

# Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y de la ración sobre la degradación *in vitro* y productividad de corderos Pelibuey

## Effects of adding yeast culture and diet on *in vitro* degradation and productivity of Pelibuey lambs

Rafael Macedo Barragán<sup>a</sup>, Victalina Arredondo Ruiz<sup>b</sup>, Rosario Rodríguez Ramírez<sup>c</sup>, José Alejandro Rosales Serrano<sup>a</sup>, Antonio Larios González<sup>a</sup>

### RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de un cultivo de levaduras (CL) y del tipo de ración (R) sobre el comportamiento productivo y la degradabilidad *in vitro* de corderos en engorda intensiva. Una ración fue balanceada para que un cordero de moderado potencial de crecimiento lograra una ganancia de peso de 250 g d<sup>-1</sup> (MPC), y otra para que un cordero de rápido potencial de crecimiento ganara 350 g d<sup>-1</sup> (RPC). Ambas raciones sin (0) y con (1) la adición del cultivo. La ganancia diaria de peso se incrementó en los corderos alimentados con las raciones adicionadas con CL (310 y 260 g) y con las raciones RPC (330 y 230 g), el consumo diario de MS aumentó por efecto del CL (80.47 y 70.34 kg) mientras que los corderos alimentados con RPC mejoraron su conversión alimenticia (6.76 y 4.90). El pH ruminal fue mayor en los corderos consumiendo MPC comparado con RPC sin y con CL (6.76, 6.89 y 6.49 y 6.46 respectivamente), mientras que la adición del CL incrementó la degradación de la PC (24 y 35 % para MPC y 26 y 29 % para RPC). Se observaron interacciones significativas entre la ración y CL sobre la degradación de la MS incrementándose al incluir CL en MPC (64 y 68 %) y disminuyendo en RPC (73 y 62 %). La degradación de la FDN disminuyó en RPC al incorporar CL (68 y 59 %) y permaneció sin cambio en MPC (39 y 42 %).

**PALABRAS CLAVE:** Ovino de pelo, *Saccharomyces cerevisiae*, Ración, Crecimiento, Materia seca, pH, Degradabilidad, Engorda intensiva.

### ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the effects of adding yeast culture (YC) and diet type (D) on productive behavior and on *in vitro* degradability in Pelibuey lambs under intensive fattening conditions. Diets were formulated to meet dietary requirements so lambs of moderate growth potential obtained a 250 g daily weight gain (MGL), and rapid growth lambs gained 350 g d<sup>-1</sup> (RGL). Both diets were prepared with (1) or without (0) yeast culture. Average daily weight gain improved when yeast cultures were added (310 vs 260 g d<sup>-1</sup> for MGL and 330 vs. 230 g d<sup>-1</sup> for RGL). DM daily intake increased due to YC (80.47 vs 70.34 kg) while lambs fed with the RGL diet improved feed conversion (6.76 vs 4.90). Ruminal pH was higher in lambs fed with the MGL diet than in those fed with the RGL diet with or without yeast culture (6.76, 6.89 and 6.49, 6.46, respectively), while adding YC increased CP degradability (24 and 35 % for MGL and 26 and 29 % for RGL). Significant interactions between diet and YC were found on dry matter degradation which increased when YC was added to MGL (68 vs 64 %) and decreased when added to RGL (62 vs 73 %). NDF degradability decreased in RGL when YC was added (68 vs 58 %) and remained practically unchanged in MGL (39 vs 42 %).

**KEY WORDS:** Hair sheep, *Saccharomyces cerevisiae*, Diet, Growth, Dry matter, pH, Degradability, Intensive fattening.

Recibido el 16 de octubre de 2007. Aceptado para su publicación el 2 de abril de 2008.

<sup>a</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, Km. 40 Autopista Colima - Manzanillo, Tecmán, Colima, México, Tel. (313) 322 9407, macedo@uocol.mx. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Práctica Privada.

<sup>c</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Tecmán.

En las últimas tres décadas ha crecido el interés en el uso de aditivos alimenticios microbianos para la engorda de ovinos, entre los cuales, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha sido una de las más utilizadas con resultados productivos variables. El modo de acción de la levadura en los rumiantes no es totalmente claro. Algunos estudios sugieren que su efecto benéfico parece estar asociado a que su presencia estimula el crecimiento y la actividad de las bacterias celulolíticas, incrementando la degradación ruminal de la fibra, el flujo de proteína microbiana hacia el intestino delgado y en consecuencia, la producción<sup>(1,2,3)</sup>; también se han encontrado respuestas productivas significativas en animales alimentados con raciones concentradas con un bajo contenido de fibra<sup>(4,5,6)</sup>.

La respuesta productiva a la inclusión de levaduras parece depender de varios factores, entre los cuales, el tipo de dieta parece ser uno de los más importantes<sup>(7)</sup>. Algunos investigadores<sup>(4,6)</sup> encontraron mayor efecto de la adición de levadura sobre el pH ruminal, así como sobre el crecimiento y actividad microbiana respectivamente, en corderos alimentados con raciones concentradas con un alto contenido de almidón y carbohidratos solubles, comparados con aquéllos alimentados con dietas basadas en forrajes. No obstante, existen otros estudios que indicaron que la adición de levadura incrementó la síntesis microbiana y la degradabilidad *in vitro* en raciones a base de insumos voluminosos<sup>(8)</sup>.

Por otra parte, los aditivos alimenticios con base en levadura viva han sido sustituidos por mezclas denominadas cultivos de levadura, los cuales contienen las células de levadura muerta junto con los residuos del medio de cultivo utilizado para su fermentación, más los metabolitos resultantes de dicha fermentación. Los resultados productivos de su utilización en ovinos han sido igualmente contrastantes<sup>(9,10)</sup>. Dado que el uso de cultivos de levadura en corderos de pelo tropicales, en condiciones de estabulación, y la forma en que estos cultivos afectan la degradabilidad de las raciones utilizadas para este fin no ha sido ampliamente estudiado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de un

Interest in microbial feed additives for fattening sheep has increased in the last three decades. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) has been one of the microbial additives used more extensively, with varying results. How yeast acts in ruminants is not altogether clear. Some studies suggest that its beneficial effect is linked to the fact that its presence stimulates growth and cellulolytic bacteria activity, thus increasing fiber degradability in rumen and microbial protein flow to the small intestine and consequently increases production<sup>(1,2,3)</sup>. Significant productive responses have also been found in animals fed with concentrates with low fiber content<sup>(4,5,6)</sup>.

Productive response to inclusion of yeast seems to depend on several factors, among which, diet type looks like being one of the most important<sup>(7)</sup>. Some authors<sup>(4,6)</sup> found a greater effect of yeast on ruminal pH as well as on growth and microbial activity, respectively, in lambs fed with concentrates high in starch and soluble carbohydrates, when compared to animals fed with forage. However, several studies indicate that adding yeast increases microbial synthesis and *in vitro* degradability in diets based on bulk (voluminous) ingredients<sup>(8)</sup>.

