



## Impacto de diferentes aditivos sobre la acidosis y fermentación ruminal en corderos

Impact of different additives on ruminal acidosis and fermentation of lambs



Adrián Chaparro-Escudero<sup>\*1ID</sup>, Joel Domínguez-Viveros<sup>1ID</sup>, Yamicela Castillo-Castillo<sup>1ID</sup>, Sergio Román-Ponce<sup>2ID</sup>, Francisco Castillo-Rangel<sup>\*\*1ID</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental La Campana. México. \*Autor responsable: Adrián Chaparro-Escudero. \*\*Autor de correspondencia: Francisco Castillo-Rangel. Km 1.0 perif. Fco. R. Almada. C. P. Chihuahua, Chihuahua. México. Email: andresch6767@gmail.com, jodominguez@uach.mx, ycastillo@uach.mx, roman.sergio@inifap.gob.mx, fcastillo@uach.mx

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la acidosis y fermentación ruminal en ovinos en fase de finalización, suplementados con diferentes aditivos. Se usaron 4 borregos fistulados en rumen. Los tratamientos fueron: 1) Control (Dieta basal); 2) LEV (Dieta basal + *Saccharomyces cerevisiae*); 3) ION (Dieta basal + Monensina sódica); 4) TE (Dieta basal + Mezcla de probióticos, prebióticos, sinbióticos y enzimas). La dieta contenía 14 % de PC y 2.962 Mcal/kg de EM. Se evaluó el consumo de materia seca (CMS). En muestras de líquido ruminal se evaluó el pH, la concentración de nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>), y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV's). La información fue analizada mediante un diseño en cuadrado latino 4 x 4. El pH, la concentración de AGV's, y la relación acético:propiónico no fueron diferentes (P>0.05) entre tratamientos. El CMS fue igual entre tratamientos (P>0.05). El pH fue diferente (P < 0.01) entre hora. La interacción tratamiento x hora (P<0.05) fue diferente para NH<sub>3</sub>. Para las concentraciones de ácido acético, propiónico butírico y total de ácidos grasos volátiles se encontró diferencia (P< 0.05) para la interacción tratamiento x hora. El uso de la mezcla de probióticos, prebióticos y simbióticos no mejora la fermentación ruminal de corderos en la fase de finalización.

**Palabras clave:** ovinos, corral de engorda, probióticos, prebióticos, sinbióticos.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the ruminal fermentation and acidosis on finishing lambs supplemented with different additives. Four ruminal cannulated lambs were used. Treatments were 1) Control (Basal diet); 2) LEV (Basal diet + *Saccharomyces cerevisiae*); 3) ION (Basal diet + Sodic monensin); 4) ET (Basal diet + Experimental Treatment). Diet contained at least 14% de CP and 2.962 Mcal/kg de ME. Dry matter intake (DMI) was evaluated. In ruminal fluid samples, pH, ammonia concentration (NH<sub>3</sub>), and volatile fatty acids concentration (VFA) were evaluated. Data was analyzed in a 4 x 4 latin square design. Ruminal pH, VFA concentration and acetic:propionic ratio was not different (P>0.05) among treatments. Dry matter intake was similar (P>0.05) among treatments. Ruminal pH was different (P < 0.01) among hours. Interaction treatment x hour was different (P<0.05) for NH<sub>3</sub> concentration, acetic, propionic, butyric acids, and total VFA's concentrations. The use of a mixture of probiotics, prebiotics and symbiotic, did not improve ruminal fermentation of finishing hair lambs.

**Keywords:** ovine, feed lot, probiotics, prebiotics, symbiotics.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de producción ovina utilizan aditivos en la alimentación para mejorar la fermentación ruminal y la digestión de los alimentos. Éstas mejoras incrementan en el comportamiento productivo (Kiran & Deswal, 2020), además de mitigar la acidosis ruminal y el timpanismo (Chiquette, 2009). Dentro de los aditivos comúnmente utilizados en los sistemas de producción se encuentran los ionóforos que son un grupo de antibióticos que modifican de forma selectiva la microbiota ruminal, mejorando la eficiencia alimenticia (Guan *et al.*, 2006); los probióticos (Chiquette, 2009), los cuales fomentan el balance microbiano mediante tres mecanismos: 1) exclusión competitiva; 2) antagonismo bacteriano; 3) inmuno-modulación (Molina, 2019); y los prebióticos (Zhang *et al.*, 2014) que son sustancias no digeribles que brindan un beneficio al huésped, estimulando selectivamente el crecimiento de un grupo de bacterias autóctonas (Guzmán *et al.*, 2012). Dada la capacidad de modulación del medio ambiente ruminal (Jiao *et al.*, 2018), el uso de estos productos se ha extendido, sobre todo cuando los animales se alimentan con dietas altas en grano.

El alto consumo de carbohidratos de rápida fermentación da lugar a una acumulación de ácidos orgánicos en el rumen, lo cual trae como consecuencia una disminución en el pH ruminal (Nagaraja & Lechtenberg, 2007). El descenso en el pH ruminal genera una acidosis subclínica o en un caso más grave acidosis aguda, la cual puede resultar en la muerte del animal (Granja *et al.*, 2012). La inclusión de ciertos aditivos como ionóforos en la alimentación de rumiantes tiene un efecto positivo en la mitigación de acidosis ruminal (Chiquette, 2009). Distintos aditivos como probióticos y prebióticos han sido utilizados para mejorar el desempeño animal, cubriendo aspectos importantes en los sistemas de producción como lo son la salud animal y el incremento en la producción (Vyas *et al.*, 2014). Hoy en día, el uso de sinbióticos se ha explorado en monogástricos, sin embargo, se desconoce el impacto de estos productos sobre la fermentación ruminal. Derivado de ello, se hipotetizó que la inclusión de una mezcla de aditivos (probióticos, prebióticos y sinbióticos) altera la fermentación ruminal mitigando la acidosis ruminal en dietas altas en concentrado. El objetivo fue evaluar la acidosis y fermentación ruminal en ovinos en la fase de finalización suplementados con diferentes aditivos.

