



Efecto de *Candida norvegensis* sobre la degradabilidad ruminal de rastrojo de maíz y el crecimiento de corderos

Effect of *Candida norvegensis* on ruminal degradation of corn stover and on growth performance of lambs

Oscar Ruiz-Barrera¹, Jesús Lopéz-Morones¹, Jaime Salinas-Chavira², Yamicela Castillo-Castillo^{1*}

RESUMEN

Los probióticos favorecen el desarrollo de microorganismos benéficos en el rumen, lo que incrementa la digestibilidad de los nutrientes y mejora el desempeño productivo de los rumiantes; con esto, se tiene la posibilidad de utilizar ingredientes como el rastrojo de maíz de relativo bajo valor nutritivo, pero altamente disponible en algunos lugares a bajo precio. Convencionalmente, se utilizan como probióticos las levaduras *Saccharomyces*, aunque existen reportes sobre el uso de cepas autóctonas, como *Candida norvegensis*. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del probiótico de *Candida norvegensis* en la degradabilidad ruminal *in situ* de rastrojo de maíz y en el comportamiento productivo de ovinos en crecimiento. La levadura *Candida norvegensis* (cepa Levazoot 15) [0 g (T1) y 5 g (T2)] se usó para determinar la degradación ruminal *in situ* (DRMS), del rastrojo de maíz, en 3 vacas canuladas ruminalmente por medio de la técnica de la bolsa de poliéster. No hubo efecto de la levadura ($P > 0.05$) para la fracción (a), (b) y (a+b); pero la degradabilidad efectiva al 1 %/h y 5 %/h de recambio ruminal fue mayor para T2 ($P < 0.05$). En un segundo experimento, 32 corderos se asignaron al azar a corrales individuales por 105 d para evaluar 4 dietas que difirieron en la proporción de concentrado/forraje: T1 = 75:25, T2 = 75:25, T3 = 50:50, y T4 = 25:75. A excepción de T1, las dietas fueron suplementadas con *Candida norvegensis*, a razón de 15 mL/kg de peso vivo, equivalente a 5 g/d de levadura en base seca. Los ovinos en la dieta con 75 % de concentrado más la levadura (T2) presentaron mayor ganancia de peso, y mejor conversión alimenticia ($P < 0.05$). Se concluye que *Candida norvegensis* mostró efectos benéficos en la degradabilidad ruminal y en el desarrollo de corderos.

PALABRAS CLAVE: levaduras, degradabilidad ruminal, corderos, probiótico.

ABSTRACT

Probiotics assist in the development of beneficial microorganisms in the rumen that increase digestibility of nutrients and improves the productive performance of ruminants; it also has the possibility of using ingredients as corn stover of relatively low nutritional value, but available in some places at low prices. *Saccharomyces* yeasts are conventionally used as probiotics and there are reports that use native strains such as *Candida norvegensis*. The objective of this study was to evaluate the effects of the probiotic of *Candida norvegensis* on the *in situ* ruminal dry matter degradability of corn stover and on the productive performance of growing lambs. In the first experiment, the yeast *Candida norvegensis* (strain Levazoot 15) [0 g (T1)] and 5 g (T2) was used to determine the *in situ* ruminal dry matter degradation (RDMD) of the corn stover in 3 cows with cannulas in the rumen, which was determined by the polyester bag technique. There was no effect of yeast ($P > 0.05$) on fraction (a), (b) and (a+b). However, the effective degradability at 1 %/h and 5 %/h of ruminal turnover was higher in T2 ($P < 0.05$). In the second experiment, 32 lambs were randomly assigned to individual pens for 105 d to evaluate 4 diets that differed in the proportion of concentrate: forage: T1 = 75: 25, T2 = 75:25; T3 = 50: 50, and T4 = 25: 75. With the exception of T1, the diets were supplemented with *Candida norvegensis* at 15 mL/kg of live weight, equivalent to 5 g/d of yeast in dry matter basis. The lambs in the diet with 75 % of concentrate plus the yeast (T2) showed greater weight gain and best feed conversion ($P < 0.05$). It is concluded that *Candida norvegensis* showed beneficial effects on ruminal degradability and on the growth of lambs.

KEYWORDS: yeast, ruminal degradability, lambs, probiotic.

*Correspondencia: ycastillo75@yahoo.com/ Fecha de recepción: 7 de diciembre de 2018/ Fecha de aceptación: 25 de septiembre de 2019/ Fecha de publicación: 31 de enero de 2020.

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada km 1, col. Zootecnia, Chihuahua, Chihuahua, México, C. P. 31453. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

La función digestiva de los rumiantes es fundamental en las variables de comportamiento de la producción ganadera (Dittmann y col., 2015). De acuerdo con Kannan y col. (2014), las continuas prohibiciones de aditivos, como los antibióticos, el costo elevado de insumos (Leibtag, 2008), y la escasez de zonas de pastoreo (Tamburello y col., 2014), han promovido la búsqueda de opciones para disminuir los costos de producción, sin afectar la salud de animales y de humanos. Una alternativa son los probióticos, los cuales poseen la capacidad de mejorar la función digestiva de los animales, contribuyendo a reducir la inversión por concepto de alimentación de las explotaciones de ovinos, caprinos y bovinos, mediante la utilización de ingredientes económicos, pero que carecen de un valor nutritivo adecuado. Por lo tanto, una mejora en la funcionalidad del tracto digestivo de los rumiantes, que favorezca el ambiente ruminal para el desarrollo de microorganismos benéficos, como las bacterias y hongos celulolíticos, podría transformarse en beneficios posteriores, como una mejor conversión alimenticia y mayor ganancia diaria de peso, que se reflejaría en importantes ahorros de índole alimenticia y un uso más intensivo de esquilmos agrícolas (Salinas-Chavira y col., 2013; Abdel-Aziz y col., 2015; Gaddekar y col., 2015; Puniya y col., 2015). Sin embargo, existen pocos estudios en relación al uso de cepas de levaduras diferentes a las de *Saccharomyces*, las cuales, en algunos casos, promueven mejoras ruminales y hacen más eficiente la producción animal, siendo prioritario profundizar en los estudios de la utilización de cepas autóctonas. *Candida norvegensis* (cepa Levazoot 15) ha demostrado, en estudios *in vitro*, tener efectos positivos para favorecer el desarrollo de la flora nativa y ser capaz de desdoblar incluso las fracciones menos digeribles de la fibra (Castillo-Castillo y col., 2016; Ruiz y col., 2016). El presente estudio es relevante, dado que existe poca información de levaduras no-*Saccharomyces*, de cepas autóctonas aisladas en la zona de estudio, que puedan actuar como pro-

bióticos, y que permitan mejorar el crecimiento de ovinos alimentados con rastrojo de maíz, ingrediente alimenticio comúnmente usado en raciones para la engorda de corderos en México.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos probióticos de *Candida norvegensis* en la degradabilidad ruminal *in situ* de rastrojo de maíz, y sobre el comportamiento productivo de ovinos en crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de trabajo

El presente estudio se llevó a cabo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, localizada geográficamente a 28°38' latitud N y 106°04' longitud W, a una altitud de 1 435 msnm, con una precipitación media anual de 387.5 mm y una temperatura media anual de 18.2 °C de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016). Todos los animales utilizados en este estudio fueron manejados de acuerdo al Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Chihuahua. El estudio se realizó del 25 de marzo al 15 de junio de 2015.

