

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



Concentración de Ácidos Grasos Volátiles en Líquido Ruminal de  
Toretas Charoláis en Engorda Alimentados con Diferentes Niveles de  
Masilla y Levadura de Cerveza

Por

**Juan Ángel Llamas Rivarola**

**Tesis**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

Concentración de Ácidos Grasos Volátiles en Líquido Ruminal de  
Toretos Charolais en Engorda Alimentados con Diferentes Niveles de  
Masilla y Levadura de Cerveza

Por

**Juan Ángel Llamas Rivarola**

**Tesis**

Que somete a consideración del Honorable Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el grado

**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**APROBADA**

---

**Dr. José Eduardo García Martínez**  
Presidente del Jurado

---

**Dr. Jesús Fuentes Rodríguez**  
Sinodal

---

**Dra. Ana V. Charles Rodríguez**  
Sinodal

**El Coordinador de la División de Ciencia Animal**

---

**Ing. Rodolfo Peña Oranday**  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2008

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme, vida, salud y fuerza para estudiar.

A mí futura esposa Karina Maryline Rojas Padilla, por el apoyo incondicional y por ser mi inspiración para llegar a mis metas propuestas.

A mis padres Mario Llamas y Antonia de Llamas por darme ánimos en momentos difíciles, por estar conmigo en los momentos alegres, por más que estén tan lejos. Gracias por ser siempre modelo de vida.

A mis hermanos Antonella y Mario que siempre me estuvieron alentando para llegar a mis metas.

A mí cuñado Víctor Sosa, mí hermana Teresita de Sosa y a mis sobrinos, por brindarme tanto amor, como si los tuviera aquí.

Al Ingeniero Carlos Rojas Peña a la Señora María del Refugio Padilla, por abrirme las puertas no sólo de su casa sino de su familia, gracias por darme ese calor de familia, por las infinitos e impagables favores y enseñanzas de vida que recibí.

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por darme la oportunidad de haberme ayudado a alcanzar una de mis metas, y a poner otras muy importantes en mi vida personal y profesional.

A mis amigos: Orbelio Mazariegos, Hugo Casco, Daniel Martínez, Gustavo Fernández, Gilberto y Víctor Maidana (que en paz descanse), por ser oído para todo, y por darme desinteresadamente siempre sus manos para cualquier ayuda que necesitase.

Al Dr. Eduardo García, por su apoyo y enseñanzas tan necesarias para mi área en la carrera. Al Dr. Jesús Fuentes, por su valiosa cooperación, confianza y disposición conmigo para la realización de mi tesis. A la Dra. Ana Verónica Charles R. por la incansable ayuda en este trabajo, y por despertar en mí el interés de la investigación. Al T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel por su apoyo y ayuda para la realización de la tesis.

A la Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma, por el apoyo para la realización del proyecto.

## **DEDICATORIA**

A mi futura esposa, por ser inspiración para todo lo que haga; a mis padres Mario Llamas, Antonia Rivarola, a mis hermanos Teresita y familia, Antonella y Mario por su apoyo incondicional que me han brindado y me siguen brindando.

A todos mis familiares, amigos y maestros que gracias a su apoyo llegué a una de mis metas.

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| Índice de Cuadros .....  | ix |
| Índice de Figuras.....   | x  |
| 1. Introducción.....   | 1  |
| Objetivo.....  | 2  |
| Hipótesis .....  | 3  |
| 2. Revisión de Literatura.....                                       | 4  |
| El Medio Ambiente Ruminal .....                                      | 6  |
| Población Microbiana .....   | 6  |
| Producción de Ácido Acético.....                                     | 9  |
| Producción de Ácido Propiónico.....                                  | 10 |
| Producción de Ácido Butírico .....                                   | 10 |
| Factores que Afectan la Producción de Ácidos Grasos Volátiles.....   | 10 |
| Absorción de los Ácidos Grasos Volátiles .....                       | 15 |
| Utilización de los ácidos grasos volátiles.....                      | 18 |
| Subproductos de Cervecería en la Alimentación de Ganado Bovino ..... | 22 |
| Masilla .....  | 23 |
| Levadura.....  | 25 |
| Crecimiento aerobio .....  | 26 |
| Fermentación Anaerobia.....  | 26 |
| Proceso de producción de la levadura .....                           | 27 |

|   |    |
|---|----|
| a. Materias primas.....   | 28 |
| b. Fermentación.....  | 29 |
| c. Cosecha y embalaje.....  | 32 |
| Levaduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....   | 33 |
| Levadura Activa.....  | 33 |
| Levadura Inactiva.....  | 34 |
| Levadura Inactiva Enriquecida .....   | 34 |
| Efectos de la adición de <i>S. cerevisiae</i> en la fermentación ruminal .....                      | 35 |
| Mecanismos de acción de <i>S. Cerevisiae</i> para incremento de digestibilidad<br>en el rumen ..... | 37 |
| 3. Materiales y Métodos.....  | 39 |
| Localización del Área de Estudio .....  | 39 |
| Animales.....   | 40 |
| Alimentación.....   | 40 |
| Tratamientos .....  | 43 |
| Análisis Estadístico.....   | 43 |
| Materiales de Recolección de Muestras.....  | 44 |
| Método de Recolección de Muestras.....  | 45 |
| Materiales para Análisis de Líquido Ruminal por Cromatografía de Gases.....                         | 45 |
| Preparación de la Muestra para Análisis de Líquido Ruminal por Cromatografía<br>de Gases .....      | 46 |
| 4. Resultados y Discusión.....  | 47 |

|  |    |
|--|----|
| Concentración de Ácido Acético.....                              | 47 |
| Concentración de Ácido Propiónico.....                           | 48 |
| Concentración de Ácido Butírico.....                             | 49 |
| Concentración de Ácidos Grasos Volátiles Totales (C2+C3+C4)..... | 50 |
| Relación entre la concentración Acetato:Propionato .....         | 51 |
| 5. Conclusiones.....   | 56 |
| 6. Literatura Citada.....  | 57 |
| 7. Apéndice .....  | 74 |



## INDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 3.1: Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la tercera fase de la prueba de alimentación .....   | 42 |
| Cuadro 3.2: Cuadro de tratamientos con los porcentajes de masilla y levadura ....  | 43 |
| Cuadro 4.1. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de acetato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).....                                     | 48 |
| Cuadro 4.2. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de propionato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).....                                  | 49 |
| Cuadro 4.3. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de butirato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).....                                    | 50 |
| Cuadro 4. 4. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de ácidos grasos volátiles totales (C2+C3+C4), en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR)..... | 51 |
| Cuadro 4. 5. Medias de la relación entre la concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de acetato: propionato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).....   | 52 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1: Ciclo Biológico de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> .....  | 26 |
| Figura 2.2: Fotografía de microscopía electrónica de barrido de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> .....             | 27 |
| Figura 3.1: Corrales Individuales de Engorda U.A.A.A.N. y animales alimentándose, utilizados en el proyecto ..... | 40 |
| Figura 3.2: Animal en estudio alimentándose con dieta balanceada.....   | 41 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La iniciación y posterior desarrollo de la industria del engorde a corral ha sido, ante todo, un resultado de la disponibilidad de cereales, semillas, frutas y subproductos tanto vegetales como industriales adecuados para emplear en la alimentación del ganado. La utilidad de estos alimentos reside en su elevado tenor energético, que es el factor económico más importante en una ración. Energía, junto con proteínas, minerales y vitaminas, son los elementos que utiliza el vacuno durante los procesos de crecimiento y terminación.

En una alimentación balanceada, los granos constituyen la porción más considerable. Así, pues, su disponibilidad influye en la ubicación del establecimiento y en el tipo de programa alimentario que deberá seguirse. La digestión y el metabolismo del alimento voluminoso requieren mayor consumo de energía que cuando se utilizan los granos; se lo emplea en escasas proporciones para el crecimiento y terminación, pero adquiere singular importancia en los programas de crecimiento o en raciones de preacondicionamiento.

En los últimos años el modelo económico obligó a las empresas pecuarias a aumentar la eficiencia de producción para poder obtener una rentabilidad que permita a estas empresas continuar como tales. Entre las alternativas de intensificación de la producción de carne, surgió la producción llamada engorde a corral. Estos sistemas se han armado al mejor estilo, con un gran uso de concentrados. Hoy la relación precio de los granos y del producto carne, no está en su mejor momento, ya que los granos, en general, han aumentado mucho más que la carne.

Ante la realidad de los altos costos de alimentación de los corrales de engorda y la abundante información, investigación y experiencia existentes en varios países como los Estados Unidos de América, algunos países europeos y latinoamericanos, nos lleva a recurrir a los subproductos de industrias como ingredientes de las dietas balanceadas. Lo más importante es mantener los costos de infraestructura al mínimo, eligiendo una dieta económica de fácil suministro y de buena respuesta.

Por lo anterior el objetivo del presente estudio es evaluar la concentración de Ácidos Grasos Volátiles del Líquido Ruminal de toretes Charoláis en engorda, alimentados con subproductos de cervecería (masilla y levadura), en distintos niveles de inclusión en su dieta, tanto para efectos principales (masilla, levadura), como para la interacción (levadura x masilla).

Esto parte de la hipótesis de que el al adicionar subproductos de cervecería se incrementan las concentraciones de ácidos grasos volátiles debido a que tanto la masilla como la levadura son ricas en vitaminas del complejo B.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

En la actualidad, la producción de carne, leche y huevo para el consumo humano, se ve limitada debido a que los animales a partir de los cuales se obtienen estos productos, compiten en menor o mayor grado con el hombre por los alimentos, especialmente los cereales.