## MATERIAL Y METODOS

Todos los procedimientos usados en el presente experimento se realizaron acorde a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-051-ZOO-1995, Norma para trato humanitario en la movilización de animales; NOM-024-ZOO-1995, Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por estos; NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio, y al código institucional para la regulación de la bioética



y el bienestar animal (CFTZYE-ACTA-101/2015: ACUERDO 4.2). El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (latitud 28° 35' 10.9" norte; longitud 106° 6' 26.6" oeste; altitud 1440 msnm).

### **Animales, tratamientos y alimentación**

Antes de dar inicio con el experimento los animales fueron desparasitados contra parásitos externos e internos (Iverfull®; Aranda Salud Animal, Querétaro, Querétaro, México), vacunados (Bacterina triple bovina®; Bio-Zoo) y vitaminados (Vigatol ADE Fuerte®; Bayer), los fármacos fueron aplicados vía intramuscular. Se utilizaron 4 borregos de la raza Pelibuey de 10 meses de edad y fistulados en rumen, con un peso promedio inicial de 45 kg ± 2 kg. Los borregos fueron asignados de manera aleatoria una jaula metabólica. Los tratamientos fueron: 1) Control (Dieta basal; cuadro 1); 2) LEV (Dieta basal + .20g de *Saccharomyces cerevisiae* /animal/ día; 3) ION (Dieta basal + 0.10 g de Monensina sódica/ animal/ día); 4) HP (Dieta basal + 10 g de Mezcla de probióticos, prebióticos, sinbióticos y enzima (Hp Ruminant Health)/ animal/ día; cuadro 2). Los aditivos fueron suministrados diariamente en dos exhibiciones a través de la fistula ruminal antes del ofrecimiento de cada alimento.

**Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la dieta basal**

Ingrediente	Tota de la dieta %
Maíz Rolado	63.80
Canola	11.26
Melaza	2.38
Premezcla de micerales	0.48
Sal	0.48
Carbonato de Calcio	0.23
Bicarbonato de Sodio	0.843
Alfalfa	20.84
<b>Composición química calculada</b>	
PC, %	14.00
EM, mcal/kg	2.962

Los corderos fueron sometidos a un esquema de alimentación individual. La ejecución del experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental de cuadrado latino que contempló cuatro periodos (12 días por periodo). Los animales recibieron una adaptación a las dietas de nueve días al inicio de cada periodo. Los tratamientos fueron rotados de



manera aleatoria para cada uno de los borregos durante los cuatro periodos, quedando representado cada tratamiento en un animal por periodo.

**Cuadro 2. Composición química de la mezcla**

Ingredientes	Cantidad <sup>1</sup>
Amilasa (unidades)	1,000
Proteasa (unidades)	133.33
Celulasas (unidades)	53.33
Lipasa (unidades)	40
Peptinasa (unidades)	26.66
Lactasa (unidades)	0.60
<i>Lactobacillus acidophilus</i> (ufc)	$1.2 \times 10^7$
<i>Bifidobacterium thermophilum</i> (ufc)	$1.2 \times 10^7$
<i>Bifidobacterium longum</i> (ufc)	$1.2 \times 10^7$
<i>Enterococcus faecium</i> (ufc)	$1.2 \times 10^7$
<i>Sacharomyces cerevisiae</i> (ufc)	$2.6 \times 10^6$

ufc: unidades formadoras de colonias.

<sup>1</sup> Cantidad de microorganismos proporcionados directamente en el alimento, levaduras, y enzimas digestivas por cada 10 gramos de producto.

El alimento fue ofrecido dos veces por día (0800 y 1800 h), ajustando a un rechazo del 5-10 %. Los corderos contaron con agua limpia durante todo el día. La relación de forraje-concentrado fue 20-80 % respectivamente. La dieta fue formulada para contener al menos un 14 % de PC y una EM de 2.962 Mcal/kg (Cuadro 1). Los concentrados fueron elaborados y mezclados en una sola ocasión para el total de la prueba. Las dietas fueron elaboradas con ingredientes disponibles localmente, teniendo maíz rolado como base del concentrado y alfalfa como fuente de forraje.

### **Variables evaluadas y toma de muestras**

El consumo de materia seca (CMS; g) fue evaluado diariamente a partir del décimo día de cada periodo y durante los siguientes días, que correspondieron a días de toma de muestra de líquido ruminal. En el primer día de toma de muestras (décimo día de cada periodo), se obtuvo una muestra de 200 ml de líquido ruminal bajo el siguiente horario:



0, 1, 2, 4, 8, 12, 18, 24 horas post alimentación; considerando a las cero horas antes del ofrecimiento matutino del alimento (0800 h).

En la muestra del líquido se evaluó el pH, la concentración (mM/lit) de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), y la concentración (mM/lit) de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) en el cual el balance fermentativo permitió estimar la producción de metano y dióxido de carbono por la conversión de los carbohidratos de la dieta a AGV's (Wolin, 1960).

### **Análisis de laboratorio**

Se midió el pH del líquido ruminal con un potenciómetro (UltraBASIC pH/mV Meter; Denver Instrument), inmediatamente después de ser extraída la muestra. Posteriormente se obtuvieron cuatro submuestras de 15 ml de líquido ruminal en tubos esterilizados, los cuales contenían 1 ml de ácido sulfúrico al 50 % para su posterior análisis en el cromatógrafo.

Así mismo fue extraída una nueva muestra de líquido ruminal, misma que fue filtrada en una malla para luego ser filtrada nuevamente con papel filtro grado 601. Dichas muestras fueron congeladas inmediatamente a  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  después de haberlas obtenido y hasta su análisis posterior. Después se determinó la concentración de  $\text{NH}_3$  (Broderick & Kang, 1980).

Se midió la concentración de los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico, para lo cual se llevó a cabo una previa descongelación y centrifugación por 20 minutos a 13800 xg de las muestras; con una temperatura de  $4\text{ }^\circ\text{C}$ , para nuevamente llevar a cabo un proceso de filtrado (Papel filtro Ahlstrom grado 601). Del sobrante se preparó la muestra con ácido metafosfórico al 25%, en una relación muestra: ácido de 5:1.