Experimento de degradabilidad ruminal en ganado bovino

Animales y su manejo

Para evaluar la degradabilidad ruminal del rastrojo de maíz se utilizaron 3 vacas adultas, con peso promedio de 496 ± 1.5 kg, equipadas con cánula ruminal permanente, suplementadas con un aditivo (probiótico) de levaduras *Candida norvegensis* (cepa Levazoot 15). Previamente, las vacas fueron vacunadas para prevenir contra enfermedades infecciosas respiratorias, diarreas virales y leptospirosis. Además, fueron desparasitadas con Ivermectina e inyectadas vía intramuscular con suplemento de selenio y vitamina E. Las vacas fueron alojadas individualmente y alimentadas *ad libitum* con una dieta basal de alfalfa y rastrojo de maíz (50:50), la cual satisface los requerimientos de nutrientes para mantenimiento de las vacas, y permite el crecimiento de bacterias fibrolíticas en rumen.

El alimento fue suministrado diariamente a las 10:00 horas y 17:00 horas, y el agua fue administrada a libre acceso.

Tratamientos experimentales y manejo de la levadura

Se evaluaron 2 tratamientos usando 2 periodos experimentales, en los cuales, los animales fueron alimentados con la dieta basal. En el primer periodo las vacas no recibieron el probiótico (T1: control). En el segundo, se suplementaron diariamente, vía ruminal, con 15 mL/kg de peso vivo de probiótico líquido a base de la levadura *Candida norvegensis* (cepa Levazoot 15), equivalente a 5 g en base seca (T2).

Para la preparación del inóculo de levadura, se tomó una muestra del medio de cultivo de la cepa Levazoot 15 con 24 h de crecimiento, y se disolvió en 10 mL de caldo extracto de malta (DIFCO St Louis MO, USA); se incubó en un tubo de ensayo de 100 mL a 30 °C por 24 h. Se mezclaron 50 mL de este cultivo con 50 mL de caldo extracto de malta en un matraz estéril Erlenmeyer de 100 mL. La mezcla nuevamente se incubó como se mencionó previamente (Castillo-Castillo y col., 2016). El cultivo resultante fue usado como inóculo para escalar la producción de la cepa Levazoot 15 en un fermentador dinámico, con capacidad de producción de 30 L, con una fase de descanso de 2 h y otra de actividad de 15 min.

Degradabilidad ruminal *in situ* de las dietas

Para la determinación de la degradabilidad ruminal *in situ*, de la materia seca, se consideraron dos periodos experimentales consecutivos (el periodo 1 de 30 d, y el periodo 2 de 31 d). En el primer periodo las vacas recibieron la dieta base sin levadura, y en el segundo periodo, los animales recibieron la dieta base más el aditivo (levadura). En cada periodo se usaron los mismos animales y se consideraron los últimos 3 d de cada periodo para la incubación ruminal de rastrojo de maíz; el resto de los días, en cada periodo, fue de adaptación. La incubación se

realizó de acuerdo a los procedimientos descritos por Nozière y Michaelt-Doreau (2000), para lo cual se utilizaron bolsas ANKOM (Macedon, NY, USA), de poliéster, libres de nitrógeno, con dimensiones de 10 cm x 20 cm y un tamaño de poro de 50 μ (\pm 15). La muestra de rastrojo de maíz se secó previamente (55 °C, 72 h) y se molió en un molino Wiley No. 4, equipado con una malla de 2 mm. Se colocaron 3 g de muestra en cada bolsa. Las bolsas fueron colocadas en el rumen por triplicado por cada tiempo de incubación, los cuales fueron de 6 h, 12 h, 24 h, 48 h y 72 h. Después de cada tiempo de incubación, las bolsas se lavaron con agua de la llave, hasta que el agua de lavado se tornó cristalina, y se secaron en una estufa de aire forzado (Techno® modelo 17; Chicago, IL, USA) a 60 °C durante 48 h.

La degradabilidad *in situ* de la MS, para las muestras, en cada tiempo de incubación, fue calculada como la pérdida de peso de las muestras en las bolsas antes y después de la incubación ruminal, de acuerdo con el modelo de Ørskov y McDonald (1979), modificado por McDonald (1981):

$$P = a + b (1 - e^{-c(t - \text{lag})})$$

Donde:

P es la desaparición ruminal de la MS al tiempo t; a es la fracción rápidamente soluble; b es la fracción degradable; c es la tasa fraccional de degradación por hora de b; a + b es la degradabilidad potencial (%), la cual representa la cantidad de muestra que puede ser solubilizada o degradada en el rumen, si el tiempo no es un factor limitante; t es el tiempo de incubación en el rumen en horas. La fase “lag” es el tiempo (horas) de la colonización microbiana del sustrato en rumen.