On the other hand, feed additives based on live yeast have been substituted by mixtures known as yeast cultures which contain dead yeast, residues of the media culture used for fermentation and the resulting metabolites. Results in ovinos have been mixed<sup>(9,10)</sup>. Given the use of yeast culture in stabled hair sheep lambs in the tropics, and how these cultures affect degradability of diets has not been widely studied, the objective of the present study was to assess the effect of adding yeast cultures with *in vitro* degradability and productive performance of Pelibuey lambs in intensive fattening, fed with diets of different nutritional concentration. To this effect two experiments were carried out:

#### *Experiment 1*

This experiment was carried out in the ovine module of the Centro de Capacitación Agropecuario y Forestal in Tecomán, Colima, 18° 58' N and 103° 52' W, at 73 m asl, 26 °C average annual mean temperature and 750 mm annual rainfall.

cultivo de levadura sobre el comportamiento productivo y la degradabilidad *in vitro* de corderos Pelibuey en engorda intensiva, alimentados con raciones de diferente concentración nutricional. Se realizaron dos experimentos.

### Experimento 1

Se realizó en el módulo ovino del Centro de Capacitación Agropecuario y Forestal, ubicado en Tecmán, Colima, a 18°58' N y 103°52' O, a 73 msnm, temperatura media anual de 26° C y 750 mm de precipitación promedio anual.

Se utilizaron 35 corderos Pelibuey machos, enteros, recién destetados con un peso promedio de 21.28 ± 3.25 kg y una edad promedio de 85 ± 4 días, los cuales fueron alojados en corraletas individuales y asignados en forma aleatoria a una de cuatro raciones experimentales diferenciadas por su densidad energética, contenido de proteína y de fibra, por un periodo de 49 días.

Una ración fue formulada de acuerdo con el NRC<sup>(11)</sup> para lograr que un cordero de entre 20 y 30 kg de peso vivo con moderado potencial de crecimiento (MPC) obtuviera una ganancia diaria de peso de 250 g. Una segunda ración fue formulada para que un cordero de rápido potencial de crecimiento (RPC) con el mismo peso vivo lograra un crecimiento diario de 350 g. Ambas dietas fueron suplementadas con dos niveles de un cultivo de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* (Diamond V XP®), sin (0) y con (1), esta última con un nivel de inclusión de 10 g por kilogramo de alimento terminado. La diferencia en la concentración de nutrientes de las raciones se logró sustituyendo parcialmente la premezcla proteica y la canola con rastrojo de maíz (Cuadro 1).

Las cuatro raciones fueron ofrecidas dos veces al día, a las 0900 y 1400, de acuerdo al peso vivo (1.00 x consumo voluntario de MS) más un 10 %. Los corderos fueron pesados semanalmente por la mañana sin previo ayuno, mientras que el consumo de alimento se estimó diariamente. Veinte días antes del destete y del inicio de la prueba los corderos se vacunaron contra enterotoxemia. Al momento del destete se desparasitaron oralmente con

A total of 35 Pelibuey non castrated lambs, recently weaned, weighing 21.28 ± 3.25 kg of 85 ± 4 d of age, were used. These animals were placed in individual pens and each fed at random one only of four experimental diets which differed in energy density and protein and fiber content, for 49 d.

One diet was formulated in accordance with NRC<sup>(11)</sup> requirements for obtaining a 250 g daily weight gain in lambs of moderate growth potential (MGL) weighing between 20 and 30 kg live weight. A second diet was formulated so a rapid growth potential (RGL) lamb weighing the same gained 350 g daily. Both diets were supplemented with two levels of yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) (Diamond V XP®), without (0) and with (1) 10 g kg<sup>-1</sup> of feed. Differences in nutrient concentration were obtained replacing partially the protein pre mix with corn stover (Table 1).

Cuadro 1. Composición de las raciones experimentales (%)

Table 1. Composition of experimental diets (%)

	Moderate growth potential	Rapid growth potential
Salinomycin	0.001	0.001
Ammonia sulfate	0.01	0.01
Kaolin	0.02	0.02
Mineral premix <sup>1</sup>	0.01	0.01
Sodium Chloride	0.75	1.00
Urea	1.00	1.35
Calcium carbonate	1.70	2.20
Canola	1.50	2.00
Coconut paste	3.30	4.40
Molasses	5.30	7.00
Pelletized protein premix <sup>2</sup>	6.50	8.70
Corn stover	25.00	.....
Wheat bran	10.60	14.00
Corn, broken	44.30	59.30
Nutritional analysis, % DM		
Crude protein	15.24	18.90
Neutral detergent fiber	27.09	20.16
Acid detergent fiber	9.98	3.47
Calcium	2.00	1.92
Phosphorous	0.45	0.38
Metabolic energy, Mcal kgDM <sup>-1</sup>	2.73	2.92

<sup>1</sup> Contribution per premix kg: Mg 280 g, Zn 40 g; Mn 250 g, I 800 mg, Se 400 mg, Co 200 mg.

<sup>2</sup> Contribution per premix kg: CP 440 g, EE 28 g, Ash 55 g, Ca 300 mg, P 700 mg, ME 3.35 Mcal.

Febendazole a una dosis de 10 mg kg<sup>-1</sup> PV y vitaminados por vía subcutánea con 1 ml. de una solución vitamínica que contenía 500 000, 50 000 y 50 U.I de vitamina A, D<sub>3</sub> y E respectivamente.

### *Experimento 2*

Se llevó a cabo en el Campo Experimental Valle de Tecomán del INIFAP, localizado en Tecomán, Colima, a 18°57' N y 103°50' O, a 55 msnm, una temperatura media anual de 26° C y 730 mm de precipitación promedio anual.

Para determinar el pH, la degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, de las cuatro raciones anteriormente descritas (MPC+0, MPC+1, RPC+0, RPC+1) se realizaron dos corridas de incubación secuenciadas.

Se colectó contenido ruminal por medio de sonda esofágica de un cordero de 30 kg de peso, previamente sedado y relajado con una aplicación intramuscular de Xilazina (1 mg kg<sup>-1</sup>). El contenido ruminal fue obtenido por la mañana, filtrado, y 250 ml se mezclaron en un ambiente anaeróbico con 1000 ml de solución amortiguadora de McDougall<sup>(12)</sup>. Veinticinco mililitros (25 ml) de esta mezcla fueron a su vez transferidos en un ambiente anaeróbico a tubos de incubación que contenían 50 mg de muestra de las raciones experimentales (cuatro tubos de cada ración para cada variable evaluada). Tres tubos sin muestra (blancos) conteniendo saliva artificial y líquido ruminal fueron incluidos en cada corrida de incubación. Los tubos fueron cerrados con tapones de respiración en una atmósfera de CO<sub>2</sub> y fueron incubados a 39 °C por 48 h en un baño María con agitación.

