



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre, 2026; 17:1-16. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2026.5>

Artículo Original. Recibido: 26/08/2025. Aceptado: 05/03/2026. Publicado: 21/03/2026. Clave: e2025-46.

<https://www.youtube.com/watch?v=PyqU3pb2qBQ>

Efectos de levaduras sobre la fermentación ruminal de varias dietas: una evaluación *in vitro*

Effects of yeasts on ruminal fermentation of various diets: an *in vitro* assessment

Bexy González-Mora^{*,1,2} , Oscar Ruiz-Barrera¹ , Francisco Castillo-Rangel¹ , Joel Domínguez-Viveros¹ , Perla Ordoñez-Baquera¹ , Yamicela Castillo-Castillo^{**,1} 



¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, México. ²Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba *Autor responsable: Bexy González Mora. **Autor de correspondencia: Yamicela Castillo Castillo. Km 1.0 Periférico Francisco R. Almada. C. P 31453 Chihuahua, Chihuahua, México. Email: bexyglez94@gmail.com, oscarruiz80@gmail.com, fcastillor@uach.mx, jodominguez@uach.mx, plordonez@uach.mx, ycastillo@uach.mx

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de tres especies de levaduras sobre el pH ruminal, el nitrógeno amoniacal (N-NH₃), las concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV), la producción total de gas y su composición (CO₂ y CH₄) en la fermentación ruminal *in vitro* de dos dietas. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2. *Pichia guilliermondii* (Levica 27), *Candida norvegensis* (Levazoot 15) y un producto comercial de *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell® SC 10) fueron incubados anaeróbicamente durante 24 h a 39 °C, utilizando como sustratos rastrojo de maíz o una ración integral (RTM). La producción de gas no fue afectada por la dieta ni por la especie de levadura. Las diferencias en pH se produjeron solo con la RTM. La concentración de N-NH₃ fue más baja (6.1 µmol) con rastrojo de maíz, sin mostrar variaciones entre especies de levaduras. Las tres levaduras incrementaron (P<0.05) los AGV totales e individuales. La relación acético:propiónico disminuyó (P<0.05) con Levica 27 y Levazoot 15 en la RTM, pero no cambió con rastrojo de maíz o con Levucell® SC 10. En conclusión, las tres cepas mejoraron la fermentación ruminal *in vitro*, como lo evidenció el aumento en las concentraciones de AGV.

Palabras clave: probióticos, ración integral, *Pichia guilliermondii*, *Candida norvegensis*, *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of three different yeast strains on *in vitro* ruminal fermentation of two diets, by measuring ruminal pH, ammonia nitrogen (N-NH₃), volatile fatty acids (VFA), total gas production (TGP), and gas composition (CO₂ and CH₄). A completely randomized design was applied using a 4 x 2 factorial arrangement. *Pichia guilliermondii* (Levica 27), *Candida norvegensis* (Levazoot 15), and a commercial strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell® SC 10) were incubated anaerobically for 24 h at 39 °C, using corn stover and a mixed ration (TMR) as substrates. Total gas production was not affected by diet or yeast source. The MR significantly influenced ruminal pH, while N-NH₃ concentration was lower (6.1 µmol) when corn stover was used as the substrate, with no differences among yeast species. However, all three yeasts increased (P<0.05) total VFA concentrations. The acetate-to-propionate ratio decreased (P<0.05) with Levica 27 and Levazoot 15 in the TMR, whereas no changes were observed with corn stover



or Levucell® SC 10. In conclusion, all yeast strains improved *in vitro* ruminal fermentation, as indicated by increased VFA production.

Keywords: probiotics, mixed ration, *Pichia guilliermondii*, *Candida norvegensis*, *Saccharomyces cerevisiae*.

INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos asociados con el aumento de la población humana para el año 2030, es el incremento en la demanda de productos agrícolas (FAO, 2015), lo cual es alarmante, especialmente para los países en vías de desarrollo. La generación de nuevas estrategias para optimizar la producción y la calidad de los productos de origen animal se ha convertido en un foco principal de investigación (Lara *et al.*, 2018).

En rumiantes, se trabaja con la manipulación de la fermentación ruminal para mejorar la utilización de compuestos lignocelulósicos, mejorando la salud y comportamiento productivo (Arowolo & He, 2018; Liang *et al.*, 2020). Una estrategia es el uso de aditivos como probióticos, los cuales mejoran la fermentación y por tanto la digestibilidad de alimentos fibrosos (Pilajun & Wanapat, 2018). Se ha reportado que estos aditivos promueven el crecimiento de microorganismos benéficos en el rumen, particularmente bacterias y hongos celulolíticos (Fomenky *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2022). Además, ayudan a estabilizar el pH ruminal, reducir las emisiones de metano (Elghandour *et al.*, 2015; Vallejo-Hernández *et al.*, 2018; Phesatcha *et al.*, 2020), mejorar los patrones de fermentación, reducir la concentración de patógenos y aumentar la producción de carne y leche (Leicester *et al.*, 2016). Sin embargo, la información que existe al respecto es inconsistente (Marrero *et al.*, 2020; Amin & Mao, 2021; Baker *et al.*, 2022).