Las constantes de tasa de pasaje ruminal (k) a 1 %/h y 5 %/h fueron usadas para calcular la degradación efectiva (DE) de la MS de acuerdo al modelo de Ørskov y McDonald (1979):

$$DE = a + b (b \times c) / (c + k)$$

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en donde se consideró como efecto fijo al tratamiento y como efectos aleatorios a los animales y a los periodos. Los datos fueron analizados con PROC MIXED de SAS. Las medias se compararon con la prueba de *t* de Student con el Software de Análisis Estadístico (SAS, por sus siglas en inglés: Statistical Analysis System) (SAS, 2007). Los valores de $P < 0.05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

Experimento de comportamiento productivo en ovinos

Ovinos y su manejo

Para la prueba de crecimiento se utilizaron 32 corderos de pelo de cruce pelibuey, dorper y katahdin, con un peso promedio inicial de 18.14 kg \pm 0.25 kg, los cuales fueron agrupados por peso en 4 bloques y asignados al azar a corraletas individuales (8 corraletas/tratamiento) de 2.5 m x 2.5 m con techado de lámina, comedero y bebedero automático. Los corderos fueron vacunados para prevenir contra enfermedades infecciosas respiratorias, diarreas virales y leptospirosis; además, fueron desparasitados con Ivermectina e inyectados vía intramuscular con suplemento de selenio y vitamina E. Los animales fueron identificados con aretes al inicio del experimento. Se midió la ganancia diaria de peso (GDP), mediante un pesaje inicial y subsecuentemente cada 15 d, en una báscula electrónica (True-Test®, EziWeigh; Columbus, OH, USA) con capacidad de 200 kg y aproximación de 0.025 kg. El alimento se ofreció diariamente a las 08:00 horas, y el consumo de agua fue *ad libitum*. En cada etapa se estimó el consumo de materia seca (CMS) con base en el alimento ofrecido menos el rechazado. El alimento ofrecido y el rechazado fueron pesados diariamente, y el nivel de alimentación diaria ofrecida fue 10 % más del consumo de alimento del día anterior. La conversión alimenticia (CA) se estimó con base en el

alimento consumido dividida entre la ganancia de peso (consumo/ganancia). La fase experimental en la prueba de comportamiento productivo de los ovinos duró 105 d.

Dietas experimentales

Se probaron 4 dietas diferentes que variaron en cuanto a la proporción de concentrado y forraje suministrado (T1: 75:25; T2: 75:25, T3: 50:50; y T4: 25:75). Los ingredientes que se incluyeron en el concentrado fueron maíz rolado, pasta de soya, melaza, urea, sal común, premezcla de minerales para ovinos, y grasa protegida. Los forrajes considerados en las dietas fueron rastrojo de maíz y heno de alfalfa. La proporción de ingredientes de cada dieta se muestra en la Tabla 1. Todos los ingredientes considerados en las dietas se compraron con un proveedor local dedicado a la venta de alimentos para animales. Las dietas fueron preparadas en el taller de alimentos balanceados de la Facultad de Zootecnia y Ecología, de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Las dietas fueron balanceadas con similar contenido de proteína, pero el nivel de energía disminuyó con el incremento en la proporción de forraje en la dieta (Tabla 2), cuya composición química fue determinada de acuerdo a la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, por sus siglas en inglés: Association Official Analytical Chemists) (AOAC, 2005). Todos los corderos con excepción del T1 fueron suplementados con el probiótico líquido, mezclado diariamente en la ración, a razón de 15 mL/kg de peso vivo, equivalente a 5 g/d de levadura en base seca del probiótico en estudio. La dosis se estimó en base a estudios previos (Ruiz y col., 2016), y de esta forma mantener la actividad probiótica de la levadura.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con PROC MIXED de SAS. Se utilizó el peso como covariable continua y una vez ajustados, los animales fueron asignados al azar a los tratamientos. Las variables de respuesta fueron: CMS, GDP y CA. Los valores de $P < 0.05$ fueron con-

■ Tabla 1. Composición de ingredientes de las dietas experimentales alimentadas a corderos (base MS).
Table 1. Ingredient composition of experimental diets administered to lambs (DM basis).

Ingrediente (%)	Tratamiento ^a			
	Sin levadura	Con levadura		
	75:25 (T1)	75:25 (T2)	50:50 (T3)	25:75 (T4)
Concentrado (%)	75	75	50	25
Pasta de soya	10	10	10	9.6
Maíz rolado	58.5	58.5	32.5	7.9
Melaza	2.5	2.5	1	1.5
Urea	1.5	1.5	1.5	0.5
Sal	1	1	1	1
Premezcla ^b	1	1	1	1
Grasa protegida	0.5	0.5	3	3.5
Forraje (%)	25	25	50	75
Rastrojo de maíz	15	15	30	30
Alfalfa	10	10	20	45

^aProporción de concentrado y forraje (T1: 75:25; T2: 75:25; T3: 50:50; y T4: 25:75). La dieta de T1 sin probiótico; las dietas de T2, T3 y T4 se suplementaron con el probiótico líquido, mezclado diariamente en la ración, a razón de 15 mL/kg de peso vivo, equivalente a 5 g/d de levadura en base seca del probiótico.

^bPremezcla mineral y vitamínica (marca registrada MNA, S. A. de C. V. México), calculada para contener: calcio 11.5 %, fósforo 12.0 %, magnesio 0.600 %, cobalto 13.0 mg/kg, cobre 1 100 mg/kg, iodo 102 mg/kg, hierro 580 mg/kg, manganeso 216 mg/kg, selenio 9 mg/kg, zinc 2 850 mg/kg, vitamina A 99.8 KIU/kg, vitamina D 10.8 KIU/kg.

■ Tabla 2. Composición química de las raciones experimentales alimentadas a corderos (base MS).
Table 2. Chemical composition of experimental rations administered to lambs (DM basis).

	Tratamiento ^a			
	Sin levadura	Con levadura		
	75:25 (T1)	75:25 (T2)	50:50 (T3)	25:75 (T4)
Materia seca, %	76.7	76.6	78.2	83.4
Proteína cruda, %	17.09	17.16	17.45	17
Extracto etéreo, %	3.61	3.62	5.47	5.65
Cenizas, %	6.07	6.07	7.29	9.09
Fibra cruda, %	8.42	8.40	14.30	18.50
Energía metabolizable, Mcal/kg ^b	2.62	2.63	2.45	2.40

^aProporción de concentrado y forraje (T1: 75:25; T2: 75:25; T3: 50:50; y T4: 25:75). La dieta de T1 sin probiótico; las dietas de T2, T3 y T4 se suplementaron con el probiótico líquido, mezclado diariamente en la ración, a razón de 15 mL/kg de peso vivo, equivalente a 5 g/d de levadura en base seca del probiótico.

^bEstimada a partir de la composición energética de los ingredientes (NRC, 2001).

siderados estadísticamente significativos. Las medias de tratamientos se compararon con la prueba Diferencia Mínima Significativa (SAS, 2007).

RESULTADOS

Experimento de degradabilidad ruminal en ganado bovino

La fracción soluble (a), la fracción degradable

y la degradabilidad potencial de la MS no mostraron diferencia entre los 2 tratamientos (Tabla 3; $P > 0.05$). Al contrario, la tasa de degradación (c) fue mayor para T2 que T1 ($P < 0.05$). La degradabilidad efectiva, tanto al 1 %/h como al 5 %/h, de recambio ruminal, fue más alta para T2 que T1 ($P < 0.05$). Estos resultados coinciden con el incremento en la degradación ruminal de MS del rastrojo de maíz, como consecuencia de la suplementación con la levadura en la dieta (Figura 1).