De acuerdo con un estudio realizado por Reid (1969), en el que se calculó el consumo del alimento para cada especie considerando para ello la alimentación durante el crecimiento y la etapa de producción, la opción de 1 tonelada de cerdo en canal requiere de 6.36 toneladas de alimento, la tonelada de carne de pollo, 4.81 toneladas y la de huevos, 4.04. Si esto lo comparamos con 3.5 toneladas de concentrado proteico necesarias para producir una tonelada de carne de res en canal ó 0.4 toneladas para obtener una de leche, encontramos una relación mucho más estrecha entre alimento consumido y producción en los bovinos que en otras especies.

Esto se debe a que los nutrientes que el bovino necesita para su mantenimiento y reproducción pueden ser obtenidos a partir de forrajes o

alimentos que el hombre no consume, pero que el bovino puede utilizar, gracias a los procesos digestivos que se efectúan en el rumen por acción de bacterias y protozoarios, en los cuales el producto final son los ácidos grasos volátiles.

Estos ácidos son compuestos de cadena carbonatada corta, que se producen durante la degradación fermentativa de los alimentos en el rumen y que pueden ser convertidos en glucosa, ácidos aminados o ácidos grasos por las bacterias ruminales o por las células del animal.

Generalmente se consideran como ácidos grasos volátiles el ácido fórmico, el acético, el propiónico, el butírico, el isobutírico, el 2-metil butírico, el valérico, el isovalérico, el caproico y caprílico. Los ácidos: acético, propiónico y butírico son los que se producen en mayor cantidad durante la fermentación de los alimentos en el rumen; los que aparecen en menor cantidad son el caproico y el caprílico (Reid 1969).

Estos compuestos son producidos por acción de enzimas intra- y extra-celular de bacterias y protozoarios que habitan en el rumen.

## **El Medio Ambiente Ruminal**

El rumen ofrece un medio adecuado para el crecimiento bacteriano, ya que el pH varía generalmente entre 5.5 y 7.0 y la temperatura de 39° - 40°C, es muy cercana a la óptima para la mayoría de los sistemas enzimáticos. El alimento llega hasta el rumen en una forma más o menos constante y es mezclado por las contracciones de las paredes ruminales, lo que permite que los microorganismos entren en contacto con alimentos recién ingeridos o regurgitados y vueltos a masticar y humedecer. La reinsalivación de los alimentos durante la rumia, en combinación con el agua que llega al rumen, y las secreciones del mismo, proveen una humedad relativa favorable para muchos microorganismos. Además, los productos finales de las reacciones fermentativas son eliminados del medio, ya sea por absorción a través de la mucosa del retículo-rumen, o bien por el paso hacia los siguientes compartimientos, evitando de esta manera la saturación del medio y la consecuente inhibición del crecimiento bacteriano. Por lo tanto, se favorece el crecimiento de la misma llegando a producir una cantidad de protoplasma equivalente al 10% del líquido total del rumen (Warner 1962).

## **Población Microbiana**

La población microbiana en el rumen es variable, predominando las bacterias y protozoarios ciliados, pero puede aparecer una cantidad considerable



de levaduras. En general, y debido a las condiciones que prevalecen en el rumen, la mayor parte de los microorganismos son anaerobios o anaerobios facultativos.

Algunos de los géneros bacterianos más importantes, por su capacidad para degradar a los principales carbohidratos (glúcidos) de los alimentos son: *Bacterioides*, *Ruminococos*, *Succinomonas*, ciertos *Clostridios*, *Celobacterias* y *Butirivibrio* (Hungate 1966).

Los protozoarios más comunes en el rumen pertenecen a los géneros: *Isotriquia*, *Dasitriquia*, *Diplodinio* y *Entondinio* (Hungate 1966). En rumiantes jóvenes también se encuentran protozoarios flagelados (Eadie 1962), *Monocercomonas*, *Calimastix*; *Quilomastix*, *Tetratricomonas*, etc. (Hungate 1966).

Las bacterias del rumen se han agrupado, según el sustrato que fermentan en forma predominante, de la siguiente manera:

1. *Bacterias Celulolíticas*: son las que producen celulasa, que es una enzima extracelular capaz de hidrolizar los enlaces  $\beta$  de la celulosa, produciendo celobiosa. Algunas de ellas también aprovechan la celobiosa (Bryant 1953).

2. *Bacterias Hemicelulolíticas:* son bacterias capaces de degradar a las hemicelulosas, liberando las pentosas, hexosas y ácidos úricos, convirtiéndolos en glucosa o fructosa (Bryant 1953).
3. *Bacterias Amilolíticas:* estas utilizan los almidones como sustrato pues poseen una amilasa que hidroliza enlaces alfa 1-4 produciendo maltosa, que por acción de la maltasa se convierte en glucosa.
4. *Bacterias que utilizan azúcares solubles:* éstas dependen de la actividad de las anteriores, que son las que producen glucosa, xilosas y otros azúcares solubles a partir de las celulosas, almidones, hemicelulosas, etc., transformándolas en ácidos grasos volátiles.
5. *Bacterias Proteolíticas:* producen enzimas hidrolíticas que rompen enlaces peptídicos, liberando péptidos y finalmente ácidos aminados.
6. *Bacterias Lipolíticas:* Poseen estererasas que hidrolizan a los triglicéridos, fosfolípidos y esteres de ácidos grasos.
7. *Bacterias que utilizan ácidos:* actúan sobre los productos finales de la actividad de las bacterias de los grupos anteriores, utilizando como sustrato diferentes tipos de ácidos, por lo que ayudan a su eliminación del medio.

Además hay otros tipos de bacterias capaces de producir amoníaco a partir de los ácidos aminados, por mecanismos de desaminación; las metanogénicas que producen metano a partir de hidrógeno y bióxido de carbono y otras que sintetizan vitaminas (Bryant 1953).

## Producción de Ácido Acético

Las reacciones que predominan en la producción de este ácido y lo mismo del butírico, son reacciones fosfoclasticas, en las que el ácido pirúvico es convertido en fosfato de acetilo y ácido fórmico o hidrógeno y CO<sub>2</sub>. Los hidrógenos que se desprenden en el proceso oxidativo son utilizados de distintas maneras según las bacterias que realicen la fermentación, los *Clostridios* transfieren los electrones liberados a protones que se separan como hidrógeno molecular, otras los transfieren al CO<sub>2</sub> produciendo ácido fórmico y otras más los utilizan para hidrogenar ácidos grasos.

Además hay bacterias, como las propionibacterias que al oxidar el ácido pirúvico hasta acético no liberan hidrógeno, sino que éste es utilizado para formar ácido propiónico simultáneamente (Allen 1964).

A su vez el ácido fórmico sufre oxidación rápida en el rumen, en la que interviene una deshidrogenasa fórmica asociada a ferredoxina. Esta oxidación produce hidrogeno y CO<sub>2</sub> (Allen 1964).

## **Producción de Ácido Propiónico**

El ácido propiónico es producido en el rumen a partir del ácido pirúvico o del ácido láctico, siguiendo dos vías diferentes, aún cuando las dos son funcionales, una de ellas es la predominante y se lleva a cabo con la formación de oxaloacetato y succinato. La segunda vía requiere de la formación de acrilato y se presenta en el rumen de animales en los que la ración alimenticia es deficiente en azufre, quizá debido a un cambio en la población bacteriana, o bien cuando es a base de granos (Whanger 1967 y Wallnofer 1967).

## **Producción de Ácido Butírico**

En el rumen se puede sintetizar este ácido a partir del acético o de sustancias capaces de formar Acetil-CoA, como el ácido pirúvico (Barker 1961).

## **Factores que Afectan la Producción de Ácidos Grasos Volátiles**

En el rumen, la producción de los ácidos grasos volátiles depende de la composición de la dieta, la actividad microbiana, el pH del medio y la frecuencia de ingestión de los alimentos.

En general, las dietas a base de forrajes producen menos cantidad de ácidos grasos volátiles, en contraposición con aquellas a base de concentrados de alto contenido de proteínas o de carbohidratos fácilmente fermentables. La mayor concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen se observa después de que han transcurrido de 3 a 6 horas de la ingestión del alimento, si este es ofrecido una sola vez al día (Balch 1957).

La producción de ácidos grasos volátiles disminuye conforme aumenta el pH del rumen.

La cantidad de ácidos grasos volátiles presentes en el líquido ruminal en un momento dado depende, además de los factores anteriores, de la absorción de los ácidos a través de la pared del rumen, o de su paso a los otros compartimentos.

La proporción de cada uno de los ácidos grasos volátiles en la mezcla varía con la calidad, cantidad y aún con la textura de los componentes de la dieta; el sustrato predominante en la dieta tiene una influencia marcada (Balch 1957).

La proporción molar de ácido acético es elevada, entre 60-75%, cuando se suministra dietas a base de forrajes o pastos sin picar o en trozos grandes, la variación dependerá del tipo de forraje o pasto, estado de madurez del mismo, la fertilización de la tierra en la que creció, etc. (Balch 1957). El ácido propiónico

varía entre 15 y 19% y el butírico sufre variaciones más amplias, 6 a 16%. Además con estas raciones hay una pérdida considerable de la energía consumida, energía que se pierde bajo la forma de metano (Armstrong 1960).

Si el forraje se da al animal finalmente picado, la proporción de ácido acético se ve disminuida en relación a los otros ácidos.

En aquellos casos en que la dieta es modificada por la introducción de una gran cantidad de concentrado, sin un período previo de adaptación, se puede provocar una acumulación de ácido láctico en el rumen. Esto es el resultado de la incapacidad de las bacterias existentes para metabolizarlo a la velocidad en que es producido y por la falta de una concentración adecuada de bacterias capaces de hacerla. La producción excesiva de ácido láctico puede llevar a provocar una acidosis en el animal, y aún su muerte (Annison 1965).