Una vez transcurrido las 48 h de incubación, los tubos fueron destapados e inmediatamente se midió el pH con un potenciómetro, y posteriormente se filtro el contenido de cada uno en papel filtro de poro grueso. El sustrato remanente fue llevado a peso constante y se determinó su contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC)<sup>(13)</sup>, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA)<sup>(14)</sup>, determinándose la degradabilidad de

The four diets were fed to animals twice daily, at 0900 and 1400, in accordance with their live weight (1.00 times DM voluntary intake) plus 10 %. Lambs were weighed every week in the morning without fasting and feed intake was estimated daily. Twenty days before weaning and at the beginning of this experiment lambs were vaccinated against enterotoxaemia. At weaning, lambs were wormed orally with Febendazole at 10 mg kg<sup>-1</sup> live weight and injected subcutaneously with vitamins (500,000 IU Vit A, 50,000 IU Vit D<sub>3</sub> and 50 IU Vit E).

### *Experiment 2*

This experiment was carried out at the Valle de Tecomán Experiment Station of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Tecomán, Colima, 18°57' N 103° 50' W, 55 m asl, 26 °C average annual temperature and 730 mm average annual rainfall.

For determining pH, dry matter *in vitro* ruminal degradability, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber in the four diets previously described (MGL+0, MGL+1, RGL+0 and RGL+1), two sequential incubation runs were performed.

Ruminal content was collected through a probang in a 30 kg lamb previously relaxed and sedated with intramuscular Xilazine (1 mg kg<sup>-1</sup>). Ruminal content was collected in the morning, filtered and 250 ml were added to 1,000 ml of McDougall<sup>(12)</sup> buffer solution in an anaerobic environment. Twenty-five ml of this mixture were transferred in an anaerobic environment to incubation tubes containing each 50 mg of samples of the experimental diets (four tubes for each variable being evaluated). Tubes were closed with respiration stoppers in a CO<sub>2</sub> atmosphere and incubated at 39 °C for 48 h in a water bath provided with a stirring rod. Three control tubes containing artificial saliva and ruminal liquid were included in each incubation run.

After 48 h incubation, tubes were unstopped and pH was measured immediately with a potentiometer, and later filtered through filtering paper. The remaining substrate was put in a stove until constant

dichos componentes por diferencia entre la cantidad contenida en la muestra original y el sustrato remanente.

El análisis estadístico utilizado en el Exp 1 fue completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2, siendo el primer factor el tipo de ración (MPC, RPC) y el segundo el nivel de inclusión del cultivo de levaduras (0, 1). Las variables de respuesta fueron: peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de materia seca (CMS) y conversión alimenticia (CA). El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + CL_j + (R_i * CL_j) + \Sigma_{ij}$$

Donde  $Y_i$  = variable de respuesta;  $\mu$  = media general;  $R_i$  = efecto de la ración;  $CL_j$  = efecto del cultivo de levadura;  $R_i * CL_j$  = interacción ración \* cultivo de levadura;  $\Sigma_{ij}$  = error.

Adicionalmente con la finalidad de establecer la relación entre el consumo diario de materia seca y la ganancia diaria de peso, se realizó un análisis de correlación de Pearson.

En el Exp 2 se utilizó un análisis estadístico con un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial 2 x 2, siendo la corrida de incubación el criterio de bloqueo y el tipo de ración (MPC, RPC) y el nivel de inclusión del cultivo de levaduras (0, 1) los factores. Las variables de respuesta fueron pH, y porcentaje de degradación de MS, PC, FDN y FDA. Se utilizó la transformación arcoseno de la raíz cuadrada de los porcentajes de degradación con el fin de normalizar los datos. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + B + R_i + CL_j + (R_i * CL_j) + \Sigma_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  = variable de respuesta;  $\mu$  = media general;  $B$  = efecto de bloque;  $R_i$  = efecto de la ración;  $CL_j$  = efecto del cultivo de levadura;  $R_i * CL_j$  = interacción ración \* cultivo de levadura;  $\Sigma_{ij}$  = error.

En ambos experimentos se utilizó la prueba de Tukey para establecer las posibles diferencias entre las medias de los tratamientos y se declaró significancia estadística si  $P < 0.05$ .

weight and DM, CP<sup>(13)</sup>, NDF and ADF<sup>(14)</sup> were determined. Degradability of each component was estimated through differences between the original and amounts obtained in the remaining substrate.

The statistical analysis carried out in Exp 1 was a completely randomized 2x2 factorial design, being the first factor diet type (MGL, RGL) and the second, yeast inclusion level (0,1). Response variables were: final weight (FW), daily weight gain (DWG), daily dry matter intake (DDMI) and feed conversion (FC). The statistical model was:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + CL_j + (R_i * CL_j) + \Sigma_{ij}$$

Where:  $Y_{ij}$  is the response variable;  $\mu$  the general average;  $R_i$  the diet effect;  $CL_j$  the yeast culture effect;  $R_i * CL_j$  is the interaction between diet and yeast culture and  $\Sigma_{ij}$  error.

In addition, trying to set a relationship between dry matter daily intake and daily live weight gain, a Pearson correlation test was performed.

The statistical analysis carried out in Exp 2 was random complete block design with a 2x2 factorial arrangement, being incubation run the block criterion and diet type (MGL, RGL) and yeast culture inclusion levels (0,1) the factors. Response variables were: pH and degradation percentage for CP, DM, NDF and ADF. The statistical model was:

$$Y_{ij} = \mu + B + R_i + CL_j + (R_i * CL_j) + \Sigma_{ij}$$

Where:  $Y_{ij}$  is the response variable;  $\mu$  the general average;  $B$  the block effect;  $R_i$  the diet effect;  $CL_j$  the yeast culture effect;  $R_i * CL_j$  is the interaction between diet and yeast culture and  $\Sigma_{ij}$  error.

In both experiments Tukey's test was performed to establish possible differences between treatment averages. Results were significant at  $P < 0.05$ .

In Table 2 the main effects are shown as no interaction was found between the factors being studied. A significant effect for diet type on final weight, feed conversion and daily weight gain was found. Lambs fed with the RGL diet gained 3.8 kg more at the end of the experiment than those fed

Cuadro 2. Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y del tipo de ración sobre aspectos productivos de corderos Pelibuey en engorda intensiva

Table 2. Effect of adding yeast culture and diet type on productive aspects of Pelibuey lambs under intensive fattening

	Diet		Yeast culture			P		
	MGL	RGL	0	1	SE	R	YC	I
Initial weight, kg	21.88 <sup>a</sup>	20.69 <sup>a</sup>	21.36 <sup>a</sup>	21.18 <sup>a</sup>	0.55	0.3103	0.8893	0.7761
Final weight, kg	33.06 <sup>b</sup>	36.86 <sup>a</sup>	33.86 <sup>a</sup>	36.24 <sup>a</sup>	0.90	0.0375	0.1963	0.9536
DWG, g	230 <sup>b</sup>	330 <sup>a</sup>	260 <sup>b</sup>	310 <sup>a</sup>	13.10	0.0001	0.0114	0.6369
DMI, kg d <sup>-1</sup>	1.49 <sup>a</sup>	1.59 <sup>a</sup>	1.44 <sup>b</sup>	1.64 <sup>a</sup>	0.04	0.2118	0.0173	0.4281
Conversion	6.76 <sup>a</sup>	4.90 <sup>b</sup>	5.96 <sup>a</sup>	5.63 <sup>a</sup>	0.25	0.0001	0.4909	0.5995

MGL= moderate growth potential; RGL = rapid growth potential.

