



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de *Ovis aries* var. Blackbelly sobre su comportamiento productivo y función digestiva

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Recursos Bióticos

Presenta

Juan Antonio Rodríguez García

Juriquilla Querétaro, Junio de 2008



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Recursos Bióticos

Influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de *Ovis aries* var. Blackbelly sobre su comportamiento productivo y función digestiva

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Recursos Bióticos

Presenta:

Juan Antonio Rodríguez García

Dirigido por:

Dra. María Guadalupe Bernal Santos

SINODALES

Dra. María Guadalupe Bernal Santos
Presidente

Dr. Humberto Suzán Azpiri
Secretario

MC. Araceli Aguilera Barreyro
Vocal

Dra. Tercia Cesárea Reis de Souza
Suplente

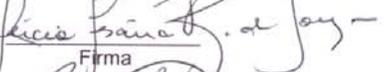
Dr. Robert W. Jones
Suplente

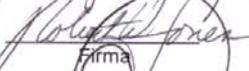
Biol. Jaime Angeles Angeles
Director de la Facultad

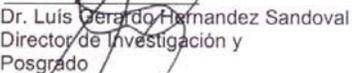

Firma


Firma


Firma


Firma


Firma


Dr. Luis Gerardo Hernandez Sandoval
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Junio 2008
México

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el empleo de dos cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento de ovinos Blackbelly. Se llevaron a cabo tres pruebas: 1) comportamiento durante la lactancia; 2) comportamiento durante la engorda; y 3) digestibilidad *in vivo* de la materia seca. En la prueba de comportamiento en lactancia: se emplearon 56 corderos, alojados con sus madres (32 hembras) distribuidos al azar entre los tres tratamientos: 1) Alimento iniciador sin levadura (control), 2) Control + Levadura-A, 2 g/cordero/día; y 3) Control + Levadura-B, 1g/cordero/día. Desde su primera semana de edad hasta el destete (57 días) recibieron a libertad un alimento iniciador comercial (15.61% de PC, 3.76 Mcal de E. Bruta) adicionándose las levaduras correspondientes sobre el concentrado iniciador al servirlo. Las variables de respuesta evaluadas fueron: peso final, ganancia diaria de peso, consumo diario de materia seca y conversión alimenticia. La ganancia diaria de peso fue mejor con la Levadura-B ($P<.009$) ($F=32.71$) que con el control y la Levadura-A (0.207 kg./día contra 0.177 y 0.140 kg./día, respectivamente). Para la prueba de comportamiento en engorda, se emplearon 11 corderos provenientes de la prueba de lactancia, destetados a los 57 días de edad, recibiendo durante 90 días: 1) Ración integral (Control); 2) Control + Levadura-A (3g/animal/día), y 3) Control + Levadura-B (1.5 g/animal/día). El peso final fue mejor ($P<0.008$) ($F=6735.23$) para el grupo recibiendo Levadura-B no habiendo diferencias en conversión alimenticia entre tratamientos ($P>0.4$) ($F=2.50$). La prueba de digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca se llevó a cabo por el método de colección total empleando seis machos Blackbelly distribuidos entre los mismos tres tratamientos conforme a un diseño de Cuadrado Latino repetido. Los coeficientes de digestibilidad fueron similares para los tres tratamientos, siendo sus valores 85.28%, 83.13% y 82.30, respectivamente para el grupo control, el que recibió la Levadura-A y el de la Levadura-B, respectivamente. El empleo de la Levadura-B resultó ser benéfica en el comportamiento de corderos lactantes y en engorda, pero ninguno de los cultivos de levadura mejoró la digestibilidad aparente de la materia seca.

(**Palabras clave:** cultivo de levaduras, *Saccharomyces cerevisiae*, Blackbelly, comportamiento, digestibilidad.)

SUMMARY

The present study was designed to evaluate the inclusion of two types of yeast cultures of *Saccharomyces cerevisiae* in food concentrate for Blackbelly lambs. Three trials were conducted: 1) Lactation trial; 2) Performance trial; and 3) *in vivo* dry matter digestibility. In the lactation trial, 56 lambs were housed in pens with creep-feeding facilities together with their mothers (32 ewes) and randomly distributed into three experimental treatments: 1) Commercial concentrate without yeast cultures (control); 2) control + yeast culture-A, 2g/lamb/d; and 3) control + yeast culture-B, 1g/lamb/d. From week one after birth and for 57 days thereafter, lambs were fed *ad libitum* their concentrate (15.61% CP, 3.76 Mcal gross energy). Corresponding yeast culture was top dressed daily on their concentrate. Response variables were final body weight, daily weight gain, daily dry matter intake and feed conversion. Daily weight gain was greater with yeast culture-B ($P<0.009$) ($F=32.71$) than with control or yeast culture-A (0.207 kg/d vs. 0.177 and 0.140 kg/d, respectively). For the performance trial, 11 lambs from previous trial, weaned at 57 days of age, were fed during 90 days the following: 1) Total mixed ration with no yeast culture (control); 2) control + yeast culture-A, 3g/animal/d; and 3) control + yeast culture-B, 1.5 g/animal/d. Final body weight was better ($P<0.008$) ($F=6735.23$) for group receiving yeast culture-B, but no differences were found in feed intake and conversion ($P>0.4$) ($F=2.50$). For the digestibility trial, six mature Blackbelly male sheep were distributed into same treatments as above, according to a duplicated Latin Square design, to estimate *in vivo* apparent dry matter digestibility by total collection method. Digestibility coefficients were similar ($P>0.1$) for all treatments, with values of 85.28%, 83.13% and 82.30, for the control group, those receiving yeast culture-A and yeast culture-B, respectively. Use of yeast culture-B proved beneficial for lactating and growing and finishing sheep, but none of the yeast cultures evaluated altered dry matter digestibility.

(Key words: yeast cultures, *Saccharomyces cerevisiae*, Blackbelly, performance, digestibility)

DEDICATORIA

IN MEMORIA A MIS PADRES

Juan Rodríguez Palomo

Anila García Pineda

Por que no hay regalo

Más grande que el

Regalo de la VIDA

AGRADECIMIENTOS

A mi familia

A mis amigos

Por todo lo que representan en mi vida

A las Instituciones de Educación Pública de este GRAN PAÍS y a todos mis
PROFESORES por la formación recibida.

ÍNDICE

| | Página |
|--|---------------|
| Resumen..... | i |
| Summary..... | ii |
| Dedicatoria..... | iii |
| Agradecimientos..... | iv |
| Índice..... | v |
| Índice de cuadros..... | vi |
| Índice de figuras..... | vii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| Situación actual de la ovinocultura..... | 4 |
| Sistema digestivo ovino..... | 6 |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 10 |
| III HIPÓTESIS..... | 13 |
| IV OBJETIVOS..... | 13 |
| V METODOLOGÍA..... | 14 |
| Ubicación geográfica..... | 14 |
| Prueba de comportamiento durante la lactancia..... | 14 |
| Prueba de comportamiento durante la engorda..... | 17 |
| Prueba de digestibilidad <i>in vivo</i> | 20 |
| VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 22 |
| VII CONCLUSIONES..... | 33 |
| VIII LITERATURA CITADA..... | 34 |
| Anexo 1..... | 39 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|---|--------|
| 1 Composición química del concentrado iniciador ENG® ¹ para los corderos Blackbelly durante la lactancia | 16 |
| 2 Composición porcentual y química de la ración integral de la prueba de comportamiento en engorda de corderos de la variedad Blackbelly | 19 |
| 3 Comportamiento productivo de corderos Blackbelly suplementados con cultivos de levaduras de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> desde el nacimiento hasta el destete | 22 |
| 4 Comportamiento productivo de ovinos Blackbelly consumiendo una ración conteniendo cultivos de levaduras de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> desde la etapa de lactancia hasta el peso al sacrificio..... | 26 |
| 5 Digestibilidad aparente de la materia seca en ovinos Blackbelly consumiendo cultivos de levaduras de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 30 |
| A.1 Composición porcentual y química de la ración integral de las madres de la variedad Blackbelly durante la lactancia..... | 40 |
| A.2. Prueba de X^2 de Bartlett para homogeneidad de varianzas poblacionales | 42 |
| A.3. Características productivas de hembras Blackbelly alimentando a corderos suplementados con cultivos de levaduras de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en su concentrado iniciador | 43 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Distribución aleatoria de los corderos Blackbelly en la prueba de comportamiento en lactancia..... | 15 |
| 2 | Distribución aleatoria de los corderos Blackbelly durante la prueba de comportamiento en engorda..... | 18 |
| 3 | Modelo matemático de la prueba de X^2 de Bartlett (Daniel, 2006), para determinar la homogeneidad de la varianza de la población en estudio..... | 41 |

I. INTRODUCCIÓN

La tendencia en la producción ovina a nivel mundial está dirigida principalmente a la obtención de carne y solo en algunas zonas se considera de importancia comercial la producción de lana y leche (Lych y col., 1992). En América Latina predomina la producción de carne y México no escapa a esta tendencia, teniendo una población ovina en el año 2004 de 7'207,406 cabezas de ganado (SIAP, 2008), la cual se desarrolla mayoritariamente bajo condiciones extensivas, intensivas y semi-intensivas (Romero, 2006).

Dentro de las empresas pecuarias, la alimentación tiene un importante impacto en la productividad de los animales. La utilización de aditivos es una de las alternativas de manejo más importantes para reducir los costos de alimentación y ha permitido hacer más eficiente el aprovechamiento de los nutrimentos. Existen aditivos de diversos orígenes, entre los que se encuentran los ionóforos, los cuales cambian la proporción intra y extra celular de diversos iones, los antibióticos cuyo principio activo se fundamenta en la toxicidad selectiva sobre estructuras o funciones específicas del microorganismo al que ataca, los implantes anabólicos que incrementan el ingreso de compuestos energéticos y aminoácidos a nivel celular y los probióticos (Ricalde y col., 1998). Los probióticos están compuestos por células vivas con o sin sus medios de cultivo y cuya presencia en el rumen favorece su ecología microbiana (Samudio y De León, 2002).

Dentro del grupo de los probióticos se encuentran los cultivos de levaduras, ya sean deshidratados que retienen la capacidad de fermentación o de levaduras inactivas que se consideran una fuente de células viables (Miles, 1994). Los cultivos de levaduras utilizados ya de manera comercial pertenecen principalmente a las especies de *Aspergillus oryzae* y *Saccharomyces cerevisiae*.