La investigación de probióticos alternativos, diferentes a *Saccharomyces cerevisiae*, ha cobrado impulso. Cepas como *Pichia guilliermondii*, *Issatchenkia orientalis* y *Candida norvegensis* han mostrado resultados deseados *in vitro*, superando en algunos casos el impacto en la fermentación obtenido por cepas puras de *Saccharomyces cerevisiae* (Wang *et al.*, 2016; Marrero *et al.*, 2021; González *et al.*, 2023). Sin embargo, la información sobre el impacto de estas levaduras en la fermentación ruminal, tanto *in vivo* como *in vitro*, es limitada. El objetivo fue evaluar los efectos de cepas puras de *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia guilliermondii* y *Candida norvegensis* sobre la fermentación ruminal *in vitro*, utilizando rastrojo de maíz y una ración integral (RTM) como sustratos. Se hipotetizó que su uso, mejorará la fermentación *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en 2023 en el Laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), ubicada en Periférico Francisco R. Almada km 1.0, en la ciudad de Chihuahua, Chih., México (latitud 28° 35' 10.9" N; longitud 106° 6' 26.6" O; altitud 1,440 msnm).



Diseño experimental y tratamientos

Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (4 x 2) y 4 repeticiones para evaluar el impacto de tres cepas diferentes de levaduras y un tratamiento control sin levadura en la fermentación ruminal *in vitro* de rastrojo de maíz y una ración integral (RTM). Los tratamientos experimentales se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales

Tratamientos	
Rastrojo de maíz	Ración integral
1 Control	5 Control
2 Levica 27 ¹	6 Levica 27
3 Levazoot 15 ²	7 Levazoot 15
4 Levucell® SC 10 ³	8 Levucell® SC 10

¹Levica 27: *Pichia guilliermondii* a 5.23×10^9 ufc mL⁻¹; ²Levazoot 15: *Candida norvegensis* a 1.32×10^{10} ufc mL⁻¹; ³Levucell® SC 10: *Saccharomyces cerevisiae* a 10^{10} ufc g⁻¹.

Las cepas de levadura utilizadas en el experimento fueron: *Pichia guilliermondii* (Levica 27, conservada en el Banco de Microorganismos del Instituto de Ciencia Animal en Mayabeque, Cuba., número de registro 980 en el World Data Center for Microorganisms (WDCM) y registrada en el GenBank con el número de acceso JF894143.1, [Marrero et al., 2013](#)), *Candida norvegensis* (Levazoot 15, colección de levaduras de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México., número de registro en GenBank JQ519367.1 GI: 386785959, [Ruiz et al., 2016](#)) y *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell® SC 10).

Incubaciones *in vitro*

La parte de la investigación que involucró el uso de animales se realizó de acuerdo con las regulaciones del Comité Institucional de Bioética (número de caso: CFTZyE-ACTA-101/2015: ACUERDO 4.2).

La prueba se llevó a cabo *in vitro* en tubos de 18 mL, manteniendo un volumen efectivo de 10 mL. El rastrojo de maíz y la RTM utilizados como sustratos fueron previamente secados al sol a temperatura ambiente (32 °C) y molidos a través de un tamiz de 1.0 mm antes de su uso. Los análisis de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) de los sustratos utilizados en la fermentación *in vitro* se determinó de acuerdo con la [AOAC \(2005\)](#); mientras que el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se realizaron según la técnica descrita por [Van Soest et al. \(1991](#); Cuadro 2). Se pesaron 0.2 g de cada sustrato y se añadieron en los tubos de ensayo para la incubación.

**Cuadro 2. Ingredientes y composición química del rastrojo de maíz y la ración integral (RTM) utilizados como sustratos en la fermentación ruminal *in vitro***

Ingredientes (%)	Rastrojo de maíz	RTM
Rastrojo de maíz	100	40
Maíz quebrado	-	35
Melaza	-	9
Semilla de algodón	-	9
Harinolina	-	4
Urea	-	1.5
Minerales ¹	-	1.0
Sulfato de amonio	-	0.5
Nutrientes (% Materia seca)		
Materia seca	91.44	86.75
Proteína cruda	5.90	15.83
FDN	67.20	42.68
FDA	37.75	25.20
Extracto Etéreo	3.10	4.60

¹Minerales: Micro FOS 8 (Fósforo 8.0 %; Calcio 7.5 %; Magnesio 0.5 %; Potasio 1.2 %; Manganeseo 1,800 ppm; Zinc 2,400 ppm; Hierro 500 ppm; Cobre 930 ppm; Yodo 85 ppm; Cobalto 11 ppm; Selenio 7 ppm; Vitamina A 146,500 UI kg⁻¹; Vitamina D3 16,350 UI kg⁻¹; Vitamina E 20 UI kg⁻¹). FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.

El fluido ruminal fue extraído de tres ovinos, machos, de la raza Pelibuey, fistulados (32 kg y 12 meses de edad), los cuales se alojaron en corrales individuales y alimentados durante siete días con una ración integral (RTM, Cuadro 2), con libre acceso a agua. La extracción del líquido ruminal se realizó el día ocho, antes de la primera oferta de alimento (9:00 a.m.). Se extrajeron 200 mL de líquido ruminal, se depositaron en un termo a 39 °C y purgado con CO₂, luego se mezclaron y transportaron inmediatamente al laboratorio. El líquido ruminal fue filtrado a través de muselina y se utilizó para preparar el medio de fermentación según [Menke et al., \(1979\)](#). Se distribuyeron 10 mL del medio de fermentación en cada uno de los cuatro viales que contenían el sustrato, y se utilizaron cuatro tubos sin sustrato como controles blancos. Los tubos se prepararon bajo una corriente constante de CO₂ para mantener una atmósfera anaeróbica. Posteriormente se sellaron para su incubación.

