimento. Para PV hubo diferencia ($P < 0.05$) en la interacción tratamiento \times tiempo. La digestibilidad de nutrientes no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos. El uso del aditivo en la dieta de novillos en engorda no mejora el comportamiento productivo ni la digestibilidad.

ABSTRACT

ANIMAL PERFORMANCE AND NUTRIENT DIGESTIBILITY OF FEEDLOT STEERS SUPPLEMENTED WITH AN ADDITIVE BASED ON PROBIOTICS AND DIGESTIVE ENZYMES

BY:

CHRISTIAN MICHAEL ALVAREZ ENCINAS

The objective was to evaluate an additive made with probiotics and digestive enzymes on animal performance on feedlot cattle and nutrient digestibility on finishing steers. Thirty steers (Charolais × Beefmaster) averaging an initial body weight of 321.83 ± 3.73 kg were used. Steers were randomly assigned to 1 of 2 treatments: 1) Control (CON; Basal diet) and 2) Treatment (TX; Basal diet + 30 g / animal / day of additive). Dry matter intake (DMI) was recorded daily. Body weight (BW) was measured at the beginning and each 28 d intervals in order to obtain average daily gain (ADG). Feed efficiency (G:F) was calculated per period. The digestibility of DM, CP, and NDF were evaluated in the finishing phase in 10 steers per treatment. Residual feed intake (RFI) was calculated using DMI, BW, and ADG data. Data was analyzed using a completely randomized design with measures repeated over time (except for nutrient digestibility). Residual feed intake was calculated as the difference among the observed and the expected DMI. For DMI, ADG, and G:F neither differences ($P > 0.05$) were found among treatments nor interaction effect among periods ($P > 0.05$). Average daily gain was different ($P < 0.05$) during the entire experiment. The time × day interaction was found ($P < 0.05$) for body weight. Nutrient digestibility was similar ($P > 0.05$) among treatments. The use

of this additive on feedlot cattle does not increase both animal performance and nutrient digestibility.

CONTENIDO

RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
CONTENIDO	x
LISTA DE CUADROS	xii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Situación Actual de la Producción de Carne en México	3
Mejoras en la Alimentación Animal	4
Probióticos	4
Probióticos en la Producción de Ganado de Carne	5
Becerras bajo estrés	6
Ganado en engorda	7
Acción de los Probióticos	7
Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	8
Enzimas Digestivas	9
Consumo Residual de Alimento	11
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Localización del Sitio Experimental	13
Experimento 1. Comportamiento Productivo	13
Población experimental y manejo	13
Tratamientos	14
Alimentación	14

Variables evaluadas	17
Análisis estadístico	17
Experimento 2. Digestibilidad Aparente y Consumo de Nutrientes .	17
Población experimental, alimentación, manejo y tratamientos	17
Análisis químico del alimento	18
Toma de muestras	18
Variables evaluadas	18
Análisis de laboratorio	19
Análisis estadístico	20
Experimento 3. Consumo Residual de Alimento	20
Población experimental, alimentación, manejo y tratamientos .	20
Variable evaluada	20
Análisis estadístico	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Comportamiento Productivo	22
Digestibilidad Aparente y Consumo de Nutrientes	27
Consumo Residual de Alimento	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
LITERATURA CITADA	35

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición del aditivo HP Ruminant Health a base de probióticos y enzimas digestivas.....	15
2	Ingredientes y composición química calculada de las dietas	16
3	Medias (\pm error estándar) de la prueba de comportamiento productivo de novillos suplementados con y sin el aditivo HP Ruminant Health durante la engorda	23
4	Medias (\pm error estándar) de la prueba de digestibilidad aparente y consumo de nutrientes de novillos en finalización suplementados con y sin el aditivo HP Ruminant Health	28
5	Valores individuales de consumo residual de alimento (CRA) de los animales del grupo CON	30
6	Valores individuales de consumo residual de alimento (CRA) de los animales del grupo TX	31
7	Medias (\pm error estándar) del análisis de consumo residual de alimento (CRA) de novillos suplementados con y sin el aditivo HP Ruminant Health	32

INTRODUCCIÓN

En México, la mayoría de los sistemas de producción de ganado de carne se llevan a cabo de manera intensiva y bajo condiciones controladas (Smith *et al.*, 2015). A partir de ellos se obtiene la carne, un alimento altamente demandado por la población en general debido a su valor nutricional (Scollan *et al.*, 2006).

Debido a características esperadas en el producto final de los sistemas de engorda de bovinos, los animales tienen un cierto peso ideal para sacrificio (550 - 600 kg; Mac Loughlin y Garat, 2011). Esta situación determina la duración requerida en corral para ser alimentados y ganar kg de peso para su posterior sacrificio y así mostrar una mejor calidad en la carne (Mac Loughlin y Garat, 2011).

Hoy en día el productor trata de minimizar esos días de engorda aumentando la ganancia diaria de peso (GDP), mejorando la conversión alimenticia, incrementando la formación de músculo, entre otras cosas (MacDonald *et al.*, 2007). Esto con la finalidad de agilizar el proceso y mejorar el rendimiento en canal, así como la rentabilidad al disminuir costos por alimentación y desarrollar animales en buen estado de salud (Hoof *et al.*, 2005).

Es por ello que como alternativa se ha incrementado el uso de aditivos compuestos a base de probióticos en la alimentación de bovinos en engorda. Estos pueden ser empleados desde el proceso de crecimiento y desarrollo hasta la finalización con el fin de mejorar el comportamiento productivo, digestibilidad de nutrientes y mantener un buen estado de salud de los animales (Swinney-Floyd *et al.*, 1999; Elam *et al.*, 2003; Peterson *et al.*, 2007). Existe una

amplia variedad de probióticos, entre ellos se encuentran los cultivos viables de microorganismos, extractos de cultivos, preparaciones enzimáticas o varias combinaciones de estos productos (Yoon y Stern, 1995). Se hipotetizó que una mezcla de probióticos y enzimas digestivas mejoraría el comportamiento productivo de novillos en engorda.

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo de novillos durante el total de la engorda suplementados con un aditivo compuesto a base de probióticos (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium thermopilum*, *Bifidobacterium longum* y *Enterococcus faecium*), levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzimas digestivas (amilasa, proteasa, celulasa, lipasa, peptinasa y lactasa); además, se evaluó la digestibilidad de nutrientes en la fase de finalización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Situación Actual de la Producción de Carne en México

En México, la producción de bovinos para carne en sistemas intensivos es de suma importancia ya que la alta demanda de este producto para consumo humano es cada día mayor debido al incremento poblacional, el cual fue de un 38 % durante el periodo de 1990 a 2010 (INEGI, 2015) manteniendo una tendencia de aumento considerable.

Dentro del subsector pecuario, en el país la producción de bovino (carne y leche) es la más importante, ya que genera el 43 % del valor total del subsector (FND, 2014). Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el año 2013 se obtuvieron por este concepto 74 mil mdp., en cuanto a producción de carne en canal. En 2014, se obtuvieron casi 100 mil mdp. De acuerdo con SIAP (2015), México produce alrededor de 1.8 millones de toneladas de carne de res al año.

De acuerdo con el Censo Agropecuario 2007, en México existen 1.1 millones de unidades de producción de ganado bovino. El 58 % de éstas son para engorda (FND, 2014). México es un país importador de carne y la cantidad oscila entre 250 y 350 mil toneladas anuales, es decir un 15 % de la producción (FND, 2014). Esta situación conlleva a intensificar la producción de carne con el fin de lograr una mayor producción de manera más eficiente.

El objetivo de la industria de la carne es producir un producto de calidad consistente y de alta eficiencia como sea posible (Phelps *et al.*, 2015). Es por ello que constantemente se buscan nuevas alternativas para promover el crecimiento y mejorar las características de la canal (Beerman, 2009).

Mejoras en la Alimentación Animal

El mejorar la utilización de los alimentos, producción, salud animal y la seguridad de los alimentos para el consumo humano son los principales objetivos de los estudios de la microbiología ruminal (Seo *et al.*, 2010). Esto se puede alcanzar permitiendo una fermentación deseable, disminuyendo los trastornos ruminales y eliminando a los posibles patógenos capaces de hacer daño al animal (McAllister *et al.*, 2011). Para ello se han elaborado distintos tipos de aditivos capaces de prevenir enfermedades, mejorar el rendimiento y la eficiencia alimenticia (EA) de los animales; entre ellos se encuentran los antibióticos, probióticos y prebióticos (Seo *et al.*, 2010).

Actualmente, en México y Estados Unidos, el uso de antibióticos con función de promotores de crecimiento en la alimentación animal está permitido (NRC, 1999; Hao *et al.*, 2014). Sin embargo, en Europa su uso está prohibido debido a los riesgos potenciales que se implican con su uso (Hong *et al.*, 2005). Por otra parte en diferentes países, dentro de ellos México, existe la preocupación del uso de este tipo de aditivos.

Como resultado, algunos productores han buscado otras alternativas para mejorar el comportamiento y la salud animal, por lo cual se ha considerado con mayor interés el uso de probióticos, con la finalidad de reemplazar o disminuir el uso de antibióticos (Seo *et al.*, 2010).