Los *Saccharomyces cerevisiae* son cultivos de levaduras vivas de hongos los cuales son unicelulares ovoides u elípticos no móviles, que crecen a temperaturas de 25 a 40 °C. Pueden tolerar un pH de 3.5 (Flores, 2000), están adaptados a ambientes con alto contenido de azúcar, tienen una habilidad limitada para multiplicarse en el líquido ruminal, en el cual estimulan el crecimiento de

bacterias celulolíticas y bacterias utilizadoras de ácido láctico. Esta habilidad parece estar relacionada con su destreza para disminuir las concentraciones potencialmente inhibitorias de oxígeno (Newbold y col., 1996).

Diversos estudios han demostrado el beneficio de la inclusión de cultivos de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en la ración. En la engorda de becerros, se han encontrado ganancias diarias de peso entre 1.18 y 1.27 kg./d (García, 1999); asimismo, en bovinos de engorda se han obtenido ganancias diarias de peso que varían desde 1.18 hasta 1.53 kg. (García, 2004). En la engorda de ovinos, se han visto mejoras en el consumo de materia seca, así como ganancias diarias de peso de 231 g cuando se suplementó con un alimento conteniendo cultivos de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* (Plata y col., 2006).

Otro efecto benéfico que se le atribuye a la suplementación de cultivos de estas levaduras, es el incremento en la digestibilidad de la materia seca, lo cual probablemente se debe a la estabilidad en el pH que los cultivos promueven en el rumen (Callaway y Martin, 1997). Este efecto es aprovechado por las bacterias celulolíticas para digerir las paredes celulares de los forrajes. Se ha observado que en ovinos alimentados con forraje de baja calidad, la digestibilidad de la materia orgánica se incrementó, pasando de 56 % en el grupo control a 58 %, en los animales suplementados con *Saccharomyces cerevisiae* (Wilbert, 2005).

En la actualidad no se dispone de información sobre el efecto de la suplementación con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en el concentrado iniciador de corderos, desde el nacimiento hasta el destete. Probablemente la administración de estas levaduras desde la etapa de lactancia pueda influenciar en el desarrollo ruminal, con lo que resultaría en un mejor aprovechamiento de los alimentos sólidos consumidos en esta etapa y con mejores pesos al destete, estando los animales mejor preparados para enfrentar el estrés al que son sometidos en esta fase.

Con base en lo anterior y en virtud de la escasez de estudios que evalúen la inclusión de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en el concentrado iniciador de corderos de la especie *Ovis aries* var. Blackbelly durante la etapa de lactancia, se diseñó el presente estudio para conocer el comportamiento productivo de corderos suplementados con cultivos de levadura desde la fase de lactancia y durante el periodo de engorda hasta llegar al peso sugerido en el mercado para el consumo humano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La alimentación animal en las especies de producción doméstica tiene como objetivo hacer más eficiente la utilización de los nutrientes de la ración para mejorar la productividad animal y las ganancias de los productores. Asimismo, al hacer más eficiente la producción animal se mejora la condición de vida de los animales y se aprovecha de mejor manera el recurso alimenticio disminuyendo el deterioro del medio ambiente. A continuación se presentan algunos aspectos relevantes relacionados con el empleo de aditivos en la alimentación animal de los rumiantes y en particular de los ovinos, describiendo las características de la producción ovina nacional, el sistema digestivo del ovino y el empleo de probióticos en esta especie.

A) Situación actual de la ovinocultura.

El inventario nacional de cabezas de ganado en la población de rumiantes para el año 2004 indicaba que la mayor cantidad correspondía a los bovinos con 30'989,968 cabezas, seguido por los caprinos con 8'870,312 cabezas y en último lugar los ovinos con 7'207,406 cabezas. Esta población ovina se distribuye en todo el territorio nacional, destacando por su cantidad los estados de México con 1'251,616, Hidalgo con 882,605 y Oaxaca con 530, 084 cabezas de ganado (SIAP, 2008). Esta producción de ovinos se desarrolla bajo tres sistemas de producción que son la extensiva, la intensiva y la semi-intensiva (Romero, 2006).

Sistema de producción extensivo. Se desarrolla en la zona norte del país y se caracteriza por alimentar a los animales bajo condiciones de pastoreo en agostaderos o praderas nativas durante las 24 horas del día. En la zona centro del país los animales también se pastorean durante el día, pero con encierro nocturno en corrales que cuentan con piso de tierra y bebedero improvisado, los animales no reciben ningún tipo de manejo como son la desparasitación o la vacunación, ni complemento alimenticio en el corral a la llegada al encierro nocturno.

Sistema de producción intensivo. Se lleva a cabo en el centro del país. Los animales se encuentran en estabulación durante las 24 horas del día, empleándose razas puras como Dorset, Hampshire, Suffolk, Dorper, Katahdin y Blackbelly. En este sistema se aplican técnicas de manejo como la alimentación selectiva de las crías (creep feeding) durante la etapa de lactancia (Haresing, 1989), la cual representa una alternativa para aprovechar la mayor capacidad de consumo del cordero en relación con la producción de leche de la borrega. La alimentación selectiva es de suma importancia cuando se realizan destetes tempranos y más aún cuando los partos son múltiples. Empleando este sistema se han observado beneficios en cuanto a la velocidad de adaptación de los animales a dietas a base de grano y forrajes toscos, con una menor incidencia de problemas metabólicos, buenas ganancias de peso y conversiones alimenticias a edades tempranas. Ésto se debe a que al tener el animal acceso al alimento sólido desde el inicio de su lactancia, le permitirá desarrollar su rumen más rápido y por lo tanto al momento del destete, éste será completamente funcional disminuyéndose el estrés nutricional que representa esa etapa (Martínez, 1996).

La raza ovina Blackbelly está bien establecida en México, es originaria de la isla de Barbados, son animales de talla mediana con pesos en la etapa adulta que fluctúan de 50 a 60 kg. para las hembras y 60 a 80 kg. para los machos; es una raza precoz, prolífica y rústica, sus hembras tienen una buena aptitud materna (Rojas y col., 2001).

Sistema de producción semi-intensivo. Este sistema combina las características del sistema intensivo y del extensivo. Se utiliza en todo el territorio nacional y los animales son alojados en corrales durante la noche, además de ser complementados en su alimentación en pesebre, aplicando técnicas de manejo como el control de parásitos o calendarios de vacunación, que lo diferencia del sistema de producción extensivo.

La ovinocultura nacional en la actualidad no es capaz de satisfacer la demanda de carne de borrego, los modelos de producción ovina en su gran mayoría cuentan con rebaños ovinos con bajos índices de producción y poco interés de los productores en constituir una empresa económicamente redituable, lo cual favorece la importación de ganado ovino. La orientación actual de la ovinocultura se encamina básicamente hacia la producción de carne, en donde se obtienen mejores precios en pie y en canal en comparación con las otras producciones pecuarias (Cuellar, 2003). A nivel Latinoamericano México ocupa el sexto lugar en cuanto a número de cabezas de ganado por debajo de países como Brasil con 14.18 millones, Perú con 14.05 millones, Argentina con 12.45 millones, Uruguay con 9.5 millones y Bolivia con 8.55 millones. Sin embargo, en producción de carne México ocupa el tercer lugar en Latinoamérica con 42,190 toneladas, por debajo de Brasil con 76 mil toneladas y Argentina con 51,700 toneladas, México también es el principal importador de carne ovina de Latinoamérica y sexto mundial para el año 2004 con 40,272 toneladas (Acero, 2005).

B) Sistema digestivo ovino

Cuando los rumiantes aparecieron sobre la faz de la tierra durante el periodo comprendido entre el Cretáceo tardío y el Paleoceno temprano, la alimentación de los mamíferos se basaba en el consumo de frutos probablemente debido a que estas eran fácilmente procesadas por el sistema digestivo desarrollado hasta el momento. La alimentación basada en el consumo de hojas se efectúa hasta mediados del periodo del Pleistoceno, teniéndose que establecer como prerequisite la evolución de los animales hacía un tamaño mayor que les permitiera incrementar la capacidad gastrointestinal, con lo cual los microorganismos ruminales obtuvieran el tiempo adecuado para efectuar la fermentación y extraer los nutrientes del alimento (Mackie y col., 2000). En estudios recientes de diversos animales tanto silvestres como domésticos, las características de su sistema digestivo revelan las variaciones funcionales de los diferentes compartimentos que lo conforman, siendo su principal función garantizar la digestión y absorción de los nutrientes y la excreción de los productos de desecho a través de los diferentes órganos digestivos, lo cual se ve influenciado por sus diferencias en los hábitos de consumo y de elección del alimento (Hofmann, 1988; Shimada, 2003).

Con base en su comportamiento etológico para seleccionar el alimento y sus hábitos de consumo, los rumiantes se pueden clasificar en tres grupos de consumidores:

- Animales selectores de concentrados. Prefieren alimentos altos en nutrientes con poca fibra, son generalmente ramoneadores y consumidores de plantas arbustivas. Los representantes de este grupo son las jirafas (*Girafa camelopardalis*) y los alces (*Alces alces*).
- Animales consumidores intermediarios. Sus hábitos alimenticios incluyen tanto las tendencias hacia el ramoneo de arbustivas, como el consumo de gramíneas como los pastos, ya sean nativos o introducidos. Los animales de este grupo pueden ser silvestres como la gacela (*Gazela spp.*) y el caribú (*Rangifer tarandus*) o domésticas como la cabra (*Capra hircus*).
- Animales consumidores de pastos. Seleccionan especies típicas de pastoreo, nativas o introducidas. Dentro de este grupo se encuentran el muflón (*Ovis musimos*), bisontes (*Bison bison bison*), ovinos (*Ovis aries*) y bovinos (*Bos taurus* y *Bos indicus*) (Hofmann, 1988).

El rumen, principal compartimiento del estómago del ovino es un micro-hábitat básicamente anaeróbico, presenta la misma temperatura que el animal (37 °C), cuenta con un pH que varía entre 6 y 7, mismo que es regulado por los productos finales de la acción de los microorganismos ruminales y las sustancias amortiguadoras de la secreción salival, con una presión osmótica de 10^{-4} atmósferas. Los microorganismos que ahí residen son anaeróbicos obligados, aunque llegan a presentarse aeróbicos facultativos, siendo los mismos bacterias, protozoarios y hongos. Principalmente los sustratos sobre los cuales actúan las bacterias son la celulosa, el almidón, las pectinas, los xilanos, el ácido fórmico y el hidrógeno. Los protozoarios actúan sobre el almidón, los azúcares y las hemicelulosas (Van Soest y col., 1988; Van Soest, 1994).

Existen diferentes tipos de interacción biológica entre los microorganismos ruminales como son la competencia, la depredación, el mutualismo y el neutralismo que a continuación se describen brevemente.