Los cultivos de levadura se añadieron a los tubos justo antes de la adición del medio de fermentación. Para la preparación de los inóculos de Levica 27 y Levazoot 15, las cepas se activaron mediante dos subcultivos aeróbicos en caldo de extracto de malta (DIBICO®, Cuautitlán Izcallí, México) a 110 rpm (Incubadora con agitador orbital; New Brunswick Model Innova 4000, Nijmegen, Países Bajos), 30 °C y 24 horas de incubación. De los cultivos activados, se utilizó el 10 % (v/v) como inóculo para 50 mL de caldo de extracto de malta (DIBICO®) en matraces de 100 mL, y se incubaron nuevamente a 30 °C y 110 rpm por 24 horas. De estos cultivos, se añadieron 0.5 mL (equivalente a 10 g de



levadura/animal adulto/día) a los tubos correspondientes para la fermentación ruminal *in vitro*. En el caso de los tubos control, se añadieron 0.5 mL de medio de cultivo sin levadura. Los cultivos de Levica 27 y Levazoot 15 presentaron concentraciones finales de 5.23×10^9 y 1.32×10^{10} ufc mL⁻¹, respectivamente, en cada tubo. En el caso de Levucell® SC 10, se añadió 1 mg del producto comercial, equivalente a 10 g recomendados para un rumiante adulto, a los tubos correspondientes. Finalmente, los tubos se sellaron inmediatamente y se incubaron a 39 °C y 110 rpm (Incubadora con agitador orbital). Después de 24 horas, los tubos se colocaron sobre hielo para detener la fermentación y se prepararon para el análisis de las muestras.

Variables evaluadas

La producción total de gas fue determinada mediante un transductor de presión FESTO® en cada unidad experimental después de 24 h de fermentación. De cada unidad experimental se tomó una muestra de gas de 1 mL para determinar su composición por cromatografía de gases utilizando un cromatógrafo GOW-MAC Serie 580 equipado con una columna empacada Carbosphere® 80/100 (5682PC) (GOW-MAC Instrument Company). El gas portador fue nitrógeno a un flujo de 20 mL min⁻¹ para determinar la producción individual de metano y dióxido de carbono tras 24 horas de incubación.

El pH se midió con un potenciómetro Hanna Instruments Modelo HI 9017 y la concentración de N-NH₃ se determinó siguiendo el método de [Broderick & Kang \(1980\)](#). Para la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) se utilizó un cromatógrafo de gases Caurus 400® (Perkin Elmer) equipado con detector de ionización de flama. El sistema usó una columna capilar Varian CP-wax58 (FFAP) CB (15 m x 0.53 mm, 0.5 µm). Antes de la inyección, la muestra fue tratada con ácido metafosfórico al 25 % y se introdujo un volumen de 0.6 µL para el análisis ([Galyean, 1980](#)).

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System, versión 9.3; Cary, NC, EE.UU.) ajustado a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2. La ecuación del modelo ajustado es la siguiente.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

donde y_{ijk} es la variable de respuesta medida, μ es la media general, α_i es el efecto fijo del tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$), β_j es el efecto fijo de la dieta ($j = 1, 2$), $\alpha\beta_{ij}$ es el efecto de interacción entre el tratamiento y la dieta, y e_{ijk} es el término de error aleatorio.

Cuando se encontraron diferencias ($P < 0.05$) se realizó la separación de medias mediante la prueba de Tukey.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción total de gas y composición a las 24 h

No se observó interacción entre la dieta y la cepa de levadura ($P > 0.05$) para la producción total de gas (PTG), CH_4 o CO_2 (Figura 1).