Effects: R=diet; YC=yeast culture; I=interaction diet – yeast culture.

SE=Standard error.

a,b,c Values with different letters in the same row are statistically different ( $P<0.05$ ).

En el Cuadro 2 se muestran los efectos principales dado que no existió interacción entre los factores estudiados. Se observó un efecto significativo del tipo de ración utilizada sobre el PF, la GDP y la conversión alimenticia. Los corderos alimentados con la dieta RPC lograron ganar 3.80 kg más al final de la prueba, con una GDP 100 g mayor a la de aquéllos que consumieron la dieta MPC, mejorando su conversión en 1.86 unidades. El CMS y la GDP fueron afectados positivamente por la adición del cultivo de levaduras, observándose que aquellos corderos alimentados con la ración adicionada, lograron un incremento de peso de 50 g d<sup>-1</sup>, así como de su consumo promedio de MS en 0.20 kg d<sup>-1</sup>. Asimismo, el análisis de correlación arrojó un índice igual a 0.6264, lo que demostró la existencia de una correlación positiva significativa ( $P<0.01$ ) entre el consumo diario de materia seca y la ganancia diaria de peso.

El incremento en la ganancia diaria de peso propiciado por la adición del cultivo de levadura se ha documentado anteriormente en otros trabajos realizados con distintas razas de ovinos<sup>(9,10)</sup>. Con respecto a las características nutricionales de la ración se ha establecido que existe una correlación positiva entre su contenido de proteína y la tasa de crecimiento de los corderos<sup>(15,16,17)</sup>. Otros autores sin embargo, no documentaron este efecto y registraron incrementos de peso diarios similares

with the MGL diet, gained 100 g more daily and feed conversion improved 1.86 points. WG and DMI were affected positively when yeast culture was added to diets. Lambs fed with the yeast culture added diets gained on average 50 g d<sup>-1</sup> more than those fed with yeast culture free diets, and their individual DMI was 0.2 kg d<sup>-1</sup> greater on average. Besides, the correlation analysis provided a 0.6264 index which shows a significant positive correlation ( $P<0.01$ ) between daily DMI and WG.

Increases in daily WG due to addition of yeast culture has been reported before in studies carried out on several ovine breeds<sup>(9,10)</sup>. With reference to nutritional characteristics of diets, a positive correlation between protein content and lamb growth rate has been duly established<sup>(15,16,17)</sup>. However, other authors did not find this effect and recorded similar DWG (228, 220, 230 and 231 g d<sup>-1</sup>) in hair lambs fed with diets containing 14, 16, 18 and 20 % crude protein, respectively<sup>(18)</sup>. Yet another study reports that a decrease in energy concentration brings about a drop in lamb growth rate, even in diets with high protein content<sup>(19)</sup>.

Even though the Pelibuey breed is not considered as heavy, lambs increased considerably their WG when fed with diets formulated for RGL. This can be explained by the fact that in the last several years, genetic improvement in this breed has been

(228, 220, 230 y 231 g) para corderos de pelo alimentados con raciones con un contenido de 14, 16, 18 y 20 % de proteína cruda respectivamente<sup>(18)</sup>. Otro trabajo indica que una disminución en el contenido energético de la ración provoca una disminución en la tasa de crecimiento de corderos, aún en raciones con un alto contenido proteico<sup>(19)</sup>.

No obstante que la raza Pelibuey no es considerada una raza pesada, los corderos incrementaron significativamente sus GDP al ser alimentados con dietas formuladas para corderos de rápido potencial de crecimiento (RPC). Esto se explica debido a que en los últimos años el mejoramiento de las líneas genéticas de esta raza, ha sido enfocado hacia el crecimiento, dejándose a un lado otras características de tipo reproductivo como la fertilidad y la prolificidad. En un trabajo previo realizado en este mismo hato, se lograron ganancias diarias de peso de 300 g con corderos alimentados con una ración que contenía 17 % de proteína cruda<sup>(20)</sup>.

De acuerdo con la literatura existente, el incremento en el consumo diario de materia seca observado es resultado de un incremento en la degradación ruminal de la fibra propiciado por la adición del cultivo de levadura<sup>(1,2,3)</sup>, especialmente en la dieta elaborada con un mayor contenido de forraje (MPC). Otro mecanismo de acción de la levadura que estimula un incremento en el CMS de dietas con bajo contenido de fibra (RPC), es su capacidad para producir ácido glutámico, el cual mejora el sabor y el olor de los alimentos<sup>(21)</sup>. Asimismo, se ha señalado que el nivel de inclusión de este aditivo alimenticio afecta el consumo de materia seca. Mientras en este trabajo una inclusión de 1 % elevó en un 14 % el CMS, otros autores<sup>(10)</sup> no encontraron efecto cuando los corderos consumieron solo un 0.12 % de levadura en una dieta de finalización, mientras otro trabajo menciona que el consumo de materia seca de dietas concentradas tendió a incrementarse al elevarse el consumo de levadura de 20 a 40 g d<sup>-1</sup><sup>(5)</sup>.

La falta de efecto del tipo de ración sobre el CMS coincide con las observaciones de otros trabajos en los cuales, esta variable no se modificó por

focused on growth, leaving aside other reproductive characteristics as fertility and prolificacy. In a previous study carried out in the same flock, a 300 g d<sup>-1</sup> DWG was obtained when lambs were fed a 17 % CP diet<sup>(20)</sup>.

In accordance with current literature, increases in dry matter daily intake are the result of increases in fiber ruminal degradability fostered by adding yeast culture to diet<sup>(1,2,3)</sup>, especially on diets made with greater forage content. Another mode of action through which yeast acts fostering increases in dry matter intake in diets with low fiber content, is by producing glutamic acid, that improves taste and smell of feed<sup>(21)</sup>. Furthermore, it has been reported that the inclusion level of this feed additive affects dry matter intake. While in the present study a 1 % inclusion level increased DMI 14 %, other authors<sup>(10)</sup>, did not find any effect on lambs fed finishing diets added with a 0.12 % yeast culture, while yet another study mentions that dry matter intake in high concentrate diets showed an increasing trend when yeast intake increased from 20 to 40 g d<sup>-1</sup><sup>(5)</sup>.