- Competencia: en esta interacción el incremento de una especie A ocasiona la disminución de la especie B y viceversa el incremento de la especie B ocasiona el decremento de la especie A; estas disminuciones en las tasas de crecimiento son a causa de la oferta del recurso alimenticio.
- Depredación: interacción en la cual la presencia de una especie A incrementa la tasa de crecimiento de la especie B, mientras que la presencia de la especie B disminuye la tasa de crecimiento de la especie A, esto se debe a que la especie B se alimenta de los miembros de la especie A.
- Mutualismo: aquí las especies participantes salen beneficiadas al ofrecer alimentos en forma directa o indirecta además de cooperar o facilitar el desarrollo y establecimiento de otras especies.
- Neutralismo: es aquella interacción cuando dos especies no se afectan ni se benefician entre ellas (Russell, 1988; Soberón, 2002).

Los nutriólogos especialistas en rumiantes de acuerdo al sustrato sobre el cual actúan los microorganismos los clasifican en: Celulolíticos como *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Bacteroides succinogenes*. Los que actúan sobre la Hemicelulosa como *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Bacteroides succinogenes* y *Butyrivibrio fibrisolvens*. Los que actúan sobre almidones como *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminicola* y *Bacteroides amylophilus*. Los que actúan sobre pectina como *Bacteroides ruminicola*, *Bacteroides amylophilus* y *Succinivibrio dextrinosolvens* (Russell, 1988).

Como resultado de estas interacciones se llevan a cabo los procesos de fermentación ruminal, los cuales inician con los nutrientes del alimento y en un segundo plano los microorganismos que actúan sobre los productos de la fermentación inicial, remueven los productos finales del alimento y de los microorganismos de la fermentación inicial (Russell, 1988; Van Soest, 1994).

Estos procesos de fermentación se pueden efectuar debido a los mecanismos de adhesión de los microorganismos hacía el sustrato y se catalogan en:

- Vinculados con el fluido ruminal, los cuales utilizan los nutrientes solubles del líquido ruminal y aquellos que se van desprendiendo de las partículas del alimento, con un pobre papel en la adhesión de las partículas sólidas; sin embargo, son los que inician los procesos de colonización de las nuevas partículas alimenticias, ejemplo *Megasphaera elsdenii*.
- Débilmente asociados con la partícula, son fácilmente desprendibles de la partícula del alimento, los cuales se adhieren por mecanismos inespecíficos que implican interacción físico – química o interacción con otros microorganismos adheridos a la partícula, ejemplo *Butyrivibrio fibrisolvens*.
- Firmemente adheridos a las partículas, los cuales permiten una mayor eficiencia de la hidrólisis enzimática y mayor disponibilidad de los productos de degradación de la pared, protege de la depredación de otras especies y aumenta el tiempo de retención del alimento en el rumen, ejemplo *Ruminococcus albus* (Forsberg y col., 2000).

Existen diversos factores que afectan la calidad de fermentación ruminal, entre los cuales se encuentran los descritos anteriormente, relacionados con la ubicación de los microorganismos en el ecosistema ruminal, pero además de éstos influyen factores como la composición y calidad del alimento, la acción de las soluciones amortiguadoras, las propiedades intrínsecas del alimento y la presentación física de la dieta, ya sea ésta como alimento concentrado, fibroso o voluminoso. Todos estos factores también alteran el tiempo de residencia del alimento en el rumen, con lo cual se modifica

el aprovechamiento de los nutrientes del alimento alterando la digestibilidad del mismo. Los productos finales de la fermentación microbiana ruminal son ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, pequeñas cantidades de ácido láctico, bióxido de carbono y metano, entre otros (Russell, 1988; Van Soest, 1994).

La eficiencia con la cual los microorganismos utilizan los nutrientes del alimento depende de las condiciones de estabilidad del microhábitat ruminal. El pH es un factor que determina la viabilidad de las bacterias, así las que actúan sobre la celulosa actúan mejor en un pH que se encuentre entre 6 y 7. Mientras tanto, las bacterias que utilizan almidón son más competitivas en pH de 4 a 5. Por otro lado, las bacterias metanogénicas contribuyen a estabilizar el pH por su alto consumo de iones de hidrogeno producidos por la fermentación bacteriana de carbohidratos y proteínas (Russell, 1988).

C) Saccharomyces cerevisiae

El grupo de hongos de *Saccharomyces cerevisiae*, son organismos unicelulares de tipo levadura que pertenecen al reino Fungi y a el filo Ascomycota, son células ovoides u elípticas, sin motilidad, que son capaces de llevar a cabo procesos de fermentación propiedad que se ha explotado para la alimentación animal (Newbold y col., 1996). Los hongos son parte de la vida de los rumiantes desde los días en que estos evolucionaron, forman parte de un fragmento del medio circundante en el microhábitat ruminal. Su utilización con propósitos de fermentación ha sido parte de la cultura de casi todas las civilizaciones por muchos años. La utilización de levaduras para propósitos de alimentación en los rumiantes comenzó en el año de 1925 (Newbold y col., 1995), diversos aditivos alimenticios se han integrado al mercado bajo el nombre genérico de probiótico, considerando que estos son los productos secos de los microorganismos, el medio en que crecieron y los residuos de su metabolismo (Gómez y Llamas, 1990).

La creciente utilización en la industria alimenticia animal de antibióticos y otros grupos de promotores de crecimiento, ha ocasionado que los investigadores en nutrición animal y los microbiólogos, realicen estudios para la manipulación del ecosistema ruminal, que permita mejorar la eficiencia productiva de los animales domésticos, con la finalidad de reducir las pérdidas de energía y

nutrientes. Esto se ha logrado con la adicción de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*, en las dietas de los animales; sin embargo, los mecanismos por los cuales actúan estos cultivos aun no están claros, se han sugerido diversos modos de acción, los cuales se ven influenciados por la composición de la dieta.

- Alteran el patrón de fermentación ruminal, al estimular el crecimiento de bacterias celulolíticas, aumenta el consumo de materia seca y la digestión de la fibra (Williams y col., 1991; Giger-Reverdin y col., 1996; Sullivan y Martin, 1999).
- Dietas ricas en carbohidratos fermentables estimulan la actividad de los microorganismos celulolíticos, estabilizan el pH ruminal y disminuyen las concentraciones de ácido láctico, el cual es utilizado por las bacterias *Selenomonas ruminantium* y *Megasphaera elsdenii*, las cuales incrementan su población (Nisbet y Martin, 1991; Dawson, 1992; Callaway y Martin, 1997).
- Inhiben las concentraciones parciales de oxígeno que llega a localizarse en el microhábitat ruminal, favorece el crecimiento de las bacterias anaeróbicas ruminales, siendo éstas fuente de proteína cruda, además de incrementar la digestibilidad de la fibra (Dawson y col., 1990; Martin y Nisbet, 1992; Guedes y col., 2007)

A los productos que contienen *Saccharomyces cerevisiae* García (1999) los clasifica en: Levaduras procesadas los cuales son subproductos de la industria alimenticia o cervecera que son colocados en autoclave para matar las levaduras, filtrados de la fermentación de las levaduras, que contienen cepas de levadura conocidas y condiciones de crecimiento controladas; cultivos de levadura que son una mezcla de la levadura más la incorporación de su medio de cultivo y finalmente los concentrados de levaduras, compuestos de levaduras deshidratadas que cuentan con altas concentraciones de células viables así como también de su actividad fermentadora.

Entre los productos comerciales que contienen cultivos de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* encontramos en el mercado:

- Levucell SC. *Saccharomyces cerevisiae*. Viva. cepa I-1007. Laboratorio Lallemand.
- Biosaf. *Saccharomyces cerevisiae*. Viva. Cepa Sc47. Laboratorio Saf Agri.
- Yea Sac. *Saccharomyces cerevisiae*. Viva. Laboratorio Alltech.
- Procreatin 7. *Saccharomyces cerevisiae*. Viva. Cepa pura. Laboratorio Saf Agri.
- Diamond V XP. *Saccharomyces cerevisiae*. Deshidratada. Laboratorio Diamond V.
- Nutri Bio. *Saccharomyces cerevisiae*. Deshidratada. Laboratorio Saf Agri.
- Selenio source AF 2000. *Saccharomyces cerevisiae*. Deshidratada. Laboratorio Diamond V (Gómez y Llamas, 1990; García, 2004).

Se ha estudiado el efecto de la inclusión de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en diferentes especies animales de producción, en cabras de la variedad Saanen, Stella y col. (2007) administrando dos gramos al día de cultivos de levaduras en las tres primeras semanas de lactación reportan que se incrementó la producción de leche y el consumo de materia seca. Kamel y col. (2004) en ovinos canulados empleando 11.25 y 22.5 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* y un grupo control, reportan que se incrementó la degradación de la materia orgánica del heno Berseem (*Trifolium alexandrinum*). Mir y Mir (1994) administrando levaduras a bovinos en engorda con tres diferentes raciones experimentales no encontraron diferencias en el peso y calidad de las canales entre los grupo control y experimental.

III. Hipótesis

La inclusión de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de ovinos incrementa su eficiencia productiva y la digestibilidad de la materia seca de la ración.

IV. Objetivos

- Valorar la inclusión de cultivos de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento concentrado iniciador de corderos durante las etapas de lactancia y de engorda, en términos de su eficiencia productiva.
- Valorar el efecto de la suplementación de cultivos de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca.

V. METODOLOGÍA

Ubicación geográfica:

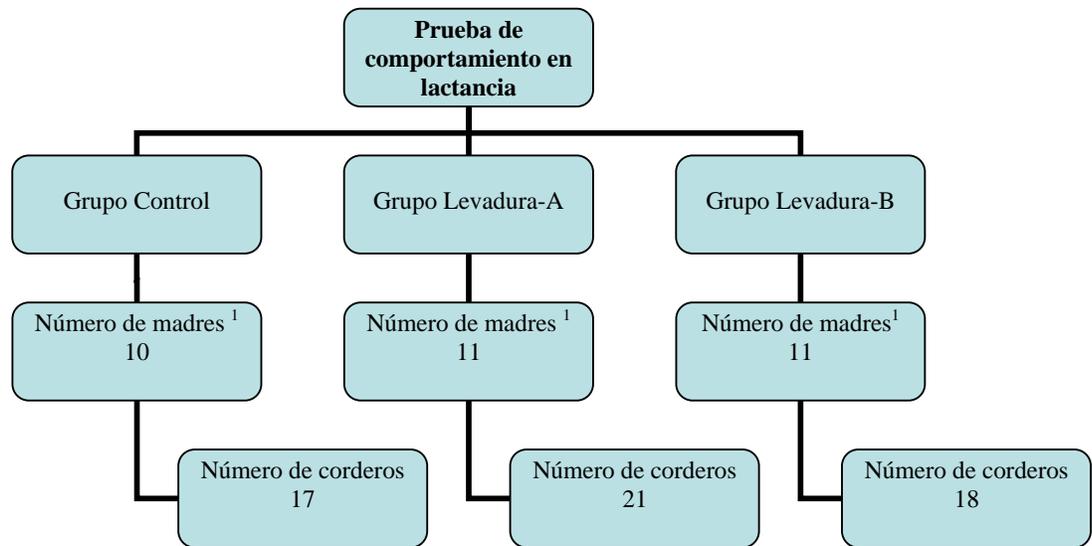
El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la posta zootécnica de la licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en la localidad de Amazcala, municipio de El Marqués, Querétaro. La posta se localiza a los $20^{\circ} 42' 40.8''$ N y $100^{\circ} 15' 24.7''$ O, a una altura de 1,930 m sobre el nivel medio del mar ubicación determinada con un GPS III de la marca Garmin, con software 2.07. Predomina el clima templado semiseco, el cual de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García corresponde al tipo $BS_1 k w$ (INEGI, 1981) y con precipitación anual de 400 a 500 mm^3 (Gobierno del estado de Querétaro, 2005).