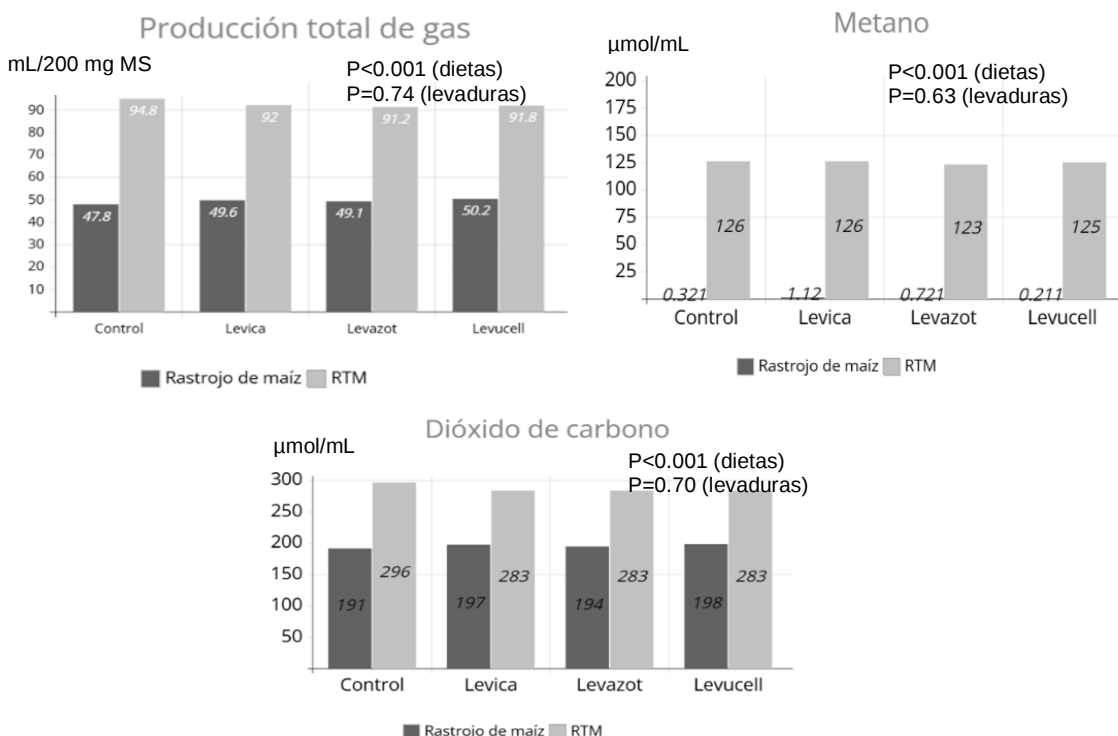


Figura 1. Producción total de gas, metano y CO_2 a las 24 h de la fermentación ruminal *in vitro* de tres cepas de levaduras con rastrojo de maíz y una ración integral

Los resultados para tipo de dieta fueron diferentes ($P < 0.05$) en estas variables. La PTG y las concentraciones molares de CH_4 y CO_2 fueron mayores con la ración integral (RTM) en comparación con el rastrojo de maíz, lo que resalta los beneficios de las dietas balanceadas para una actividad microbiana ruminal óptima.

El rastrojo de maíz, al ser bajo en PC (5.9 g kg MS^{-1}), limitó el crecimiento microbiano y la fermentación, lo cual es consistente con lo reportado por [Ikhimioya \(2008\)](#) quienes plantean que este valor de proteína no proporciona los niveles requeridos de amoníaco para una actividad microbiana ruminal óptima.

La inclusión de levaduras no afectó la PTG. Esto concuerda con [González et al. \(2023\)](#), quienes no observaron efectos sobre la digestibilidad *in vitro* con *Pichia guilliermondii*. La eficacia de las levaduras varía según las características de la dieta, la cepa y la dosis ([Chaucheyras-Durand et al., 2008](#); [Díaz et al., 2017](#)). Algunos estudios ([Marrero et al., 2014](#); [Castillo et al., 2016](#)) han reportado un aumento en la producción de gas con levaduras, atribuido a una mayor degradación de carbohidratos estructurales, mientras



que otros no han encontrado efecto. Es importante mencionar que las levaduras suelen actuar como moduladores del ecosistema ruminal (estabilización de pH, mejor uso de N amoniacal, favorecimiento de poblaciones fibrolíticas o amilolíticas), más que como estimulantes directos de la gasogénesis. Por ello, pueden aumentar la concentración total de AGV y mejorar el ambiente fermentativo sin modificar el gas total medido *in vitro* (Desnoyers *et al.*, 2009).

Además, en dietas con mayor densidad energética, como la ración integral, es posible un efecto techo donde la fermentación basal ya es eficiente y la mejora detectable en el gas atribuido al efecto de las levaduras se reduce. En estos escenarios, los beneficios de las levaduras se observan mejor en perfil de AGV, pH, y utilización de nitrógeno más que en el gas acumulado (Blank & Wolfram, 2009).

La producción de CH₄ fue mayor con la RTM, esto se relaciona a una mayor degradación del sustrato (Benchaa *et al.*, 2024). La inclusión de levaduras no tuvo impacto sobre el CH₄, reflejando la variabilidad en los efectos de las levaduras sobre la producción de metano en distintos estudios (Wang *et al.*, 2016; Mao *et al.*, 2016).

pH

El pH varió entre cepas de levaduras dentro de la RTM ($P < 0.05$; Figura 2). El tratamiento con *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell®) tuvo el pH más alto en comparación con las cepas de *Pichia guilliermondii* (Levica 27) y *Candida norvegensis* (Levazoot 15).

Las dietas con rastrojo de maíz mantuvieron el pH alrededor de 6.4, lo cual es típico de los sustratos fibrosos (Marrero *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2016). Estos resultados sugieren la actividad de bacterias metanogénicas, que utilizan H₂ y CO₂, contribuyendo así a estabilizar el pH ruminal (Galindo *et al.*, 2010).

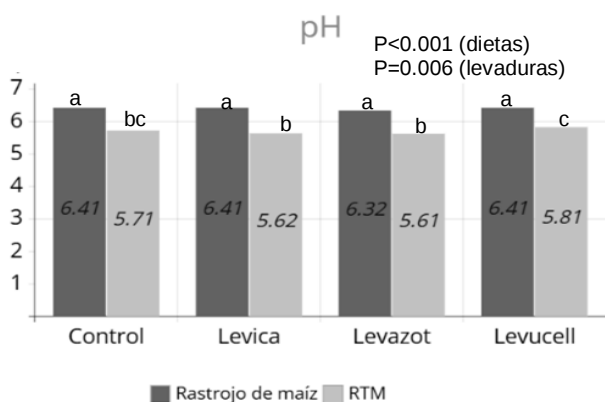


Figura 2. pH a las 24 h de la fermentación ruminal *in vitro* de tres cepas de levaduras con rastrojo de maíz y una ración integral