Comportamiento productivo en ovinos

Los resultados se muestran en la Tabla 4. La mayor GDP se observó en los ovinos en la dieta con 75 % concentrado + levadura (T2); mientras que la menor GDP ($P < 0.05$) se observó en los ovinos en la dieta con 25 % de concentrado + levadura (T4). La GDP en los ovinos en la dieta con 75 % concentrado sin levadura (T1) y los de la dieta con 50 % de concentrado + levadura (T3) fue similar ($P > 0.05$), pero fue menor a los ovinos de T2 y mayor que T4 ($P < 0.05$). En la

Figura 2 se muestra la GDP obtenida por los ovinos en las dietas experimentales. Como se observa en la Figura 3, el consumo de MS fue similar en los ovinos que recibieron las dietas con el mismo contenido de concentrado sin (T1) y con (T2) levadura ($P > 0.05$), y este fue mayor ($P < 0.05$) que en los ovinos que recibieron las dietas con menor cantidad de concentrado y levadura (T3 y T4). En la Figura 4, se aprecia que la eficiencia alimenticia fue mayor ($P < 0.05$) en los ovinos que recibieron la dieta con 75 % de concentrado más levadura (T2), que los ovinos que recibieron la dieta con el mismo nivel de concentrado pero sin levadura (T1). También se observa que la eficiencia alimenticia fue similar en los ovinos de T2 y T3 ($P > 0.05$), y fue menor en los ovinos de T4 ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Experimento de degradabilidad ruminal en ganado bovinos

Los valores de tasa fraccional de degradación

■ **Tabla 3.** Parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca (DRMS) del rastrojo de maíz incubado en bolsas de *polyester* en el rumen de vacas.

Table 3. Parameters of *in situ* ruminal dry matter degradability (RDMD) of corn stover incubated in polyester bags in the rumen of cows.

Parámetros de DRMS ¹	Tratamientos ²			
	T1	T2	Sig.	EEM
Fracción soluble (a)	4.0 ± 0.23	3.8 ± 0.02	NS	0.30
Fracción degradable (b)	59.9 ± 0.97	61.0 ± 0.88	NS	2.1
Degradabilidad potencial (a+b) ³	63.9 ± 1.21	64.8 ± 0.90	NS	0.9
Tasa fraccional de degradación de b (c)	0.024 ± 0.10 ^b	0.049 ± 0.51 ^a	**	0.22
Degradabilidad efectiva modelada a una tasa de pasaje fraccional (h ⁻¹) de:				
0.01	46.0 ± 3.14 ^b	54.5 ± 0.64 ^a	**	0.20
0.05	23.4 ± 1.74 ^b	30.4 ± 0.31 ^a	**	0.20

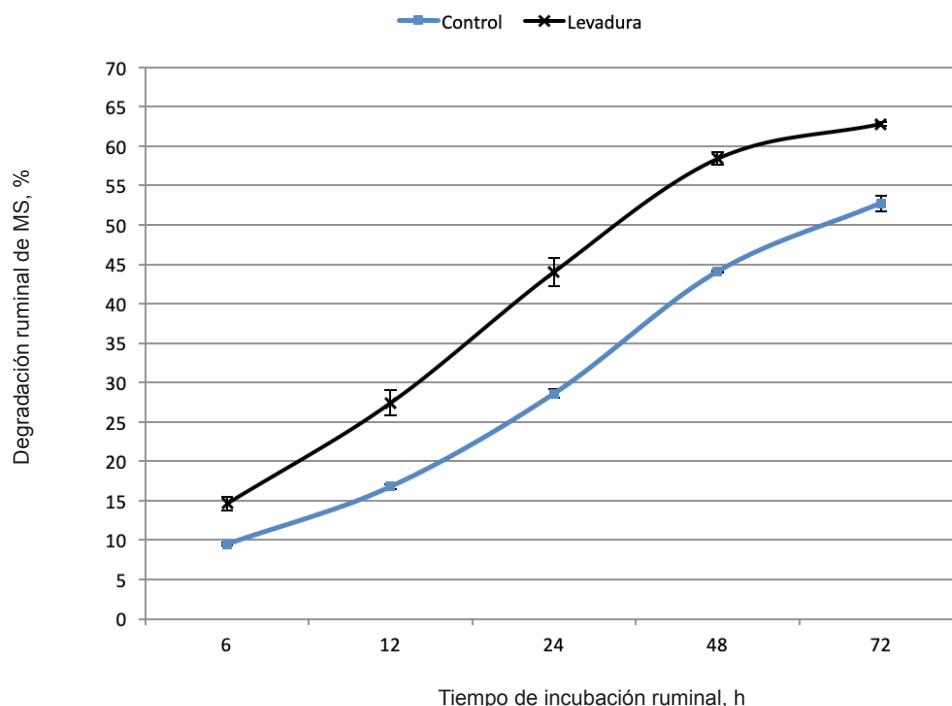
Sig.: significancia; NS: No significancia; EEM: Error Estándar de las Media.

¹Estimada de acuerdo al modelo de Ørskov y McDonald (1979), modificado por McDonald (1981).

²En T1 se usó la dieta base sin levadura y en T2 los animales recibieron la dieta base más el aditivo (levadura).

³Equivale a la cantidad de alimento que puede ser solubilizado o degradado en el rumen si el tiempo no es un factor limitante.

^{ab}Medias con diferente literal en la misma hilera difieren significativamente ($P < 0.05$).



■ Figura 1. Degradación ruminal de materia seca (MS) de rastrojo de maíz con y sin la levadura *Candida norvegensis* (valores ajustados a la curva de degradación).

Figure 1. Degradation of ruminal dry matter (DM) of corn stover with and without *Candida norvegensis* yeast (adjusted values to fit degradation curve).

■ Tabla 4. Medias de ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia y consumo de materia seca de corderos alimentados con dietas con diferente cantidad de fibra suplementadas con levaduras.