Métodos: El estudio consistió de las siguientes pruebas:

- Prueba de comportamiento durante la lactancia, del nacimiento a los 60 días de edad.
- Prueba de comportamiento durante la engorda de los animales, posterior al destete y por un periodo de 90 días.
- Prueba de digestibilidad aparente de la materia seca *in vivo*.

Prueba de comportamiento durante la lactancia.

Se utilizaron un total de 56 corderos, procedentes de 32 hembras multíparas de la especie *Ovis aries* variedad Blackbelly. Conforme los corderos fueron naciendo se asignaron a cada uno de los tratamientos conforme a un diseño completamente al azar (Cochran y Cox, 1990), en cada repetición estuvieron dos hembras con sus respectivos corderos, en la Figura 1 se presenta esta distribución. Los animales se alojaron en corrales con piso de tierra, comedero de cemento y bebedero automático. Estos corrales contaron con corraletas propias para la suplementación alimenticia selectiva (creep feeding), donde solamente los corderos tuvieron acceso libre al alimento sólido.



¹ El número de crías por madre varió, las madres no recibieron suplementación con Levaduras.

Figura 1. Distribución aleatoria de los corderos Blackbelly en la prueba de comportamiento en lactancia

Los corderos recibieron el manejo establecido en la posta: al parto se les desinfectó el ombligo con azul de metileno, se pesaron en una báscula electrónica y se identificaron con arete metálico. Posteriormente se trasladaron junto con su madre a los corrales experimentales, donde las madres recibieron una ración integral extrudida a base de heno de alfalfa, maíz molido, pasta de soya y premezcla mineral, calculada para cubrir sus necesidades nutritivas de acuerdo con los valores del Nutrient Requirements of Council (NRC, 1981). En el Cuadro A.1 del Anexo 1 se presenta la composición porcentual y química de la ración que recibieron las madres.

Una vez que tanto las madres como las crías se encontraron en los corrales experimentales, los primeros 7 días se consideraron como el período de adaptación a las instalaciones y a la presencia del concentrado iniciador en las corraletas. El concentrado iniciador comercial empleado era a base de glúten de maíz y pastas oleaginosas con un 15.61% de proteína cruda. (PC) en el Cuadro 1 se presenta su composición química (AOAC, 1990), semanalmente se determinó el consumo promedio del suplemento iniciador comercial de acuerdo con el número de corderos de cada corral.

Cuadro 1. Composición química del concentrado iniciador ENG®¹ para los corderos Blackbelly durante la lactancia

| Composición química ² | % |
|----------------------------------|-------|
| Materia seca | 91.52 |
| Proteína cruda | 15.61 |
| Energía bruta (Mcal/kg.) | 3.76 |

¹ ENG® Especialidades en Nutrición de Ganado.

² AOAC (1990).

Los tratamientos con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento de los corderos consistieron en: 1) Concentrado iniciador sin levadura (Control). 2) Concentrado iniciador con Levadura-A, a razón de 2 g por animal al día. 3) Concentrado iniciador con Levadura-B, a razón de 1 g por animal al día. Las levaduras fueron suministradas a partir de la primera semana de edad, diariamente con el concentrado iniciador de los corderos directamente en sus comederos.

La prueba tuvo una duración de 60 días, las variables de respuesta evaluadas fueron: peso final al destete, ganancia diaria de peso, consumo diario de materia seca y conversión alimenticia relativa al consumo del concentrado iniciador. Se incluyó el peso inicial de las crías como covariable.

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza para un diseño completamente aleatorio (Cochran y Cox, 1990), empleándose el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \beta(x_{ij} - x_{..}) + E_{ij}$$

donde:

Y = variable de respuesta: peso final al destete, ganancia diaria de peso, consumo diario de materia seca y conversión alimenticia.

μ = media poblacional.

T = efecto de tratamiento j (j = Control. Levadura-A y Levadura-B)

β (x_{ij} - $x_{..}$) = covariable (Peso inicial al nacimiento)

E = error experimental

Los datos se analizaron empleando los procedimientos PROC GLM y DUNCAN para comparación de medias donde fue necesario, usando el paquete estadístico SAS (SAS, 2006).

Para determinar la homogeneidad de la varianza de la población en estudio, se aplicó la prueba de X^2 de Bartlett (Daniel, 2006); esta prueba permite comprobar diferencias entre las medias de varias muestras poblacionales y determinar si las varianzas de cada variable son iguales. En la figura A.1. (Anexo 1) se presenta el modelo matemático de la prueba de X^2 de Bartlett (Daniel, 2006). La prueba de X^2 de Bartlett, se implementó mediante el procedimiento PROC SUMMARY NWAY del paquete estadístico SAS (SAS, 2006).

Prueba de comportamiento durante la engorda.

Una vez terminada la prueba de comportamiento en lactancia, los animales se destetaron y se distribuyeron entre los tres tratamientos, continuando con el tratamiento al que fueron asignados previamente en la prueba de comportamiento en lactancia. Al inicio de la prueba de comportamiento en engorda se emplearon 30 animales, sin embargo debido a que estos animales participaron también dentro de una investigación sobre la función morfofisiológica del sistema digestivo de los ovinos, varios animales se sacrificaron en diferentes periodos de tiempo. Por tal motivo la prueba de comportamiento en engorda terminó con 11 animales, los cuales se alojaron individualmente en corraletas con pisos de tierra, comederos de cemento y bebedero automático (Figura 2).

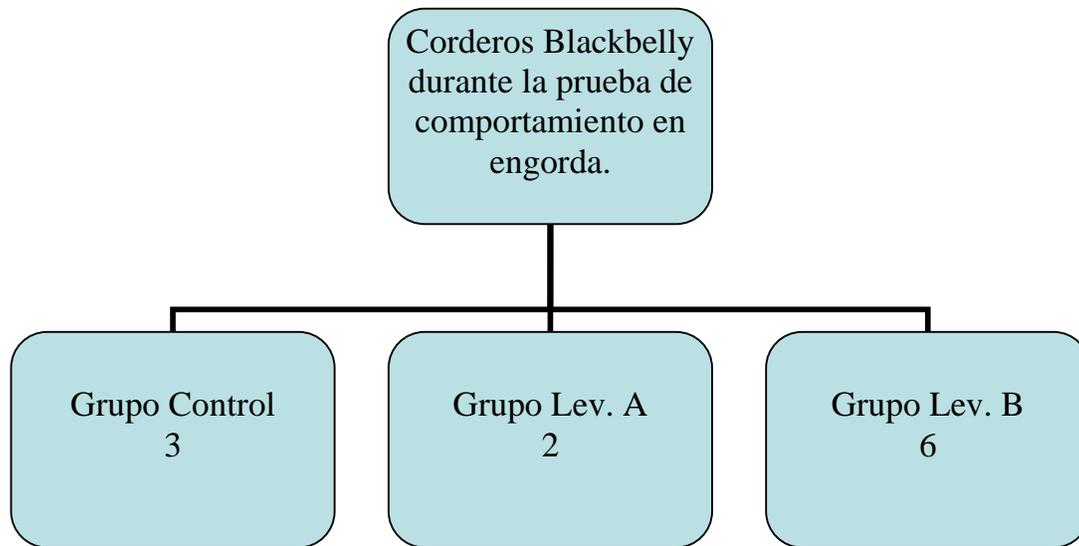


Figura 2. Distribución aleatoria de los corderos Blackbelly durante la prueba de comportamiento en engorda

Los tratamientos que se evaluaron fueron: 1) Alimento de engorda sin levadura (Control). 2) Alimento de engorda con Levadura-A, a razón de 3 g por animal al día. 3) Alimento de engorda con Levadura-B, a razón de 1.5 g por animal al día. Los animales se alimentaron una vez al día con una ración integral compuesta por heno de alfalfa, maíz molido, pasta de soya, melaza y premezcla mineral para animales en crecimiento, la cual fue calculada de acuerdo a lo recomendado, por el Nutrient Requirements of Council (NRC, 1981). A la ración se le determinó su contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía bruta (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Robertson y Van Soest, 1981) (Cuadro 2). El cultivo de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* correspondiente, se incluyó en la premezcla mineral.

Cuadro 2. Composición porcentual y química de la ración integral de la prueba de comportamiento en engorda de corderos de la variedad Blackbelly

| Ingrediente | % |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Heno alfalfa | 14 |
| Maíz molido | 65 |
| Pasta de soya | 10 |
| Melaza | 8 |
| Premezcla mineral ¹ | 3 |
| Composición química | (% en base seca) |
| Materia seca ² | 89.9 |
| Proteína cruda ² | 14 |
| Energía bruta Mcal/kg. ² | 4.2 |
| Fibra Detergente Neutro ³ | 22 |
| Fibra Detergente Ácido ³ | 8 |

¹ Minerales ovinos en engorda ENG[®] Especialidades en Nutrición de Ganado.

² AOAC (1990).

³ Robertson y Van Soest (1981).

Al inicio del experimento (al destete) los animales se desparasitaron contra endoparásitos (Valbazen®, Pfizer), se vacunaron contra enterotoxemia (Ultrabac-7®, Pfizer), se les aplicó vitamina E y selenio (Muse-Schering Plough) vía intramuscular y se pesaron (peso inicial). Cada día, durante los 90 días que duró la engorda se pesó el alimento ofrecido y rechazado para determinar el consumo voluntario diario promedio, permitiéndose un 10% de rechazo.

Las variables de respuesta que se evaluaron fueron: peso final, ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia y rendimiento en canal. Se incluyó el peso inicial de los corderos como covariable. Los resultados se analizaron empleando la misma metodología y modelos matemáticos utilizados en la prueba de comportamiento durante la lactancia.

Prueba de digestibilidad *in vivo*.