Por lo general, la adición de concentrados a las raciones a base de forraje causa una disminución en la concentración de ácido acético, que es compensada con un aumento en la de propiónico o de butírico. Este efecto no es constante, ya que se presentan variaciones entre animales y de un concentrado a otro. El aumento en ácido propiónico se observa cuando la cantidad de concentrado adicionada es elevada y su composición es a base de granos con gran cantidad de

almidón, especialmente si han sido tratados previamente con calor. La adición de concentrados disminuye la producción de metano (Bath 1965).

Los concentrados a base de granos en cuya preparación se incluye el tratamiento con calor y presión son fermentados con mayor rapidez y favorecen la producción de ácido propiónico. Este aumento en la digestibilidad puede deberse a que durante el tratamiento previo llega a haber un cierto grado de fragmentación de los gránulos de almidón e hidrólisis parcial de las moléculas del mismo (Trei 1966).

Es posible aumentar la producción de ácido butírico hasta un 25-35% de los ácidos grasos volátiles totales (en base a molaridad) utilizando raciones con un alto contenido en miel y urea, logrando también en el proceso un aumento en la concentración de ácido valérico y caproico. Este incremento se realiza, por lo general, a expensas del ácido acético (Marty 1970).

Además algunos investigadores han observado cambios en las proporciones molares de ácidos grasos volátiles cuando se varía la frecuencia del suministro de alimento.

La actividad microbiana en el rumen, que es la responsable de la digestión a este nivel y finalmente de la producción de los distintos ácidos grasos, depende de

la adaptación de los microorganismos a la ración alimenticia del animal (Church 1960). Esta adaptación ayuda a determinar la digestibilidad de las diferentes raciones.

Siendo la celulosa uno de los sustratos más importantes en las raciones para los rumiantes, ha sido una preocupación constante del especialista en nutrición el aumentar su digestibilidad adicionando a las raciones aquellos elementos que ayuden a una mejor actividad de las bacterias celulolíticas. Uno de los factores que tiene mayor influencia es la cantidad de nitrógeno presente, ya que la digestibilidad de cualquier forraje se reduce con la disminución de nitrógeno en la ración. Si el forraje es de mala calidad es necesario agregar, ciertos minerales para aumentar la digestibilidad de la celulosa. También se ha observado que la adición de ácidos aminados o ácidos grasos ramificados resulta benéfica pues este tipo de cadenas carbonadas son esenciales para las bacterias celulolíticas (Hungate 1966). En cambio la inclusión de carbohidratos solubles disminuye la digestibilidad de la celulosa, debido a que se establece una competencia entre las bacterias celulolíticas y las no celulolíticas por el aprovechamiento del nitrógeno disponible en el medio. En general se acepta que existe una relación estrecha entre la cantidad de células bacterianas presentes en el rumen, los carbohidratos fermentados y la producción de ácidos grasos volátiles.



Otro de los factores que se ha estudiado con amplitud es la textura de los alimentos, desde el troceado, picado y empastillado hasta el pulverizado. La fragmentación de los forrajes facilita la digestión porque hay mayor superficie para la acción enzimática bacteriana, sin embargo, el moler finamente el forraje disminuye su acción, ya que el tránsito a través del rumen se hace más rápido (Moore 1964).

Se ha sugerido el uso de cálculos estequiométricos para determinar en un momento dado la concentración de ácidos grasos o estimar el grado de síntesis de componentes bacterianos (Hungate 1966 y Baldwin 1965). De hecho, el peso seco de los microorganismos producidos en condiciones anaeróbicas es proporcional al sustrato disponible, aun cuando cambien las especies existentes, siempre y cuando las condiciones sean similares.

### **Absorción de los Ácidos Grasos Volátiles**

Los ácidos grasos que se liberan en el rumen son aprovechados en parte por las bacterias, que los utilizan para sintetizar algunos de sus componentes estructurales. La síntesis de proteína se realiza principalmente a partir del ácido acético, algunas bacterias sintetizan los ácidos grasos de cadena larga a partir del isobutírico, n-valérico y n-caproico, principalmente (Wegner 1963).

El resto es absorbido en su mayoría a través de la pared del rumen realizándose por medio de difusión simple, es decir, siempre que el gradiente de concentración sea favorable para ello; aquellos que no son absorbidos a este nivel pasan al omaso y abomaso en donde también hay absorción (Tweedie 1966). Weston y Hogan (1968) comprobaron que cerca de 76% de los ácidos presentes en el rumen se absorbían a este nivel, 19% en omaso y abomaso y tan sólo un 4-5% llegaba a pasar al intestino.

El orden en que se absorben los ácidos en corderos y terneros corresponde a la secuencia: butírico > propiónico > acético. En el abomaso la absorción se realiza prácticamente a la misma velocidad que en el retículo rumen. En cambio el ácido láctico, que normalmente no se produce en gran cantidad en rumen, parece ser absorbido más bien lentamente (Heuter 1956).

Se ha observado que la absorción a través de la pared del rumen es más efectiva en aquellas superficies que poseen un gran número de papilas y ha habido investigadores que han establecido que existe una correlación entre la longitud relativa de las papilas en el saco ventral del rumen y la ganancia de peso por el animal (Sellers 1955).

La absorción de los ácidos grasos es afectada por el pH en el medio. Si se alcaliniza el contenido ruminal, la absorción se reduce, en cambio cuando el medio

es acidificado la absorción se aumenta. Este aumento puede deberse a que se facilita el paso de moléculas no ionizadas de las capas lipoides de la membrana celular o al hecho de que cuando se eleva la concentración de CO<sub>2</sub> y ácido butírico se induce un aumento en el aporte sanguíneo hacia el rumen, facilitando la salida rápida de los productos de la digestión (Sellers 1955).

Otro de los factores que tiene una gran influencia sobre la velocidad de absorción de los ácidos, es el metabolismo de los mismos a nivel de la célula epitelial del rumen. El hecho de que estos ácidos sean metabolizados en el epitelio que recubre el rumen ha sido estudiado por diferentes investigadores y aun cuando no se conoce bien el grado de modificación de cada uno de los ácidos, es posible afirmar que el acético es absorbido y pasa al torrente sanguíneo prácticamente sin ningún cambio; el propiónico se absorbe y en el epitelio una parte se convierte en láctico; en cambio el butírico es transformado casi totalmente a cuerpos cetónicos (Pennington 1967, Hird 1961 y Leng 1969).

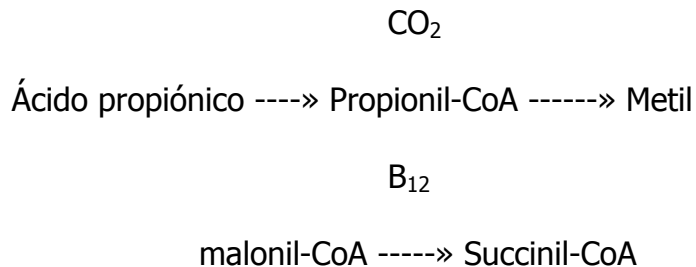
En los rumiantes, la absorción directa de glucosa es prácticamente nula. En experimentos en los que se utilizaron borregos alimentados con raciones ricas en almidón soluble, no se logró una absorción mayor de 25 g/día. Posteriormente ha aparecido información en el sentido de una mayor absorción cuando se usan raciones a base de maíz molido (Tucker 1968).

## Utilización de los ácidos grasos volátiles

En la sangre que proviene de las paredes del rumen aparecen los ácidos: acético, propiónico, láctico y pequeña cantidad de butírico, así como cuerpos cetónicos; todos estos productos son llevados en la sangre portal hasta el hígado, sin que haya entrada de dichos productos al sistema linfático (Annison 1957).

En el hígado el ácido propiónico es el único que interviene en la gluconeogénesis, por ello, bajo ciertas condiciones alimenticias se puede producir un déficit de glucosa. Esto, según Krebs, parece ser el principal factor en la etiología de la toxemia de la preñez y de la cetosis. La proporción de glucosa que se puede obtener a partir del ácido propiónico varía entre 19 y 62% (Steel 1973), esto ha sido estudiado en borregas, tanto vacías como cargadas; demostrando que la velocidad de conversión del ácido propiónico en glucosa depende directamente de la velocidad de producción del ácido en el rumen. Por lo tanto, las necesidades de glucosa tienen que ser cubiertas por medio de la gluconeogénesis a partir de ácidos aminados de tipo glucogenético. Ahora bien, la utilización de glucosa por unidad de tejido resulta menor en los rumiantes que en otros animales, ya que se encuentra presente una gran cantidad de ácido acético y cuerpos cetónicos (Rook 1969).

Además, una gran proporción del ácido propiónico es oxidado hasta CO<sub>2</sub> y energía, haciéndolo entrar a ciclo de Krebs (Leng 1967 y Judson 1968), bajo la forma de Succinil-CoA.



El ácido propiónico interviene, además en la síntesis de grasas, pero esto es esencialmente bajo la forma de glucosa. Su contribución en este proceso consiste en la producción de NADPH + H<sup>+</sup>, a través de la vía degradativa de las fosfopentosas, el cual es indispensable para las reacciones de reducción en la síntesis de ácidos grasos. La pequeña cantidad de ácido butírico que logra escapar el metabolismo en el epitelio ruminal es utilizado en el hígado, junto con los ácidos grasos de cadena más larga que se originaron en rumen durante la digestión fermentativa, para la síntesis de grasas más complejas, o bien es oxidado produciendo radicales acetil que se utilizan en el ciclo de Krebs para la producción de CO<sub>2</sub> y energía.