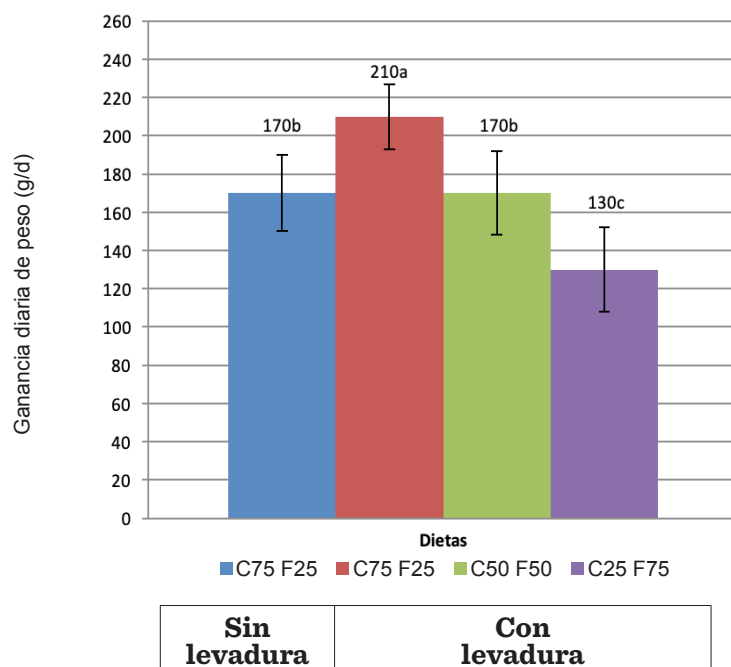
Table 4. Means of daily weight gain, feed efficiency and dry matter intake of lambs fed with the diets containing different amount of fiber supplemented with yeast.

	Sin levadura	Tratamientos ¹				Sig.	EEM
		Con levadura					
	75:25 (T1)	75:25 (T2)	50:50 (T3)	25:75 (T4)			
Corderos	8	8	8	8			
Peso inicial (kg)	18.1 ± 0.62	18.1 ± 1.51	17.9 ± 0.58	18.0 ± 0.87	NS	0.7	
Peso final (kg)	36.1 ± 0.04 ^b	40.6 ± 3.55 ^a	36.1 ± 2.42 ^b	31.7 ± 2.83 ^c	**	2.6	
Ganancia diaria de peso (g)	170 ± 20 ^b	210 ± 17 ^a	170 ± 22 ^b	130 ± 22 ^c	**	14.0	
Consumo MS (g/día)	890 ± 39 ^a	892 ± 33 ^a	827 ± 33 ^b	841 ± 52 ^b	**	6.0	
e. Alimenticia (GDP/CMS)	0.19 ± 0.004 ^{bc}	0.23 ± 0.02 ^a	0.21 ± 0.02 ^{ab}	0.15 ± 0.03 ^c	**	0.09	

Sig.: significancia; NS: No significancia; EEM: Error Estándar de las medias.

¹Proporción de concentrado y forraje (T1: 75:25; T2: 75:25; T3: 50:50; y T4: 25:75). La dieta de T1 sin probiótico; las dietas de T2, T3 y T4 se suplementaron con el probiótico líquido mezclado diariamente en la ración, a razón de 15 mL/kg de peso vivo equivalente a 5 g/d de levadura en base seca del probiótico.

^{abc}Medias con diferente literal en la misma hilera difieren significativamente (P < 0.05).

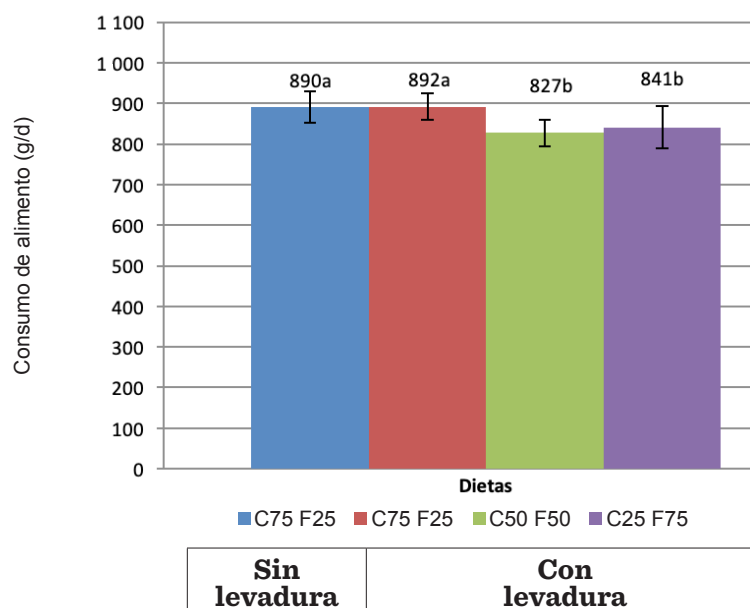


■ Figura 2. Medias de ganancia diaria de peso de corderos alimentados con dietas con diferente cantidad de concentrado (C) y forraje (F), con y sin levaduras.

^{abc}Medias con diferente literal en las dietas difieren significativamente ($P < 0.05$).

Figure 2. Means of daily weight gains of lambs fed with different amount of concentrate (C) and forage (F), with and without yeast.

^{abc}Means with different letter in diets differ significantly ($P < 0.05$).

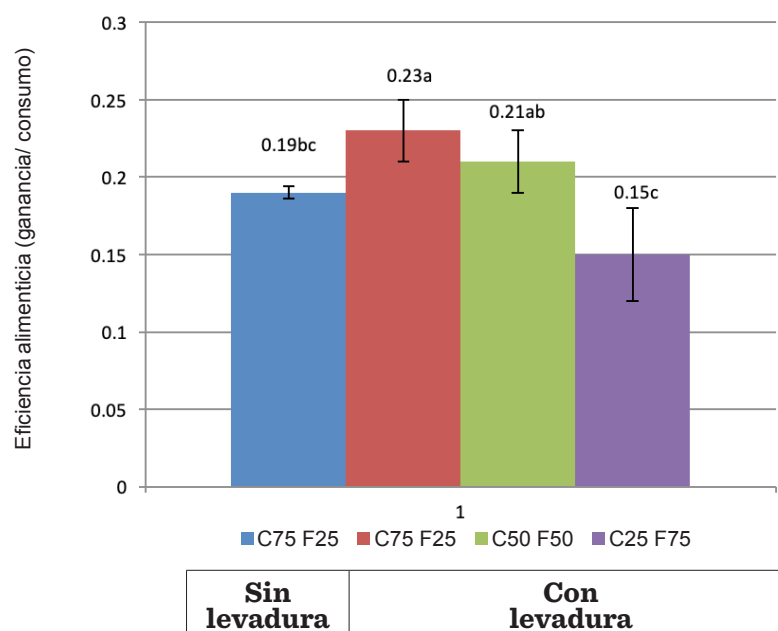


■ Figura 3. Medias de consumo diario de alimento de corderos alimentados con dietas con diferente cantidad de concentrado (C) y forraje (F), con y sin levaduras.