Se utilizaron 6 animales ovinos de la variedad Blackbelly, con peso promedio de 32.6 ± 5.3 kg., procedentes de una prueba de comportamiento en engorda llevada a cabo paralelamente a la prueba de comportamiento en lactancia, los cuales fueron alimentados con la misma ración experimental de la prueba de comportamiento en engorda descrita en el Cuadro 2. Los animales se colocaron en jaulas metabólicas para realizar una prueba de digestibilidad *in vivo* por el método de colección total (Sangines, 2001). Los animales se distribuyeron entre los tres tratamientos de acuerdo con un diseño experimental Cuadrado Latino 3 x 3 x 3 repetido en el que la fila representa el periodo (1, 2, 3) y la columna representa el animal (1, 2, 3), con lo cual se elimina la diferencia entre los animales y la diferencia entre los periodos en los cuales se aplicaron los tratamientos (Cochran y Cox, 1990), con tres periodos de 21 días cada uno (14 de adaptación al alimento y 7 de colección).

Los tratamientos que se evaluaron fueron: 1) Alimento de engorda sin levadura (Control). 2) Alimento de engorda con Levadura-A, a razón de 3 g por animal al día. 3) Alimento de engorda con Levadura-B, a razón de 1.5 g por animal al día. Diariamente se pesó el alimento ofrecido y el rechazado y se recogieron el total de las heces producidas; guardándose una alícuota del 10%, tanto del alimento ofrecido y rechazado como de las heces, las cuales fueron congeladas. Posteriormente estas muestras se mezclaron por período de colección por animal, para obtener una sola muestra para análisis, las cuales se secaron a una temperatura de 55⁰C en una estufa de aire forzado marca Carbolite y se molieron en un molino Wiley con una criba de 2 mm.

Todas las muestras obtenidas se sometieron a análisis de laboratorio, en el Laboratorio de Nutrición Animal, de la Facultad de Ciencias Naturales del campus Juriquilla de la UAQ, en donde se determinó su contenido de MS (AOAC 1990). El coeficiente de digestibilidad aparente de la MS se calculó de acuerdo con la fórmula de Bondi (1989), como sigue:

Coeficiente de digestibilidad aparente de la MS (%)= [(NI)*(NH)/ (NI)] x 100

donde:

NI= nutrimento ingerido.

NH= nutrimento en heces.

La variable de respuesta evaluada fue el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza, para un diseño de Cuadrado Latino duplicado (Cochran y Cox, 1990) con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_j + I_j + C_k + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta: digestibilidad aparente de la materia seca.

μ = media poblacional.

T_j = efecto del j -ésimo tratamiento.

I_j = efecto del j -ésimo periodo.

C_k = efecto de la k -ésima repetición.

E_{ijk} = error experimental.

La información obtenida se analizó empleando los procedimientos PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2006).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro A.2 del Anexo 1 se presentan los resultados de la prueba de X^2 ($\alpha = 0.05$) de Bartlett demostrando la homogeneidad de las varianzas de los animales utilizados. Las características productivas de las madres de las crías Blackbelly empleadas durante las pruebas de comportamiento durante la lactancia y en la engorda, se presentan en el Cuadro A.3 (Anexo 1), aclarando que ellas no fueron objeto directo del estudio.

Prueba de comportamiento durante la lactancia.

La diferencia en los días en lactación que se observa en el Cuadro 3, se debió a que algunos animales se fueron sacrificando a diferentes edades para realizar una prueba paralela a este estudio sobre morfofisiología del aparato digestivo y por lo tanto se redujeron los días en lactación.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de corderos Blackbelly suplementados con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* desde el nacimiento hasta el destete

| Parámetro | TRATAMIENTOS ¹ | | | Valor F | g. l. | P |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------|-------|-------|
| | Control | Levadura-A | Levadura-B | | | |
| Número de corderos | 17 | 21 | 18 | | | |
| Peso inicial al nacimiento, kg. | 2.6 ± 0.7 | 2.6 ± 0.5 | 3.1 ± 0.4 | | | |
| Días en lactación | 52.7 ± 13.7 | 51.0 ± 10.9 | 45.9 ± 10.9 | 1.46 | 2/50 | 0.360 |
| Peso final al destete, kg. | 11.8 ± 3.7 | 9.7 ± 3.0 | 12.5 ± 3.3 | 7.49 | 2/50 | 0.068 |
| Ganancia diaria de peso, g/día | 177.0 ± 60 b | 140.0 ± 50 c | 207.0 ± 60 a | 32.71 | 2/50 | 0.009 |
| Consumo diario de materia seca, g/día | 18.2 ± 18.1 | 30.2 ± 26.8 | 12.7 ± 13.2 | 4.11 | 2/50 | 0.138 |
| Conversión alimenticia ² | 0.14 ± 0.17 ab | 0.25 ± 0.28 a | 0.06 ± 0.05 b | 9.90 | 2/50 | 0.047 |

¹ Los valores representan la media ± la desviación estándar, g. l. = grados de libertad, P = Probabilidad.

² Ganancia diaria de peso/consumo diario de MS, relativa al consumo del concentrado iniciador comercial.

^{abc} Medias con diferente literal son significativamente diferentes (Prueba de Duncan; Daniel, 2006).

Los pesos al destete fueron similares entre tratamientos ($P < 0.068$) ($F = 7.49$) siendo las medias de 11.8, 9.7 y 12.5 kg. para los tratamientos Control, Levadura-A y Levadura-B, respectivamente (Cuadro 3). Estos valores son similares a los informados por Segura y col. (1996) de 12.81 kg. y por González y col. (2002) de 13.7 kg., en lactancias de noventa días. En otros estudios se han reportado pesos al destete de hasta 16.7 kg. en condiciones de manejo intensivo (Rastogi, 2001), sin la suplementación de cultivos de levaduras y lactancias de más de 60 días. Probablemente si los animales hubieran permanecido hasta 90 días con sus madres, los pesos al destete hubieran sido superiores, independientemente del tratamiento.

La ganancia diaria de peso fue mayor ($P < 0.009$) ($F = 32.71$) para el grupo que recibió la Levadura-B con una media de 207 g/día, a diferencia de las medias en los grupos Control y el suplementado con la Levadura-A (177 y 140 g/día, respectivamente) (Cuadro 3). La alimentación selectiva de los corderos (creep feeding) durante la etapa lactancia es una práctica de manejo común en los sistemas de producción intensiva, la cual ha demostrado tener un impacto positivo en el peso al destete. Sin embargo, en los corderos del presente estudio no demostró ser de beneficio. En diversos estudios en donde se evalúa el sistema de alimentación creep feeding empleando concentrados iniciadores de composición variada y sin incluir aditivos en el concentrado iniciador, se ha visto el beneficio de esta alimentación al momento de que los animales han sido destetados. Duarte y Pelcastre (2000) suplementando ovinos Pelibuey y Hampshire x Pelibuey con mezclas de soya-maíz y soya-yuca, encontraron que la ganancia diaria de peso de 229 g/día en los animales suplementados con soya-maíz, las cuales fueron superiores a las de los animales del grupo control y de los suplementados con soya-yuca (120 y 204 g/día, respectivamente). De Lucas y col. (2003) suplementando a corderos de la raza Columbia con maíz quebrado, harina de soya, sales minerales y bicarbonato de sodio, reportan que con esta práctica se obtuvieron mejores pesos al destete. Bores y col. (2002) administrando un suplemento alimenticio con 18% de proteína cruda a partir de los 15 días de edad a corderos de cruza terminales con Pelibuey y Blackbelly, encontraron ganancias diarias de peso de 132 a 151 g/día. Las ganancias diarias de peso presentadas en el Cuadro 3, demuestran que los

corderos tuvieron un comportamiento productivo favorable cuando recibieron el concentrado iniciador, independientemente de la suplementación con cultivos de levaduras, lo cual es comparable con las ganancias presentadas por Duarte y Pelcastre (2000), quienes obtuvieron ganancias diarias de peso de 120 g/día en corderos que no recibieron concentrado iniciador.

El consumo de materia seca del concentrado iniciador de los corderos no fue diferente entre tratamientos (Cuadro 3), siendo los promedios de 18.2, 30.2 y 12.7 g/día, respectivamente para el grupo Control y los suplementados con Levadura-A y Levadura-B ($P < 0.138$) ($F = 4.11$). Estos consumos son muy bajos comparados con los presentados por Duarte y Pelcastre (2000) con 393 y 291 gramos al día para soya-maíz y soya-yuca respectivamente en ovinos Pelibuey. Los consumos de materia seca del presente estudio se refieren solamente al consumo del concentrado iniciador y no se considera el del consumo de la leche. El consumo de leche podría haberse calculado separando a la cría de la madre y asignando horas de alimentación durante la mañana y tarde con pesaje previo y posterior al consumo de leche por parte de las crías como lo describen Duarte y Pelcastre (2000). Sin embargo, Romero (2006) considera que este exceso de manejo genera un estrés hacia el animal que puede provocar una disminución en la producción de leche de la madre, al reducir la frecuencia de amamantamiento de los corderos.

La conversión alimenticia fue similar entre el grupo Control y el suplementado con la Levadura-B (0.14 y 0.06) (Cuadro 3). Estos valores deben tomarse con reservas porque a pesar de que el consumo del concentrado iniciador por animal al día no resultó estadísticamente diferente entre tratamientos ($P < 0.138$) ($F = 4.11$), el consumo individual presentó una considerable variabilidad, la cual se hace evidente con los valores de las desviaciones estándar encontrados; a pesar de esta variabilidad, el grupo recibiendo la Levadura-A fue diferente ($P < 0.047$) ($F = 9.90$) al que recibió la Levadura-B (0.25 vs. 0.06, respectivamente) (Cuadro 3).

Es difícil poder explicar las diferencias en las ganancias diarias de peso como resultado del consumo del suplemento iniciador, en virtud de la alta variabilidad que se presentó en el consumo del mismo. Sin embargo, en estudios efectuados por Chaucheyras-Durand y Fonty (2002), quienes estudiaron la influencia de la suplementación en dosis de 0.2 gramos por

animal/día de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* a corderos lactantes del día 21 de nacidos y hasta las seis semanas de edad, encontraron que la suplementación con esos cultivos de levaduras pueden estimular el crecimiento de la microflora celulolítica, mejorando la funcionalidad del ecosistema ruminal para el establecimiento temprano tanto de bacterias como de los protozoarios ciliados. Por otro lado, Chaucheyras-Durand y Fonty (2001), suplementaron corderos gnotobióticos lactantes con 100 mg de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*, encontrando que este aditivo puede influenciar el balance de los microorganismos ruminales y modular la intensidad de la fermentación ruminal. Estos autores encontraron diferencias significativas en la concentración total de ácidos grasos volátiles de 18.0 ± 5.0 mmol/l a 31.1 ± 8.4 mmol/l en el grupo control y los suplementados con levaduras, lo cual es un indicador de cambios en el patrón de fermentación ruminal debido a la presencia de las levaduras. En el presente estudio, probablemente la suplementación con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* durante la lactancia provocó un mejor desarrollo del ecosistema ruminal y por lo tanto se mejoró la capacidad de aprovechamiento de los nutrientes de la ración por parte de los animales.