Probióticos

El término probiótico es definido como un suplemento alimenticio de microorganismos vivos, los cuales afectan benéficamente al huésped animal mejorando su equilibrio microbiano intestinal (Fuller, 1989). A su vez, Kmet *et*

al. (1993) definieron a los probióticos ruminales como cultivos vivos de microorganismos que se introducen deliberadamente en el rumen con el objetivo de mejorar la salud y la nutrición animal. Estos pueden ser cultivos viables de microorganismos, extractos de cultivos, preparaciones enzimáticas o varias combinaciones de éstas (Yoon y Stern, 1995).

En rumiantes, los probióticos han sido utilizados con el potencial de reemplazar o reducir el uso de antibióticos en becerros neonatos y estresados, para mejorar la producción de leche en ganado lechero y para mejorar la EA y la ganancia de peso en ganado de carne (Krehbiel *et al.*, 2003).

Dentro de los microorganismos que tienen función de probióticos en rumiantes se incluyen algunas especies bacterianas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Propionibacterium*, *Megasphaera* y *Prevotella* (Seo *et al.*, 2010). Estas cepas bacterianas se pueden clasificar como productoras de ácido láctico, utilizadoras de ácido láctico y otros microorganismos (Seo *et al.*, 2010; McAllister *et al.*, 2011). Además, hay especies de hongos y levaduras utilizados como probióticos que funcionan como aditivos en los alimentos para rumiantes (Kung Jr., 2001). Entre estos destacan *Saccharomyces* y *Aspergillus*.

En rumiantes, el rumen es el primer órgano a donde los microorganismos o probióticos llegan después de la ingestión, es ahí donde crecen y modifican el ecosistema microbiano y las características de la fermentación. Sin embargo, algunas de ellas también son capaces de alojarse en el tracto intestinal ya que éste provee un hábitat deseable (Seo *et al.*, 2010).

Probióticos en la Producción de Ganado de Carne

Becerras bajo estrés. Los becerros que recién ingresan a un corral de engorda regularmente son sometidos a condiciones de estrés (Krehbiel *et al.*, 2003). Esto es debido a diferentes factores, entre ellos está el reciente destete, transporte, ayuno y el manejo zootécnico al que son sometidos. Lo anterior puede alterar los microorganismos en el rumen y el intestino delgado, provocando una disminución en el comportamiento productivo del animal e incrementando la tasa de morbilidad y mortalidad (Williams y Mahoney, 1984). La administración de probióticos para repoblar el rumen y el intestino delgado puede reducir los cambios en la población microbiana (Krehbiel *et al.*, 2003) y así normalizar la función al aparato digestivo (Kung Jr., 2001).

La mayor respuesta productiva por parte de los animales a los probióticos generalmente ocurre dentro de los primeros 14 d del periodo de recepción (Crawford *et al.*, 1980; Hutcheson *et al.*, 1980). A su vez, la tasa de morbilidad puede disminuir hasta un 10.9 % (Gill *et al.*, 1987). Sin embargo, también se han presentado casos en donde al administrar probióticos no se ha observado una mejoría en la respuesta productiva en becerros recién destetados (Kercher *et al.*, 1985; Kercher *et al.*, 1986) o becerros en recepción en corral de engorda (Krehbiel *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos con la adición de probióticos en la alimentación de becerros sugieren que su adición puede mejorar la salud y el comportamiento productivo de becerros estresados (Krehbiel *et al.*, 2003). Sin embargo, Gill *et al.* (1987) mencionan que los becerros extremadamente sanos y extremadamente enfermos podrían ser menos propensos a responder al uso de probióticos.

Ganado en engorda. La suplementación de probióticos en dietas para ganado en engorda ha mostrado mejoras en la EA y la GDP (Swinney-Floyd *et al.*, 1999; Galyean *et al.*, 2000; Rust *et al.*, 2000). Para ello se han utilizado probióticos a base de cepas bacterianas productoras y/o utilizadoras de ácido láctico.

Durante la engorda de animales es importante tomar en cuenta el tipo o combinación de probióticos a utilizar y la duración de los mismos. Para ello, Huck *et al.* (2000) evaluaron el efecto de la adición de probióticos (*Lactobacillus acidophilus* y *Propionibacterium freudenreichii*) a la dieta según la fase de alimentación en el comportamiento productivo de vaquillas y concluyeron que éste puede ser mejorado seleccionando la cepa bacteriana apropiada para una fase de la producción en particular.

En general, Krehbiel *et al.* (2003) reportaron que la suplementación de probióticos a los bovinos en engorda puede producir un incremento de 2.5 a 5 % en la GDP y de un 2 % en la EA, aproximadamente. Mientras que los resultados para consumo de materia seca (CMS) han sido variables e inconsistentes.

Acción de los Probióticos

Dentro de los efectos benéficos de las bacterias productoras de ácido láctico, como los *Lactobacillus* y *Enterococcus*, se encuentra el prevenir la acidosis ruminal (Nocek *et al.*, 2002). Esto es debido a que propician el crecimiento de los microorganismos ruminales adaptados a la presencia de ácido láctico en el rumen y estimulan a las bacterias utilizadoras de ácido láctico (Yoon y Stern, 1995; Ghorbani *et al.*, 2002). Nocek *et al.* (2002) reportaron una

disminución en el riesgo de acidosis en vacas lecheras recibiendo una combinación de levadura y bacterias productoras de ácido láctico (*Lactobacillus* y *Enterococcus*).

Las bacterias utilizadoras de ácido láctico se han usado para disminuir las concentraciones de lactato y mantener el pH ruminal (Kung Jr. y Hession, 1995; Seo *et al.*, 2010). *Megasphaera elsdenii* puede utilizar lactato y evitar caídas drásticas de pH causadas por la acumulación de lactato en el rumen cuando se ofrece una dieta altamente fermentable (Kung Jr. y Hession, 1995).

Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

Hay suficiente evidencia que la suplementación en la dieta con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) incrementa la producción de leche y la ganancia de peso de ganado en crecimiento (Yoon y Stern, 1995; Desnoyers *et al.*, 2009; Robinson y Erasmus, 2009). La respuesta productiva atribuida a la levadura está relacionada con la estimulación y proliferación de las bacterias celulolíticas y utilizadoras de ácido láctico en el rumen, con el consecuente incremento de la digestión de la fibra e incremento del flujo de proteína microbiana (Newbold *et al.*, 1996), lo cual es benéfico para el ganado en engorda alimentado con dietas altas en grano.

La suplementación con levadura ha sido ampliamente utilizada en la alimentación de rumiantes para mejorar el desarrollo y normalizar la fermentación ruminal (Seo *et al.*, 2010). Rose (1987) sugirió que las levaduras eliminan el oxígeno en el rumen. Las células de levadura en el rumen utilizan el oxígeno disponible en la superficie del alimento recién ingerido para mantener la actividad metabólica. Jouany *et al.* (1999) observaron una disminución

significativa en el potencial redox con la suplementación de levaduras. Este cambio crea mejores condiciones para el crecimiento de las bacterias celulolíticas anaeróbicas estrictas y estimula su adhesión a las partículas de forraje aumentando la velocidad inicial de celulolisis (Roger *et al.*, 1990).

Además de las mejoras en comportamiento productivo y en la disminución del riesgo de acidosis ruminal, el uso de levaduras ha demostrado mitigar o disminuir las emisiones de gas metano (Chaucheyras *et al.*, 1995; McGinn *et al.*, 2004; Chung *et al.*, 2011).

Enzimas Digestivas

Las enzimas digestivas que se brindan de forma exógena tienen la finalidad de propiciar una mejor degradación a nivel ruminal de los ingredientes brindados en el alimento según el tipo de enzima y sustrato.

El forraje, el cual siempre estará formando parte de la dieta de los rumiantes, tiene gran importancia dentro de la alimentación por consideraciones económicas como por cuestiones de mantenimiento de la salud del rumen (Krause *et al.*, 2003). Sin embargo, puede llegar a limitar la productividad de los rumiantes debido al contenido de fibra mediante una reducción de la digestibilidad (Adesogan *et al.*, 2014). La digestibilidad del forraje llega a limitar la ingesta de energía disponible por los rumiantes y en consecuencia, contribuye a la excreción excesiva de nutrientes por parte del ganado (Beauchemin *et al.*, 2003a). Es por ello que el uso de enzimas fibrolíticas como aditivo en las dietas de rumiantes ha recibido gran interés en la investigación con la finalidad de mejorar la utilización del forraje y mejorar la eficiencia productiva de los rumiantes (Kung *et al.*, 2000; Beauchemin *et al.*, 2003a).

El tipo de enzimas fibrolíticas empleadas como aditivos se reduce básicamente a celulasas y hemicelulasas (Beauchemin *et al.*, 2003a). Algunos investigadores se han enfocado en el uso de enzimas fibrolíticas para incrementar la digestión de la fibra y así fomentar el consumo de energía digestible, pero las respuestas han sido variables. Se han reportado incrementos en la producción de leche (Gado *et al.*, 2009; Klingerman *et al.*, 2009), GDP (Beauchemin *et al.*, 1999; McAllister *et al.*, 1999) y digestibilidad de la MS y fibra *in situ*, *in vitro* (Yang *et al.*, 1999; Hristov *et al.*, 2008) e *in vivo* (Rode *et al.*, 1999; Beauchemin *et al.*, 2000).