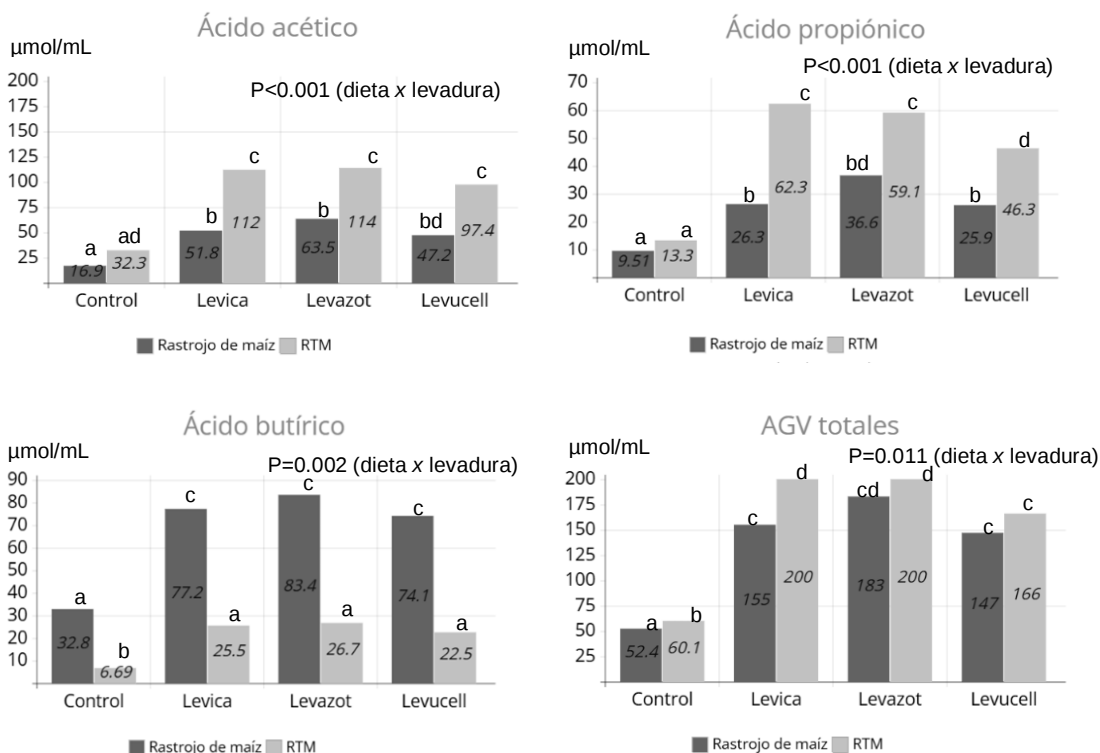
Para la RTM el pH osciló entre 5.6 y 5.8, siendo *S. cerevisiae* la que mostró el valor más alto (5.8). Los efectos de las levaduras sobre el pH ruminal dependen tanto de la dieta como de la cepa (Vohra *et al.*, 2016; Anjum *et al.*, 2018). Las dietas con alto contenido



de concentrados generalmente muestran una menor acumulación de lactato y una mayor estabilidad del pH con la suplementación de levaduras (Chaucheyras-Durand & Fonty, 2008). Esto se debe a que los cultivos de levadura son ricos en ácidos orgánicos (principalmente ácido málico) que estimulan el crecimiento de *Selenomonas ruminantium*, una bacteria ruminal que consume el ácido láctico producido en el rumen y, por lo tanto, contribuye a la estabilización del pH en este órgano (Elghandour et al., 2015)

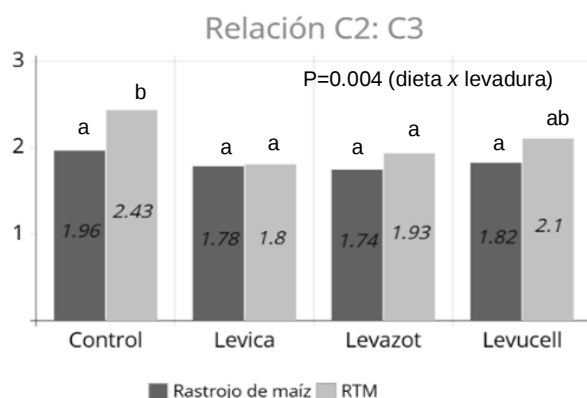
Ácidos grasos volátiles

La interacción entre levadura y dieta fue diferente ($P < 0.05$) para las concentraciones totales de ácidos grasos volátiles (AGV, Figura 3). La inclusión de levaduras incrementó la concentración total de AGV. Por su parte, las concentraciones molares de acetato, propionato y butirato fueron mayores ($P < 0.05$) al estar presentes las levaduras. Por otro lado, la relación $C_2:C_3$ disminuyó ($P < 0.05$) con las cepas Levica 27 y Levazoot 15 en la RTM, pero no se modificó ($P > 0.05$) en aquellos tratamientos con rastrojo de maíz (Figura 4).



abc Medias ($n = 32$) con letras diferentes en columnas indican una diferencia estadísticamente significativa con $P < 0.05$. RTM: ración integral; Control: medio de fermentación sin levaduras; Levica: *Pichia guilliermondii*; Levazoot: *Candida norvegensis*; Levucell: *Saccharomyces cerevisiae*.