Prueba de comportamiento en engorda.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de la engorda de ovinos Blackbelly, los cuales desde la lactancia fueron alimentados con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*, así mismo en el cuadro A.2 del Anexo 1 se presenta el resultado de la prueba de χ^2 de Bartlett.

El peso final de los animales a los 150 días de edad, resultó estadísticamente diferente entre tratamientos ($P < 0.008$) ($F = 6735.23$) siendo el mejor el del grupo consumiendo la Levadura-B (29.39 kg.) seguido por el grupo Control (24.76 kg.) y el grupo que recibió la Levadura-A (23.97 kg.).

Cuadro 4. Comportamiento productivo de ovinos Blackbelly consumiendo una ración conteniendo cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* desde la etapa de lactancia hasta el peso al sacrificio

| Parámetro | TRATAMIENTOS ¹ | | | Valor F | g. l. | P |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------|-------|-------|
| | Control | Levadura-A | Levadura-B | | | |
| Número animales | 3 | 2 | 6 | | | |
| Peso inicial, kg. | 15.26 ± 2.18 | 13 ± 1.31 | 13.87 ± 2.13 | | | |
| Peso final, kg. | 24.76 ± 0.64 b | 23.97 ± 1.23 c | 29.39 ± 1.61 a | 6735.23 | 2/7 | 0.008 |
| Ganancia diaria peso, kg. | 0.105 ± 0.024 c | 0.122 ± 0.001 b | 0.172 ± 0.031 a | 2559.19 | 2/7 | 0.014 |
| Consumo diario de materia seca, kg. | 0.552 ± 0.027 | 0.542 ± 0.017 | 0.651 ± 0.085 | 0.57 | 2/7 | 0.682 |
| Conversión alimenticia | 5.38 ± 1.07 | 4.5 ± 0.180 | 3.85 ± 0.707 | 2.50 | 2/7 | 0.408 |
| Rendimiento canal ² % | 44.18 ± 5.19 | 42.38 ± 1.89 | 46.16 ± 1.51 | 0.52 | 2/3 | 0.638 |

¹ Los valores representan la media ± la desviación estándar, g. l. = grados de libertad, P = Probabilidad.

² Dos animales por tratamiento.

^{abc} Medias con diferente literal son significativamente diferentes (Prueba de Duncan; Daniel, 2006).

Probablemente la presencia de la cepa de la Levadura-B modificó las características del ambiente ruminal favoreciendo el desarrollo de bacterias amilolíticas y de otras especies que ayudaron a controlar el pH, todo lo cual dio como resultado una utilización más eficiente de los nutrientes de la ración por parte de los microorganismos ruminales, lo que a su vez permitió

que el animal recibiera un mayor aporte de proteína microbiana y de precursores de energía en forma de ácido propiónico. Para corroborar lo anterior, se tendrían que hacer estudios con animales canulados del rumen para poder obtener muestras de líquido ruminal a diferentes tiempos relativos al consumo y determinar si los cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* influenciaron el patrón de fermentación ruminal de los ovinos en etapa de engorda. Los pesos finales del presente estudio son similares a los presentados por González y col. (2002) quienes con ovinos Blackbelly a los 250 días de edad encontraron pesos de 22.6 ± 4.4 kg. y superiores a los 19.2 ± 0.5 kg. encontrados por Rastogi (2001) también con ovinos Blackbelly a los 6 meses de edad.

En cuanto a la ganancia diaria de peso, ésta también fue mayor ($P < 0.014$) ($F = 2559.19$) con la Levadura-B (0.172 kg./día), seguida por el grupo recibiendo la Levadura- A (0.122 kg./día) y el grupo Control (0.105 kg./día) (Cuadro 4). Esta prueba de comportamiento se condujo de manera paralela con una prueba de morfofisiología del aparato digestivo en la cual era necesario sacrificar animales a diferentes edades desde el nacimiento, lo cual dio como resultado el haber empleado un número reducido de animales en la engorda (Cuadro 4). A pesar de esta situación, se pudieron detectar diferencias significativas entre tratamientos. Probablemente con un número mayor de animales por tratamiento se hubieran podido apreciar diferencias en los otros parámetros productivos.

El mayor peso final coincidió con la mejor conversión alimenticia en los animales suplementados con Levadura-B a razón de 1.5 g/día (Cuadro 4), aunque dicha conversión no fue diferente entre tratamientos ($P < 0.408$) ($F = 2.50$). Probablemente la adición de la cepa de la Levadura-B de *Saccharomyces cerevisiae*, a diferencia de la cepa de la Levadura-A, generó un mejor desarrollo del rumen, incrementando la funcionalidad del ecosistema ruminal, provocando un mejor balance en la población de los microorganismos ruminales y por consiguiente pudo haber una mejor fermentación de los nutrientes para su aprovechamiento por parte de los animales, mejorándose así la conversión alimenticia, como lo han demostrado otros autores (Chaucheyras-Durand y Fonty; 2002. Chaucheyras-Durand y Fonty, 2001). Asimismo,

en ambos grupos recibiendo los cultivos de levaduras es probable que se hayan inhibido las concentraciones parciales de oxígeno que llegan a encontrarse en el sistema anaeróbico ruminal (Guedes y col., 2007) y se haya estabilizado el pH ruminal (Dawson, 1992), favoreciendo el desarrollo de bacterias celulolíticas y mejorando el aprovechamiento de los nutrientes de la ración (Williams y col. 1991).

En otros estudios empleando cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en ovinos se han obtenido resultados similares a los del presente estudio. Haddad y Goussous (2005) alimentando ovinos de la raza Awassi con una ración conteniendo 3 y 6 g de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* y un grupo control, no encontraron diferencias en la ganancia diaria de peso de los grupos suplementados (226 vs. 227 g/día, respectivamente). También con ovinos Awassi, Titi y col. (2007) emplearon 12.5 kg. de cultivos de levaduras por tonelada de alimento y observaron ganancias diarias de peso de 266 g contra 261 g del grupo control. Kawas y col (2007) reportan que la adición de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en ovinos Pelibuey incrementa la ganancia diaria de peso cuando las dietas son bajas en proteína.

El consumo diario de materia seca no resultó significativo ($P < 0.682$) ($F = 0.57$) entre tratamientos, siendo el promedio de 552, 542 y 651 g/día, para el tratamiento Control, Levadura-A y Levadura-B, respectivamente. Esto pudo deberse a que cuando las dietas que consumen los animales son adecuadas en proteína, no se produce un efecto negativo sobre el consumo de materia seca como lo reportan Kawas y col. (2007). Consumos de materia seca similares han sido reportados por Ayala y col. (1994) quienes suministrando en la ración cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* a razón de 0.5 gramos por animal al día, no encontraron cambios en el consumo de la materia seca, la cual fue entre 940 y 1000 g/día. Ángeles y col. (1998) no encontraron diferencias en el consumo de materia seca con la adición o no de los cultivos de levadura a razón de 3 g/día con consumos entre 800 y 963 g/día. Estos resultados son similares a los de García y col. (2000) empleando cultivos de levaduras a razón

de 1 g/animal/día, quienes presentan consumos de 1.250 kg./día en animales suplementados con cultivos de levaduras contra 1.296 kg./día. del grupo control.

A pesar de que los animales que consumieron la Levadura-B presentaron un mejor peso final (29.39 kg.), su rendimiento en canal no fue diferente con el del resto de los animales (Cuadro 4). El rendimiento en canal no fue diferente entre tratamientos ($P < 0.638$) ($F = 0.52$) siendo las medias de 44.18%, 42.38% y 46.16% para los grupos Control, Levadura-A y Levadura-B, respectivamente (Cuadro 4). Estos valores son similares a los que se encuentran en la literatura para este tipo de animales. En otros estudios donde se han incluido en la ración cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*, como el de Cantón y col. (1992) citado por Martínez (2006) empleando ovinos Blackbelly y Blackbelly x Pelibuey, se encontraron rendimientos en canal menores (39.9 y 40.3% respectivamente), pero García y col. (1998) y Bores y col. (1992) citados por Martínez (2006) presentan en ovinos Pelibuey rendimientos en canal de 53.8% y 54.1% respectivamente, los cuales son superiores a los encontrados en el presente estudio.

Prueba de digestibilidad *in vivo*.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la prueba de digestibilidad *in vivo* de la materia seca, en donde se observa que ésta no resultó diferente entre tratamientos ($P < 0.088$) ($F = 3.50$), siendo los coeficientes de digestibilidad de 85.28%, 83.13% y 82.30% para los tratamientos Control, Levadura-A y Levadura-B, respectivamente. Durante el tercer periodo de colección de la prueba, uno de los animales que en ese período estaba recibiendo el tratamiento con Levadura-A, se enfermó presentando síntomas respiratorios, reduciéndose drásticamente su consumo de 1.18 kg./día durante el período de adaptación a la dieta a 0.379 kg./día durante el período de colección. Por tal motivo se eliminó a ese animal durante ese período de la prueba.

Cuadro 5. Digestibilidad aparente de la materia seca de ovinos Blackbelly consumiendo cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*

| Parámetro | TRATAMIENTOS ¹ | | | Valor F | g. l. | P |
|--|---------------------------|-------------------------|---------------|---------|-------|-------|
| | Control | Levadura-A ² | Levadura-B | | | |
| Número de observaciones | 6 | 5 | 6 | | | |
| Consumo diario de materia seca, kg | 0.862 ± 0.155 | 0.908 ± 0.087 | 0.824 ± 0.127 | 1.56 | 2/7 | 0.276 |
| Digestibilidad aparente de la materia seca (%) | 85.28 ± 3.38 | 83.13 ± 2.24 | 82.30 ± 3.91 | 3.50 | 2/7 | 0.088 |

¹ Los valores representan la media ± la desviación estándar, g. l. = grados de libertad, P = Probabilidad.

² Se eliminó un animal en el tercer periodo por enfermedad.