Por su parte el ácido acético, el láctico y los cuerpos cetónicos, especialmente el ácido β hidroxibutírico, salen del hígado prácticamente sin haber sufrido ningún cambio y constituyen los sustratos utilizables por los tejidos

extrahepáticos. Los cuerpos cetónicos son utilizados con facilidad por la mayoría de los tejidos de los rumiantes, excepto el hígado, cerebro y epitelio ruminal (Annison 1957 y Leng 1964).

Estos compuestos, en los diferentes tejidos dan lugar a la formación de radicales acetil que bajo la forma de acetil CoA son oxidados en el ciclo de Krebs.

Ac. acético ---» Acetil CoA ---» ciclo de Krebs.

Ac. láctico --» Pirúvico --» Acetil CoA --» Ciclo de Krebs

Ácido  $\beta$  hidroxibutírico ---» Ácido

CoA

acetoacético -----» 2 Acetil-CoA

En el tejido adiposo los radicales acetil se utilizan en la síntesis de ácidos grasos.

Acetil-CoA

Acetil-CoA ---» Malonil-CoA-----» Ácido graso

En la glándula mamaria el ácido  $\beta$  hidroxibutírico se utiliza como fuente de energía, y en combinación con el acetato actúa como precursor de ácidos grasos de cadena corta, saturados, que se sintetizan en este tejido. Una de las

características de la grasa de la leche de los rumiantes es la existencia de ácidos grasos que poseen de 4 a 10 carbonos, lo que se debe en parte a la incorporación de este ácido  $\beta$  hidroxibutírico.

Ahora bien, la eficiencia en el aprovechamiento de la energía proveniente de los ácidos grasos volátiles aplicada a la producción es mucho menor que la de glucosa. Es decir, cuando se han realizado experimentos en los que a los animales en estado de ayuno se les suministra por infusión directa al rumen los distintos ácidos, se ha observado que el ácido acético solo, se utiliza hasta un 60% y el propiónico o el butírico tienen una utilización hasta del 80% (Armstrong 1957).

Si en lugar de darse solos los ácidos, se mezclan, la eficiencia en su utilización se mejorará (Armstrong 1957). En comparación, la glucosa administrada por vía intraabdominal o intravenosa, es decir, de manera que no sufra fermentación, se utiliza con una eficiencia del 100%.

En la engorda de animales el aprovechamiento de la energía tiene una eficiencia menor cuanto mayor sea la proporción de ácido acético producido. Las mezclas con 68% de ácido acético (en base a molaridad) tienen una eficiencia aproximada de 33%, si se reduce el ácido acético a 45%, la eficiencia de utilización se eleva hasta 60%; en cambio la glucosa suministrada por vía intravenosa o infusión en abomaso tiene una eficiencia de 70%. El aumento en la

proporción molar de ácido propiónico generalmente se traduce en ganancia de peso y aumento de producción láctea (Judson 1968 y Clanton 1966). Sin embargo, bajo ciertas condiciones, una proporción elevada de ácido acético en el rumen actúa como estimulante en la retención de nitrógeno en el animal en crecimiento, (Orskov 1966).

La producción de leche puede aumentarse como resultado de un aumento en la absorción de ácido acético a través del rumen, pero no así con el aumento de propiónico o butírico (Rook 1961). Este aumento es en la cantidad de leche, el contenido de sus principales componentes y en forma especial de la grasa, ya que aproximadamente el 50% de los ácidos grasos, sobre todo aquellos con menos de 16 carbonos, se originan a partir del ácido acético (Hardwick 1961 y Annison 1964). El ácido propiónico no provoca aumento en la cantidad de leche, pero sí en la de proteína de la leche, disminuyendo el contenido de grasa. El butírico no afecta la cantidad de leche, pero aumenta el contenido de grasa.

### **Subproductos de Cervecería en la Alimentación de Ganado Bovino**

El elevado costo de los ingredientes proteicos y energéticos impide la utilización generalizada de suplementos en el ganado bovino, lo que repercute en bajos niveles de producción de carne por animal y por hectárea. Una alternativa para disminuir el costo de la suplementación del ganado es la utilización de



subproductos de cervecería. Existen varios subproductos derivados de la fabricación de cerveza (grano húmedo ó masilla, cascarilla y crema final y levadura) que pueden utilizarse en la alimentación de novillos de engorda y de vacas productoras de leche.

La levadura se obtiene cuando se separa del mosto fermentado y se elimina el sabor amargo a través de varios lavados con álcali diluido y la crema final se deseca, muele y empaqueta. La crema final o lechada, es el subproducto que aún no ha sido desecado y en su estado líquido puede ser utilizado en la alimentación de ganado. Esta crema final de levadura (lechada o licor de cerveza) aumenta el consumo de alimento y la producción de leche, y se le atribuye un valor nutritivo similar a la pasta de soya en las dietas para ganado productor de leche. Sin embargo, la limitante para la incorporación de la crema final en las dietas de ganado lechero es su bajo contenido de materia seca. Otra limitante importante es el costo que debe pagarse por el flete para trasladarla a la explotación, razón por la cual los ranchos que se localizan cerca de las plantas productoras de cerveza son las más beneficiadas con la utilización de estos subproductos.

### **Masilla**

Subproducto de la industria cervecera resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal (cebada,

básicamente) malteado. Es un producto húmedo cuyo contenido en materia seca es de un 20-25%. No se observan diferencias significativas en la composición química correlacionadas con el contenido de materia seca, aunque éste es variable. En el mercado recibe otros nombres como el de cebadilla de cerveza ó masilla, y es el término equivalente a lo que el mundo anglosajón conoce como "wet brewers grains".

El bagazo de cerveza es un subproducto rico en proteína, siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 6%. Es un subproducto rico también en fibra, con un contenido en FND del 44% y en FAD del 20%, aunque se trata de un fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 5% y el de cenizas de un 7%. En el residuo mineral destaca el contenido en P (6 g/kg), siendo más bajo (3 g/kg) el contenido en Ca (Calsamiglia 2004).

El contenido en energía metabolizable de este subproducto es de 2.86 Mcal/kg. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7 %/h. Se trata pues de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal (Calsamiglia 2004).

## Levadura

Las levaduras se han administrado a los animales en el alimento durante más de 100 años, ya sea en la forma de una masa fermentada producida en el rancho, subproductos de levaduras de cervecería o destilería, o productos comerciales elaborados a base de levaduras específicamente para la alimentación animal. Aun cuando esta práctica de utilizar las levaduras en los alimentos pecuarios ha existido durante mucho tiempo, todavía no hay mucha difusión o existe confusión en la industria para utilizarlas. Pero por donde se observe el uso de levaduras tiene grandes beneficios, ya que la levadura en sí, proporciona vitaminas del complejo B, minerales, es una buena fuente de proteína y de aminoácidos. Aproximadamente el 40% del peso de la levadura seca consiste en proteína. La calidad de la proteína de la levadura es excelente, tratándose de una proteína de origen vegetal, y su calidad es equivalente a la soya, pues ambas son ricas en lisina.

Las levaduras son hongos microscópicos, es decir, organismos unicelulares del reino vegetal, que suelen medir de 5 a 10 micras, se consideran como organismos facultativos anaeróbicos, lo cual significa que pueden sobrevivir y crecer con o sin oxígeno. La propagación de las levaduras se da por un proceso denominado metabolismo oxidativo.

## Crecimiento aerobio

1 glucosa + 6O<sub>2</sub> = 6CO<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O \_\_\_\_\_ 686 kcal de energía libre

## Fermentación Anaerobia:

1 glucosa = 2CO<sub>2</sub> + 2 etanol \_\_\_\_\_ 54 kcal de energía libre

La reproducción puede ser asexual (por gemación y fisión) y sexual (por ascósporas) (Figura 2. 1). No todas las levaduras tienen un ciclo de reproducción sexual, algunas especies como *Candida albicans* se reproducen sólo vegetativamente (Figura 2. 2).

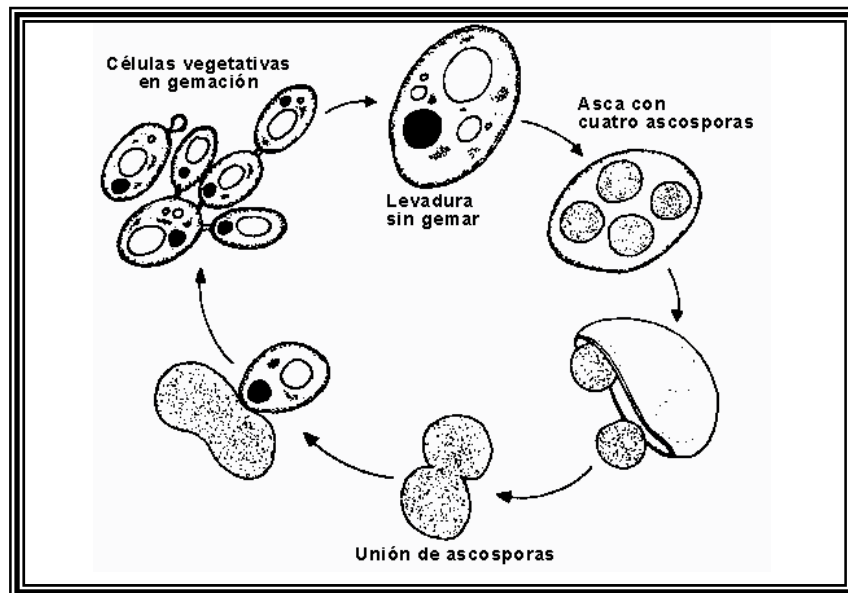


Figura 2.1: Ciclo Biológico de *Saccharomyces cerevisiae* Calsamiglia (2004).



Figura 2.2: Fotografía de microscopía electrónica de barrido de *Saccharomyces Cerevisiae*, Calsamiglia (2004).