Figura 3. Producción de ácidos grasos volátiles (AGV) a las 24 h de la fermentación ruminal *in vitro* de tres cepas de levaduras con rastrojo de maíz y una ración integral



^{abc}Medias (n = 32) con letras diferentes en columnas indican una diferencia estadísticamente significativa con $P < 0.05$. RTM: ración integral; Control: medio de fermentación sin levaduras; Levica: *Pichia guilliermondii*; Levazot: *Candida norvegensis*; Levucell: *Saccharomyces cerevisiae*.

Figura 4. Relación acético:propiónico ($C_2:C_3$) a las 24 h de la fermentación ruminal *in vitro* de tres cepas de levaduras con rastrojo de maíz y una ración integral

Algunos autores han reportado resultados similares en donde las levaduras mejoran la degradación del sustrato y la producción de AGV (González *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2016).

El incremento en los AGV totales e individuales refleja una mayor degradación del sustrato por acción de las levaduras. En otros estudios, Fernandes *et al.* (2019) evaluaron la fermentación ruminal con la inclusión de levaduras aisladas del rumen bovino, y las cepas CCMA 933 (*Candida rugosa*) y CCMA 970 (*Candida pararugosa*) mostraron una mejor supervivencia en condiciones ruminales y promovieron la producción de AGV durante la fermentación ruminal. El ácido butírico, una fuente de energía esencial para los enterocitos, se elevó favoreciendo un mejor aprovechamiento del alimento (Miguel *et al.*, 2019). Sin embargo, algunos estudios han reportado efectos variables o nulos de las cepas de levaduras sobre la producción de AGV (Marrero *et al.*, 2006; Moya *et al.*, 2009).

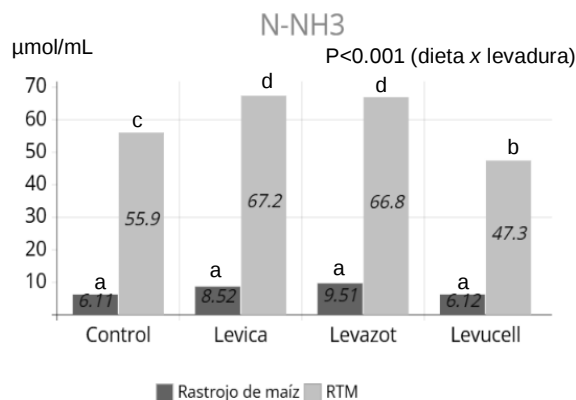
En el ambiente ruminal, las levaduras tienen una vida corta y se cree que se degradan o pasan al tracto digestivo inferior pocas horas después de su suplementación (Kung *et al.*, 1997; Jouany, 2006). Durante su permanencia en el rumen, las levaduras contribuyen a las concentraciones totales e individuales de AGV, aunque dicha contribución no se reflejó en la producción de gas (Benchaar *et al.*, 2024).

Concentración de $N-NH_3$

En la Figura 5 se observa que las concentraciones de $N-NH_3$ fueron más bajas ($P < 0.05$) con rastrojo de maíz ($6.1 \mu\text{mol mL}^{-1}$) y se incrementaron con la RTM hasta alcanzar valores de $47\text{--}66 \mu\text{mol mL}^{-1}$. Levica 27 y Levazot 15 elevaron las concentraciones de



N-NH₃ en comparación con los controles, lo que concuerda con una mayor actividad proteolítica (Oeztuerk, 2009).



^{abc}Medias (n = 32) con letras diferentes en columnas indican una diferencia estadísticamente significativa con P<0.05. RTM: ración integral; Control: medio de fermentación sin levaduras; Levica: *Pichia guilliermondii*; Levazot: *Candida norvegensis*; Levucell: *Saccharomyces cerevisiae*.

Figura 5. Concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) a las 24 h de la fermentación ruminal *in vitro* de tres cepas de levaduras con rastrojo de maíz y una ración integral

Por el contrario, *S. cerevisiae* redujo las concentraciones de N-NH₃, probablemente debido a un incremento en la síntesis de proteína microbiana (Anjum *et al.*, 2018; Oeztuerk *et al.*, 2005). Como se ha observado en otros estudios, la variabilidad en las respuestas de N-NH₃ a las levaduras depende de la cepa y del tipo de dieta (Guedes *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

La inclusión de aditivos a base de levaduras (Levica 27, Levazot 15 y Levucell® SC 10) no tuvo efecto sobre la composición del gas (CO₂ y CH₄), la producción total de gas ni el pH cuando se fermentaron *in vitro* rastrojo de maíz y una ración integral. La producción total de AGV junto con las concentraciones molares de ácidos acético, propiónico y butírico se incrementó con la adición de levaduras en ambos sustratos, mostrándose los mejores resultados con la ración integral.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de Yoandra Marrero Rodríguez, quien proporcionó las levaduras *Pichia* utilizadas en este estudio.