Los resultados encontrados en pruebas de digestibilidad *in vivo* realizadas por diversos autores varían de acuerdo con la composición de la ración empleada. En pruebas donde el concentrado se encontraba en mayor proporción que el forraje, como es el caso del presente estudio donde la ración estuvo conformada por 14% de forraje y 86% de concentrado, se ha visto que la adición de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* no incrementa los coeficientes de digestibilidad de la materia seca. Estudios de digestibilidad *in vivo* llevados a cabo por Ángeles y col. (1998) y Corona y col. (1999) utilizando borregos de la raza Suffolk

alimentados con raciones conteniendo 66% de rastrojo de maíz y 34% de concentrado, demostraron que la suplementación con cultivos de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* no mejoró la digestibilidad aparente de la materia seca; estos autores reportan coeficientes de digestibilidad que van del 55.6% al 57.5% y fueron similares con los animales sin suplementación. García y col. (2000) suministrando cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* a ovinos Suffolk alimentados con una ración con 50% de alfalfa y 50% de concentrado, encontraron la misma digestibilidad de la materia seca en el grupo control y el grupo suplementado (72% vs. 71%, respectivamente). En un estudio con ovinos Suffolk alimentados a base de puntas de caña de azúcar (50%) y concentrado (50%), Arcos-García y col. (2000) evaluaron la suplementación de dos tipos de cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*, no habiendo encontrado diferencias en los coeficientes de digestibilidad entre y los dos tipos de cultivos de levaduras evaluados, (77.3%, 77.7% y 79.3%, respectivamente). Todos estos coeficientes de digestibilidad son inferiores a los que se encontraron en el presente estudio (Cuadro 5). Cuando las dietas están conformadas por una proporción mayor de forraje que de concentrados como en los estudios de Ayala y col. (1994) (70% de paja de cártamo y 30% de concentrado) en ovinos Suffolk y criollos, la digestibilidad de la materia seca se incrementa con intervalo entre 60.2 a 67.6%.

En el presente estudio donde la ración estuvo conformada con una proporción de 86% concentrado y 14% de forraje no se observó el beneficio de la inclusión de los cultivos de levadura en el consumo de materia seca ni en el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, esto pudo deberse a que los cultivos de levaduras han demostrado ser más eficientes cuando las raciones son altas en forraje, provocando un incremento en la actividad de las bacterias celulolíticas sobre las paredes celulares de los forrajes, además de estabilizar el pH ruminal (Williams y col., 1991; Giger-Reverdin y col., 1996; Sullivan y Martin, 1999; Kawas y col. 2007).

Los consumos de materia seca durante la prueba de digestibilidad *in vivo* fueron similares entre tratamientos ($P < 0.276$) ($F = 1.56$) (Cuadro 5), siendo los promedios de 0.862,

0.908 y 0.824 kg. por animal por día, para los tratamientos Control, Levadura-A y Levadura-B, respectivamente, lo cual indica que los cultivos de levaduras no afectaron a este parámetro. Estos consumos son similares a los de otros investigadores, quienes demostraron en ovinos Pelibuey alimentados con dietas altas en grano, adicionadas o no con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*, consumos de materia seca de 828 g/día para el control y de 851 g/día para el grupo suplementado (Kawas y col., 2007). En borregos Suffolk, Ángeles y col. (1998) presentan consumos de 963 y 811 g/día entre animales recibiendo cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* y el control, respectivamente.

El presente estudio hizo evidente que los dos tipos de cultivos de Levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* evaluados se comportaron de manera diferente, obteniéndose mejores resultados con la Levadura-B, lo cual sugiere que la cepa de esta levadura es más eficiente en el ambiente ruminal, por lo que probablemente se mejoran los parámetros productivos de ganancia diaria de peso, peso final y conversión alimenticia.

VII. Conclusiones

Bajo las condiciones del presente estudio, la suplementación con cultivos de Levadura-B de *Saccharomyces cerevisiae* a corderos lactantes de la especie *Ovis aries* variedad Blackbelly, mejoró significativamente su ganancia diaria de peso.

Durante la etapa de engorda, la suplementación con cultivos de Levadura-B de *Saccharomyces cerevisiae* a corderos Blackbelly, incrementó significativamente su peso final y su ganancia diaria de peso.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca de la ración utilizada en el presente estudio, no se vieron afectados con la suplementación de los cultivos levadura de *Saccharomyces cerevisiae*.

El empleo de cultivos de Levadura-B de *Saccharomyces cerevisiae*, a razón de 1g por animal por día durante la lactancia y de 1.5 g por animal por día durante la engorda, mejora la ganancia diaria de peso en la etapa de lactancia, y el peso final y la ganancia diaria de peso en la etapa de engorda, pero no altera la digestibilidad de la materia seca de la ración.

La suplementación con cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* durante la lactancia mejora la ganancia diaria de peso y durante la etapa de engorda mejora el peso final y la ganancia diaria de peso de los corderos. Sin embargo, se desconoce el mecanismo de acción de dichos cultivos de levaduras por los cuales se mejoran estos parámetros productivos, lo que hace evidente la necesidad de llevar a cabo estudios que evalúen si esos cultivos modifican el desarrollo y la funcionalidad de las papilas ruminales y las características fisicoquímicas del líquido ruminal. Asimismo, se tendría que evaluar si la suplementación con cultivos de levaduras modifica algunos de los parámetros de la cinética ruminal.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acero, C. M. 2005. Papel de México y América Latina en el Comercio Mundial de la Carne Ovina. Memoria de la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 4 – 18.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol.1 15 Ed. Assoc. Office. Anal. Chem. Washington. D.C. pp 69 -88.
- Ángeles, C. C. S., G. D. M. Mendoza, M. A. P. Cobos, M. M. G. Crosby and F. A. P. Castrejón. 1998. Comparison of two commercial yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal fermentation and digestion in sheep fed on corn – stover diet. Small Rumin. Res. 31: 45 – 50.
- Arcos-García J. L., F. A. Castrejón, G. D. Mendoza and E. P. Pérez-Gavilán. 2000. Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. Livest. Prod. Sci. 63: 153 – 157.
- Ayala, O. J., G. D. M. Mendoza, R. G. Bárcena and S. S. M. Gonzáles. 1994. 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. Méx. 25 (3): 221 – 226.
- Bondi, A. A. 1989. Nutrición animal. Ed. Acribia. Zaragoza España. pág. 546.
- Bores, Q. R. F., P. A. M. Velázquez y M. A. Heredia. 2002. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. Téc. Pecu. Méx. 40 (1): 71 – 79.
- Bores, Q. R. F., R. O. Rojas y A. M. Heredia. 1992. Efecto del criptorquidismo inducido después de la pubertad en el crecimiento y composición corporal del ovino Pelibuey. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Chihuahua. México. pp. 195-196.
- Callaway, E. S. and S. A. Martin. 1997. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. Dairy Sci. 80: 2035 – 2044.
- Cantón, C. G., J. M. Velásquez and R. A. Castellanos. 1992. Body composition of pure and crossbred Blackbelly sheep. Small Rumin. Res. 7: 61-67.
- Chaucheyras-Durand, F. and G. Fonty. 2002. Influence of a probiotic yeast (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077) on microbial colonization and fermentations in the rumen of newborn lambs. Micro. Ecol. Health Dis. 14: 30-36.
- Chaucheyras-Durand, F. and G. Fonty. 2001. Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically – reared lambs receiving the microbial additive *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I -1077. Reprod. Nutr. Dev. 41:57 – 68.
- Cochran, W. G. y M.G. Cox. 1990. Diseños experimentales. 2 Ed. en español. Ed. Trillas, S.A. de C.V. México.

- Corona, L., G. D. Mendoza, F. A. Castrejón, M. M. Crosby and M. A. Cobos. 1999. Evaluation of two yeast cultures (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal fermentation and digestion in sheep fed a corn stover diet. *Small Rumin. Res.* 31: 209 – 214.
- Cuellar, O. J. A. 2003. Perspectivas de la ovinocultura en México. Memoria del Segundo Seminario sobre Producción Intensiva de Ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 7-11.
- Daniel, W. W. 2006. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa Wiley. México pp. 571 – 657.
- Dawson, K. A., K. E. Newman and J. A. Boling 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 60: 3392 – 3398.
- Dawson, K. A. 1992. Current and future role of yeast culture in animal production: A review of research over the last six years. In: Lyons, T. P. (ed.) *Proceeding of Alltech's 8th Animal Symposium (sppl.)* pp. 1 -23.
- De Lucas, T. J., L. A. Q. Zarco, E. P. González, J. P. Tórtora, A. Villa-Godoy y C. P. Vásquez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Vet. Méx.* 34 (3) 235 – 245.
- Duarte, V. F. y A. O. Pelcastre. 2000. Efecto de la suplementación predestete a corderos en condiciones tropicales. Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/3/duar123a.htm>. (Revisado: 02 de octubre 2007).
- Flores, N. M. 2000. Elaboración de cultivos microbianos a partir de pasta de coco y su utilización en dietas para borregos en engorda. Tesis de Maestría. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Colima, México. pp. 40 - 43.
- Forsberg, C. W., E. Forano and A. Chesson. 2000. Microbial adherence to the plant cell wall and enzymatic hydrolysis. *Ruminant Physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction*. P. B. Cronjé (Ed). CAB International. USA. pp. 79 – 97.
- García, C. C. G., M. G. D. Mendoza, M. S. González, P. M. Cobos, C. M. E. Ortega and L. R. Ramírez. 2000. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and monensin on ruminal fermentation and digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 83: 165 – 170.
- García, E.A. 1999. Feed yard performance and carcass traits of cattle as influenced by stocker phase implant strategy and yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* 8×10^9 CFU/g; BIOSAF[®]) supplementation during the feed yard phase. Ph.D. Dissertation. Texas A & M University. College Station. TX.
- García, M. E. 2004. Respuesta productiva de bovinos productores de carne alimentados con raciones conteniendo cultivos de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. pp. 29.
- García, M., J. A. G. Nuñez, F. A. A. Rodríguez, F. A. C. Prieto y N. I. D. Molina. 1998. Calidad de la canal y de borregos Pelibuey castrados. *Téc. Pecu. Méx.* 33 (2): 225-231