A lack of effect of diet type on DMI concurs with what has been observed in other studies, where this variable did not change through influence of crude protein content<sup>(17,18)</sup>. Contrarily, some authors mentioned that DMI increased in lambs fed diets which provided 25 % more protein than their daily requirements, compared to others that were fed their daily requirements<sup>(16)</sup>. Besides, no effect of diet energy content on DMI was found, when energy increased from 2.73 MCal ME kg DM<sup>-1</sup> in MGL to 2.95 MCal ME kg DM<sup>-1</sup> in RGL, which differs from data reported by Dinius and Baumgardt<sup>(22)</sup>, who concluded that in diets with an energy content higher than 2.5 MCal ME kg DM<sup>-1</sup> DMI drops as energy density increases.

In accordance with Adams *et al*<sup>(23)</sup>, FC did not improve when yeast was added. In this sense, the big increase in DMI observed in supplemented lambs, cancelled the positive effect due to weight gain. Even though all evaluated diets contained salinomycin, which was included to control pH, reduce lactate concentration and control subacute

influencia del contenido de proteína cruda<sup>(17,18)</sup>. En contraste algunos autores mencionan que el consumo de materia seca se incrementó en corderos que recibieron una ración que aportaba un 25 % más de sus requerimientos diarios de proteína, comparado con aquéllos que recibieron una ración que cubría sus requerimientos proteicos diarios<sup>(16)</sup>. Asimismo, no se encontró efecto del contenido energético de la ración sobre el CMS, al incrementarse la energía de 2.73 MCal EM kg MS<sup>-1</sup> en la ración MPC a 2.95 en la ración RPC, lo cual difiere de las observaciones de Dinius y Baumgardt<sup>(22)</sup> quienes concluyeron que en raciones con un contenido energético mayor a 2.5 MCal ED kg MS<sup>-1</sup>, el CMS decrece conforme se incrementa la densidad energética.

De acuerdo con Adams *et al*<sup>(23)</sup>, se observó que la CA no fue mejorada por la adición del cultivo de levaduras. En este sentido, el fuerte aumento en el CMS observado en los corderos suplementados, anuló el efecto positivo conseguido sobre el incremento de peso. No obstante que todas las raciones evaluadas contenían salinomycin, la cual fue incluida para mantener el pH, reducir la concentración de lactato y controlar la acidosis subaguda, dado el alto contenido de grano utilizado y que estudios previos mencionan que el aditivo únicamente mejora la CA en ovinos en presencia de un ionóforo<sup>(15)</sup>, dicho efecto no fue observado en el presente trabajo. Existen también trabajos que indican que la CA mejoró a 4.7 y 4.2 en corderos alimentados con 3 y 6 g d<sup>-1</sup> de un cultivo de levadura similar al utilizado en el presente estudio respectivamente, comparados con corderos no suplementados los cuales mostraron una CA de 5.0<sup>(9)</sup>. El efecto positivo del mayor contenido de proteína y energía de la ración RPC sobre la CA ha sido observada en otros trabajos, en los cuales se coincide que la concentración energética de la ración es el factor que más influye sobre la CA<sup>(16,19)</sup>.

En el Exp 2, después de 48 h de incubación, el tipo de ración afectó el pH, siendo mayor en las raciones de MPC, mientras que la adición del cultivo de levaduras incrementó la degradabilidad de la PC. Se observó un efecto de interacción

acidosis, owing to the high grain content of diets and also to the fact that previous studies mention that this additive only improves FC in the presence of a ionophore<sup>(15)</sup>, this effect was not observed in the present study. Also, some studies show that FC improved to 4.7 and 4.2 in lambs fed with 3 and 6 g d<sup>-1</sup>, respectively, of a yeast culture similar to the one used in the present study, compared to non supplemented lambs who showed a 5.0 FC<sup>(9)</sup>. The positive effect due to a greater energy and protein content in the RGL on FC is mentioned in other studies, which state that energy density in a diet is the factor that most influences FC<sup>(16,19)</sup>.

In Exp 2, after 48 h incubation, diet type influenced pH, being higher in MGL, while adding yeast increased CP degradability. An interaction effect between diet type and adding yeast on DM degradability was observed, which increased in MGL and decreased in RGL. Another significant interaction was observed in NDF degradability, with a rate dropped in RGL diets due to presence of yeast and showed no changes due to adding yeast in MGL. No effects due to diet or yeast culture on ADF degradability were observed. The incubation run (block) did not statistically affect any of studied variables (Table 3).

In accordance with conclusions mentioned by several authors<sup>(8,24,25)</sup> in studies performed with live or dead yeast cultures, no effects of adding yeast were observed on ruminal pH. Ruminal fermentation stabilization seems to be the most important aspect due to yeast influence on ruminal functions. In this sense, post feeding fluctuations of ruminal pH associated with the use of concentrates dropped dramatically in animals supplemented with yeast, as it encourages a drop in ruminal lactic acid production and an increase in its use in rumen<sup>(26,27,28)</sup>.

Finishing lambs diets containing increasing grain levels are associated to a decrease in ruminal pH, as happened in the present study. However, pH values found in lambs fed with the higher concentration (RGL), were significantly greater than 6.0, the minimum value believed to present problems related to acidosis<sup>(10)</sup>, below which



Cuadro 3. Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y de las características de la ración sobre el pH ruminal y la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DM), de la proteína cruda (CP), de la fibra detergente neutro (NDF) y de la fibra detergente ácido (ADF) (%)

Table 3. Effect of adding yeast culture and diet characteristics on ruminal pH and dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) *in vitro* degradability (%)

	MGL Diet		RGL Diet		SE	P			
	0	1	0	1		B	R	CL	I
pH	6.76 <sup>a</sup>	6.89 <sup>a</sup>	6.49 <sup>b</sup>	6.46 <sup>b</sup>	0.04	0.9659	0.0001	0.5273	0.2948
Degradability									
DM	63.64 <sup>c</sup>	68.29 <sup>b</sup>	72.73 <sup>a</sup>	61.67 <sup>c</sup>	0.73	0.3540	0.2236	0.0023	0.0001
CP	23.86 <sup>b</sup>	34.59 <sup>a</sup>	25.93 <sup>b</sup>	29.10 <sup>ab</sup>	1.36	0.4349	0.4070	0.0049	0.0824
NDF	38.75 <sup>c</sup>	42.03 <sup>c</sup>	67.92 <sup>a</sup>	58.67 <sup>b</sup>	3.22	0.8064	0.0001	0.1919	0.0139
ADF	19.27 <sup>a</sup>	12.00 <sup>a</sup>	9.88 <sup>a</sup>	8.31 <sup>a</sup>	1.99	0.5317	0.1145	0.2714	0.4702

MGL= moderate growth potential; RGL = rapid growth potential.

Effects: B=block; R=diet; CL=yeast culture; I=interaction diet – yeast culture.