REFERENCIAS

- AMIN AB, Mao S. 2021. Influence of yeast on rumen fermentation, growth performance and quality of products in ruminants: A review. *Animal Nutrition*. 7:31-41. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.10.005>
- ANDERSON RC, Callaway TR, Van Kessel JAS, Jung YS, Edrington TS, Nisbet DJ. 2003. Effect of select nitrocompounds on ruminal fermentation; an initial look at their potential to reduce economic and environmental costs associated with ruminal methanogenesis. *Bioresource Technology*. 90(1):59-63. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00086-5)
- ANJUM MI, Javaid S, Ansar MS. 2018. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield in Nili-Ravi buffaloes. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 19:96-100. <https://doi.org/10.22099/ijvr.2018.4852>
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Maryland, USA. Pp. 486. https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
- AROWOLO MA, He J. 2018. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Animal Nutrition*. 4:241-249. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.010>
- BAKER LM, Kraft J, Karnezos T, Greenwood SL. 2022. The effects of dietary yeast and yeast-derived extracts on rumen microbiota and their function. *Animal Feed Science and Technology*. 294:115476. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115476>
- BENCHAAR C, Hassanat F, Yang WZ. 2024. Effects of active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), a non-ionic surfactant, or their combination on gas production, rumen microbial fermentation and methane production *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology*. 307:115844. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115844>
- BLANK R, Wolffram S. 2009. Effects of live yeast cell supplementation to high concentrate diets on the toxicokinetics of ochratoxin A in sheep. *Food Additives and Contaminants Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*. 26(1):119-126. <https://doi.org/10.1080/02652030802320600>
- BRODERICK GA, Kang JH. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*. 63:64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)



CASTILLO CY, Ruiz O, Burrola BME. 2016. Isolation and characterization of yeasts from fermented apple bagasse as additives for ruminant feeding. *Brazilian Journal of Microbiology*. 47:889-895. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.07.020>

CHAUCHEYRAS-DURAND F, Fonty G. 2008. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. *Biologia (Bratislava)*. 61:741-750. <https://doi.org/10.2478/s11756-006-0151-4>

CHAUCHEYRAS-DURAND F, Walker ND, Bach A. 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. *Animal Feed Science and Technology*. 145:5-26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.019>

DESNOYERS M, Giger-Reverdin S, Bertin G, Duvaux-Ponter C, Sauvant D. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*. 92(4):1620-1632. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1414>

DÍAZ A, Ranilla MJ, Saro C, Tejido ML, Pérez-Quintana M, Carro MD. 2017. Influence of increasing doses of a yeast hydrolyzate obtained from sugarcane processing on *in vitro* rumen fermentation of two different diets and bacterial diversity in batch cultures and Rusitec fermenters. *Animal Feed Science and Technology*. 232:129-138. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.011>

ELGHANDOUR MM, Salem AZ, Castañeda JSM, Camacho LM, Kholif AE, Chagoyán JCV. 2015. Direct-fed microbes: A tool for improving the utilization of low quality roughages in ruminants. *Journal of Integrative Agriculture*. 14:526-533. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60834-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60834-0)

FAO. 2015. World Agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective. London, UK.

FERNANDES T, Carvalho BF, Mantovani HC, Schwan RF, Ávila CLS. 2019. Identification and characterization of yeasts from bovine rumen for potential use as probiotics. *Journal of Applied Microbiology*. 127:845-855. <https://doi.org/10.1111/jam.14350>

FOMENKY BE, Chiquette J, Bissonnette N, Talbot G, Chouinard PY, Ibeagha-Awemu EM. 2017. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* *boulardii* CNCMI-1079 and *Lactobacillus acidophilus* BT1386 on total lactobacilli population in the gastrointestinal tract and colon histomorphology of Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*. 234:151-161. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.019>

GALINDO J, Marrero Y, González N, Sosa A, Miranda AL, Aldana AI et al. 2010. Efecto de preparados con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y Levica-25 viables en los metanógenos y metanogénesis ruminal *in vitro*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 44:273-279. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015664010.pdf>



GALYEAN ML. 1980. Analysis of volatile fatty acids in rumen fluid. In: Laboratory procedures in animal nutrition research, pp. 161-162. Animal Nutrition Laboratory, Department of Animal and Food Science, Texas Tech University, Lubbock, USA. https://www.depts.ttu.edu/agriculturalsciences/VetSci/research/galyean/lab_man.pdf

GONZÁLEZ MB, Ruiz-Barrera O, Castillo F, Castillo-Castillo Y. 2023. Effect of live yeasts (*Pichia guilliermondii*) on *in vitro* fermentation of corn stover as a fibrous substrate. *Fermentation*. 9:17. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010017>

GUEDES CM, Gonçalves D, Rodrigues MAM, Dias-da-Silva A. 2008. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. *Animal Feed Science and Technology*. 145:27-40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.037>

IKHIMIOYA I. 2008. Acceptability of selected common shrubs/tree leaves in Nigeria by West African Dwarf goats. *Livestock Research for Rural Development*. 20:e20090. <https://www.lrrd.org/lrrd20/6/ikhi20090.htm>

JOUANY JP. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Animal Reproduction Science*. 96:250-264. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.005>

KUNG JL, Kreck EM, Tung RS, Hession AO, Sheperd AC, Cohen MA et al. 1997. Effects of a live yeast culture and enzymes on *in vitro* ruminal fermentation and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80:2045-2051. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76149-6)

LARA EC, Bragiato UC, Rabelo CHS, Messana JD, Reis RA. 2018. Inoculation of corn silage with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* associated with amylolytic enzyme supply at feeding. 1. Feed intake, apparent digestibility, and microbial protein synthesis in wethers. *Animal Feed Science and Technology*. 243:22-34. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.004>

LEICESTER HCW, Robinson PH, Erasmus LJ. 2016. Effects of two yeast-based direct-fed microbials on performance of high producing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 215:58-72. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.003>