La determinación de las concentraciones de AGV's se llevó a cabo mediante de cromatografía de gases (CG) con detección de ionización de flama (Galyean, 2010). Para ello, se empleó un cromatógrafo de gases Claurus 400® (Perkin Elmer) usando una columna Varian capillary CP-wax58(FFAP)CB(15 m x 0.53 mm, 0,5 um).

### **Análisis estadístico**

La información colectada para las variables pH,  $\text{NH}_3$ , porcentaje molar de AGV's,  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , fue analizada mediante un diseño en cuadrado latino  $4 \times 4$  usando el procedimiento MIXED de SAS (Statistical Analysis System versión 9.1.3) ajustando un modelo que incluyó los efectos de tratamiento, periodo, hora y la interacción tratamiento por hora. Se consideraron como variables clasificatorias a borrego, periodo, hora y tratamiento. Por otra parte, se consideró aleatorio el efecto de borrego dentro de tratamiento.

El modelo utilizado fue:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \rho_j + \sigma_k + \Theta_{ik} + e_{ijk}$$



En donde:  $y_{ijk}$  = valor observado de la variable respuesta;  $\mu$  = media general;  $t_i$  = es el efecto del tratamiento);  $p_j$  = efecto del periodo;  $\sigma_k$  = efecto de la hora;  $\Theta_{ik}$  = interacción entre tratamiento  $\times$  hora;  $e_{ijk}$  = Error aleatorio asociado con cada observación.

Para estas variables se reportaron las medias de mínimos cuadrados y el error estándar. Se denotaron diferencias cuando ( $P < 0.05$ ).

Para CMS la información se analizó mediante un diseño en cuadrado latino  $4 \times 4$  usando el procedimiento MIXED de SAS (Statistical Analysis System versión 9.1.3) ajustando un modelo que incluyó los efectos de tratamiento, periodo, día y la interacción tratamiento  $\times$  día. Se consideraron como variables clasificatorias a borrego, periodo, día y tratamiento. Por otra parte, se consideró aleatorio el efecto borrego dentro de tratamiento.

El modelo utilizado fue:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + p_j + \sigma_k + \Theta_{ik} + e_{ijk}$$

En donde:  $y_{ijk}$  = valor observado de la variable respuesta;  $\mu$  = media general;  $t_i$  = es el efecto del tratamiento;  $p_j$  = efecto del periodo;  $d_k$  = efecto de día;  $\Theta_{ik}$  = efecto de la interacción tratamiento  $\times$  día;  $e_{ijk}$  = error aleatorio asociado con cada observación.

Para esta variable se reportaron las medias de mínimos cuadrados y el error estándar. Se denotó diferencias cuando ( $P < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para pH no se encontró diferencia entre tratamientos, periodo e interacción tratamiento  $\times$  hora ( $P > 0.05$ ), sin embargo, se encontró diferencia ( $P < 0.01$ ) en el efecto de hora. Los valores encontrados (Figura 1) muestran que el comportamiento del pH posterior a las dos horas de alimentación descendió de 6.0; además en la hora 12 los tratamientos CON y TE descendieron de 5.5 poniendo en riesgo de acidosis sub aguda a los animales. Diversos estudios han concluido que un pH por debajo de 5.5 impactan directamente sobre la salud ruminal de los corderos ([Jaramillo-López \*et al.\*, 2017](#); [Harlow \*et al.\*, 2017](#)). Un factor a considerar en rumiantes cuando son alimentados con dietas altas en granos, es el tiempo en el cual el pH se encuentra por debajo de dos niveles (5 y 5.5; [Hibbard \*et al.\*, 1995](#)) ya que es cuando los animales entran a una etapa de acidosis aguda o sub aguda, respectivamente ([Harlow \*et al.\*, 2017](#)). En el caso del presente experimento los animales de los diferentes tratamientos permanecieron por encima de 5 (Figura 1), lo cual trae como resultado el que éstos no hayan tenido manifestaciones sintomáticas de acidosis aguda.