Por otra parte, el almidón es un componente importante y en abundante presencia en las dietas brindadas al ganado en una engorda intensiva, especialmente en la etapa de finalización, donde proporciona la mayor parte de la ingesta energética del animal (Tricarico *et al.*, 2007). La intensa digestión a nivel ruminal del almidón es ventajosa, pero su rápida fermentación puede llegar a producir acidosis ruminal y disminución del comportamiento productivo (Owens *et al.*, 1998). Por lo tanto, es deseable maximizar el uso de almidón a nivel ruminal minimizando las condiciones que conducen a trastornos ruminales (Tricarico *et al.*, 2007).

La suplementación con enzima amilasa en dietas de ganado de engorda no ha sido ampliamente estudiada. Por otro lado, en ganado lechero hay más información disponible al respecto; tal es el caso donde Tricarico *et al.* (2005) reportaron un incremento en la producción láctea, mientras que DeFrain *et al.* (2005) reportaron mejoras en el balance energético en vacas en transición como resultado de la suplementación con amilasa en la dieta.

En general, los resultados en ganado de carne y ganado lechero indican una respuesta positiva a las enzimas aunque llegan a presentarse resultados variables. Esta variabilidad se puede atribuir a factores como el tipo de enzima, nivel de suplementación, método de aplicación y al balance energético de los animales (Beauchemin *et al.*, 2003a).

Por otra parte, a pesar de los potenciales beneficios del uso de enzimas exógenas, la adopción de la utilización de éstas dentro de la industria de la producción de carne ha sido lenta debido a los altos costos comparado con los ionóforos, antibióticos e implantes (Beauchemin *et al.*, 2003a).

Consumo Residual de Alimento

En el ganado de carne existe una variación considerable en el consumo de alimento que es independiente del tamaño y la tasa de crecimiento y puede calcularse como consumo residual de alimento (CRA; Archer *et al.*, 1999). Ésta es una medida de la eficiencia de la utilización del alimento por los animales propuesta por Koch *et al.* (1963). El CRA, también conocido como consumo neto de alimento (Herd *et al.*, 2003), se define como la diferencia entre el consumo observado (base MS) y el consumo de alimento esperado estimado por regresión sobre el peso vivo (PV) metabólico y el aumento de peso (Connor *et al.*, 2013). Dado que el consumo estimado se calcula en función de los requerimientos del individuo para mantener el PV y la GDP, el CRA es fenotípicamente independiente del PV y la GDP pero se correlaciona con el consumo de alimento (Connor *et al.*, 2013).

Los factores que contribuyen a las diferencias en el CRA entre los bovinos no se conocen bien, pero pueden incluir diferencias en la digestión, las

demandas fisiológicas de nutrientes y las eficiencias bioquímicas de la utilización de alimento (Golden *et al.*, 2008; Herd y Arthur, 2009).

Las relaciones genéticas entre CRA y rasgos de importancia económica se han investigado principalmente en estudios con razas *Bos taurus* (Basarab *et al.*, 2003, Herd *et al.*, 2003; Nkrumah *et al.*, 2007). Las pruebas de post-destete para CRA han demostrado que existe una variación genética y que el rasgo es moderadamente heredable (Archer *et al.*, 1999). Las estimaciones de heredabilidad reportadas para CRA en ganado bovino en crecimiento van de 0.26 a 0.43 en animales eficientes con menor CRA (Crews, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los procedimientos usados en el presente experimento se realizaron acorde a las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales; y NOM-024-ZOO-1995, Especificaciones y características zoonosológicas para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos biológicos y alimenticios para su uso en animales o consumo por éstos. Además se cumplió con el Código de Bioética y el Reglamento de Bienestar Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología (FZyE) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

Localización del Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo en el Rancho “El Sabino”; ubicado en el municipio de Tepatlán de Morelos, Jalisco, México; (latitud 28° 47' 45.1” norte; longitud 102° 41' 20.8” oeste; altitud 1780 msnm). El estudio se realizó durante el periodo que comprendió los meses de Febrero a Julio de 2016.

Experimento 1. Comportamiento Productivo

Población experimental y manejo. Se utilizaron 30 novillos de las razas Charolais, Beefmaster y sus cruza. Durante el experimento se retiraron dos novillos (uno de cada tratamiento) por la presencia de enfermedades no relacionadas al experimento. La edad y peso promedio inicial fueron de 15 meses y 321.83 ± 3.73 kg, respectivamente. Al inicio del experimento los animales recibieron un manejo general. Este consistió en la aplicación de una bacterina (Bacterina toxoide 8 vías[®]; Laboratorios Pier S. A. de C. V.; Tehuacán, Puebla; se aplicó por segunda ocasión a los 84 días), una dosis de

vitamina ADE (ADE - Forte[®]; Farmatec S. A. de C. V.; Guadalajara, Jalisco), fueron desparasitados (Ivomec[®]; Merial de México S. A. de C. V.; El Marqués, Querétaro) e implantados (MaxiChoice 200[®]; Lapisa S. A. de C. V.; La Piedad, Michoacán; se reimplantaron a los 84 días). Además fueron identificados individualmente por medio de aretes de plástico. Los novillos fueron alojados en corraletas individuales habilitadas con comedero y bebedero.

Tratamientos. Se formaron de manera aleatoria dos grupos experimentales, los tratamientos fueron: 1) Control (CON; Dieta basal) y 2) Tratamiento (TX; Dieta basal + 30 g / animal / día de aditivo HP Ruminant Health[®]; DCM Nutrition & Pharma S. A. de C. V.; Cuadro 1). Se tuvieron 15 unidades experimentales para cada tratamiento.

Alimentación. Los animales fueron sometidos a un esquema de confinamiento y alimentados individualmente durante las fases de: crecimiento (56 d), desarrollo (28 d) y finalización (56 d). El alimento se ofreció diariamente (0700 h y 1700 h) ajustando a un rechazo del 5 al 10 %. Previo al inicio del experimento se dio un periodo de adaptación a la dieta de 15 d. Los novillos contaron con agua limpia durante el experimento.

Las dietas se prepararon diariamente y fueron elaboradas para cubrir los requerimientos nutricionales (NRC, 2000) para este tipo de ganado según la fase en la que se encontraban. La relación forraje : concentrado varió según la fase de alimentación en que se encontraban (Cuadro 2). A los animales del grupo CON, se les añadió clorhidrato de zilpaterol en los últimos 28 d antes del sacrificio (Grofactor[®], Virbac México S. A. de C. V.; Zapopan, Jalisco) a una dosis de 0.15 mg / kg de peso vivo por animal por día; Cuadro 2).

Cuadro 1. Composición del aditivo HP Ruminal Health a base de probióticos y enzimas digestivas

Ingredientes	Cantidad¹
Amilasa, unidades	3,000
Proteasa, unidades	400
Celulasa, unidades	160
Lipasa, unidades	120
Peptinasa, unidades	80
Lactasa, unidades	1.8
<i>Lactobacillus acidophilus</i> , ufc	3.6×10^7
<i>Bifidobacterium thermopilum</i> , ufc	3.6×10^7
<i>Bifidobacterium longum</i> , ufc	3.6×10^7
<i>Enterococcus faecium</i> , ufc	3.6×10^7
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , ufc	8×10^6

¹ En 30 g de aditivo

Cuadro 2. Ingredientes y composición química calculada de las dietas

Ingredientes	Fase 1¹	Fase 2¹	Fase 3¹
Ensilaje de maíz	26.34	17.50	-
Rastrojo de maíz	20.00	15.85	25.31
Maíz molido	35.68	47.63	67.50
Grano seco de destilería	11.54	14.92	2.00
Pasta de soya	5.00	3.00	3.00
Premezcla mineral ²	0.94	0.60	0.50
Carbonato de calcio	0.50	0.50	0.50
Oxido de magnesio	-	-	0.50
Bicarbonato de sodio	-	-	0.50
Sal común	-	-	0.19
Composición Química			
MS, %	58.10	65.78	87.61
PC, %	12.00	12.00	10.05
EE, %	3.90	4.35	3.46
FDN, %	35.01	30.25	23.9
Ca, %	0.55	0.46	0.34
P, %	0.32	0.31	0.28
K, %	0.81	0.67	0.69
TND, %	72.90	76.01	74.3
ED, Mcal / kg	3.30	3.46	3.43
EM, Mcal / kg	2.70	2.84	2.81
EN _m , Mcal / kg	1.82	1.93	1.93
EN _g , Mcal / kg	1.19	1.28	1.28

¹ Kg de MS

² Premezcla mineral: PC: 20 %; Ca: 20 %; P: 1.5 %; K: 0.4 %; Mg: 0.65 %; Na: 5 %; S: 0.09 %; Cu: 11 ppm; Fe: 314 ppm; Mn: 14 ppm; Zn: 24 ppm; I: 0.08 ppm; Co: 0.5 ppm; Se: 0.2 ppm; Vit A: 48 UI / g; Vit D: 200 UI / g; Vit E: 0.17 UI / g

Variables evaluadas. El CMS fue registrado diariamente. Los novillos fueron pesados de forma individual al inicio (día 1) y posteriormente cada 28 d hasta finalizar el experimento (día 140) con el fin de evaluar la GDP. Por lo tanto, la información para EA se obtuvo de la relación existente entre la GDP y el CMS dentro de cada periodo. Además, con los pesos obtenidos en los pesajes continuos de los animales, se evaluó la variable de PV a través del tiempo.