- Giger-Reverdin, S., N. Bezault., D. Sauvant and G. Bertin. 1996. Effects of a probiotic yeast in lactating ruminants: interaction with dietary nitrogen level. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63: 149 – 162.
- Gobierno del Estado de Querétaro. 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios de México. Disponible en URL: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/queretaro/index.html> (Revisado 19 de febrero 2007).
- Gómez, A. R. y G. LL. Llamas, 1990. Uso de cultivos de levaduras en alimentos para rumiantes. Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. Ernesto Ávila G., Armando S. Shimada y Gerardo Llamas (editores). Consultores en Producción Animal, S. C. México. pp. 125 – 129.
- González, G. R., G. H. Torres y M. Á. Castillo. 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.* Vol. 33:(4) 443 – 453.
- Guedes, C. M., D. Goncalves, M. A. M., Rodrigues and A. Dias – da- Silva. 2007. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminant fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.* Available on line doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.06.037
- Haddad, S. G. and S. N. Goussous. 2005. Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118: 343 – 348.
- Haresing, W. 1989. Producción ovina. AGT editor. México. pp. 161-166.
- Hofmann, R. R. 1988. Aspects of Digestive Physiology in Ruminants. Morphophysiological evolutionary adaptations of the ruminant digestive system. Alan Dobson and Marjorie J. Dobson (Editors) Cornell University. United States of America pp. 1 – 20.
- INEGI. 1981. Guías para la interpretación de la cartografía. Climatología. México. pp. 29 a 36.
- Kamel, H. H. M., J. Sekine, A. M. EL-Waziry and M. H. M. Yacout. 2004. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the synchronization of organic matter and nitrogen degradation kinetics and microbial nitrogen synthesis in sheep fed Barseem hay (*Trifolium alexandrinum*). *Small Rumin. Res.* 52: 211 – 216.
- Kawas, J. R., R. C. García. H. D. Fimbres. F. C. Garza. J. F. G. V. Hernández. E. S. Olivares and C. D. Lu. 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility and ruminal fermentation of light – weight lambs fed finishing diets. *Small Rumin. Res.* 67 (2 -3): 149 – 156.
- Lych, F.F, G. N. Hinch and D. B. Adams. 1992. The behavior of sheep. Biological principles and implications. CAB International. England. pp. 57-73.
- Mackie, R. I., R.I. Aminov, B. A. White and Mc.Sweeney. 2000. Molecular ecology and diversity in gut microbial ecosystem. *Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction.* P. B. Cronjé (ed.) CAB Publishing, Oxon, UK. pp. 61-67.

- Martínez, H. P. A. 1996. Manejo nutricional de corderos del nacimiento al destete. Memoria de curso Bases de la Cría Ovina III. UAQ. Querétaro, Querétaro. México. pp. 11 – 18.
- Martinez, R. R. L. R. 2006. Experiencias en el rendimiento y calidad de las canales de ovinos. Memorias del V seminario de producción de ovinos en el trópico. 29 de Noviembre al 01 de Diciembre. Villahermosa, Tabasco. México. pp. 82-90.
- Martin, S. A. and D. J. Nisbet. 1992. Symposium: Direct-fed microbials and rumen fermentation. Effect of direct-fed microbials and rumen. Microbial fermentation. Dairy Sci. 75: 1737 – 1744.
- Miles, R. 1994. Manipulación de la microflora del tracto gastrointestinal: Formas naturales de prevenir la colonización de patógenos. Biotecnología en la industria de alimentación animal. Vol. IV. Aplingén. Ed. Setic. México. pp.80-92.
- Mir, Z. and P. S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high- forage or high – grain diets and on feed digestibility and *in situ* degradability. J. Anim. Sci. 70: 6 1682 – 1690.
- Newbold, C.J., R.J. Wallace, X. B. Chen and F.M. McIntosh. 1995. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae*. Differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. J. Anim. Sci. 73: 1811 - 1818
- Newbold, C.J., R.J. Wallace and F.M. McIntosh. 1996. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. British J. Nutrition. 46: 249 – 261.
- Nisbet, D. J. and S. A. Martin. 1991. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. J Anim Sci. 69: 4628 – 4633.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements Of Goats: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries. United States of America.
- Plata, P. F. X., V. R. Ricalde, C. L. M. Melgoza, B. A. Lara, I.E. Aranda y M. G. D. Mendoza. 2006. Un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y la monensina sódica en el comportamiento productivo de ovinos. Veterinaria Completa. Disponible en [URL:http://www.serbi.luz.edu.ve/pdf/rc/v14n6/art_pdf](http://www.serbi.luz.edu.ve/pdf/rc/v14n6/art_pdf) (Revisado 23 de enero 2007).
- Rastogi, R. K. 2001. Production performance of Barbados Blackbelly sheep in Tobago, West Indies. Small Rumin. Res. 41: 171 – 175.
- Ricalde, V. R., M. G. D. Mendoza, G. M. M Crosby y E. S. Cabrera. 1998. Manejo nutricional en corrales de engorda. Vet. Méx. 29 (3):291 – 297.
- Robertson, J.B. and P.J Van Soest. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. The analysis of dietary fiber in food. W.T. James O. Theander (Ed.) Markel Dekker, Inc. N.Y. United States of America.
- Rojas, R. O., R. Bores. O. M. Murguía y R. L. Ortega. Ortega. 2001. Producción de ovinos de pelo en el trópico. INIFAP. México.
- Romero, M. J. 2006. Zootecnia Ovina. Introducción a la zootecnia. Ma. Elena Trujillo Ortega (ed.). UNAM. México pp. 165 – 194.

- Russell, J. B. 1988. Aspects of Digestive Physiology in Ruminants. Ecology of rumen microorganism: Energy use. Alan Dobson and Marjorie J. Dobson (Ed.) Press. Itaka, N. Y. United States of America pp.74 – 98.
- Sangines, G. L. 2001. Potencial nutricional del follaje *Buddleja skuchii* (Hojas y pecíolos) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables rúmales. Tesis de Doctorado. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Colima pp. 34 - 37.
- Samudio, A. D. y L. de León. 2002. Algunos antecedentes ligados a la utilización de probióticos en equinos. disponible en URL: <http://www.saf-agri.com/spanish/INFORTEC/guadalajara10.htm>. (Revisado 4 mayo de 2008).
- SAS. Institute 2006. SAS User's Guide: Statistics. Versión 7 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Segura, J. C., L. Sarmiento and O. Rojas. 1996. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in México under extensive management. Small Rumin. Res. 21: 57 - 62
- Shimada, A. 2003. Nutrición animal. Ed. Trillas. México, México.
- SIAP 2008. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Disponible en URL:<http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Revisado el 14 de enero de 2008).
- Soberón, M. J. 2002. Ecología de poblaciones. Tercera ed. ed. Fondo de cultura económica. México. México.
- Stella , A. V., R. Paratte, L. Valnegri, G. Cigalino, G. Soncini, E. Chavaux, V. Dell'Orto and G. Sovioni. 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and fecal flora in early lactating dairy goats. Small Rum. Res. 67: 7 -13
- Sullivan, H. M. and S.A. Martin. 1999. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. J Dairy Sci 82: 2011 – 2016.
- Titi, H. H., R. O. Dmour and A. Y. Abdullah. 2007. Growth performance and carcass characteristics of Awassi lambs and Shami goat kits fed yeast culture in their finishing diet. Anim Feed Sci. Technol. Available on line doi: 10.1016/j.anifeeds.2007.06.034.
- Van Soest, P. J., C. J. Sniffen and M. S. Allen 1988. Aspect of digestive physiology in ruminants. Rumen Dynamics. Alan Dobson and Marjorie J. Dobson (Ed.) Publishing Associate, Cornell University. Press Itaka and London United States of America pp. 21 – 42.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second edition. Cornell University Press. United States of America.
- Wilbert, C. A. 2005. Efecto de la inclusión de levadura activa (*Saccharomyces cerevisiae*) en sales proteínicas sobre el consumo de materia orgánica digestible en ovinos alimentados con forrajes de baja calidad. Rev Col Cienc Pec. 18:4-8
- Williams, P. E. V., C. A. G. Tait, G. M. Innes and C. J. Newbold. 1991. Effects of 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 steers. J. Anim. Sci. 69: 3016 -3026.

ANEXO 1

Cuadro A.1. Composición porcentual y química de la ración integral de las madres de la variedad Blackbelly durante la lactancia

| Ingrediente | % |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Heno alfalfa | 40.0 |
| Maíz molido | 49.8 |
| Pasta de soya | 9.0 |
| Premezcla mineral ¹ | 1.2 |
| Composición química | (%, base seca) |
| Materia seca ² | 93.4 |
| Proteína cruda ² | 19 |
| Fibra detergente neutro ³ | 22 |
| Fibra detergente ácido ³ | 10 |
| Energía bruta, Mcal/kg. ² | 4.2 |

¹ Minerales borregas lactantes ENG® Especialidades en Nutrición de Ganado.

² AOAC (1990).

³ Robertson y Van Soest (1981).

Figura A.1. Modelo matemático de la prueba de X^2 de Bartlett (Daniel, 2006), para determinar la homogeneidad de la varianza de la población en estudio.

$$X^2_{\text{Bartlett}} = \frac{\left[\ln \frac{\sum \sigma^2 (n-1)}{\Sigma (n-1)} \right] \Sigma (n-1) - \Sigma \ln \sigma^2 (n-1)}{1 + \frac{K+1}{3 (K-1) (N-K)}}$$

donde:

X^2 Bartlett = Valor estadístico de la prueba.

\ln = Logaritmo natural.

σ^2 = Varianza.

n = Tamaño de la muestra del grupo.

K = Número de grupos participantes.

N = Tamaño total (sumatoria de muestras)

Cuadro A.2. Prueba de X^2 de Bartlett para homogeneidad de varianzas poblacionales¹

| Parámetro | X^2 Calculado | X^2 Crítico |
|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Madres | 0.2857 | 5.991 |
| Crías en lactancia | 4.3969 | 5.991 |
| Ovinos en engorda | 0.4164 | 5.991 |
| Ovinos en la prueba de digestibilidad <i>in vivo</i> | 3.1693 | 5.991 |

¹ Daniel, 2006. Las variables poblacionales de los animales en estudio fueron homogéneas.

Cuadro A.3. Características productivas de hembras Blackbelly alimentando a corderos suplementados con cultivos de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* en su concentrado iniciador

| Parámetro | TRATAMIENTOS ¹ | | | Valor F | g. l. | P |
|--------------------------------|---------------------------|------------|------------|---------|-------|-------|
| | Control | Levadura-A | Levadura-B | | | |
| Número de hembras | 10 | 11 | 11 | | | |
| Número de parto | 5.4 ± 3.3 | 5.6 ± 3.3 | 4.9 ± 2.5 | 0.27 | 2/26 | 0.777 |
| Número de crías nacidas | 2.4 ± 0.8 | 1.9 ± 0.7 | 2 ± 0.4 | 2.11 | 2/26 | 0.267 |
| Peso inicial, kg. | 52.1 ± 6.8 | 53.4 ± 8.1 | 57.7 ± 7.8 | | | |
| Peso final, kg. | 46.3 ± 9.9 | 47.7 ± 9.1 | 50.7 ± 8.5 | 2.19 | 2/26 | 0.259 |
| Consumo de materia seca, kg./d | 1.6 ± 0.3 | 1.7 ± 0.6 | 1.8 ± 0.3 | 0.65 | 2/26 | 0.583 |

¹ Los valores representan la media ± la desviación estándar, g. l. = grados de libertad, P = Probabilidad.