^{ab}Medias con diferente literal en las dietas difieren significativamente ($P < 0.05$).

Figure 3. Means of daily food intake of lambs fed with with different amount of concentrate (C) and forage (F), with and without yeast.

^{ab}Means with different letter in diets differ significantly ($P < 0.05$).



■ Figura 4. Medias de eficiencia alimenticia (ganancia de peso/consumo de alimento) de corderos alimentados con dietas con diferente cantidad de concentrado (C) y forraje (F), con y sin levaduras. ^{abc}Medias con diferente literal en las dietas difieren significativamente ($P < 0.05$).

Figure 4. Means of feed conversion (daily gain weight/food intake) of lambs fed with with different amounts of concentrate (C) and forage (F), with and without yeast.

^{abc}Means with different letter in diets differ significantly ($P < 0.05$).

y degradabilidad efectiva del rastrojo de maíz incrementaron cuando se suplementó la dieta con levadura. En forma consistente, Chaucheyras-Durand y col. (2015), reportaron mejoras en la degradación de la fracción de fibra detergente neutro con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*. Los autores atribuyeron el efecto de levadura viva sobre la degradación de sustratos fibrosos, por un aumento en la colonización microbial, adjudicando el efecto no únicamente al pH ruminal, sino también a la utilización de oxígeno ruminal por las células de levaduras, para una anaerobiosis más eficaz. En forma consistente, Ishaq y col. (2015) asociaron este efecto a una posible más rápida y efectiva colonización por microorganismos ruminales. Asimismo, Ruiz y col. (2016) observaron que la inoculación con *Candida norvegensis*, a sustratos fibrosos, favorecía el aprovechamiento de algunas fracciones altamente indigestibles, por promover la proliferación de microorga-

nismos celulolíticos, para llevar a cabo una mejor fermentación ruminal. Promkot y col. (2013), atribuyeron que el uso de levaduras en rumiantes mejoraba el aprovechamiento de la MS y su capacidad fermentativa.

Además, Zeoula y col. (2014), reportaron que la inclusión de probióticos, en las dietas de becerros productores de carne, ayudó a mejorar la capacidad digestiva de estos, estabilizando el pH en el rumen, al reducir el lactato y favorecer la proliferación de bacterias celulolíticas. Castillo-Castillo y col. (2016) y Ruiz y col. (2016), en estudios *in vitro*, observaron que la levadura *Candida norvegensis* disminuyó la concentración de nitrógeno amoniacal, ácido láctico, así como la producción de gas metano, estabilizando el ambiente ruminal con valores de pH que rondan el valor neutro, todo lo cual favorece el desarrollo de microorganismos degradadores de carbohidratos estructurales. Consistentemente,

Bhatt y col. (2018), en ovinos, detectaron mayor digestión de la fibra ácido detergente, cuando las dietas se suplementaron con *Saccharomyces cerevisiae*. Por su parte, Jia y col. (2018) en dietas para ovinos, enriquecidas con *Bacillus licheniformis* y *Saccharomyces cerevisiae*, mostraron que la reducción en el amoníaco ruminal se reflejó en mayor síntesis de proteína microbiana en rumen, lo cual generó mayor retención de nitrógeno en ovinos, al suplementar dietas para ovinos con *Saccharomyces cerevisiae* (Obeidat y col., 2018). En forma diferente, Kowalik y col. (2016), no observaron influencia en la retención de nitrógeno en ovinos, al suplementar dietas con cultivos vivos de levaduras. Los mismos autores reportaron que estas diferencias se podrían deber al tipo y dosis de microorganismos usados, a la diferente composición de ingredientes de las dietas, así como, a diferencias en los animales usados.

Experimento de comportamiento productivo en ovinos

En el presente experimento, el comportamiento productivo de los corderos cambió positivamente por la levadura, al mejorar las condiciones ruminales y, por ende, aumentando la capacidad de los microorganismos celulolíticos del rumen, para lograr una mayor tasa fraccional de degradación ruminal, y de la de gradabilidad efectiva del rastrojo de maíz, como se observó en el experimento con bovinos. Lo anterior concuerda con lo reportado por otros autores (Chaucheyras-Durand y col., 2015; Ishaq y col., 2015). El comportamiento de crecimiento de los corderos se vio acompañado por consumos adecuados de MS, a pesar de los niveles elevados de fibra en T3 y T4. Probablemente, debido a un recambio ruminal significativo, fenómeno que fue reportado en el estudio con bovinos, por influencia de la levadura en el rumen de los corderos. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Seo y col. (2010), quienes encontraron que las levaduras contribuían significativamente en la reducción de la presencia de oxígeno, disminuyendo la producción de lactato, lo que a su vez mejoró la degrada-

bilidad de los alimentos y la fermentación ruminal, contribuyendo así, en el desarrollo de microorganismos celulolíticos, y mejorando por lo tanto la degradabilidad de las fracciones menos aprovechables de los alimentos vegetales (Krehbiel y col., 2003; Qadis y col., 2014; Bernard y col., 2015; Julien y col., 2015; Tristant y Moran, 2015). Otros trabajos, con levaduras no comerciales, como es el caso del presente estudio, utilizando *Candida norvegensis*, demostraron igualmente su eficacia en la utilización de carbohidratos no estructurales y el incremento en los parámetros productivos, cuando se inocula el rumen con *Candida tropicalis* (Marrero y col., 2014), *Candida pinotopesti* (Mokhber-Dezfouli y col., 2007) y *Candida utilis* (Ando y col., 2006; Mahyuddin y Winugroho, 2010), mejorando además su condición general.

En este estudio, los ovinos alimentados en la dieta control (T1; con 25 % de forraje sin aditivo) mostraron similar ganancia de peso que los ovinos que recibieron la dieta de T3, en la cual, se incrementó el forraje hasta 50 % de la dieta, lo que representa un ahorro importante en la alimentación. Esto se debió al efecto benéfico de la suplementación de levadura; sin embargo, en la dieta de T4 (75 % de forraje más levadura), los ovinos presentaron la menor eficiencia productiva. Los ovinos que se alimentaron con la dieta de T2 (25 % de forraje más levadura) tuvieron la mayor ganancia de peso.