Análisis estadístico. Las variables para comportamiento productivo (CMS, GDP y EA) se analizaron con un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo usando el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2002). La unidad experimental fue cada animal y éste fue considerado como aleatorio. Cuando se observaron diferencias ($P < 0.05$), las medias fueron separadas utilizando el método de diferencias medias de mínimos cuadrados.

El análisis para la variable PV se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2002) considerando al tiempo como covariable. La unidad experimental fue cada animal y éste se consideró como aleatorio. Cuando se observaron diferencias ($P < 0.05$) se determinó la ecuación de predicción con ayuda de las estimaciones de parámetros de efectos fijos.

Experimento 2. Digestibilidad Aparente y Consumo de Nutrientes

Población experimental, alimentación, manejo y tratamientos. Al término de la fase de finalización se seleccionaron aleatoriamente 10 novillos de cada tratamiento. Los tratamientos continuaron siendo los mismos: 1) CON y 2) TX. Cada novillo se mantuvo bajo el mismo esquema de alimentación y manejo

al que fue sometido en la prueba de comportamiento. La prueba de digestibilidad de nutrientes tuvo una duración de 3 d.

Análisis químico del alimento. Las muestras de alimento fueron tomadas semanalmente y mezcladas para cada uno de los tratamientos. Posteriormente se hizo una alícuota de la cual se obtuvo la muestra que se analizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de FZyE de la UACH. Las muestras fueron molidas (criba de 1 mm; Molino Willey[®] modelo 4, Thomas Scientific, Swedeboro, NJ) y sometidas a todo o parte de los siguientes análisis: MS, MO, PC, FC, EE. (Métodos 934.01, 942.05, 976.05, 962.09 y 920.39, respectivamente; AOAC, 2003).

Las concentraciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron secuencialmente de acuerdo al método de Van Soest *et al.* (1991) utilizando el analizador de fibras ANKOM 200[®] (Ankom Technology, Fairport, NY) y bolsas filtro Ankom F57[®].

La digestibilidad aparente de la MS, PC y FDN fue evaluada al final de la prueba de comportamiento.

Toma de muestras. Se tomaron cuatro muestras de heces a cada novillo a intervalos de dos horas por tres días consecutivos (día 1: 0800, 1000, 1200 y 1400 h; día 2: 1600, 1800, 2000, 2200 h; y día 3: 2400, 0200, 0400 y 0600 h; Domínguez, 2004). Las heces fueron recolectadas en fresco, homogeneizadas y almacenadas en congelación para su posterior análisis.

Variables evaluadas. Se evaluó la digestibilidad de la materia seca (DMS), digestibilidad de la proteína cruda (DPC) y digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN). El consumo de materia seca digestible (CMSD),

proteína cruda digestible (CPCD) y fibra detergente neutra digestible (CFDN) fueron calculados mediante la relación existente entre el consumo de cada nutriente y su respectiva digestibilidad.

Análisis de laboratorio. Las muestras de heces fueron descongeladas y secadas. Se formó una alícuota para cada novillo (15 g de heces por cada muestreo). Tanto las muestras de alimento como de heces fueron molidas (criba 1 mm; Molino Willey[®] modelo 4, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ) y sometidas al análisis de N total (método 976.05; AOAC, 2003), FDN y FDA (Van Soest *et al.*, 1991) tal como se describió anteriormente.

La digestibilidad de nutrientes se determinó usando fibra detergente ácido indigestible (FDAI) como un marcador interno (Penning y Johnson, 1983). Para ello, se colocaron 0.35 ± 0.05 g de muestra de heces, forraje y concentrado por duplicado en bolsas filtro (Ankom F57[®]). Las bolsas fueron enumeradas sucesivamente, agrupadas en pares e impares e incubadas en el saco ventral del rumen durante 12 d (Mabjeesh *et al.*, 2000).

Después de la incubación, las bolsas se remojaron en agua con hielo para favorecer la separación de bacterias adheridas a partículas alimenticias. Se enjuagaron con agua corriente y se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C por 24 h. Por último, la concentración de FDAI se determinó en el residuo de la bolsa y la digestibilidad se calculó utilizando las siguientes fórmulas (Schneider y Flatt, 1975):

$$DMS = 100 - \left[100 * \left(\frac{\% FDAI \text{ en alimento}}{\% FDAI \text{ en heces}} \right) \right]$$

$$DN = 100 - \left[\left(\frac{\% FDAI \text{ en heces}}{\% FDAI \text{ en alimento}} * \frac{\% \text{ nutriente en heces}}{\% \text{ nutriente en alimento}} \right) \right]$$

En donde:

DMS = Digestibilidad de la materia seca; FDAI = Fibra detergente ácido indigestible; DN = Digestibilidad de nutrientes

Análisis estadístico. El análisis de las variables para digestibilidad aparente y consumo de nutrientes se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar usando el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002). La unidad experimental fue cada animal y se consideró como aleatorio.

Experimento 3. Consumo Residual de Alimento

Población experimental, alimentación, manejo y tratamientos

Se realizó a la par de la prueba de comportamiento, por lo tanto fueron los mismos 28 novillos los que se utilizaron y el esquema de alimentación y manejo fue el mismo al igual los tratamientos y unidades experimentales.

Variable evaluada. Se evaluó el CRA y para ello se utilizaron los valores de PV de los diferentes pesajes hechos durante la engorda y las respectivas ganancias de peso por periodo. Además, se contó con el registro de CMS.

Análisis estadístico. Las tasas de crecimiento de cada novillo se modelaron con la regresión lineal del PV de los novillos en los días de pesaje a través de la prueba usando el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002). Los coeficientes de regresión obtenidos se utilizaron para estimar las GDP, el PV inicial y final ajustado, así como el peso metabólico a la mitad de la prueba (PMM; $PV^{0.75}$), tal como lo describe Lancaster *et al.* (2009).

El CRA de cada novillo se calculó mediante la diferencia entre el CMS observado y el esperado. Para ello, el CMS esperado se modeló mediante la regresión del CMS observado vs el PMM y la GDP durante la prueba con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002). Los valores más bajos de CRA indican una mayor eficiencia.

Finalmente, el análisis de la variable CRA para determinar diferencias entre tratamientos se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento Productivo

Para CMS, GDP y EA no se encontró efecto ($P > 0.05$) de tratamiento ni de la interacción tratamiento \times tiempo durante los periodos del experimento (Cuadro 3). En cambio, para el total del experimento hubo diferencia ($P < 0.05$) para GDP, siendo mayor para el grupo CON (Cuadro 3). En tanto que para CMS y EA los resultados fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3). Para la variable de PV se encontró ($P < 0.05$) la interacción tratamiento \times tiempo obteniendo las siguientes ecuaciones de predicción:

$$\text{Grupo CON} \rightarrow \text{PV} = 333.11 + 1.80x^a$$

$$\text{Grupo TX} \rightarrow \text{PV} = 333.11 + 1.62x^b$$

A pesar de no haber obtenido los resultados esperados, otros estudios sustentan lo aquí reportado. Tal es el caso para CMS, para lo cual investigaciones previas no han mostrado diferencias entre novillos alimentados con y sin probióticos (Vasconcelos *et al.*, 2008; Stephens *et al.*, 2010; Narváez *et al.*, 2014; Cull *et al.*, 2015; Kenney *et al.*, 2015; Wilson *et al.*, 2016). Estos autores únicamente emplearon probióticos a base de bacterias, ya sea productoras o utilizadoras de ácido láctico o su combinación. De las cuales principalmente predominan *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Propionibacterium freudenreichii*. A su vez, Swyers *et al.* (2014) al utilizar únicamente *Saccharomyces cerevisiae* no encontraron diferencia en CMS en novillos. Tal respuesta fue atribuida a que los animales no estaban bajo condiciones de estrés, situación que difiere al presente estudio donde los

Cuadro 3. Medias (\pm error estándar) de la prueba de comportamiento productivo de novillos suplementados con y sin el aditivo HP Ruminant Health durante la engorda