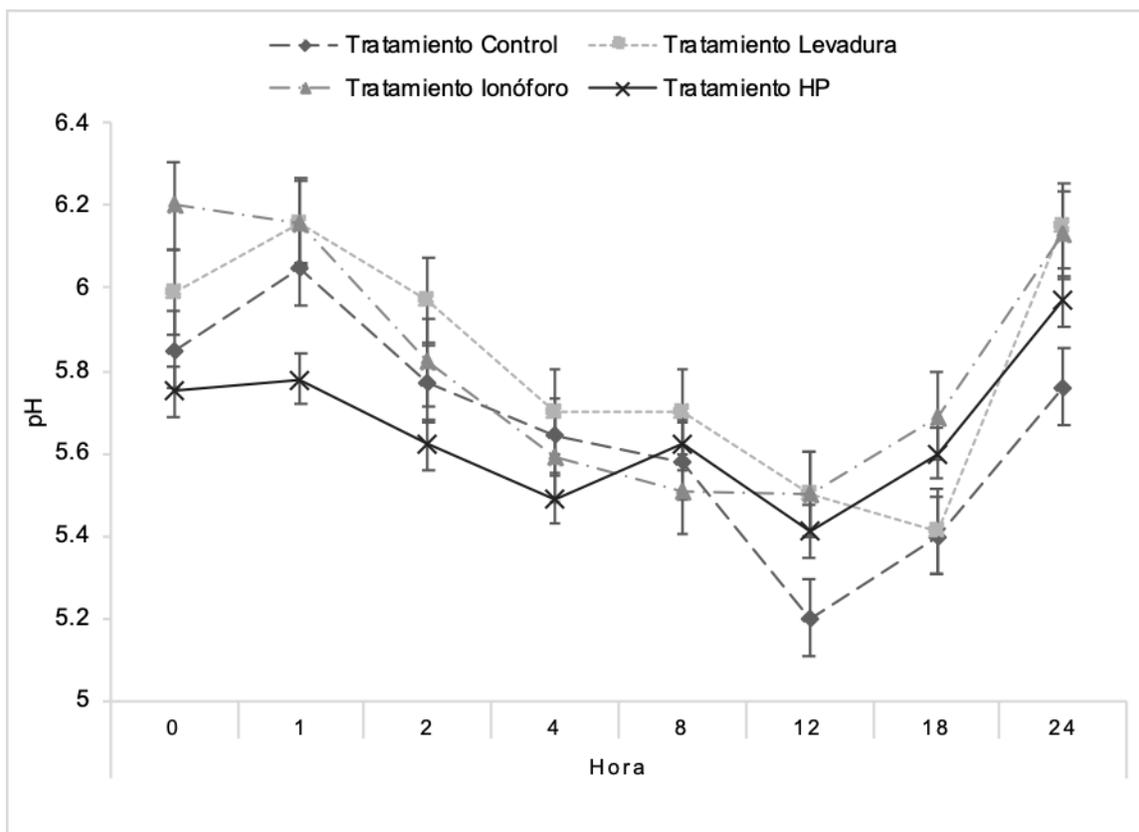


Figura 1. Promedio de pH de cada tratamiento por hora

De acuerdo a los valores encontrados podemos ver que los corderos de todos los tratamientos alcanzaron el umbral de acidosis sub aguda (Figura 1). Observándose que los descensos se presentaron a partir de las 8 h después del primer ofrecimiento de alimento (Figura 1). Un periodo de 111 a 180 minutos durante 24 h, en donde el pH se mantenga por debajo del 5.5 y encima del 5.0 es suficiente para declarar la acidosis sub aguda (Jaramillo-López *et al.*, 2017). Dados los horarios de muestreo establecidos, dicho comportamiento se muestra entre las horas 12 y 18 posteriores al primer ofrecimiento de alimento, sin embargo, no se registró el tiempo preciso del mismo. La presencia de acidosis sub aguda puede tener sintomatología clínica que implica la presencia de diarrea y pérdida de apetito, lo que genera una disminución en la GDP (Jaramillo-López *et al.*, 2017; Vyas *et al.*, 2014). Esta sintomatología aparente no fue registrada en el presente experimento. Uno de los riesgos asociados a este tipo de acidosis es el incremento de bacterias ácido lácticas en el rumen (Devant, 2015). Éstas detienen la actividad de distintas poblaciones bacterianas (Kleen *et al.*, 2003). Dichos cambios en las poblaciones traen como resultado una afección en los productos finales de la fermentación, lo que impacta directamente en el comportamiento productivo de los



animales ([Commun et al., 2009](#); [Kleen et al., 2003](#)). Como se ha reportado ([Jaramillo-López et al., 2017](#); [Jimeno et al., 2004](#); [Kleen et al., 2003](#)), el principal factor asociado a la presencia de acidosis es la cantidad de almidón y de FDN presente en la dieta, lo cual concuerda con los resultados encontrados en este estudio.

Para CMS no se encontró diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ) ni en el resto de los factores considerados en el modelo. Las dietas usadas en el presente experimento son comunes en esquemas intensivos de engorda de ovinos en el norte de México. En un estudio realizado por [Castillo Rangel et al. \(2017\)](#) reportaron CMS similar al encontrado en este trabajo. Por su parte, en otro estudio realizado por [Álvarez et al., \(2018\)](#) no encontraron diferencias entre tratamientos cuando proporcionaron un aditivo con base en probióticos y enzimas digestivas a novillos en la fase de finalización. Dicho producto fue similar al usado en este experimento. La información en el uso de este tipo de aditivos es inconsistente ([Swyers et al., 2014](#); [Cull et al., 2015](#)). Una de las condiciones que impactan de manera directa sobre esta variable es el tipo de dieta proporcionada.

Diversos estudios en rumiantes no han encontrado diferencias en el CMS cuando se les proporcionaron probióticos en la dieta ([Cull et al., 2015](#); [Wilson et al 2016](#)). En dichos experimentos los aditivos estuvieron basados únicamente en probióticos (bacterias productoras de ácido láctico, bacterias utilizadoras de ácido láctico o la combinación entre ellas). Además, se han reportado resultados similares para CMS cuando se utilizaron cepas de *Saccharomyces cerevisiae* en dietas de ganado en engorda ([Swyers et al., 2014](#)). En estudios conducidos en borregos, [Mir & Mir \(1994\)](#) encontraron una reducción en el CMS en corderos que recibieron una dieta alta en grano al compararlas con dietas altas en forrajes. En este estudio se puede observar como el incremento en el nivel de carbohidratos solubles en rumen tiene un impacto directo sobre esta variable. La acumulación de ácidos grasos orgánicos en el rumen ocurre gracias al consumo de carbohidratos de rápida fermentación en grandes cantidades ([Commun et al., 2009](#)). Este tipo de dietas puede llevar a los animales a caer en acidosis ruminal ([Nagaraja & Letchenberg, 2007](#)). Se ha evidenciado que ésta es un desorden que afecta directamente el consumo de materia seca ([Devant, 2015](#); [Kleen et al., 2003](#); [Granja et al., 2012](#)). En su forma subclínica la acidosis ruminal afecta directamente el comportamiento productivo ([Devant, 2015](#), [Granja et al., 2012](#)). Dicha disminución está ligada a las alteraciones en los patrones de fermentación y el impacto que tiene la disminución del CMS ([Commun et al., 2009](#)). Como se observa en los resultados, los aditivos empleados no fueron capaces de prevenir el descenso del pH ruminal durante periodos prolongados de tiempo. Se asume que esto afectó directamente el comportamiento de los borregos, ya que los animales se encontraban en rangos de pH ruminal considerados como límite o de riesgo para caer en cuadros de acidosis subclínica ([Chiquette, 2009](#)).