### Proceso de producción de la levadura

La primera etapa de la producción de levadura consiste en el crecimiento o propagación del cultivo puro de células de levadura en una serie de reactores de fermentación. La levadura es recuperada del último fermentador utilizando centrífuga para concentrarla. La levadura es sometida por un tiempo de treinta minutos a una mezcla de salmuera con el fin de mejorar la deshidratación, posteriormente la levadura se somete a uno o más lavados y a otro separador centrífugo. La levadura se mezcla con salmuera antes de ser filtrada, generalmente se deja así por unos treinta minutos.

Posteriormente se lava en filtro rotatorio con agua helada para retirar la sal que se le agregó con el fin de mejorar la deshidratación. La levadura sólida es

entonces filtrada en filtros prensa, o en filtros rotatorios al vacío, para obtener una mayor concentración. La levadura filtrada se mezcla posteriormente con pequeñas cantidades de agua, emulsificantes y aceites. La levadura mezclada pasa posteriormente a extrusión, corte y embalaje, o secado en el caso de levadura seca (Calsamiglia 2004).

a. Materias primas

Las principales materias primas usadas en la fabricación de levadura son el cultivo puro de levadura y la melaza. La cepa de levadura utilizada para producir la levadura es la *Saccharomyces cerevisiae*. La melaza de caña de azúcar y de remolacha son las principales fuentes de carbono que promueven el crecimiento de la levadura. La melaza contiene entre 45 a 55% en peso de azúcares fermentables, en forma de sacarosa, glucosa y fructuosa.

La cantidad y tipo de melaza que se utiliza depende de la disponibilidad de cada tipo de melaza, los costos, y la presencia de inhibidores y toxinas. Generalmente, en la fermentación se utiliza una mezcla de los dos tipos de melaza. Una vez que se mezclan, se ajusta el pH entre 4,5 y 5,0 porque una mezcla alcalina promueve el crecimiento de bacterias. El crecimiento de bacterias ocurre bajo las mismas condiciones que el crecimiento de la levadura, y esto hace que el monitoreo del pH sea muy importante (Calsamiglia 2004).

La melaza es clarificada, con el fin de eliminar cualquier impureza; luego el mosto (melaza clarificada y diluída con el pH ajustado) se esteriliza con vapor a alta presión. Después de la esterilización, se diluye con agua y se mantiene en un estanque hasta que se necesite en el proceso de fermentación.

La producción de levadura requiere además de una variedad de nutrientes esenciales y vitaminas. Entre los nutrientes y minerales necesarios están el nitrógeno, potasio, fosfato, magnesio, y calcio; y trazas de hierro, zinc, cobre, manganeso, y molibdeno. Normalmente, el nitrógeno es suministrado mediante sales de amonio, el fosfato y el magnesio en las formas de ácido fosfórico y sales de magnesio. Las vitaminas utilizadas en la producción de levadura son la biotina, inositol, ácido pantoténico y tiamina (Calsamiglia 2004).

En cuanto a los nutrientes y minerales se utilizan como fuente de nitrógeno principalmente sulfato de amonio y urea; y como fuente de fósforo se utiliza fosfato diamónico y ácido fosfórico (Calsamiglia 2004).

#### b. Fermentación

La levadura crece en una serie de fermentadores. Estos fermentadores son operados bajo condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno libre o exceso de aire), puesto que bajo condiciones anaeróbicas (limitación o ausencia de oxígeno)

los azúcares fermentables son consumidos en la formación de etanol y dióxido de carbono, lo cual resulta en bajos rendimientos de producción de levadura. Este proceso de fermentación aeróbica es exotérmico, lo cual implica que el fermentador debe ser enfriado para mantener la temperatura bajo 30°C, mediante agua de refrigeración, consiguiendo así la temperatura óptima de crecimiento.

La etapa inicial del crecimiento de la levadura cuando tiene lugar en un laboratorio. Una porción de cepas de levadura (levadura madre) se mezcla con el mosto de la melaza en frascos esterilizados, y se deja crecer por un período de 2 a 4 días. El contenido completo del frasco se usa para inocular el primer fermentador en la etapa del cultivo puro (siembra inicial). La fermentación del cultivo puro se realiza en fermentadores batch donde la levadura crece por un período de 13 a 24 horas; es usual que se usen dos fermentadores en esta etapa.

A continuación, el cultivo puro fermentado, o levadura de siembra, es transferido a un fermentador intermedio, y posteriormente pasa a la etapa de la fermentación "stock", donde se aumenta la alimentación con una buena aireación. Esta etapa es llamada "stock", porque después que la fermentación se completa, la levadura es separada del medio de cultivo por centrifugación, produciendo la levadura "stock" para la próxima etapa. En esta nueva etapa, denominada fermentación "pitch", se realiza una aireación fuerte y se incrementa la adición de melaza y nutrientes, y se produce la levadura "pitch" para la última etapa de la



fermentación. Alternativamente, la levadura producida en esta etapa se puede centrifugar y almacenar por varios días antes de ser utilizada en la última etapa de fermentación ("trade fermentation") (Calsamiglia 2004).

La etapa final de la fermentación tiene el grado de aireación más alta, y se incrementa la alimentación de melaza y nutrientes. Esta etapa tiene una duración que varía entre 11 y 15 horas. Después que toda la melaza y los nutrientes son adicionados, el líquido es aireado por un período adicional de 0,5 a 1 hora para permitir la total maduración de la levadura, permitiendo así una mayor estabilidad para el almacenamiento refrigerado.

El volumen de crecimiento de la levadura en las etapas principales descritas anteriormente, aumenta con cada etapa. El crecimiento de la levadura es en general de 120 kilos en el fermentador intermedio, 420 kilos en el fermentador "stock", 2.500 kilos en el fermentador "pitch", y 15.000 a 100.000 kilos en el fermentador final.

La secuencia de las distintas etapas de fermentación varía entre los diferentes productores. En general la mitad de las operaciones existentes, a nivel mundial, utilizan dos etapas, y las restantes utilizan las cuatro etapas. Cuando se usan sólo dos etapas, las fermentaciones a continuación de la etapa de cultivo

puro (siembra inicial) son las fermentaciones "stock" y la final "trade" (Calsamiglia 2004).

c. Cosecha y embalaje

Una vez que se ha alcanzado el crecimiento óptimo de levadura, ésta es recuperada desde el fermentador final mediante separación centrífuga. Luego la levadura se lava en un filtro rotatorio con agua helada para retirar la sal agregada antes de filtrar para obtener una mejor deshidratación.

Posteriormente la levadura sólida es concentrada mediante filtros prensa o filtros rotatorios al vacío. Un filtro prensa entrega una levadura con un porcentaje de sólidos que fluctúa entre 27 a 32 %, y un filtro rotatorio al vacío da una levadura con aproximadamente 33% de sólidos. La levadura filtrada es posteriormente mezclada con pequeñas cantidades de agua, emulsificantes y aceites, para darle la forma del producto final. Las etapas finales de embalaje en la producción de levadura seca, el producto es enviado a los extrusores después de la filtración, donde se adicionan sustancias emulsionantes y aceites para texturizar la levadura y para ayudar a la extrusión. Después que la levadura es extruida en bandas finas, se seca en sistemas de secado batch o continuos. A continuación, la levadura es empaquetada. La levadura seca activa como inactiva, se conserva a

temperatura ambiente y tiene un periodo de caducidad de un año en el caso de levadura seca activa y en el caso de la inactiva es de dos años (Calsamiglia 2004).

### Levaduras *Saccharomyces cerevisiae*

La levadura *Saccharomyces cerevisiae*, puede tener 3 variantes, es decir, que sea:

Levadura Activa: levadura viable con un conteo de 10 mil a 20 mil millones de células vivas por gramo, esta levadura se utiliza principalmente como probiótico, algunas de sus funciones son:

Promotor de crecimiento

Mejores animales.

Aumenta la producción de leche materna.

Mayor ganancia de peso.

Conversión alimenticia a mayor velocidad.

Reduce el exceso de amoniaco.

Acción estimulante de la inmunidad.

Mejora la asimilación de nutrientes.

Corrige el balance de la población microbiana (García 2007).

Levadura Inactiva: Esta levadura, tiene casi nula viabilidad, prácticamente  $1.0 \times 10^2$  células vivas por gramo. El hecho de hacerse inactiva es para aprovechar otras bondades cuando es fermentada a pH bajo, como es el ser apetecible por ciertas especies que no toleran fácilmente consumir alimentos de origen vegetal. (Felinos, Caninos, entre otros.).

- Cuando ha sido fermentada a pH bajo es un excelente potenciador de sabor.
- Fuente natural rica en proteínas
- Mejora la palatabilidad del alimento.
- Una fuente natural de vitaminas del complejo B.
- Buen equilibrio de aminoácidos esenciales, con niveles altos de lisina.
- Es un buen complemento del alimento balanceado
- Aumenta la calidad cuando se mezcla en la fabricación de Pellets, que induce las siguientes ventajas:
  - Reduce la pérdida de alimento.
  - Reduce la pérdida de energía por animales.
  - Aumenta la digestibilidad de los nutrientes, García 2007.

Levadura Inactiva Enriquecida: en esta levadura lo que se trata de aprovechar principalmente, es que está enriquecida orgánicamente con algún

micro mineral, lo que se traduce, en una mejor biodisponibilidad de éste, hay una mejor retención del micro mineral orgánico que el inorgánico, además que hay una menor posibilidad de intoxicación, siempre y cuando se aplique a las dosis recomendadas. En estas levaduras podemos encontrar las enriquecidas con selenio, cromo, hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno, etc. (García 2007).