Variable	Tratamientos		EE	Valor de P ³		
	CON ¹	TX ²		TX	DÍA	TX × DÍA
CMS, kg / d						
d 0 – 28	9.79	9.19	0.38	0.29	< 0.01	0.87
d 29 – 56	11.76	11.28	0.38			
d 57 – 84	12.35	11.83	0.38			
d 85 – 112	12.06	11.43	0.39			
d 113 – 140	11.75	11.62	0.39			
GDP, kg						
d 0 – 28	2.29	1.83	0.11	0.02	< 0.01	0.19
d 29 – 56	2.00	1.88	0.11			
d 57 – 84	1.78	1.82	0.12			
d 85 – 112	1.75	1.44	0.12			
d 113 – 140	0.93	0.81	0.12			
EA, kg						
d 0 – 28	0.233	0.200	0.01	0.14	< 0.01	0.11
d 29 – 56	0.172	0.168	0.01			
d 57 – 84	0.143	0.153	0.01			
d 85 – 112	0.144	0.127	0.01			
d 113 – 140	0.077	0.064	0.01			
Total (0 – 140 d)						
CMS, kg	11.54	11.07	0.31	0.29	-	-
GDP, kg	1.75	1.56	0.06	0.02	-	-
EA, kg	0.154	0.142	0.01	0.14	-	-

¹ CON = Dieta basal

² TX = Dieta basal + 30 g / animal / día de aditivo HP Ruminant Health

³ Valor de P < 0.05 denota diferencia estadística

animales estuvieron bajo estrés continuo los últimos 45 d del experimento al estar expuestos a lluvias constantes. Sin embargo, no eran recién destetados o recibidos al inicio del experimento, por lo que el efecto de la levadura al inicio de la prueba pudiera no haberse demostrado al estar previamente acondicionados. El uso de levaduras es relativamente común en la alimentación de becerros o vaquillas recién recibidas en un corral de engorda, ya que su uso tiende a incrementar el CMS (Lesmeiter *et al.*, 2004) y a estimular el crecimiento de la microflora ruminal (Brown y Nagaraja, 2009) lo que de alguna manera permite contrarrestar el estrés al que se enfrentan. Por su parte, Ponce *et al.* (2011) al evaluar un probiótico a base de bacterias productoras de ácido láctico en conjunto con enzimas digestivas en vaquillas recién recibidas reportaron un mayor CMS para los animales consumiendo el producto. En su estudio, el incremento en el CMS se vio reflejado en una mayor GDP por parte del grupo suplementado al ser comparado con el grupo control.

En congruencia con el estudio que aquí se reporta, Stephens *et al.* (2010) al evaluar la combinación de *Lactobacillus acidophilus* en conjunto con *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de novillos reportaron resultados similares para CMS, GDP y EA entre grupo control y tratado. Además, el hecho de incluir amilasa en el producto ofrecido en este experimento no influyó en el CMS. Éstos resultados son similares también a lo obtenido por Tricarico *et al.* (2007) quienes no reportan diferencias en CMS en novillos engordados con y sin enzima amilasa incluida en la dieta. Todos estos datos están en concordancia con lo reportado por Krehbiel *et al.* (2003) quienes concluyen que

la respuesta en CMS en animales consumiendo probióticos ha sido inconsistente.

Como se mencionó anteriormente, para GDP se obtuvo un resultado no esperado ya que no se encontró diferencia entre tratamientos por periodo; sin embargo, para el total de la prueba si hubo diferencia. Se desconoce la razón por la cual el grupo tratado con probióticos mostró una menor respuesta en GDP. Swyers *et al.* (2014) reportaron una menor GDP para el grupo de novillos tratados con *Saccharomyces cerevisiae* en una engorda con duración de 125 d, lo que es similar al presente experimento. Ellos destacaban que los animales en su estudio no estaban bajo condiciones de estrés. En caso contrario, Ponce *et al.* (2011) reportaron una mayor GDP para novillos suplementados con probióticos a base de bacterias productoras de ácido láctico en conjunto con enzimas digestivas; esta mayor GDP se obtuvo en el mismo lapso de duración (140 d) en engorda que el presente estudio. La información sobre el efecto de combinación de probióticos y enzimas digestivas en el comportamiento de ganado en engorda es muy limitada. Se asumía que esta combinación aumentaría la digestibilidad de los alimentos ingeridos por el animal y de esta manera, se vería reflejado en un mayor comportamiento productivo. Sin embargo, en los resultados encontrados no se vio reflejado. Así mismo, se han reportado resultados similares a los del presente estudio para GDP cuando se usan probióticos (Neuhold *et al.*, 2012; Narváez *et al.*, 2014; Cull *et al.*, 2015; Kenney *et al.*, 2015).

Por su parte, para EA también se reportan resultados inconsistentes. En este caso, la EA fue similar entre tratamientos para el total del experimento.

Resultados consistentes a este estudio fueron reportados por Ponce *et al.* (2011), quienes no encontraron diferencias entre tratamientos para EA en el total de la engorda al agregar probióticos y enzimas digestivas en el alimento a novillos. Sin embargo, Aydin *et al.* (2009) al evaluar una combinación similar de probióticos y enzimas reportaron un incremento en la EA, esto en toros Holstein. Estudios recientes, en los cuales se han evaluado exclusivamente el uso de probióticos en novillos en engorda, no han reportado diferencias para EA (Neuhold *et al.*, 2012; Narváez *et al.*, 2014; Kenney *et al.*, 2015; Wilson *et al.*, 2016). De igual manera, estudios donde se han evaluado el uso de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en novillos no han reportado diferencias, tal es el caso de Swyers *et al.* (2014) quienes al evaluar el uso de la levadura en la alimentación de novillos en engorda en un lapso de 125 d reportaron resultados similares para el grupo control y el grupo tratado. En este caso, los animales no estaban bajo ninguna condición de estrés. Así mismo, en un estudio con vaquillas en engorda, Carrasco *et al.* (2016) no reportaron diferencias al incluir *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de engorda. En concordancia con este estudio, al evaluar *Saccharomyces cerevisiae* en conjunto con *Lactobacillus acidophilus* en novillos no hubo una mayor respuesta para EA (Stephens *et al.*, 2010). A su vez, Tricarico *et al.* (2007) al brindar amilasa en la alimentación de novillos obtuvo resultados similares para el grupo con y sin amilasa. El uso de la enzima amilasa brindada en la alimentación supondría una mayor digestibilidad del almidón, un nutriente con abundante presencia en la dieta de engorda de animales. Por otro lado, hay autores quienes reportan resultados benéficos en EA en la engorda de animales con el uso de probióticos. Tal es caso de

Vasconcelos *et al.* (2008) y Cull *et al.* (2015) quienes al incluir *Lactobacillus acidophilus* y *Propionibacterium freudenreichii* en la dieta de novillos en engorda, tuvieron una mayor EA para el grupo tratado en comparación con el grupo que no recibió el aditivo. Es así, como se demuestra la inconsistencia en la respuesta en comportamiento productivo con el uso de probióticos en la engorda de ganado bovino. Los resultados encontrados en este estudio, con respecto a comportamiento productivo, difieren completamente con lo reportado por Krehbiel *et al.* (2003) quienes mencionan que el uso de probióticos en el ganado bovino logra incrementar hasta un 5 % la GDP y mejorar la EA hasta en un 2 %. Sin embargo, es importante tomar en cuenta el estado de salud de los animales, las condiciones en las que se desarrolla el experimento, el nivel de estrés al cual están sometidos, la dosis a la cual se ofrece el aditivo, entre otros factores.

Digestibilidad Aparente y Consumo de Nutrientes

En cuanto a digestibilidad aparente no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos para ninguna de las variables analizadas: DMS, DPC y DFDN (Cuadro 4). De la misma manera, los consumos de nutrientes digeribles fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos: CMSD, CPCD y CFDND (Cuadro 4). Se esperaba que la digestibilidad aparente fuera mayor para el grupo TX ya que los componentes del aditivo, tanto probióticos y enzimas digestivas, muestran cualidades para su incremento. Y por consecuencia, se esperaba verlo reflejado en un mejor comportamiento productivo. Sin embargo, esto no sucedió. En congruencia con este estudio, Kenney *et al.* (2015) evaluaron el efecto de suplementar *Lactobacillus acidophilus* en conjunto con *Enterococcus faecium*

Cuadro 4. Medias (\pm error estándar) de la prueba de digestibilidad aparente y consumo de nutrientes de novillos en finalización suplementados con y sin el aditivo HP Ruminant Health

Variable	Tratamientos		EE	Valor de P ³
	CON ¹	TX ²		
DMS	83.04	83.41	1.10	0.81
DPC	76.93	77.48	1.35	0.77
DFDN	54.35	55.88	3.22	0.74
CMSD	8.74	9.16	0.52	0.57
CPCD	0.81	0.85	0.05	0.57
CFDND	0.99	1.06	0.06	0.44

¹ CON = Dieta basal

² TX = Dieta basal + 30 g / animal / día de aditivo HP Ruminant Health

³ Valor de P < 0.05 denota diferencia estadística

sobre DMS en novillos y no obtuvieron diferencias entre tratamientos. De igual manera, Beauchemin *et al.* (2003b) reportaron resultados similares para DMS y DFDN con el uso de probióticos como *Enterococcus faecium* solo o en conjunto con *Saccharomyces cerevisiae* en novillos. Así mismo, Ghorbani *et al.* (2002) evaluaron *Enterococcus faecium* y *Propionibacterium* P15 y no obtuvieron diferencias en DMS, al igual que Ponce *et al.* (2011) quienes tampoco reportaron diferencias para la DMS al evaluar probióticos a base de bacterias productoras de ácido láctico en conjunto con enzimas digestivas. Otros autores han evaluado el uso exclusivo de *Saccharomyces cerevisiae* y de igual manera no han reportado diferencias en digestibilidad aparente tanto en novillos (Dos Santos *et al.*, 2013), vaquillas de engorda (Vyas *et al.*, 2014), vacas lecheras (Carro *et al.*, 1992) y borregos (Soren *et al.*, 2013). En cuanto al consumo de nutrientes digeribles la información es muy limitada en bovinos de engorda. En este caso, se esperaba un mayor CMSD, CPCD y CFDND con el fin de verse reflejado una mejor respuesta en comportamiento productivo en el grupo TX. El motivo por el cuál esta situación no se dio no se conoce con certeza.