La información para la concentración de nitrógeno amoniacal muestra que hubo efecto para hora y la interacción tratamiento  $\times$  hora ( $P < 0.05$ ). El comportamiento en la



concentración de  $\text{NH}_3$  en rumen muestra que la adición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* proporciona una mayor estabilidad en la tasa de degradación de proteínas y en la solubilidad del nitrógeno no proteico. De la misma manera se puede observar que el tratamiento HP da una mayor variación a través del día en la concentración de  $\text{NH}_3$  (Figura 2). La concentración de  $\text{NH}_3$  en rumen se da en función tanto de la tasa de degradación como de la concentración de proteína degradable en rumen (PDR), además de las necesidades de poblaciones microbiales y de la cantidad de energía disponible para los microorganismos ruminales (Hirstov, 2004). El incrementar la cantidad de PC en la dieta o el porcentaje de PDR trae como resultado un incremento en la concentración de  $\text{NH}_3$  (Davidson *et al.*, 2003). En este estudio al utilizar la misma dieta basal en cada tratamiento, la alimentación de los corderos fue isonitrogenada, por lo cual podemos inferir que la variación en la concentración de  $\text{NH}_3$  a través del tiempo fue efecto directo del impacto de los aditivos.

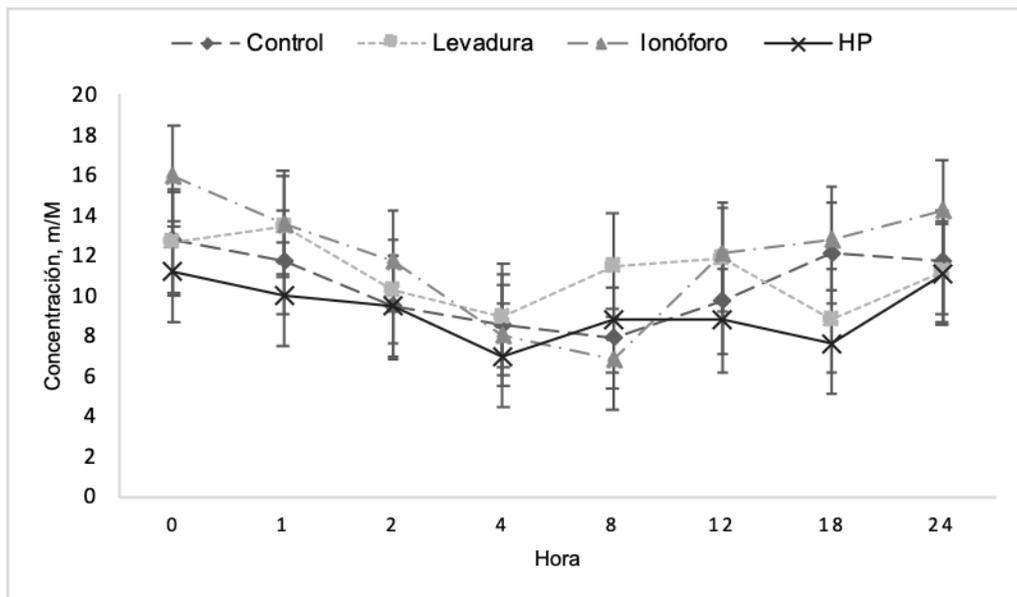


Figura 2. Concentración de nitrógeno amoniacal por hora

Uno de los principales efectos de los tratamientos utilizados es el que ejerce sobre poblaciones microbiales (Farghaly & Hamdon, 2018, Molina, 2019). Dentro de los factores intrínsecos más importantes que impactan el desarrollo de las poblaciones microbiales es el pH. Se ha observado que las bacterias proteolíticas son sensibles a pH menor a 6.0. Dentro de los principales beneficios que se tiene con el uso de aditivos microbiales añadidos a la dieta, es el incremento en la digestibilidad de la MS (Jiao *et al.*, 2017) y FDN (Gang *et al.*, 2020), resultado de su efecto positivo sobre el crecimiento de poblaciones microbiales celulolíticas (Ruiz *et al.*, 2016); sin embargo, su impacto en la digestibilidad de la PC no es claro (Baloyi *et al.*, 2018). Se ha reportado, que para la



mejor expresión de los resultados positivos de este tipo de aditivos (pre y probióticos), es el uso de dietas altas en forraje (Mir & Mir, 1994, Vyas *et al.*, 2014), sin embargo cuando son usadas con dietas altas en concentrado y con niveles óptimos de PC y PDR los resultados han sido inconsistentes (Anele *et al.*, 2017, Ellerman *et al.*, 2017), lo cual se ha visto reflejado en estudios de comportamiento productivo de rumiantes, en donde no se reportan resultados homogéneos cuando se utilizan dietas altas en almidón (Alvarez *et al.*, 2018) .

La información correspondiente a las concentraciones de ácido acético, propiónico y butírico, total de ácidos grasos volátiles y relación acético: propiónico, muestra que no hubo diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ; Cuadro 3). Sin embargo, para la concentración de ácido acético, propiónico, y butírico, y total de ácidos grasos volátiles se encontró diferencia ( $P < 0.05$ ) para los efectos de periodo, hora y la interacción tratamiento  $\times$  hora. En el caso de la relación acético:propiónico los efectos de tratamiento y periodo no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ). Por su parte la producción de  $\text{CH}_4$  mostró un efecto para hora e interacción tratamiento  $\times$  hora ( $P < 0.05$ ) mientras que los efectos de tratamiento y periodo fueron iguales ( $P > 0.05$ ). En el caso de  $\text{CO}_2$  los efectos que marcaron una diferencia ( $P < 0.05$ ) fueron periodo, hora y la interacción tratamiento  $\times$  hora, mientras que no hubo efecto ( $P > 0.05$ ) de tratamiento. Uno de los factores que está directamente relacionado con los patrones de fermentación es la digestibilidad de la materia seca y de la fibra detergente neutro (Scholljegerdes, 2020). La inclusión de aditivos que incluyen microorganismos o enzimas en su composición tienen un impacto directo sobre la digestibilidad de la porción fibrosa del alimento (Vyas *et al.*, 2014). En este experimento la dieta proporcionada fue de finalización, por lo que la cantidad de grano tuvo un impacto directo en los patrones de fermentación. Dichos patrones de fermentación impactan de manera directa sobre el comportamiento productivo de los animales (Shimada, 2015).