#### Efectos de la adición de *S. cerevisiae* en la fermentación ruminal

Resultados de investigaciones de dietas que incluyeron *S. cerevisiae* realizadas por Harris y Lobo (1988), Williams (1989) y Mutsvangwa et al. (1992), utilizando forrajes en el ganado, tuvieron incrementos en el consumo de alimento; sin embargo, Drennan y Moloney (1993) no encontraron efecto sobre el consumo de alimento; Hoyos *et al.* (1987), Teh *et al.* (1987), observaron incremento en la producción de leche. En otros estudios llevados a cabo por Greive (1979), Adams *et al.* (1981), Fallon y Harle (1987) y Mutsvangwa *et al.* (1992) se observó incremento en la ganancia de peso y conversión alimenticia; no obstante, Drennan y Moloney (1993), no indicaron incrementos en ganancia de peso ni en la conversión alimenticia. Las investigaciones de Teh *et al.* (1987), Wiedmeier *et al.* (1987), Harrison *et al.* (1987) y Williams (1988), mostraron cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles; por otra parte, en los estudios de Chademana y Offer (1990) y Arcos *et al.* (2000) no registraron cambios en ácidos grasos volátiles. Harrison *et al.* (1988), observaron cambios en pH ruminal y en la

concentración de amoníaco; sin embargo Adams *et al.* (1981) y Wiedmeier *et al.* (1987) mencionan que este efecto no fue consistente. Además se indican incrementos significativos en la cantidad y actividad de las bacterias anaeróbicas Celulolíticas, Wiedmeier *et al.* (1987); Harrison *et al.* (1988); Dawson *et al.* (1990), que podrían explicar el incremento sobre la digestibilidad de la dieta Wiedmeier *et al.* 1987; Gómez-Alarcón *et al.* (1987).

En estudios realizados por Andrighetto *et al.* (1993), registran que *S. cerevisiae* incrementa la concentración (mol) de AGV's totales; sin embargo, no se afectaron las proporciones de ácido acético y propiónico; por otra parte, Gedek *et al.* (1993), Plata *et al.* (1994), Kumar *et al.* (1994), Robinson y Garrett (1999), Arcos *et al.* (2000), mencionan que *S. cerevisiae* no modifica la fermentación ruminal por efecto de la adición de levadura en la dieta de los animales.

Crosby (1995), indica que no existe respuesta al cultivo de levadura sobre la fermentación y digestibilidad ruminal debido a que no se encontró efecto sobre el pH ruminal, N-NH<sub>3</sub>, tasa de fracción de flujo, volumen ruminal, concentración de ácidos grasos totales, y la digestibilidad total aparente de la materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutro. Así mismo se han registrado resultados diversos en relación a la digestibilidad del alimento, Flachowsky *et al.* (1993); Mir y Mir (1994); Andrighetto *et al.* (1993); Plata *et al.* (1994); Hernández (1999).

## Mecanismos de acción de *S. Cerevisiae* para incremento de digestibilidad en el rumen

Dawson (1987), Dilley (1988), Williams (1989) y Dawson (1993), propusieron que posiblemente los mecanismos de acción de las levaduras que aumentan la digestibilidad pueden atribuirse a lo siguiente: 1) Cambio en la flora bacteriana por competencia y estimulación del crecimiento, por medio del aumento de la actividad celulolítica y alteración de la síntesis microbiana, 2) Modulación del ambiente ruminal evitando fluctuaciones en el pH ruminal, 3) Reducción de la actividad de las bacterias metanogénicas, 4) Optimización de la absorción de minerales, 5) Son fuente de nutrientes y productos esenciales como aminoácidos, vitaminas y enzimas, 6) Incremento en metabolitos como ácidos grasos volátiles a causa de una mayor actividad bacteriana, 7) Disminución de la concentración del nitrógeno amoniacal, 8) Modifican el perfil de aminoácidos en el flujo duodenal, 9) Incrementan la proteína sobrepasante, 10) Incrementan el consumo voluntario de los animales, 11) Disminuyen la concentración de ácido láctico y 12) Incrementan la degradabilidad de la fibra.

Las características de *S. cerevisiae* permiten eliminar el oxígeno del ambiente ruminal, con lo que se facilita el crecimiento de bacterias anaeróbicas estrictas, es decir de bacterias celulolíticas (Rose 1987<sup>a</sup>); (Semptey y DeVisscher 1991); (McLeod *et al.* 1991); que promueven la degradación de la pared celular

(Fallon y Harle 1987); (Wiedmeier *et al.* 1987); (Galloway *et al.* 1991 y Dawson 1992); y estimulan el crecimiento de bacterias que utilizan lactato y digieren celulosa (Callaway y Martín 1997); por lo tanto, incrementan la digestibilidad de la dieta, así como la relación acético-propiónico (Plata y Mendoza 1993).

Los cultivos puros *S. cerevisiae* se reproducen mitóticamente, pero los medios con alto contenido de fibra estimulan su esporulación (Feese *et al.* 1982), Citado por Plata y Mendoza (1993). Durante la esporulación el cultivo de levaduras *S. cerevisiae* sintetiza seis tipos de enzimas  $\beta$  1-6 y 1-3 glucanasas, lo cual tiene por finalidad desdoblar la pared celular que lo rodea (Hien y Fleet 1983a y 1983b).



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Localización del Área de Estudio**

Los trabajos de campo del proyecto fueron realizados en los corrales de engorda de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, los cuales se encuentran ubicados a un lado de la carretera Saltillo – Zacatecas, a 7 Km. al Sur de Saltillo, Coahuila en las coordenadas terrestres 25° 23' de latitud Norte y 101° 0' de longitud Oeste, con una altura de 1743 msnm, tiene una temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación media anual de 350 mm (régimen de lluvias de mayo a octubre) (Mendoza 1994).

El clima de la región según García (1974), considerado como Bshwx(e). El cual corresponde a un clima muy seco estepario, lluvias escasas todo el año y extremo.

## Animales

En este estudio se utilizaron 18 toretes de la raza Charoláis (Figura 3.1) con un peso promedio de 439 Kg, con una edad de 17 meses, los mismos contaban con la vacunación de las 7 vías, contra la carbonosa, así como también desparasitante externo e interno, los cuales fueron alojados en corrales individuales y asignados al azar a los tratamientos respectivos. Dichos animales provenían del rancho "Los Ángeles", propiedad de la U.A.A.A.N.



Figura 3.1: Corrales Individuales de Engorda U.A.A.A.N. y animales alimentándose, utilizados en el proyecto

## Alimentación

La dieta que se ofreció a los animales se puede apreciar en el cuadro 3.1, en donde estaban incluidos los subproductos de cervecería (masilla y levadura) a

distintos niveles. El estudio se realizó por un período de 90 días, dividido en 3 etapas o fases. Se inició con una fase de adaptación de 2 semanas, y posteriormente en cada fase se empleó una relación de forraje:concentrado diferente. Para la 1ª fase fue de 30:70, la 2ª de 20:80 y la 3ª de 15:85. La ración suministrada a los animales fue dos veces por día a las 8:00 AM y 5:00 PM. En cuanto a la cantidad suministrada, fue calculada de acuerdo al 3% del peso vivo del animal, por día, luego se realizaban los debidos ajustes, gracias a la lectura de comederos (Figura 3.2). La preparación de los alimentos se realizaba una vez por semana. El forraje suministrado fue picado mediante una criba de 2”.



Figura 3.2: Animal en estudio alimentándose con dieta balanceada

La preparación de los alimentos se realizaba una vez por semana, esto debido al almacenamiento de los alimentos preparados, que pasando la semana, ya presentaban hongos. Esto considerando que existían varios niveles de levadura

y masilla en el alimento ofrecido (Cuadro 3.1), que hacían variar el nivel de humedad para cada tratamiento.

Es por esto que debido a la humedad tan alta de los ingredientes en prueba que se debe controlar constantemente la formación de hongos, cuando se prepare un alimento en donde incluya la masilla (78% de humedad) y levadura (85% de humedad) de cerveza, según Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research Council, 1996. El tratamiento 6 el más alto en porcentaje de masilla y levadura (Cuadro 3.1), presentaba los primeros signos de ahongamiento a los 4 días de almacenamiento.

**Cuadro 3.1: Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la tercera fase de la prueba de alimentación.**

| INGREDIENTES          | T1 %          | T2 %          | T3 %          | T4 %          | T5 %          | T6 %          |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Maíz (grano quebrado) | 65.147        | 61.262        | 50.610        | 61.148        | 51.773        | 40.494        |
| Heno de avena         | 15.000        | 15.000        | 15.000        | 15.000        | 15.000        | 15.000        |
| Harinolina            | 6.997         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| Grasa animal          | 3.536         | 4.367         | 5.532         | 3.280         | 4.477         | 5.874         |
| Fosfato monodicalcico | 3.207         | 3.264         | 3.106         | 3.004         | 2.919         | 2.771         |
| Carbonato de Ca       | 3.229         | 3.202         | 2.846         | 2.945         | 2.965         | 3.008         |
| Bicarbonato de sodio  | 2.000         | 2.000         | 2.000         | 2.000         | 2.000         | 2.000         |
| Megamín 3             | 0.382         | 0.404         | 0.406         | 0.363         | 0.366         | 0.353         |
| Sal común             | 0.500         | 0.500         | 0.500         | 0.500         | 0.500         | 0.500         |
| Semilla de algodón    | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 1.759         | 0.000         | 0.000         |
| <b>Masilla</b>        | <b>0.000</b>  | <b>10.000</b> | <b>20.000</b> | <b>0.000</b>  | <b>10.000</b> | <b>20.000</b> |
| <b>Levadura</b>       | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>10.000</b> | <b>10.000</b> | <b>10.000</b> |
| <b>Total:</b>         | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

## Tratamientos

Los tratamientos fueron 6 con 3 repeticiones cada uno (Cuadro 3.2)

**Cuadro 3.2: Cuadro de tratamientos con los porcentajes de masilla y levadura.**

| Tratamiento | Porcentaje de Masilla | Porcentaje de Levadura |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| 1 (Testigo) | 0%                    | 0%                     |
| 2           | 10%                   | 0%.                    |
| 3           | 20%                   | 0%.                    |
| 4           | 0%                    | 10%.                   |
| 5           | 10%                   | 10%.                   |
| 6           | 20%                   | 10%.                   |

## Análisis Estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AxB (2x3; donde el factor A: 2 niveles de levadura y el factor B: 3 niveles de masilla) (Ostle 1977), para las variables:

1. Concentración de Ácido Acético.
2. Concentración de Ácido Propiónico.
3. Concentración de Ácido Butírico.
4. Concentración de Ácidos Grasos Volátiles Totales.