Consumo Residual de Alimento

En los cuadros 5 y 6 se muestran los valores de CRA para cada novillo del experimento del grupo CON y TX, respectivamente. Para CRA no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 7). Los valores individuales de CRA aquí reportados difieren entre novillos. Esta variación puede ser debida a la existente entre animales aun y cuando éstos pertenecieran a la misma raza (Herd *et al.*, 2004). Esta diferencia está relacionada principalmente a variaciones en la ingesta y digestión de los alimentos, metabolismo, actividad y

Cuadro 5. Valores individuales de consumo residual de alimento (CRA) de los animales del grupo CON¹

ANIMAL	PI. AJ²	PF. AJ²	GDP. AJ²	CMS²	CRA²
1	296.6	559.8	1.88	12.2	1.09
2	328.0	563.4	1.68	11.0	-0.23
4	301.5	589.5	2.06	12.2	0.64
5	348.8	619.2	1.93	13.3	1.22
6	323.3	580.8	1.84	9.6	-1.88
7	364.2	682.1	2.27	13.6	0.58
8	318.3	514.2	1.40	10.1	-0.37
10	384.3	625.5	1.72	11.4	-0.82
11	338.1	615.2	1.98	13.3	1.29
12	333.7	571.8	1.70	10.9	-0.46
13	324.4	566.3	1.73	12.2	0.93
16	340.4	563.7	1.60	10.0	-1.26
18	314.7	549.4	1.68	12.8	1.81
28	294.1	557.0	1.88	9.8	-1.26

¹ CON = Grupo Control (Dieta basal)

² PI. AJ = Peso inicial ajustado; PF. AJ = Peso final ajustado; GDP. AJ = Ganancia diaria de peso ajustada; CMS = Consumo de materia seca; CRA = Consumo residual de alimento

Cuadro 6. Valores individuales de consumo residual de alimento (CRA) de los animales del grupo TX¹

ANIMAL	PI. AJ²	PF. AJ²	GDP. AJ²	CMS²	CRA²
3	348.6	602.5	1.81	12.2	0.37
9	342.5	543.1	1.43	10.7	-0.25
14	324.8	600.9	1.97	11.4	-0.37
17	327.5	530.0	1.45	11.1	0.38
19	316.8	550.3	1.67	10.2	-0.81
20	366.6	555.9	1.35	9.9	-1.27
21	327.7	527.8	1.43	10.2	-0.49
23	333.8	538.7	1.46	10.5	-0.37
24	349.3	556.9	1.48	11.0	-0.16
25	291.9	538.5	1.76	9.8	-0.98
26	344.5	482.5	0.99	12.5	2.45
27	301.9	535.6	1.67	10.9	0.14
29	369.5	613.2	1.74	12.0	-0.03
30	327.6	622.4	2.11	12.2	0.10

¹ TX = Grupo Tratamiento (Dieta basal + 30 g / animal / día de aditivo HP Ruminant Health)

² PI. AJ = Peso inicial ajustado; PF. AJ = Peso final ajustado; GDP. AJ = Ganancia diaria de peso ajustada; CMS = Consumo de materia seca; CRA = Consumo residual de alimento

Cuadro 7. Medias (\pm error estándar) del análisis de consumo residual de alimento (CRA) de novillos suplementados con y sin el aditivo HP Ruminal Health

Variable	Tratamientos		EE	Valor de P ³
	CON ¹	TX ²		
CMS ⁴	11.60	11.04	0.31	0.22
GDP ⁴	1.81	1.59	0.06	0.03
CRA	0.09	- 0.09	0.27	0.63

¹ CON = Dieta basal

² TX = Dieta basal + 30 g / animal / día de aditivo HP Ruminal Health

³ Valor de P < 0.05 denota diferencia estadística

⁴ Valores ajustados para CMS y GDP

termorregulación (Herd y Arthur, 2009). Es por ello que hay animales más eficientes en comparación con otros.

Comúnmente, el cálculo del CRA es empleado para la mejora en los sistemas de producción en cuestiones productivas mediante la selección de animales de razas puras superiores en base a la eficiencia de la utilización del alimento (Herd *et al.*, 2003). Tanto en razas de ganado de carne como en ganado lechero. Sin embargo, en éste experimento no fue viable aplicar esta técnica de selección ya que los animales eran destinados al abasto y además, era ganado resultado de la cruce de dos razas.

Por otra parte, se observó que el CRA en ambos grupos tuvo una variabilidad considerable y con este resultado, como adición extra al estudio, se fortalece la posibilidad de evitar generar confusión de efectos en el diseño experimental, estando de esta manera los tratamientos en las mismas condiciones. Por lo tanto, se descarta la posibilidad de una ventaja a uno de los dos tratamientos por efecto de un mejor CRA por parte de los animales, es decir, ambos grupos estaban en situaciones homogéneas de CRA. Tal resultado se apoya y fortalece con la aleatorización de los animales en los tratamientos al inicio del experimento con el fin de evitar un sesgo en los resultados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado los resultados obtenidos, el uso de HP Ruminant Health como aditivo a base de probióticos y enzimas digestivas en la dieta de novillos en engorda no mostró las diferencias esperadas. Esto debido a que no incrementa el comportamiento productivo e inclusive disminuye la GDP. Sin embargo, sería necesaria mayor investigación para conocer con certeza el mecanismo de acción de este aditivo (su mezcla) y la posible sinergia entre microorganismos y enzimas. Además de ello se recomienda analizar a profundidad la concentración de cada uno de los principios activos que se incluyen en el aditivo para ajustar de la mejor manera la mezcla a las condiciones necesarias para ganado de carne en corral de engorda.

LITERATURA CITADA

- Adesogan, A. T., Z. X. Ma, J. J. Romero y K. G. Arriola. 2014. Ruminant nutrition symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. *J. Anim. Sci.* 92:1317–1330.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 2003. Official methods of analysis. 17th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Archer, J. A., E. C. Richardson, R. M., Herd y P. F. Arthur. 1999. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. *Aust. J. Agric. Res.* 50:147–161.
- Aydin, R., Y. Mete, R. Kocyigit, A. Diler y T. Ozkilicci. 2009. Effect of direct-fed microbials plus enzyme supplementation on the fattening performance of Holstein young bulls at two different initial body weights. *Afr. J. Agric. Res.* 4:548.
- Basarab, J. A., M. A. Price, J. L. Aalhus, E. K. Okine, W. M. Snelling y K. L. Lyle. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 83:189–204.
- Beauchemin, K. A., D. Colombatto, D. P. Morgavi y W. Z. Yang. 2003a. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 81:E37–E47.
- Beauchemin, K. A., L. M. Rode y D. Karren. 1999. Use of feed enzymes in feedlot finishing diets. *Can. J. Anim. Sci.* 79:243–246.
- Beauchemin, K. A., L. M. Rode, M. Maekawa, D. P. Morgavi y R. Kampen. 2000. Evaluation of a nonstarch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 83:543–553.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, D. P. Morgavi, G. R. Ghorbani, W. Kautz y J. A. Z. Leedle. 2003b. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81:1628–1640.
- Beermann, D. H. 2009. ASAS. Centennial Paper: A century of pioneers and progress in meat science in the United States leads to new frontiers. *J. Anim. Sci.* 87:1192–1998.
- Brown, M. S. y T. G. Nagaraja. 2009. Direct-fed microbials for growing and finishing cattle. p 42–61. In Proc. Plains Nutrition Council. Spring Conference. Publication No. AREC 09–18. Texas AgriLife Research and Extension Center, Amarillo.