El uso de aditivos basados en levaduras, probióticos y prebióticos es una práctica común durante la fase de recepción, ya que permite el incremento del CMS (Lesmeister *et al.*, 2004) derivado de la mejora en la digestibilidad de la porción fibrosa del alimento que se produce por los cambios en la microbiota ruminal (Brown & Nagaraja, 2009). En este estudio, los animales fueron adaptados a la adición de los aditivos por un periodo de nueve días, además que recibieron un periodo de adaptación a la dieta previo al inicio del experimento. Dados los resultados obtenidos en los patrones de fermentación se asume que los aditivos no tuvieron un impacto en la microbiota ruminal de los animales. Se ha observado que cuando se proporcionan dietas altas en grano a rumiantes, alimentados con aditivos similares a los del presente trabajo, el comportamiento productivo no se ve alterado (Cull *et al.*, 2015; Kenney *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2018).



**Cuadro 3. Concentraciones de ácidos grasos volátiles, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>**

Tratamiento	Control	LEV	ION	HP	EE	Valor P Tratamiento	Valor P Interacción	Valor P Hora
CAA	49.8	54.4	45.9	53.9	5.1	0.6243	<0.0001	<0.0001
CAP	25.8	26.7	26.3	29.9	2.4	0.6221	<0.0001	<0.0001
CAB	18.3	20.1	19.5	20.8	2.9	0.9944	<0.0001	<0.0001
REL	2.08	2.13	1.89	1.85	0.23	0.8771	<0.0001	<0.0001
TAGV	99.9	101.1	91.5	104.8	8.05	0.7887	<0.0001	<0.0001
CO <sub>2</sub>	60.8	62.8	58.3	61.4	5	0.6273	0.0004	<0.0001
CH <sub>4</sub>	28.9	30.3	27.7	27.8	1.6	0.9326	<0.0001	<0.0001

CAA: Concentración de ácido acético (mM/lt), CAP: Concentración de ácido propiónico (mM/lt), CAB: Concentración de ácido butírico (mM/lt), REL: Relación acético:propiónico, TAGV: Total de ácidos grasos volátiles (mM/lt), CO<sub>2</sub>:Dióxido de carbono, CH<sub>4</sub>: Metano.

Existe información consistente a los hallazgos de este estudio ([Anele et al., 2017](#)), en donde la adición de este tipo de aditivos no tuvo un impacto en los patrones de fermentación cuando los animales fueron alimentados con dietas altas en concentrado. Se ha reportado que uno de los factores que influyen de manera directa sobre la producción de AGV's es el pH ([Christophersen et al., 2008](#); [Commun et al., 2009](#)). Un pH inferior a 6.0 afecta a las bacterias celulolíticas, promoviendo el crecimiento de cepas de bacterias productoras de ácido láctico ([Zanine et al. 2016](#)). Esto trae como resultado que el uso de estructuras carbonadas en su producción no favorezca la producción de AGV's deseables (acético, propiónico y butírico). La concentración de ácido propiónico es uno de los aspectos a denotar en el presente trabajo, ya que fue similar a la producida por el tratamiento que contempló el uso de monensina sódica. Se ha reportado que el uso de ionóforos incrementa la concentración de ácido propiónico ([Burnett et al., 2016](#)), lo cual no se vio reflejado en este experimento. Dichas similitudes en las concentraciones individuales, trajo como resultado que no se encontrara diferencia en la relación acético: propiónico, dados los niveles de almidón presente en la dieta el cual favorece la producción de ácido acético ([Ran et al., 2021](#)).

No se encontró diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para la concentración de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. En la actualidad, la información disponible acerca de la producción de metano es limitada. Dado que es un tópico de interés actual existe poca información relacionada.



Pelchen & Peters (1998) reportaron que no existe diferencia en la producción diaria de metano en rumiantes cuando éstos son alimentados con dietas con un porcentaje de digestibilidad de materia seca entre un 60–80 %. En el presente estudio la dieta proporcionada tuvo una relación forraje: concentrado de 20-80 %, la cual puede presentar niveles de digestibilidad aparente por encima del 65 % (Ferrell *et al.*, 2001). Además, Pelchen & Peters (1998) encontraron que cuando la digestibilidad es menor al 60 %, se encuentran diferencias en esta variable.

La manipulación de la dieta de los rumiantes se considera una alternativa viable para mitigar la producción de metano, ya que puede disminuir las pérdidas energéticas. El uso de aditivos y buen manejo en la alimentación animal pueden mejorar las características fermentativas a nivel ruminal, reflejándose una disminución en las emisiones de metano (Carmona *et al.*, 2005). Sin embargo, en el presente estudio no se observó una diferencia en parámetros fermentativos, lo que reflejó las mismas concentraciones de gases efecto invernadero entre tratamientos.

## CONCLUSIONES

La adición de la mezcla de probióticos, prebióticos y simbióticos no mejoró las condiciones de pH ruminal. Los niveles de pH registrados fueron indicativo de acidosis subclínica. Por otro lado, no hubo diferencia en los parámetros de fermentación ruminal entre tratamientos. Dichos resultados sugieren que el uso de los aditivos no tiene un impacto en la producción de AGV's, por lo que no se verá reflejado en una mejora de la eficiencia alimenticia. No se recomienda el uso de la mezcla propuesta en la alimentación de corderos con dietas altas en grano. Se sugiere analizar las concentraciones de inclusión de cada uno de los componentes de la mezcla dentro del aditivo, con el fin de mejorar su impacto en la alimentación de rumiantes con dietas altas en concentrado.

## AGRADECIMIENTOS

A Bexy González Mora por su apoyo técnico.