5. Relación entre la Concentración de Acetato Butirato, de acuerdo al siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \xi_{jj} + \beta_k + \rho_{ijk}$$

Donde:

I= 1, 2, 3, ....., a

J= 1, 2, 3, ....., b

k= 1, 2, 3, ....., n

#### **Materiales de Recolección de Muestras (Líquido Ruminal)**

- 1 bomba de vacío.
- 1 manguera o zonda, con una longitud entre 220 a 250 cm., 1.5 cm. de diámetro externo y cuyo diámetro interno fue de 1.0 cm.
- 1 Matraz Erlenmeyer de 500 ml.
- Gasa.
- 1 hielera con abundante hielo.
- 18 recipientes con tapa.
- 1 Refrigerador.
- 18 tubos de Centrífuga.
- 1 Centrifugadora.

## **Método de Recolección de Muestras**

Se realizó mediante una bomba de vacío, a la misma iba conectada una manguera, la cual tenía la punta, que iba al rumen, suavizada o lijada, con una longitud de 250 cm., 1.3 cm de diámetro externo y cuyo diámetro interno fue de 1.0 cm. Se prescindió de un Matraz Erlenmeyer de 500 ml., el mismo estuvo conectado a la bomba, se limpió para la recolección del líquido ruminal de cada animal. Posteriormente se recolectó de 150 a 200 ml. del líquido ruminal por animal. Luego se vació en un recipiente, pero antes se filtró a través de varias capas de gasa, esta operación se realizó con cuidado evitando sobrecalentamientos, consecutivamente se almacenó en una hielera, para este paso se necesitaron 18 recipientes con tapa. El siguiente paso después de la recolección fue el de almacenar en un congelador a -15°C, pero antes de esto se tuvo que centrifugar por 15 minutos a 5000 RPM.

## **Materiales para Análisis de Líquido Ruminal por Cromatografía de**

### **Gases**

- 1 congelador.
- Pipeta.
- tubos de centrífuga.
- Ácido orto-fosfórico al 85%.

- Ácido fórmico al 25%.
- Agitador Vortex.
- 1 centrífuga.
- 1 Cromatógrafo de gases (Perkin Elmer), con la columna estandarizada para determinar AGV's.

### **Preparación de la Muestra para Análisis de Líquido Ruminal por Cromatografía de Gases**

Las muestras fueron almacenadas en un congelador a -15°C. Para la cuantificación de los AGVs por Cromatografía de gases, se tomó con pipeta una alícuota de líquido ruminal, de 5 ml. y se colocó en un tubo de centrifuga. Se Agregó 0.5 ml. de una solución 2:1 v/v de ácido *orto*-fosfórico al 85% y ácido fórmico al 25%. La mezcla ácida precipitó las proteínas que contaminan a la columna. Se Agitó bien mediante un agitador Vortex. Después de 30 minutos, el contenido fue centrifugado a 4,500 rpm por 45 minutos. El sobrenadante de cada una de las muestras fue puesto en viales de 1.5 ml. de esta forma quedó listo para la inyección directa al cromatógrafo de gases.

Estos Métodos y materiales utilizados fueron según Tejada (1992) y Castellanos *et al.* (1990).



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Concentración de Ácido Acético

La concentración molar de acetato para los diferentes tratamientos se presenta en el Cuadro 4.1, En el cual no se aprecian diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el factor A (nivel de inclusión de levadura), lo cual nos indica que si se desea adicionar levadura de cerveza (inactivada), la concentración molar de este ácido graso no se ve alterada por los niveles de 0 y 10 % en la dieta de los toretes. Sin embargo, para el caso del factor B (nivel de inclusión de masilla) si se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) indicando que si se desea adicionar este subproducto de cervecería en la dieta de los toretes, puede hacerse en niveles de 10 a 20 % logrando con estos niveles un incremento significativo en la concentración molar de acetato. En cuanto a la interacción (A X B), se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) por lo que si se desea combinar el uso de ambos subproductos (levadura y masilla) se puede observar una mayor concentración molar de acetato dependiendo de la combinación a escoger. Si no se usa levadura, resulta más conveniente usar el 10 % de masilla, mientras que si se desea usar levadura al 10%, entonces resulta mejor usar el 20 % de masilla.

De acuerdo con los resultados observados en el presente estudio, podemos decir que la adición de estos subproductos de cervecería en la dieta de los toretes, modificó la concentración de AGV's.

Al respecto, Allen y Mertens (1988). El patrón de fermentación en los rumiantes se lleva a cabo en el ambiente ruminal que está influenciado por la interacción entre la dieta, la población microbiana y el propio animal.

**Cuadro 4.1. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de acetato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).**

|                   | Masilla  |          |          |                    |
|-------------------|----------|----------|----------|--------------------|
| Levadura          | 0        | 10       | 20       | $\bar{X}$ Levadura |
| 0                 | 2.7700 b | 4.3567a  | 2.9100 b | 3.3456             |
| 10                | 2.8267 b | 2.6700 b | 4.3667a  | 3.2878             |
| $\bar{X}$ Masilla | 2.7983 b | 3.5133ab | 3.6383a  | 3.3167             |

### Concentración de Ácido Propiónico

En cuanto a la concentración molar de propionato, ésta se presenta en el Cuadro 4.2. En el cual no se aprecian diferencias significativas ( $P>0.05$ ) para el factor A (nivel de inclusión de levadura), lo cual nos indica, igual que en el caso anterior, que si se desea adicionar levadura de cerveza (inactivada) la concentración molar de propionato, no se verá alterada por los niveles de 0 y 10 % en la dieta de los toretes. Sin embargo, tanto para el caso del factor B (nivel de

inclusión de masilla), como para la interacción A X B (levadura X masilla), se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) por lo que podemos decir que si se desea adicionar únicamente masilla en la dieta de los toretes, el mejor tratamiento es el que incluye el 10 %, pero si se desea combinar el uso de ambos subproductos de cervecería (levadura y masilla), podemos decir que la mayor concentración molar de propionato, si se desea usar levadura al 10%, entonces resulta mejor usar el 20 % de masilla.

**Cuadro 4.2. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de propionato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).**

|                   | Masilla  |          |         |                    |
|-------------------|----------|----------|---------|--------------------|
| Levadura          | 0        | 10       | 20      | $\bar{X}$ Levadura |
| 0                 | 1.6400 b | 2.2633a  | 1.5867b | 1.8300             |
| 10                | 1.7767 b | 1.3267 c | 2.5733a | 1.8922             |
| $\bar{X}$ Masilla | 1.7083 b | 1.7950 b | 2.0800a | 1.8611             |

### Concentración de Ácido Butírico

En el Cuadro 4.3, se presentan las medias de concentración molar de butirato, no encontrando diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el factor A (nivel de inclusión de levadura), lo cual nos indica, igual que en los caso anteriores (acetato y propionato), que si se desea adicionar levadura de cerveza (inactivada) la concentración molar de butirato, no se verá alterada por los niveles de 0 y 10 % en la dieta de los toretes alimentados con dicho subproducto de cervecería. Sin embargo, se mantuvo la respuesta observada para los anteriores ácidos grasos (C2

y C3) ya que tanto para el caso del factor B (nivel de inclusión de masilla), como para la interacción A X B (levadura X masilla), se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) por lo que de la misma forma, podemos decir que si se desea adicionar únicamente masilla en la dieta de los toretes, se puede adicionar este subproducto de cervecería en niveles de 10 a 20 %, pero si se desea combinar el uso de ambos subproductos de cervecería (levadura y masilla) podemos decir que la mayor concentración molar de butirato se obtiene cuando se combina levadura al 0 % con masilla al 10 %, mientras que si se desea usar levadura al 10 %, entonces resulta igual usar de 0 a 20 % de masilla.

**Cuadro 4.3. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de butirato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).**

|                   | Masilla  |         |          |                    |
|-------------------|----------|---------|----------|--------------------|
| Levadura          | 0        | 10      | 20       | $\bar{X}$ Levadura |
| 0                 | 0.1300 b | 0.3133a | 0.1667 b | 0.2033             |
| 10                | 0.1633a  | 0.1700a | 0.2400a  | 0.1911             |
| $\bar{X}$ Masilla | 0.1467 b | 0.2417a | 0.2033ab | 0.1972             |

#### **Concentración de Ácidos Grasos Volátiles Totales (C2+C3+C4)**

Algo muy semejante se observó en cuanto a la concentración molar de ácidos grasos totales (C2+C3+C4), ya que al igual que en todos los casos anteriores (acetato, propionato y butirato), no se aprecian diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), para el factor A (nivel de inclusión de levadura), lo cual también nos indica que si se desea adicionar levadura de cerveza (inactivada) la concentración

molar de de ácidos grasos volátiles totales, no se verá alterada por los niveles de 0 y 10 % en la dieta de los toretes. Mientras que, tanto para el caso del factor B (nivel de inclusión de masilla), como para la interacción A X B (levadura X masilla), se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) por lo de igual manera podemos decir que si se desea adicionar únicamente masilla en la dieta de los toretes, se puede hacer en niveles de 10 a 20 %, pero si se desea combinar el uso de ambos subproductos de cervecería (levadura y masilla) podemos decir que la mayor concentración molar de ácidos grasos volátiles totales, dependerá de la combinación a escoger. Es decir, si no se usa levadura, resulta más conveniente usar el 10 % de masilla, mientras que si se desea usar levadura al 10%, entonces resulta mejor usar el 20 % de masilla (Cuadro 4. 4).