En forma consistente, Jia y col. (2018), en dietas para ovinos en desarrollo (48 % de forraje), y en finalizado (30 % de forraje), señalaron beneficios en el comportamiento productivo cuando se suplementó con *Bacillus licheniformis* y *Saccharomyces cerevisiae*. Los autores encontraron aumentos en la fermentación ruminal de compuestos nitrogenados y en la producción de propionato, además de incremento en bacterias del género *Fibrobacter*; también reportaron mejoras en la capacidad inmune de los ovinos. De acuerdo con lo anterior, Shankhpal y col. (2016), en dietas con 60 % concentrado y 40 % forra-

je, documentaron que, al suplementar con levaduras vivas de *Saccharomyces cerevisiae*, se mejoró el comportamiento productivo de cabritos, así como la digestibilidad de nutrientes en el tubo digestivo total. En contraste, Obeidat (2017), no encontró efecto de suplementar *Saccharomyces cerevisiae* en dietas con subproducto de oliva, en el comportamiento productivo de ovinos en engorda o en la digestibilidad de nutrientes. El autor señaló que las diferencias en los reportes se pueden deber en parte a las diferencias en composición de las dietas experimentales, así como al tipo y a la dosis de levaduras que se emplean en los diferentes estudios.

El consumo de MS por los ovinos, en la dieta control con 25 % de forraje, sin levadura (T1), fue similar a lo observado en la dieta con 25 % de forraje con levadura (T2). En este estudio, también se registró que el consumo de MS fue menor en las dietas con 50 % y 75 % de forraje (T3 y T4), a pesar que estas dietas contenían *Candida norvegensis*. Con el mismo nivel de forraje (T1 vs T2) la levadura no influyó en el consumo de MS. En los estudios de investigación, las levaduras no muestran efecto constante en el consumo de MS. De acuerdo con este trabajo, otros autores tampoco reportan efecto de levaduras en consumo de MS en ovinos (Haddad y Goussous, 2005; Obeidat, 2017; Jia y col., 2018). Al usar diferente nivel de fo-

rraje, en dietas para ovinos, Issakowicz y col. (2013) no registraron efecto de levadura en consumo de MS. En forma diferente, Obeidat y col. (2018), encontraron interacción de forraje con levadura, observando mayor efecto en consumo de MS en dietas bajas en forraje suplementadas con levadura, mientras que en dietas altas en forraje la levadura no tuvo el mismo efecto. El mismo autor también registró menor consumo en dietas con mayor contenido de forraje.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este estudio, el probiótico a base de *Candida norvegensis* mostró capacidad de incrementar la degradabilidad ruminal de la materia seca, además de permitirle a los corderos aprovechar alimentos con alto contenido de fibra (50 % forraje) e igualar en eficiencia alimenticia a los corderos alimentados con dietas ricas en concentrado (25 % forraje sin levadura), lo que podría ayudar a reducir costos de alimentación y mantener la eficiencia productiva de los animales. La suplementación con levadura, en dietas con 25 % de forraje mejoró en este estudio la ganancia de peso de los ovinos. Se espera realizar una futura investigación con *Candida norvegensis*, considerando otras variables de fermentación ruminal, como pH, ácidos grasos volátiles, amoníaco, además de hacer conteos de protozoarios.

REFERENCIAS

- Abdel-Aziz, N. A., Salem, A. Z., El-Adawy, M. M., Camacho, L. M., Kholif, A. E., Elghandour, M. M., and Borhami, B. E. (2015). Biological treatments as a mean to improve feed utilization in agriculture animals, an overview. *Journal of Integrative Agriculture*. 14(3): 534-543.
- Ando, S., Nishiguchi, Y., Hayasaka, K., Iefuji, H., and Takahashi, J. (2006). Effects of *Candida utilis* treatment on the nutrient value of rice bran and the effect of *Candida utilis* on the degradation of forages *in vitro*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 19(6): 806-810.
- AOAC, Association Official Analytical Chemists (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. (18a ed.) Maryland, E. U. A.: AOAC International. 486 Pp.
- Bernard, J. K. (2015). Milk yield and composition of lactating dairy cows fed diets supplemented with a probiotic extract. *The Professional Animal Scientist*. 31(4): 354-358.
- Bhatt, R. S., Sahoo, A., Karim, S. A., and Gaddekar, Y. P. (2018). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and rumen bypass-fat supplementation on growth, nutrient utilisation, rumen fermentation and carcass traits of lambs. *Animal Production Science*. 58(3): 530-538.