- Cammack, K. M., K. A. Leymaster, T. G. Jenkins y M. K. Nielsen. 2005. Estimates of genetic parameters for feed intake, feeding behavior, and daily gain in composite ram lambs. *J. Anim. Sci.* 83:777–785.
- Carrasco, C., P. Medel, A. Fuentetaja, M. J. Ranilla y M. D. Carro. 2016. Effect of disodium/calcium malate or *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on growth performance, carcass quality, ruminal fermentation products, and blood metabolites of heifers. *J. Anim. Sci.* 94:4315–4325.
- Carro, M. D., P. Lebzien y K. Rohr. 1992. Effects of yeast culture on rumen fermentation, digestibility and duodenal flow in dairy cows fed a silage based diet. *Livest. Prod. Sci.* 32:219–229.
- Chaucheyras, F., G. Fonty, G. Bertin y P. Gouet. 1995. In vitro H₂ utilization by a ruminal acetogenic bacterium cultivated alone or in association with an archaea methanogen is stimulated by a probiotic strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:3466–3467.
- Chung, Y. H., N. D. Walker, S. M. McGinn y K. A. Beauchemin. 2011. Differing effects of 2 active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains on ruminal acidosis and methane production in nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94:2431–2439.
- Connor, E. E., J. L. Hutchison, H. D. Norman, K. M. Olson, C. P. Van Tassell, J. M. Leith y R. Baldwin. 2013. Use of residual feed intake in Holsteins during early lactation shows potential to improve feed efficiency through genetic selection. *J. Anim. Sci.* 91:3978–3988.
- Crawford, J. S., L. Carver, J. Berger y G. Dana. 1980. Effects of feeding a living nonfreeze-dried *Lactobacillus acidophilus* culture on performance of incoming feedlot steers. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 31:210–212.
- Crews, D. H., Jr. 2005. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: A review. *Genet. Mol. Res.* 4:152–165.
- Cull, C. A., D. G. Renter, N. M. Bello, S. E. Ives y A. H. Babcock. 2015. Performance and carcass characteristics of commercial feedlot cattle from a study of vaccine and direct-fed microbial effects on *Escherichia coli* O157:H7 fecal shedding. *J. Anim. Sci.* 93:3144–3151.
- DeFrain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur y J. M. Tricarico. 2005. Feeding alpha-amylase improves the glycemic status and performance of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88:4405–4413.

- Desnoyers, M., S. Giger-Reverdin, G. Bertin, C. Duvaux-Ponter y D. Sauvant. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci.* 92:1620–1632.
- Dominguez, D. 2004. Effects of brown midbrid-3 or cutting height of conventional corn silage on animal production. Ph. D. Dissertation. University of Wisconsin - Madison. Wisconsin, EUA.
- Dos Santos, J. P. I., P. V. Rodriguez, E. Detmann, S. C. Valadares, R. D. Ferreira y M. S. Duarte. 2013. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and monensin on digestion, ruminal parameters, and balance of nitrogenous compounds of beef cattle fed diets with different starch concentrations. *Trop. Anim. Health Prod.* 45:1251–1257.
- Elam, N. A., J. F. Gleghorn, J. D. Rivera, M. L. Gaylean, P. J. Defoor, M. M. Brashers y S. M. Younts-Dahl. 2003. Effects of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (strains NP45 and NP51) and *Propionibacterium freudenreichii* on performance, carcass, and intestinal characteristics, and *Escherichia coli* strain O157 shedding of finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 81:2686–2698.
- FND, Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. 2014. “Panorama de la carne y leche de Bovino”. Secretaria de Hacienda y Crédito Público. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información. En: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Bovino%20\(may%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Bovino%20(may%202014).pdf). Consultado 05 Mayo 2017.
- Fuller, R. 1989. A review: Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66:365–378.
- Gado, H. M., A. Z. M. Salem, P. H. Robinson y M. Hassan. 2009. Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility, extent of ruminal fermentation as well as milk production and composition in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 154:36–46.
- Galyean, M. L., G. A. Nunnery, P. J. Defoor, G. B. Salyer y C. H. Parsons. 2000. Effects of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (Strains 45 and 51) and *Propionibacterium freudenreichii* PF-24 on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. En: <http://www.asft.ttu.edu/burnettcenter/progressreports/bc8.pdf>. Consultado 12 Abril 2017.
- Ghorbani, G. R., D. P. Morgavi, K. A. Beauchemin y J. A. Z. Leedle. 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood

- variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1977–1985.
- Gill, D. R., R. A. Smith y R. L. Ball. 1987. The effect of probiotic feeding on health and performance of newly-arrived stocker calves. *Okla. Agr. Exp. Stn. MP.* 119:202–204.
- Golden, J. W., M. S. Kerley y W. H. Kolath. 2008. The relationship of feeding behavior to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. *J. Anim. Sci.* 86:180–186.
- Hao, H., G. Cheng, Z. Iqbal, X. Ai, H. I. Hussain, L. Huang, M. Dai, Y. Wang, Z. Liu y Z. Yuan. 2014. Benefits and risks of antimicrobial use in food-producing animals. Low-dose antibiotics: current status and outlook for the future 5:87.
- Herd, R. M., V. H. Oddy y E. C. Richardson. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. *Aust. J. Exp. Agric.* 44:423–430.
- Herd, R. M. y P. F. Arthur. 2009. Physiological basis for residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 87(suppl-14): E64–E71.
- Herd, R. M., J. A. Archer y P. F. Arthur. 2003. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *J. Anim. Sci.* 81(suppl-1): E9–E17.
- Hong, H. A., L. H. Duc y S. M. Cutting. 2005. The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiol. Rev.* 29:813–835.
- Hristov, A. N., C. E. Basel, A. Melgar, A. E. Foley, J. K. Ropp, C. W. Hunt y J. M. Tricarico. 2008. Effect of exogenous polysaccharide-degrading enzyme preparations on ruminal fermentation and digestibility of nutrients in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145:182–193.
- Huck, G. L., K. K. Kreikemeier y G. A. Ducharme. 2000. Effect of feeding two microbial additives in sequence on growth performance and carcass characteristics of finishing heifers. En: <http://www.oznet.ksu.edu/library/lvstk2/srp850.pdf>. Consultado 12 Abril 2017.
- Hutcheson, D. P., N. A. Cole, W. Keaton, G. Graham, R. Dunlap y K. Pittman. 1980. The use of a living, nonfreeze-dried *Lactobacillus acidophilus* culture for receiving feedlot calves. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 31:213–215.

- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. En <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>. Consultado 05 Mayo 2017.
- Jouany, J. P., F. Mathieu, J. Senaud, J. Bohatier, G. Bertin y M. Mercier. 1999. Influence of protozoa and fungal additives on ruminal pH and redox potential. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 29:65–66.
- Kenney, N. M., E. S. Vanzant, D. L. Harmon y K. R. McLeod. 2015. Direct-fed microbials containing lactate-producing bacteria influence ruminal fermentation but not lactate utilization in steers fed a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 93:2336–2348.
- Kercher, C. J., B. Ray, C. Johnson, T. Karney, W. Smith, G. Jackson y D. Burgener. 1985. *Lactobacillus acidophilus* inoculation and level of barley feeding for newly weaned beef calves. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 36:446–448.
- Kercher, C. J., B. Ray, T. Karney y R. Jones. 1986. Drenching vs feeding *Lactobacillus acidophilus* with and without barley for newly weaned beef steer calves. *Bull. B. Wyo. Agric. Exp. Stn.* 885:9–11.
- Klingerman, C. M., W. Hu, E. E. McDonell, M. C. DerBedrosian y L. Kung Jr. 2009. An evaluation of exogenous enzymes with amyolytic activity for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:1050–1059.
- Kmet, V., H. J. Flint y R. J. Wallace. 1993. Probiotics and manipulation of rumen development and function. *Arch. Anim. Nutr.* 44:1–10.
- Koch, R. M., L. A. Swiger, D. Chambers y K. E. Gregory. 1963. Efficiency of food use in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 22:486–494.
- Krause, D. O., S. E. Denman, I. M. Roderick, M. Marrison, A. L. Rae, G. T. Attwood y S. McSweeney. 2003. Opportunities to improve fibre degradation in the rumen: Microbiology, ecology, and genomics. *FEMS Microbiol. Rev.* 27:663–693.
- Krehbiel, C. R., B. A. Berry, J. M. Reeves, D. R. Gill, R. A. Smith, D. L. Step, W. T. Choat y R. L. Ball. 2001. Effects of feed additives fed to sale barn-origin calves during the receiving period: Animal performance, health and medical costs. *Okla. Agr. Exp. Stn. En:* <http://www.ansi.okstate.edu/research/2001rr/27/27.htm>. Consultado 02 Mayo 2017.
- Krehbiel, C. R., S. R. Rust, G. Zhang y S. E. Gilliland. 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *J. Anim. Sci.* 81:E120–132.