SE=Standard error.

a,b,c Values with different letters in the same row are statistically different ( $P<0.05$ ).

entre el tipo de ración y la adición del cultivo de levadura sobre la degradación de la MS, la cual se incrementó en la dieta MPC al agregar el aditivo, y disminuyó en la ración RPC. Otra interacción significativa, se observó en el caso de la degradabilidad de la FDN, cuya tasa disminuyó en la ración RPC por la presencia del cultivo y se mantuvo sin cambio en la ración MPC. No se observó efecto del tipo de ración ni de la adición del cultivo microbiano sobre la degradabilidad de la FDA. La corrida de incubación (bloque) no afectó estadísticamente ninguna de las variables analizadas (Cuadro 3).

De acuerdo con las conclusiones de varias investigaciones<sup>(8,24,25)</sup> realizadas con levadura viva o cultivos de levadura, no se observó efecto de su adición sobre el pH ruminal. La estabilización de la fermentación ruminal parece ser el aspecto más importante sobre el cual los cultivos de levadura influyen en la función ruminal. En este sentido, las fluctuaciones post alimentación en el pH del rumen asociadas con el uso de concentrados, disminuyeron marcadamente en animales suplementados con levaduras, al propiciar éstas, un descenso en la producción y un incremento en la utilización del ácido láctico ruminal<sup>(26,27,28)</sup>.

cellulolytic bacteria growth diminishes and fibrous components degradability of diets is inhibited<sup>(29)</sup>. Use of broken grain and addition of additives such as kaolin and calcium carbonate helps slow down grain fermentation rate and prevents a drop in ruminal pH, as happened in the present study with the RGL diet.

In several studies<sup>(15,30)</sup> it is mentioned that adding yeast culture decreases DM *in vitro* degradability in highly concentrated diets, as the one (RGL) evaluated in the present study, while Carro *et al*<sup>(4)</sup> found the opposite. Relative to less concentrated diets (MGL), most authors have observed none or slight increase in DM degradability<sup>(5,24)</sup>. Previous studies indicate that even though DM total digestion remains unaltered, the initial rate (ruminal) is affected by inclusion of live yeast. Due to the fact that intake is influenced by the initial rate of digestion, stimulating ruminal activity should increase intake, which in turn should improve productive performance<sup>(31,32)</sup> as is suggested by results obtained with the greater fiber content diets in the present study. Other authors explain that production response to the inclusion of *S. cerevisiae* is due to changes in ruminal fermentation owing to the elimination of oxygen in rumen and to the

La finalización de corderos con raciones con niveles crecientes de grano se asocia con una disminución en el pH ruminal, como sucedió en el presente experimento. Sin embargo, los valores encontrados en los corderos alimentados con la dieta de mayor concentración (RPC), fueron significativamente superiores a 6.0, valor mínimo señalado para presentarse problemas de acidosis<sup>(10)</sup> y por debajo del cual disminuye el crecimiento de las bacterias celulolíticas y se inhibe la degradación de los componentes fibrosos de la ración<sup>(29)</sup>. La correcta presentación del grano (quebrado) y la adición de aditivos como el caolín y el carbonato de calcio ayudan a retardar la velocidad de fermentación del grano y evitan el descenso del pH ruminal, como sucedió en el presente trabajo con la dieta RPC.

En algunos trabajos<sup>(15,30)</sup> se menciona que la adición de cultivos de levaduras disminuye la degradabilidad *in vitro* de la MS en dietas concentradas, como la aquí evaluada (RPC), mientras que Carro *et al*<sup>(4)</sup> encontraron un efecto contrario. Con respecto a las dietas de menor concentración (MPC), la mayoría de los autores han observado un ligero o nulo incremento en la degradabilidad de la MS<sup>(5,24)</sup>. Trabajos previos indican que si bien la digestión total de la materia seca resulta inalterada, la tasa inicial de digestión (ruminal) es afectada por la inclusión de levadura viva. Dado que se considera que el consumo se encuentra influenciado por la tasa inicial de digestión, la estimulación de la actividad ruminal deberá incrementar el consumo, lo que a su vez deberá mejorar el comportamiento productivo<sup>(31,32)</sup> tal y como lo sugieren los resultados obtenidos con las dietas de mayor contenido de fibra en este trabajo. Otro grupo de autores explican que la respuesta productiva observada por la inclusión de *S. cerevisiae*, es producto de cambios en la fermentación ruminal ocasionados por la eliminación de oxígeno del ambiente ruminal, y el aporte de cofactores nutricionales que estimulan la actividad y síntesis bacteriana<sup>(33,34,35)</sup> lo cual incrementa la degradación de los forrajes y el flujo de proteína microbiana del rumen al intestino delgado<sup>(36,37,38)</sup>.

La degradabilidad de la MS no fue afectada por la concentración de la ración como lo concluyen

contribución of nutritional cofactors which stimulate microbial synthesis and activity<sup>(33,34,35)</sup> which increases forage degradability and protein flow from rumen to the small intestine<sup>(36,37,38)</sup>.

Dry matter degradability was not affected by diet concentration, as concluded by Cole<sup>(39)</sup> and Ludden *et al*<sup>(40)</sup>. However, the first author observed a decreasing trend when protein increased from 10 to 15 %, while in another study ruminal degradation of corn stover nutrients was influenced by concentrate level<sup>(41)</sup>. Dias *et al*<sup>(42)</sup> observed that DM ruminal digestion decreased from 64 to 54.9 % when energy content in diets increased from 1.85 to 2.63 MCal ME kg DM<sup>-1</sup>.

As with dry matter, previous results on the effect of yeast on NDF degradability are divergent. Some studies mention that in low concentration fibrous diets it remains unchanged<sup>(43,44)</sup>, as was the case in the present study. Another study<sup>(4)</sup> mentions that in concentrated diets yeast increases NDF degradability, as simple sugars are digested and used, which improves ruminal conditions for microbial fiber digestion<sup>(27)</sup>. It has also been explained<sup>(45)</sup> that NDF degradability has increased only in *in situ* experiments in incubations of less than 24 h, while *in vitro* 48 h incubation did not show this effect<sup>(43,46)</sup>. Differences in NDF degradability rates observed in the present study can be explained by the low quality fiber of corn stover in the MGL diet as well as the higher urea content and better fiber quality in the RGL diet. Relative to this, urea supplies a continuous and adequate ammonia flow in rumen for cellulolytic bacterial growth<sup>(47,48)</sup>. Ayala *et al*<sup>(23)</sup> mention that NDF degradability in lambs fed with safflower straw decreased when inclusion of this component increased from 50 to 60 and 70 %.

The null effect of adding yeast culture on CP degradability in the diet with the higher premix content (RGL) was expected, as in accordance with product specifications, which is pelletized and manufactured with products of low ruminal degradability, with the objective of supplying overpass protein to animals. Previous studies concluded that including *S. cerevisiae* had no effect

Cole<sup>(39)</sup> y Ludden *et al*<sup>(40)</sup>, sin embargo el primer autor observó que ésta tendió a disminuir cuando la proteína se incrementó de 10 a 15 % mientras que en otro estudio se observó que la degradación ruminal de los nutrientes del rastrojo de maíz variaron con la cantidad de concentrado suplementado<sup>(41)</sup>. Dias *et al*<sup>(42)</sup> observaron que la digestibilidad ruminal de la MS disminuyó de 64 a 54.9 % al incrementarse el contenido de energía de la dieta de 1.85 a 2.63 MCal EM kgMS<sup>-1</sup>.