- Castillo-Castillo, Y., Ruiz-Barrera, O., Burrola-Barrera, M. E., Marrero-Rodriguez, Y., Salinas-Chavira, J., Angulo-Montoya, C., and Camarillo, J. (2016). Isolation and characterization of yeasts from fermented apple bagasse as additives for ruminant feeding. *Brazilian Journal of Microbiology*. 47(4): 889-895.
- Chaucheyras-Durand, F., Ameilbonne, A., Bichat, A., Mosoni, P., Ossa, F., and Forano, E. (2015). Live yeasts enhance fibre degradation in the cow rumen through an increase in plant substrate colonisation by fibrolytic bacteria and fungi. *Journal of Applied Microbiology*. 120(3): 560-570.
- Dittmann, M. T., Hummel, J., Hammer, S., Arif, A., Hebel, C., Muller, D. W. H., and Clauss, M. (2015). Digesta kinetics in gazelles in comparison to other ruminants: Evidence for taxon-specific rumen fluid throughput to adjust digesta washing to the natural diet. *Comparative Biochemistry and Physiology A-Molecular and Integrative Physiology*. 185(1): 58-68.
- Gadekar, Y. P., Shinde, A. K., Sahoo, A., and Karim, S. A. (2015). Effect of probiotic supplementation on carcass traits and meat quality of Malpura lambs. *The Indian Journal of Small Ruminants*. 21(3): 306-310.
- Haddad, S. G. and Goussous, S. N. (2005). Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 118(3-4): 343-348.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua. [En línea]. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/mografias/informacion/chih/territorio/clima.aspx?tema=me&e=08>. Fecha de consulta: 16 de abril de 2016.
- Ishaq, S. L., Kim, C. J., Reis, D., and Wright, A. D. G. (2015). Fibrolytic bacteria isolated from the rumen of North American moose (*Alces alces*) and their use as a probiotic in neonatal lambs. *Plos One*. 10(12): 1-25.
- Issakowicz, J., Bueno, M. S., Sampaio, A. C. K., and Duarte, K. M. R. (2013). Effect of concentrate level and live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on Texel lamb performance and carcass characteristics. *Livestock Science*. 155(1): 44-52.
- Jia, P., Cui, K., Ma, T., Wan, F., Wang, W., Yang, D., ..., and Diao, Q. (2018). Influence of dietary supplementation with *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces cerevisiae* as alternatives to monensin on growth performance, antioxidant, immunity, ruminal fermentation and microbial diversity of fattening lambs. *Scientific Reports*. 8(1): 16712.
- Julien, C., Marden, J. P., Auclair, E., Moncoulon, R., Cauquil, L., Peyraud, J. L., and Bayourthe, C. (2015). Interaction between live yeast and dietary rumen degradable protein level: effects on diet utilization in early-lactating dairy cows. *Agricultural Science*. 6(1): 1-13.
- Kannan, S., Hernandez, L., Herrera, A., Jimenez, B., Miller, M., Perales, P., and Subburaj, P. (2014). Genesis of antibiotic resistance (AR) III: trifling risk of AR pathogens induced infectious diseases from regulated concentrated animal feeding operations. *The FASEB Journal*. 28(1): 986-997.
- Kowalik, B., Skomial, J., Miltko, R., and Majewska, M. (2016). The effect of live *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of rams on the digestibility of nutrients, nitrogen and mineral retention, and blood serum biochemical parameters. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 40(5): 534-539.
- Krehbiel, C. R., Rust, S. R., Zhang, G., and Gilliland, S. E. (2003). Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: performance response and mode of action. *Journal of Animal Science*. 81(14 suppl. 2): 120-132.
- Leibtag, E. (2008). Corn prices near record high, but what about food costs, in *Amber Waves*. [En línea]. Disponible en: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2008/february/corn-prices-nearrecord-high-but-what-about-food-costs/>. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2018.
- Mahyuddin, P. and Winugroho, M. (2010). Effect of combination of yeast (*Saccharomyces cerevisiae* + *Candida utilis*) and herbs supplementation in finishing diet on carcass characteristics of beef cattle. *Journal Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 35(4): 251-256.
- Marrero, Y., Castillo, Y., Ruiz, O., Burrola, E., and Angulo, C. (2014). Feeding of yeast (*Candida* spp) improves *in vitro* ruminal fermentation of fibrous substrates. *Journal of Integrative Agriculture*. 14(3): 514-519.
- McDonald, I. (1981). A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science*. 96(1): 251-252.

- Mokhber-Dezfouli, M. R., Tajik, P., Bolourchi, M., and Mahmoudzadeh, H. (2007). Effects of probiotics supplementation in daily milk intake of newborn calves on body weight gain, body height, diarrhea occurrence and health condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10(18): 3136-3140.
- Nozière, P. Y. and Michaelt-Doreau, B. (2000). *In sacco methods*. Farm animal metabolism and nutrition (tenth edition.). USA: CABI Publishing. 438 Pp.
- NRC, National Research Council (2001). *Nutrient requirements of domestic animals*. National Academic Press. Washington, DC: Seventh edition. 363 Pp.
- Obeidat, B. S. (2017). The effects of feeding olive cake and *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on performance, nutrient digestibility and blood metabolites of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 231:131-137.
- Obeidat, B. S., Mahmoud, K. Z., Obeidat, M. D., Ata, M., Kridli, R. T., Haddad, S. G., ..., and Hatamleh, S. M. (2018). The effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on intake, nutrient digestibility, and rumen fluid pH in Awassi female lambs. *Veterinary World*. 11(7):1015-1020.
- Ørskov, E. R. and McDonald, I. (1979). Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92(2): 499-503.
- Promkot, C., Wanapat, M., and Mansathit, J. (2013). Effects of yeast fermented-cassava chippotein (YEFECAP) on dietary intake and milk production of Holstein crossbred heifers and cows during pre- and post-partum period. *Livestock Science*. 154(1-3): 112-116.
- Puniya, A. K., Singh, R., and Kamra, D. N. (2015). *Rumen microbiology: From evolution to revolution* (primera edición). USA: Springer. 379 Pp.
- Qadis, A. Q., Goya, S., Ikuta, K., Yatsu, M., Kimura, A., Nakanishi, S., and Sato, S. (2014). Effects of a bacteria-based probiotic on ruminal pH, volatile fatty acids and bacterial flora of Holstein calves. *Journal of Veterinary Medical Science*. 76(6): 877-885.
- Ruiz, O., Castillo, Y., Arzola, C., Burrola, E., Salinas, J., Corral, A., ..., and Itza, M. (2016). Effects of *Candida norvegensis* live cells on *in vitro* oat straw rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29(2): 211-218.
- Salinas-Chavira, J., Almaguer, L. J., Aguilera-Aceves, C. E., Zinn, R. A., Mellado, M., and Ruiz-Barrera, O. (2013). Effect of substitution of sorghum stover with sugarcane top silage on ruminal dry matter degradability of diets and growth performance of feedlot hair lambs. *Small Ruminant Research*. 112(1): 73-77.
- SAS, Statistical Analysis System (2007). *User's Guide: Statistics*, Version 9.6th Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Seo, J. K., Kim, S. W., Kim, M. H., Upadhaya, S. D., Kam, D. K., and Ha, J. K. (2010). Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23(12):1657-1667.
- Shankhpal, S., Parnerkar, S., and Bhandari, B. M. (2016). The effect of feeding bypass fat and yeast (*saccharomyces cerevisiae*) supplemented total mixed ration on feed intake, digestibility, growth performance and feed conversion efficiency in weaner Surti kids. *Livestock Research International*. 4(1):11-17.
- Tamburello, L., Bulleri, F., Balata, D., and Benedetti-Cecchi, L. (2014). The role of overgrazing and anthropogenic disturbance in shaping spatial patterns of distribution of an invasive seaweed. *Journal of Applied Ecology*. 51(2): 406-414.
- Tristant, D. and Moran, C. A. (2015). The efficacy of feeding a live probiotic yeast, Yea-Sacc®, on the performance of lactating dairy cows. *Journal of Applied Animal Nutrition*. 3(12):90-95.
- Zeoula, L. M., Do-Prado, O. P. P., Geron, L. J. V., Beleze, J. R. F., Aguiar, S. C., and Maeda, E. M. (2014). Total digestibility and *in situ* degradability of bulky diets with the inclusion of ionophores or probiotics for cattle and buffaloes. *Semina: Ciências Agrárias*. 35(4): 2063-2076.