LIANG J, Nabi M, Zhang P, Zhang G, Cai Y, Wang Q et al. 2020. Promising biological conversion of lignocellulosic biomass to renewable energy with rumen microorganisms: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 134:10335. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110335>



LIU S, Shah AM, Yuan M, Kang K, Wang Z, Wang L et al. 2022. Effects of dry yeast supplementation on growth performance, rumen fermentation characteristics, slaughter performance and microbial communities in beef cattle. *Animal Biotechnology*. 33:1150-1160. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1878204>

MAO SY, Huo WJ, Zhu WY. 2016. Microbiome–metabolome analysis reveals unhealthy alterations in the composition and metabolism of ruminal microbiota with increasing dietary grain in a goat model. *Environmental Microbiology*. 18:525-541. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12724>

MARRERO Y, Galindo J, Elias A, Moreira O, Cueto M. 2006. Efecto de preparados biológicos con levaduras viables en la población microbiana ruminal e indicadores fermentativos en vacas que consumen dietas fibrosas. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 40:339-348. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017723013.pdf>

MARRERO Y, Burrola-Barraza ME, Castillo Y, Basso LC, Rosa CA, Ruiz O, González-Rodríguez E. 2013. Identification of Levica yeasts as a potential ruminal microbial additive. *Czech Journal of Animal Science*. 58:460-469. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/101977.pdf>

MARRERO Y, Ruiz O, Corrales A, Jay O, Galindo J, Castillo Y. 2014. *In vitro* gas production of fibrous substrates with the inclusion of yeast. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 48:119-123. <https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/468/435>

MARRERO Y, Rodríguez R, Torres V, Jay O, Galindo J. 2020. Effect of yeasts on the production of gas from *Cynodon nlemfuensis* in an *in vitro* rumen incubation. *Livestock Research for Rural Development*. 32:1-3. <https://www.lrrd.org/lrrd32/1/ymarr32001.html>

MARRERO RY, Lucas RC, Pecanha MRSR, Abdalla AL, González IN. 2021. Study of the inclusion of yeasts in the ruminal fermentation of Tifton hay. *Multidisciplinary Science Journal*. 3:e2021020. <https://doi.org/10.29327/multiscience.2021020>

MENKE KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*. 93(1):217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>

MIGUEL MA, Lee SS, Mamuad LL, Choi YJ, Jeong CD, Son A et al. 2019. Enhancing butyrate production, ruminal fermentation and microbial population through supplementation with *Clostridium saccharobutylicum*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 29:1083-1095. <https://doi.org/10.4014/jmb.1905.05016>



MOYA D, Calsamiglia S, Ferret A, Blanch M, Fandiño JI, Castillejos L et al. 2009. Effects of dietary changes and yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on rumen microbial fermentation of Holstein heifers. *Journal of Animal Science*. 87:2874-2881. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1446>

OEZTURK H, Schroeder B, Beyerbach M, Breves G. 2005. Influence of living and autoclaved yeasts of *Saccharomyces boulardii* on *in vitro* ruminal microbial metabolism. *Journal of Dairy Science*. 88:2594-2600. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72935-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72935-0)

OEZTURK H. 2009. Effects of live and autoclaved yeast cultures on ruminal fermentation *in vitro*. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 18:e2009. <https://doi.org/10.22358/jafs/66378/2009>

PHESATCHA K, Phesatcha B, Wanapat M, Cherdthong A. 2020. Roughage to concentrate ratio and *Saccharomyces cerevisiae* inclusion could modulate feed digestion and *in vitro* ruminal fermentation. *Veterinary Sciences*. 7:e151. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040151>

PILAJUN R, Wanapat M. 2018. Chemical composition and *in vitro* gas production of fermented cassava pulp with different types of supplements. *Journal of Applied Animal Research*. 46:81-86. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1261029>

RAMOS S, Tejido ML, Martinez ME, Ranilla MJ, Carro MD. 2009. Microbial protein synthesis, ruminal digestion, microbial populations, and nitrogen balance in sheep fed diets varying in forage-to-concentrate ratio and type of forage. *Journal of Animal Science*. 87:2924-2934. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1938>

RUIZ O, Castillo Y, Arzola C, Burrola E, Salinas J, Corral A et al. 2016. Effects of *Candida norvegensis* live cells on *in vitro* oat straw rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29:211. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0166>

SALINAS CHJ, Arzola-Alvarez C, Hume ME, Fonseca M, Ruiz-Barrera O, Castillo-Castillo Y et al. 2024. Influence of medium chain fatty acids on selected microbes and on *in vitro* ruminal fermentation of air-exposed corn silage. *Frontiers in Veterinary Science*. 11:e1416695. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1416695>

VALLEJO-HERNÁNDEZ LH, Elghandour MMY, Greiner R, Uchenna Y, Rivas-Cáceres RR, Barros-Rodríguez M et al. 2018. Environmental impact of yeast and exogenous xylanase on mitigating carbon dioxide and enteric methane production in ruminants. *Journal of Cleaner Production*. 189:40-46. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.310>



VAN SOEST PV. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VOHRA A, Syal P, Madan A. 2016. Probiotic yeasts in livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*. 219:31-47. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.019>

WANG Z, He Z, Beauchemin KA, Tang S, Zhou C, Han X et al. 2016. Evaluation of different yeast species for improving *in vitro* fermentation of cereal straws. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29:230. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0188>

[Errata Erratum](#)

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