Al igual que en el caso de la materia seca, los resultados previos sobre el efecto de las levaduras sobre la degradabilidad de la FDN son contrastantes. Algunos trabajos mencionan que en las dietas fibrosas y poco concentradas ésta permanece sin cambio, mientras disminuye en las dietas concentradas como se observó en este trabajo<sup>(43,44)</sup>. Otro<sup>(4)</sup> menciona que en dietas concentradas las levaduras incrementan la degradación de FDN al digerir y utilizar los azúcares simples, lo que mejora las condiciones ruminales para la degradación bacteriana de la fibra<sup>(27)</sup>. También se ha explicado<sup>(45)</sup> que la degradabilidad de la FDN sólo se ha visto incrementada en experimentos *in situ* con incubaciones menores a 24 h mientras que en trabajos realizados *in vitro* con 48 h de incubación no se observó dicho efecto<sup>(43,46)</sup>. La diferencia en la tasa de degradación de la FDN observada en este trabajo, puede ser explicada por la baja calidad de la fibra aportada por el rastrojo de maíz en la dieta MPC así como por la mayor cantidad de urea y mejor calidad de fibra en la dieta RPC. Al respecto, la urea provee un aporte continuo y adecuado de amoníaco en el rumen para el crecimiento de las bacterias celulolíticas<sup>(47,48)</sup>. Ayala *et al*<sup>(23)</sup> mencionan que la degradabilidad de la FDN en corderos alimentados con paja de cártamo, disminuyó cuando la inclusión de paja se incrementó de 50 a 60 y a 70 %.

La falta de efecto de la de la adición del cultivo de levadura sobre la degradación de la PC en la ración con un mayor contenido de la premezcla (RPC) era un resultado esperado, ya que de acuerdo a las especificaciones del producto, éste se encuentra paletizado y elaborado con ingredientes de baja degradabilidad ruminal, con el objetivo de aportar

on N ruminal digestion<sup>(49)</sup>. On the other hand, adding yeast improved *in situ* N degradability at 4 and 8 h incubation, with no after effect up to 48 h<sup>(50)</sup>. This result has wide economic implication, as protein is nearly always the nutrient of greater cost in intensive fattening diets for ovines.

It can be concluded that the response to adding yeast culture to *in vitro* degradability is influenced by the intrinsic characteristics of diets. Adding yeast culture increased weight gain due to an increase in dry matter intake in lambs fed the more concentrated diet, while in animals fed the lower concentration diet, response can be attributed to an increase in dry matter degradability rate with a greater microbial protein production. On the other hand, lambs fed the higher energy – protein concentration diet showed better productive behavior, showing greater daily weight gain and better feed conversion.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to express their gratitude to Diamond V Mexico S.A. and to CECAF A.C for financial support.

*End of english version*

---

al animal proteína de sobrepaso. Estudios previos concluyeron por una parte que la inclusión de *S. cerevisiae* no tuvo efecto en la digestión ruminal del N<sup>(49)</sup> y por otro lado, que su adición mejoró la degradabilidad *in situ* del N a las 4 y 8 h de incubación, sin efecto posterior hasta las 48 h<sup>(50)</sup>. Este resultado tiene importantes implicaciones económicas, dado que la proteína es generalmente el nutriente de mayor costo en las raciones destinadas a la engorda intensiva de ovinos.

Se concluye que la respuesta a la adición de un cultivo de levadura sobre la degradabilidad *in vitro* se encuentra influenciada por las características de las raciones utilizadas. La adición del cultivo de

levaduras incrementó la ganancia de peso de los corderos debido a un aumento en el consumo de materia seca en el caso de los animales alimentados con la ración de mayor concentración, mientras que en el caso de los animales que consumieron la ración de menor concentración, dicha respuesta se puede atribuir a un incremento en la tasa de degradación de la materia seca con la consiguiente producción de proteína microbiana. Por otra parte, los corderos alimentados con la ración de mayor concentración energético-proteica mostraron un mejor comportamiento productivo, reflejado en una mayor ganancia diaria de peso y en una mejor conversión alimenticia.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Diamond V México S. A y a CECAF A.C. por el apoyo financiero para la realización de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- Wallace RJ, Newbold CJ. Probiotics for ruminants. In: Fuller R editor. *Probiotics: The Scientific Basis*. London, U.K: Chapman & Hall; 1992:317-353.
- Newbold CJ, Wallace RJ, Chen XB, McIntosh FM. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. *J Anim Sci* 1995;73(6):1811-1818.
- Newbold CJ, Wallace RJ, McIntosh FM. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British J Nutrition* 1996;76(2):249-251.
- Carro MD, Lebzien P, Rohr K. Influence of yeast culture on the in vitro fermentation (Rusitec) of diets containing variable portions of concentrates. *Anim Feed Sci Technol* 1992;37(3-4):209-220.
- Andrighetto I, Bailoni L, Cozzi G, Berzaghi P. Effects of yeast culture addition on digestion in sheep fed a high concentrate diet. *Small Rumin Res* 1993;12(1):27-34.
- Fiems LJ, Cottyn BG, Dussert L, Vanacker JM. Effect of a viable yeast culture on digestibility and rumen fermentation in sheep fed different types of diets. *Reprod Nutr Dev* 1993;33:43-49.
- Auclair E. Yeast as an example of the mode of action of probiotics in monogastric and ruminant species. In: Brufau J editor. *Feed Manufacturing in the Mediterranean Region*. Reus, Spain: CIHEAM-IAMZ; 2001:45-53.
- Zeleňák I, Jalè D, Kmet' V, Siroka P. Influence of diet and yeast supplement on in vitro ruminal characteristics. *Anim Feed Sci Technol* 1994;49(3-4):211-221.
- Haddad SG, Goussous SN. Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim Feed Sci Technol* 2005 118(3-4):343-348.
- Kawas JR, García-Castillo R, Fimbres-Durazo H, Garza-Cazares F, Hernández-Vidal JFG, Olivares-Saenz E, Lu CD. Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility and ruminal fermentation of live-weight lambs fed finishing diets. *Small Rumin Res* 2007;67(2-3):149-156.
- NRC. National Research Council. *Daily nutrient requirements of sheep*. Washington, D.C. USA: National Academy Press; 1985.
- McDougall EI. Studies on ruminant saliva. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem J* 1948;43:99-109.
- AOAC. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Washington, D.C. USA. AOAC. 1975.
- Goering HK, van Soest PJ. *Forage fiber analyses*. Agriculture Handbook No. 379. Washington, D.C. USA. USDA. 1970.
- Plata PFX, Ricalde VR, Melgoza CLM, Lara BA, Aranda IE, Mendoza MGD. Un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y la monensina sódica en el comportamiento productivo de ovinos. *Revista Científica FCV- LUZ* 2004; 14:522-525.
- Fluharty FL, McClure KE. Effects of dietary energy intake and protein concentration on performance and visceral organ mass in lambs. *J Anim Sci* 1997;75(3):604-610.
- Dabiri N, Thonney ML. Source and level of supplemental protein for growing lambs. *J Anim Sci* 2004;82(11):3237-3244.
- Machado RML, Susin I, Vaz PA, de Souza FJ, Quirino MC. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude proteins levels. *Sci Agric* 2004;61:141-145.
- Beauchemin KA, McClelland LA, Jones SDM, Kozub GC. Effects of crude protein content, protein degradability and energy concentration of the diet on growth and carcass characteristics of market lambs fed high concentrate diets. *Can J Anim Sci* 1995;75:387-395.
- Macedo R, Arredondo V, Beauregard J. Influence of yeast culture on productive performance of intensively fattened Pelibuey lambs in Colima, México. *Rev AIA* 2006;10(3):59-67.
- Rose AH. Yeast, a microorganism for all species: a theoretical look at its mode of action. In: Lyons TP editor. *Biotechnology in the Feed Industry*. Nicholasville, Kentucky: Alltech Technical Publications. 1987:113-118.
- Dinius DA, Baumgardt BR. Regulation of food intake in ruminants. 6. Influence of caloric density of pelleted rations. *J Dairy Sci* 1970;53(3):311-316.
- Adams DC, Galyean ML, Kiesling HE, Wallace JD, Finker MD. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing lambs and digestibility in lambs. *J Anim Sci* 1981;53(3):780-789.
- Ayala OJ, Mendoza MGD, Bárcena GR, González MSS. Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y melaza-urea sobre la digestibilidad in vivo e in situ en dietas para ovinos basadas en paja de cártamo. *Vet Mex* 1994;25:221-226.
- García CCG, Mendoza MGD, González MS, Cobos, PM, Ortega CME, Ramírez LR. Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and monensin on ruminal fermentation and digestion in sheep. *Anim Feed Sci Technol* 2000;83:165-170.