## LITERATURA CITADA

ALVAREZ CM, Villalobos G, Domínguez J, Corral G, Alvarez, Castillo F. 2018. Animal performance and nutrient digestibility of feedlot steers fed a diet supplemented with a mixture of direct-fed microbials and digestive enzymes. *R. Bras. Zootec.* 47:e20170121. <https://doi.org/10.1590/rbz4720170121>

ANELE UY, Engel CL, Swanson KC, Baines D. 2017. Effects of synbiotics on rumen fermentation. *J. Anim. Sci.* 95(4):300–301. <https://doi.org/10.2527/asasann.2017.614>

BALOYI J, Rambau M, Fushai F. 2018. Effect of Carbohydrate Additives on the Post-ruminal Dry Matter and Protein Digestibility of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) Silage. *J. Anim. Sci.* 96(3): 205. <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.445>



BRODERICK GA, Kang JH. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *J. Dairy Sci.* 63(1): 4–75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)

BROWN MS, Nagaraja TG. 2009. Direct-fed microbials for growing and finishing cattle. Pp. 42-61. En: Proceedings of the Plains Nutrition Council. Spring Conference. Publication No. AREC 09-18, Texas AgriLife Research and Extension Center, Amarillo. USA. [https://theplainsnutritioncouncil.com/web/wp-content/uploads/2019/10/2016-Plains-Nutrition-Council-proceeding\\_finalw-cover.pdf](https://theplainsnutritioncouncil.com/web/wp-content/uploads/2019/10/2016-Plains-Nutrition-Council-proceeding_finalw-cover.pdf)

BURNETT RH, Kegley EB, Moore JC, Powell JG, Rorie RW, Larson CK. 2016. Comparison of organic and inorganic trace minerals supplementation strategies for beef heifers. *J. Anim. Sci.* 94(1): 46–47. <https://doi.org/10.2527/ssasas2015-094>

CARMONA J, Bolívar D, Giraldo L. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev. Col. C. Pec.* 18(1): 49-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295022952006>

CASTILLO-RANGEL F, Villalobos G, Díaz DD, Gutiérrez JA. 2017. Effect of the dietary level of cull pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) on ruminal fermentation, kinetics, and digestibility of hair lambs. *Rev. Brasileira Zoot.* 46(5): 405–412. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/MGZnjS4hpRQpHsthzhPHtPq/?lang=en>

CHIQUETTE J. 2009. Evaluation of the protective effect of probiotics fed to dairy cows during a subacute ruminal acidosis challenge. *Anim. Feed Sci. Tech.* 153(3–4): 278–291. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840109002296>

CHRISTOPHERSEN CT, Wright AG, Vercoe PE. 2008. In vitro methane emission and acetate:propionate ratio are decreased when artificial stimulation of the rumen wall is combined with increasing grain diets in sheep. *J. Anim. Sci.* 86:384–389. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0373>

COMMUN L, Mialon MM, Martin C, Baumont R, Veissier I. (2009). Risk of subacute ruminal acidosis in sheep with separate access to forage and concentrate. *J. Anim. Sci.* 87(10): 3372–3379. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1968>

CULL CA, Renter DG, Bello NM, Ives SE, Babcock AH. 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-8924>

DAVIDSON S, Hopkinns BA, Diaz DE, Bolt SM, Brownie C, Fellner V, Whitlow M. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation holstein cows. *J. Dairy Sci.* 86:1681–1689. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73754-0/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73754-0/pdf)



DEVANT M. 2015. Acidosis ruminal y timpanismo: que sabemos realmente? (II). XIII Congreso Internacional Anembe de Medicina Bovina, I: 56–63.

[http://axonveterinaria.net/web\\_axoncomunicacion/criaysalud/37/cys\\_37\\_5663\\_Acidosis\\_Ruminal\\_Timpanismo\\_I.pdf%0Ahttp://axonveterinaria.net/web\\_axoncomunicacion/criaysalud/38/cys\\_38\\_Acidosis\\_Ruminal\\_y\\_Timpanismo.pdf](http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/37/cys_37_5663_Acidosis_Ruminal_Timpanismo_I.pdf%0Ahttp://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/38/cys_38_Acidosis_Ruminal_y_Timpanismo.pdf). Accesado el 13 de junio de 2020

ELLERMAN TJ, Horton LM, Katulski SL, Van Bibber-Krueger CL, Aperce CC, Drouillard JS. 2017. Ruminal characteristics and feedlot performance of feedlot steers during accelerated step-up to high-concentrate diets using Lactipro Advance®. *J. Anim. Sci.* 95(4): 277–278. <https://doi.org/10.2527/asasann.2017.567>

FARGHALY MM, Hamdon HA. 2018. Effects of live yeast (*saccharomyces cerevisiae*) supplementation on nutrient digestibility, rumen fermentation and rumen microbial population count in sheep. *Egyptian J. Anim. Prod.* 55(1):51-56.

[https://ejap.journals.ekb.eg/article\\_93255\\_2dad9ab5131ec40cbea3aa5e70e68c86.pdf](https://ejap.journals.ekb.eg/article_93255_2dad9ab5131ec40cbea3aa5e70e68c86.pdf)

FERRELL CL, Freetly HC, Goetsch AL, Kreikemeier KK. 2001. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitrogen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high-concentrate diets ad libitum. *J. Anim. Sci.* 79(5):1322. <https://doi.org/10.2527/2001.7951322x>

GALYEAN TM. 2010. Laboratory procedure in animal nutrition research. Department of Animal and Life Science. Texas Tech University. Lubbock. Texas. USA. Pp. 154-156. [https://www.depts.ttu.edu/agriculturalsciences/vetSciences/mgalyean/lab\\_man.pdf](https://www.depts.ttu.edu/agriculturalsciences/vetSciences/mgalyean/lab_man.pdf)

GANG G, Chen S, Qiang L, Shuan-lin Z, Tao S, Cong W, Yong-Xin W, Qing-fang X, Wen-jie H. 2020. The effect of lactic acid bacteria inoculums on in vitro rumen fermentation, methane production, ruminal cellulolytic bacteria populations and cellulase activities of corn stover silage. *J. Integrative Agric.* 19(3): 838–847.