- Kung Jr., L. 2001. Direct-fed microbials for dairy cows and enzymes for lactating dairy cows: New theories and applications. In: 2001 Pennsylvania State Dairy Cattle Nutrition Workshop, Grantville, PA. pp. 86–102.
- Kung Jr., L. y A. O. Hession. 1995. Preventing in vitro lactic acid accumulation in ruminal fermentations by inoculation with *Megasphaera elsdenii*. J. Anim. Sci. 73:250–256.
- Kung, L., R. J. Treacher, G. A. Nauman, A. M. Smagala, K. M. Andres y M. A. Cohen. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 83:115–122.
- Lancaster, P. A., G. E. Carstens, F. R. B. Ribeiro, L. O. Tedeschi y D. H. Crews. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. J. Anim. Sci. 87:1528–1539.
- Lesmeister, K. E., A. J. Henrich y M. T. Gabler. 2004. Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics and blood parameters in neonatal dairy calves. J. Dairy Sci. 87:1832–1839.
- Mabjeesh, S. J., M. Cohen y A. Arieli. 2000. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: Comparison of methods and inoculum source. J. Dairy Sci. 83: 2289–2294.
- Mac Loughlin, R. y J. Garat. 2011. Calidad de terminación, peso de venta y precios en bovinos para carne. Sitio Argentino de Producción Animal. En www.produccion-animal.com.ar. Consultado 28 Abril 2017.
- MacDonald, J. C., T. J. Klopfenstein, G. E. Erickson y K. J. Vander Pol. 2007. Changes in gain through the feeding period. Pages 55–57 in 2007 Nebr. Beef Cattle Rep. En: <http://beef.unl.edu/beefreports/200719.shtml>. Consultado 24 Abril 2017.
- McAllister, T. A., K. A. Beauchemin, A. Y. Alazzez, J. Baah, R. M. Teather y K. Stanford. 2011. Review: The use of direct fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. Can. J. Anim. Sci. 91:193–211.
- McAllister, T. A., S. J. Oosting, J. D. Popp, Z. Mir, L. J. Yanke, A. N. Hristov, R. J. Treacher y K. J. Cheng. 1999. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle. Can. J. Anim. Sci. 79:353–360.

- McGinn, S. M., K. A. Beauchemin, T. Coates y D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *J. Anim. Sci.* 82:3346–3356.
- Narvaez, N., A. Y. Alazzeah, Y. Wang y T. A. McAllister. 2014. Effect of *Propionibacterium acidipropionici* P169 on growth performance and rumen metabolism of beef cattle fed a corn- and corn dried distillers' grains with solubles-based finishing diet. *Can. J. Animal. Sci.* 94:363–369.
- Neuhold, K. L., J. J. Wagner, S. L. Archibeque, T. E. Engle y K. K. Kreikemeier. 2012. An evaluation of 10-G brand direct-fed microbial for yearling steers fed finishing diets containing wet distillers grains. *Professional Animal Scientist.* 28:319–324.
- Newbold, C. J., R. J. Wallace y F. M. McIntosh. 1996. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *Br. J. Nutr.* 76:249–261.
- Nkrumah, J. D., D. H. Crews, Jr., J. A. Basarab, M. A. Price, E. K. Okine, Z. Wang, C. Li y S. S. Moore. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 85:2382–2390.
- Nocek, J. E., W. P. Kautz, J. A. Z. Leedle y J. G. Allman. 2002. Ruminal supplementation of direct-fed microbials on diurnal pH variation and in situ digestion in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:429–433.
- Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995. Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos biológicos y alimenticios para su uso en animales o consumo por éstos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de Octubre de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de Marzo de 1996.
- NRC. National Research Council. 1999. The use of drugs in food animals: benefits and risks. National Academies Press.
- NRC. National Research Council. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, DC.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill y D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76:275–286.

- Penning, P. D. y R. H. Johnson. 1983. The use of internal markers to estimate herbage intake and digestibility. 1. Indigestible acid detergent fiber. *J. Agric. Sci.* 100: 133–138.
- Peterson, R. E., T. J. Klopfenstein, G. E. Erickson, J. Folmer, S. Hinkley, R. A. Moxley y D. R. Smith. 2007. Effect of *Lactobacillus acidophilus* strain NP51 on *Escherichia coli* O157:H7 fecal shedding and finishing performance in beef feedlot cattle. *J. Food Prot.* 70:287–291.
- Phelps, K. J., J. S. Drouillard, J. S. Jennings, B. E. Deppenbusch, M. A. Vaughn, D. D. Burnett y J. M. Gonzalez. 2015. Effect of the Programmed Nutrition Beef Program on moisture retention of cooked ground beef patties and enhanced strip loins. *Meat Science.* 100:189–194.
- Ponce, C. H., N. DiLorenzo, M. J. Quinn, D. R. Smith, M. L. May y M. L. Galyean. 2011. Case study: Effects of a direct-fed microbial on finishing beef cattle performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. *Professional Animal Scientist* 27:276–281.
- Robinson, P. H. y L. J. Erasmus. 2009. Effects of analyzable diet components on responses of lactating dairy cows to *Saccharomyces cerevisiae* based yeast products: A systematic review of the literature. *Anim. Feed Sci. Technol.* 149:185–198.
- Rode, L. M., W. Z. Yang y K. A. Beauchemin. 1999. Fibrolytic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 82:2121–2126.
- Roger, V., G. Fonty, S. Komisarczuk-Bony y P. Gouet. 1990. Effects of physicochemical factors on the adhesion to cellulose Avicel of the ruminal bacteria *Ruminococcus flavefaciens* and *Fibrobacter succinogenes* subsp. *succinogenes*. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:3081–3087.
- Rose, A. H. 1987. Responses to the chemical environment. In: *The Yeasts* (Ed. A. H. Rose and J. S. Harrison) Vol. 2, Academic Press, London. pp. 5–40.
- Rust, S. R., K. Metz y D. R. Ware. 2000. Effects of Bovamine™ rumen culture on the performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Michigan Agric. Exp. Stn. Beef Cattle, Sheep and Forage Sys. Res. Dem. Rep.* 569:22–26.
- SAS. 2002. *Statistical Analysis System*. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Scollan, N., J. F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson y A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science.* 74:17–33.

- Schneider, B. H. y W. P. Flatt. 1975. Evaluation of feed trough digestibility experiments. University of Georgia Press. Athens. GA, USA.
- Seo, J. K., S. W. Kim, M. H. Kim, S. D. Upadhaya, D. K. Kam y J. K. Ha. 2010. Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian. Aust. J. Anim. Sci.* 23:1657–16679.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. En <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario>. Consultado 06 Abril 2017.
- Smith, R. A., D. U. Thomson y T. L. Lee. 2015. Beef Quality Assurance in Feedlots. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* 31:269–281.
- Soren, N. M., M. K. Tripathi, R. S. Bhatt y S. A. Karim. 2013. Effect of yeast supplementation on the growth performance of Malpura lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 45:547–554.
- Stephens, T. P., K. Stanford, L. M. Rode, C. W. Booker, A. R. Vogstad, O. C. Schunicht, G. K. Jim, B. K. Wildman, T. Perrett y T. A. McAllister. 2010. Effect of a direct-fed microbial on animal performance, carcass characteristics and the shedding of *Escherichia coli* O157 by feedlot cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 158:65–72.
- Swinney-Floyd, D., B. A. Gardener, F. N. Owens, T. Rehberger y T. Parrott. 1999. Effects of inoculation with either *Propionibacterium* strain P-63 alone or in combination with *Lactobacillus acidophilus* strain LA53545 on performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1):77.
- Swyers, K. L., J. J. Wagner, K. L. Dorton y S. L. Archibeque. 2014. 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.* 92:2538–2545.
- Tricarico, J. M., J. D. Johnston, K. A. Dawson, K. C. Hanson, K. R. McLeod y D. L. Harmon. 2005. The effects of an *Aspergillus oryzae* extract containing alpha-amylase activity on ruminal fermentation and milk production in lactating Holstein cows. *Anim. Sci.* 81:365–374.
- Tricarico, J. M., M. D. Abney, M. L. Galyean, J. D. Rivera, K. C. Hanson, K. R. McLeod y D. L. Harmon. 2007. Effects of a dietary *Aspergillus oryzae* extract containing α -amylase activity on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 85:802–811.

- Van Hoof, N., R. Schilt, E. Vlis, P. Boshuis, M. Van Baak, A. Draaijer, y H. De Brabander. 2005. Detection of zilpaterol (Zilmax®) in calf urine and faeces with liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta.* 529:189–197.
- Van Soest, P.J., J. Roberston y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583–3597.
- Vasconcelos, J. T., N. A. Elam, M. M. Brashears y M. L. Galyean. 2008. Effects of increasing dose of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (Strain NP 51) combined with a single dose of *Propionibacterium freudenreichii* (Strain NP 24) on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 8:756–762.
- Vyas, D., A. Uwizeye, R. Mohammed, W. Z. Yang, N. D. Walker y K. A. Beauchemin. 2014. The effects of active dried and killed dried yeast on subacute ruminal acidosis, ruminal fermentation, and nutrient digestibility in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 92:724–732.
- Wilson, B. K., B. P. Holland, D. L. Step, M. E. Jacob, D. L. VanOverbeke, C. J. Richards, T. G. Nagaraja y C. R. Krehbiel. 2016. Feeding wet distillers grains plus solubles with and without a direct-fed microbial to determine performance, carcass characteristics, and fecal shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 94:297–305.
- Williams, D. L. y J. H. Mahoney. 1984. Pre-weaning and postweaning nutrition. Page 98 in *Proc. 17th Annu. Conv. Am. Assoc. Bovine Practice.*
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin y L. M. Rode. 1999. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:391–403.
- Yoon, I. K. y M. D. Stern. 1995. Influence of direct-fed microbials on ruminal microbial fermentation and performance of ruminants: A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 8:533–555.