## LEVADURAS SOBRE DEGRADACIÓN *IN VITRO* Y PRODUCTIVIDAD EN CORDEROS PELIBUEY

26. Williams PEV, Tait CAG, Innes GM, Newbold CJ. Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of sheep and steers. *J Anim Sci* 1991;69(7):3016-3026.
27. Girard ID, Jones CR, Dawson KA. Lactic acid utilization rumen-stimulating cultures receiving a yeast culture supplement [abstract]. *J Anim Sci* 1993;71(Suppl1):288.
28. Chaucheyras F, Fonty G, Bertin G, Salmon JM, Gouet P. Effects of a strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell® SC1), a microbial additive for ruminants, on lactate metabolism in vitro. *Can J Microbiol* 1996;42:927-933.
29. Stewart CS. Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Appl Environ Microbiol* 1977;33:497-502.
30. Harrison GA, Hemken RW, Dawson KA, Harmon RJ, Barker KB. Influence of addition of yeast culture supplements to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *J Dairy Sci* 1988;71(11):2967-2975.
31. Wallace RJ. The mode of action of yeast culture in modifying rumen fermentation. In: Lyons TP and Jacques KA editors. *Proceedings of Alltech's 12<sup>th</sup> Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry*. Loughborough, Leicester, U.K: Nottingham University Press; 1996:217-232.
32. Dawson KA. Manipulating rumen microbial population to improve animal production. In: *Proceed Internountain Nutrition Conference "Animal Nutrition, Health and Profit"*. Utah, USA: Utah State University 2002:1-22.
33. Dawson KA, Newman KE, Boling JA. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J Anim Sci* 1990;68(10):3392-3398.
34. Wallace RJ. Ruminal microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition; progress and problems. *J Anim Sci* 1994;72(11):2992-3003.
35. Fonty G, Chaucheyras-Durand F. Effects and mode of action of live yeasts in the rumen. *Biologia* 2006;61:741-750.
36. Erasmus LJ, Botha PM, Kistner A. Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation and duodenal nitrogen flow in dairy cows. *J Dairy Sci* 1992;75(11):3056-3065.
37. Arzola C, Ortiz FA, Ruiz O, Grado A. Effect of the addition of a yeast culture on the in situ ruminal degradability of a concentrate diet by sheep. *Trop Subtrop Agroecosystems* 2003;3: 159-162.
38. Yoon I, Guritz C, Garrett J. Influence of yeast culture on ruminal degradation of corn silage in situ. In: *Yeast Culture Laboratory Research Report*. Cedar Rapids, Iowa, USA. Diamond V Technical Center. 1998.
39. Cole NA. Nitrogen retention by lambs fed oscillating dietary protein concentrations. *J Anim Sci* 1999;77(1):215-222.
40. Ludden PA, Wechter TL, Hess BW. Effects of oscillating dietary protein on nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and gastrointestinal organ mass in sheep. *J Anim Sci* 2002;80(11):3021-3026.
41. Wang XLZ, Lee F. Influence of concentrate level on dry matter intake, N balance, nutrient digestibility, ruminal outflow rate, and nutrient degradability in sheep. *Small Rumin Res* 2005;58:55-62.
42. Dias HLC, Valadares Filho SC, Coelho Da Silva JF, Fonseca PM, Cecon PR, Leão MI, Didal de Oliveira R. Intake and total and partial digestion in F1 Limousin x Nellore bulls fed diets with five levels of concentrate. *R Bras Zootec* 2000;29(2):545-554.
43. Chademana I, Offer NW. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim Prod* 1990;50:483-489.
44. Corona L, Mendoza GD, Castejón FA, Crosby MM, Cobos MA. Evaluation of two yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal fermentation and digestion in sheep fed a corn stover diet. *Small Rumin Res* 1999;31:209-214.
45. Williams PEV, Newbold CJ. Rumen probiosis: the effects of novel microorganisms on rumen fermentation and ruminant productivity. In: Haresign W, Cole DJA editors. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworths, London. U.K; 1990:211-227.
46. Williams PE. Understanding the biochemical mode of action of yeast culture. In: Lyons TP editor. *Biotechnology in the Feed Industry*. Nicholasville, Kentucky, USA: Alltech Technical Publications. 1989:79-99.
47. Sudana IB, Leng RA. Effects of supplementing a wheat straw diet with urea and urea-molasses block and/or cottonseed on intake and live weight changes in lambs. *Anim Feed Sci Technol* 1986;16:25-35.
48. Preston TR. *Tropical animal feeding. A manual for research workers*. FAO Animal Production Health and Paper 126. Rome, Italy: FAO. 1995.
49. Jouany JP, Mathieu F, Senaud J, Bohatier J, Bertin G, Mercier M. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* on the digestion of nitrogen in the rumen of defaunated and refaunated sheep. *Anim Feed Sci Technol* 1998;75:1-13.
50. Doreau M, Jouany JP. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* culture on nutrient digestion in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1998;81(12):3214-3221.