[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62707-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62707-3)

GRANJA YT, Ribeiro CS, Toro DJ, Rivera LG, Machado M, Manrique A. 2012. Acidosis ruminal en bovinos lecheros: Implicaciones sobre la producción y la salud animal. *Rev. Electrónica Vet.* 13(4):1–11.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63623403009>

GUAN H, Wittenberg KM, Ominski RH, Krause DO. 2006. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. *J. Anim Sci.* 84(7):1896–1906. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-652>

GUZMÁN E, Montes P, Monge E. 2012. Probióticos, prebióticos y simbióticos en el síndrome de intestino irritable. *Acta Med. Per.* 2:92–98.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v29n2/a09v29n2.pdf>

HARLOW BE, Aiken GE, Klotz JL, Flythe MD. 2017. Biochanin A mitigates rumen microbial changes associated with a sub-acute ruminal acidosis challenge. *J. Anim. Sci.* 95(4):263–263. <https://doi.org/10.2527/asasann.2017.536>



HIBBARD B, Peters JP, Chester ST, Robinson JA, Kotarski SF, Croom WJ, Hagler WM. 1995. The effect of salafamine on salivary output and subacute and acute acidosis in growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 73: 516-525. Doi:[10.2527/1995.732516x](https://doi.org/10.2527/1995.732516x)

HIRSTOV AN, Etter RP, Ropp JK, Grandeen KL. 2004. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 82:3219-3229. <https://doi.org/10.2527/2004.82113219x>

JARAMILLO-LÓPEZ E, Itza-Ortiz MF, Peraza-Mercado G, Carrera-Chávez JM. 2017. Ruminal acidosis: Strategies for its control. *Austral J. Vet. Sci.* 49 (3):139–148. Universidad Austral de Chile. <https://doi.org/10.4067/S0719-81322017000300139>

JIAO PX, He ZX, Ding S, Walker ND, Cong YY, Liu FZ, Beauchemin KA Yang WZ. 2018. Impact of strain and dose of live yeast and yeast derivatives on in vitro ruminal fermentation of a high-grain diet at two pH levels. *Can. J. Anim. Sci.* 98(3):477–487. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0079>

JIMENO V, Garcia P, Majano M. 2004. Acidosis ruminal y patologías asociadas en rumiantes. *Ganadería.* 30:80–84. [https://www.researchgate.net/publication/28280153\\_Acidosis\\_Ruminal\\_y\\_patologias\\_asociadas\\_en\\_rumiantes](https://www.researchgate.net/publication/28280153_Acidosis_Ruminal_y_patologias_asociadas_en_rumiantes)

KENNEY NM, Vanzant ES, Harmon DL, McLeod KR. 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8570>

KIRAN L, Deswal S. 2020. Role of feed additives in ruminants production: A review. *The Pharm. Inn. J.* 9(2):394–397. <https://www.thepharmajournal.com/archives/?year=2020&vol=9&issue=2&ArticleId=4408>

KLEEN JL, Hooijer GA, Rehage J, Noordhuizen JP. 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): a Review. *J. Vet. Med. Series A.* 50(8):406–414. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x>

LESMEISTER KE, Henrich AJ, Gabler MT. 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73340-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73340-8)

MIR Z, Mir PS. 1994. Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and in situ degradability. *J. Anim. Sci.* 72(3):537–545. <https://doi.org/10.2527/1994.723537x>

MOLINA A. 2019. Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agron. Mesoam.* 30(2):601-611. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34432>



NAGARAJA TG, Lechtenberg KF. 2007. Acidosis in Feedlot Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 23(2):333–350.

<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.04.002>

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-ZOO-1995. Especificaciones y características zoosanitarias 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. México.

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4883147&fecha=16/10/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883147&fecha=16/10/1995#gsc.tab=0)

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. México.

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4870842&fecha=23/03/1998#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4870842&fecha=23/03/1998#gsc.tab=0)

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 2001. México.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999\\_220801.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf)

PELCHEN A, Peters KJ. 1998. Methane emissions from sheep. *Small Rum. Res.* 27:137-150. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00031-X) Get rights and content

RAN T, Saleem AM, Beauchemin KA, Penner GB, Yang W. 2021. Processing index of barley grain and dietary undigested neutral detergent fiber concentration affected chewing behavior, ruminal pH, and total tract nutrient digestibility of heifers fed a high-grain diet. *J. Anim. Sci.* 99:1. <https://doi.org/10.1093/jas/skab011>

RUIZ O, Castillo Y, Arzola C, Burrola E, Salinas J, Corral A, Hume ME, Murillo M, Itza M. 2016. Effects of *Candida norvegensis* Live Cells on In vitro Oat Straw Rumen Fermentation. *Asian Austral. J. Anim. Sci.* 29(2):211-218.

<https://doi.org/10.5713/ajas.15.0166>

SCHOLLJEGERDES EJ. 2020. Choosing an external marker for measuring intake and digestibility in ruminants. *J. Anim Sci.* 98: 79–79. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa2>

SHIMADA A. 2015. Nutrición animal. 3a ed. Editorial Trillas. México. ISBN: 978-607-17-3121-0.

SWYERS KL, Wagner JJ, Dorton KL, Archibeque SL. 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7559>

VYAS D, Uwizeye A, Mohammed R, Yang WZ, Walker ND, Beauchemin KA. 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(2):724–732. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7072>



WILSON BK, Holland BP, Step DL, Jacob ME, VanOverbeke DL, Richards CJ, Nagaraja TG, Krehbiel CR. 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9601>

WOLIN MJ. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 40:1452-1459. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntv-nsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2481347](https://www.scirp.org/(S(351jmbntv-nsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2481347)

ZANINE AM, Bonelli EA, de Souza AL, Ferreira DJ, Santos EM, Ribeiro MD, Pinho RMA. 2016. Effects of *Streptococcus bovis* isolated from bovine rumen on the fermentation characteristics and nutritive value of Tanzania Grass Silage. *The Scientific World J.* 16:1-6. <https://doi.org/10.1155/2016/8517698>

ZHANG X, Ding Y, Qu M, Lu D. 2014. Effets bénéfiques de l'administration ruminale d'oligosaccharides sur les fonctions du système immunitaire chez le mouton. *Canadian J. Anim. Sci.* 94(4):679–684. <https://doi.org/10.4141/CJAS-2014-068>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>