**Cuadro 4. 4. Medias de concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de ácidos grasos volátiles totales (C2+C3+C4), en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).**

|                   | Masilla  |          |          |                    |
|-------------------|----------|----------|----------|--------------------|
| Levadura          | 0        | 10       | 20       | $\bar{X}$ Levadura |
| 0                 | 4.5367 b | 6.9267a  | 4.6633 b | 5.3756             |
| 10                | 4.7633 b | 4.1667 b | 7.1800a  | 5.3700             |
| $\bar{X}$ Masilla | 4.6500 b | 5.5467ab | 5.9217a  | 5.3728             |

#### **Relación entre la concentración Acetato:Propionato**

Finalmente, en cuanto a la relación entre la concentración molar acetato:propionato, (C2:C3), no se aprecian diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para ninguno de los factores (A = nivel de inclusión de levadura y B = nivel de

inclusión de masilla), ni para la interacción (AXB), lo cual nos indica que la mencionada relación no es afectada por la inclusión a la dieta de niveles de 0 a 10 % de levadura de cerveza (inactivada), o por niveles de 0 a 20 % de masilla, pudiendo utilizar cualquiera de las combinaciones posibles de dichos niveles en la dieta de toretes en engorda, sin que se observen diferencias en cuanto a la relación acetato: propionato (Cuadro 4. 5).

**Cuadro 4. 5. Medias de la relación entre la concentración ( $\mu\text{M dL}^{-1}$ ) de acetato: propionato, en líquido ruminal de toretes Charoláis, alimentados con diferentes niveles de subproductos de cervecería (% en dieta BR).**

|                   | Masilla |        |        |                    |
|-------------------|---------|--------|--------|--------------------|
| Levadura          | 0       | 10     | 20     | $\bar{X}$ Levadura |
| 0                 | 1.6933  | 1.9467 | 1.8200 | 1.8200             |
| 10                | 1.5933  | 2.0200 | 1.7033 | 1.7722             |
| $\bar{X}$ Masilla | 1.6433  | 1.9833 | 1.7617 | 1.7961             |

De acuerdo con los resultados observados en el presente estudio, podemos decir que la adición de estos subproductos de cervecería en la dieta de los toretes, modificó significativamente la concentración de ácidos grasos volátiles (individuales y totales) en líquido ruminal. Al respecto, Allen y Mertens (1988) señalan que el patrón de fermentación que se lleva a cabo en el ambiente ruminal está influenciado por la interacción entre la dieta, la población microbiana y el propio animal. De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio se apreció un claro efecto de la dieta en la modificación del patrón de fermentación. Sin embargo la proporción molar en el presente estudio no fue alterada por efecto de ninguno de los tratamientos, esto pudo deberse a que al incrementarse la concentración de

acetato también se incrementó la de propionato y butirato en forma proporcional al nivel de inclusión de levadura y masilla de cerveza en la dieta de los toretes. Al respecto, Shimada (1991) señala que en dietas con alto contenido de forraje, el patrón en la fermentación ruminal, en cuanto a la proporción molar de los ácidos grasos volátiles, fluctúa entre 65:25:10 y 70:20:10 (acetato: propionato: butirato, respectivamente), lo cual coincide con los resultados del presente estudio (61:35:4). Sin embargo también se menciona que con dietas ricas en concentrado, las proporciones varían entre 45:40:15 y 50:40:10, Shimada (1991). Mientras que con dietas compuestas únicamente de forrajes la proporción molar fue de 65-74% para acetato, 15-20% para propionato y 8-16% para butirato, Thomas y Rook (1977). Todo lo anterior parece contradictorio a lo encontrado en el presente estudio, en cuanto a proporciones molares de ácidos grasos volátiles, sin embargo, también deberá considerarse la calidad de los forrajes utilizados y algunos procesos como la molienda y/o el tamaño de la partícula, debido a que forrajes de alta calidad y una molienda fina pueden causar la reducción en la proporción de acetato e incrementar la de propionato, tal como sucedió en este caso.

Por otro lado, deberá considerarse además, que la concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal, no necesariamente refleja su tasa de producción y absorción, ya que aun no se ha dilucidado completamente el eslabón entre la concentración de AGV's a nivel ruminal y la composición química de la

dieta, debido a que la concentración de la mezcla de AGV's producidos no solamente refleja la composición de los sustratos fermentados sino que también la actividad metabólica de los microorganismos ruminales, por lo que se ha demostrado en experimentos donde se han estudiado dietas bajas y altas en concentrado, que aún cuando la concentración de acetato se reduce con niveles altos de concentrado, su nivel de producción no cambia considerablemente, esto es posible ya que al mismo tiempo que se incrementa la producción de propionato, se incrementa considerablemente la tasa de absorción de todos los ácidos grasos, Rodríguez y Llamas (1990).

Sin embargo, aun cuando en este experimento no se vieron afectadas las proporciones molares de ácidos grasos volátiles, resulta claro que existe un efecto de la adición de levadura inactiva y masilla de cerveza en la concentración de los AGV's (individuales y totales), lo cual puede resultar atractivo para los engordadores de ganado bovino ya que tal como lo menciona Shimada (1991), parte de los ácidos grasos volátiles son empleados *in situ* como sustratos para la síntesis de otros ácidos grasos volátiles o en la formación de proteína microbiana, siendo este hecho más importante en el caso de acetato, además de que el incremento de propionato en el rumen produce mayor eficiencia energética, y reducción en la pérdida calórica, disminución en el empleo de aminoácidos para gluconeogénesis e incremento en la síntesis de proteína corporal.



Miyazawa *et al.* (2007), estudiaron el efecto de la adición de granos de cervecera en la dieta de vacas Holstein lactantes sobre la fermentación ruminal, así como la producción y composición de la leche, no encontrando diferencia significativa en cuanto la concentración de AGV's en líquido ruminal de las vacas alimentadas con granos de cervecera, sin embargo observaron una mayor proporción molar de acetato con dichas dietas, además de una tendencia al incremento en la grasa láctea así como de los ácidos grasos de la leche

Cabe señalar que en otras investigaciones como las de Teh *et al.* (1987), Wiedmeier *et al.* (1987), Harrison *et al.* (1987) y Williams (1988), mostraron cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles relacionados con la dieta. Aunque, en estudios realizados por Chademana y Offer (1990) y Arcos *et al.* (2000) no se observaron dichos cambios en ácidos grasos volátiles.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados observados se concluye que la adición de levadura inactiva en la dieta de toretes en engorda, no altera la concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal.

La adición de masilla de cervecería incrementa significativamente la concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal de toretes de engorda.

La inclusión en la dieta de levadura combinada con masilla, potencializa el incremento en la concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal.

Si se desea levadura inactiva, se puede utilizar niveles de 0 a 10% sin observar cambios en la concentración de AGV's, sin embargo si se desea masilla los niveles recomendables se encuentran entre 10 y 20%. Pero si se desea utilizar ambos subproductos de cervecería en forma simultánea, la mayor concentración de ácidos grasos volátiles dependerá de la combinación seleccionada, es decir, si no se usa levadura se recomienda utilizar el 10% de masilla, pero si se utiliza el 10% de levadura se recomienda entonces utilizar el 20% de masilla.

## 6. LITERATURA CITADA

- Adams, D.C., Galyean, M.L., Kiesling, H.E., Wallace, J.D., Finker M.D. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53(3):780-789.
- Allen, S. H. G., R. W. Kellermeyer, R. L. Sto Jernholm and F. G. Wood. 1964, Purification and properties of enzymes involved in the propionic acid fermentation *J. Bact.* 87: 171-178.
- Allen, M. S., Mertens, M., 1988, Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.* 118:261-270.
- Andrighetto, I., Bailoni, L., Cozzi G., Berzaghaghghi, P. 1993 Effects of yeast culture addition on digestion in sheep fed a high concentrate diet. *Small Ruminant Research.* 12:27-34.

- Annison, E. F. 1965, *Physiology and digestion in the ruminant. Buterworth, London 1ra. Edición, p. 185.*
- Annison, E. F. and J. L. Linzell. 1964, The oxidation and utilization of glucose and acetate by the mamary gland of the goat in relation to their over-all metabolism and to milk formation J. Physiol. (London) 175: 372-335.
- Annison, E. F., K. J. Hill and D. Lewis. 1957, Studies on the portal blood of sheeps. 2 Absorption of volatile fatty acids form the rumen of the sheep. Biochem J. 66:592-599.
- Arcos-García, J.L., Castrejón, F.A., Mendoza, G.D., Pérez-Gavavilán, E.P. 2000 Effect of two comercial yeast cultures with *Sacharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. Livestock production science, Holanda. 63:153-157.
- Armstrong, D. G. 1960, Colorimetric determination of the net energy value of dried S-23 ryegrass at four stages of growth. Proc 8<sup>th</sup> Intl. Grassland Congr p. 485.

- Armstrong, D. G. and K. L. Blaxter. 1957, The heat increments of mixtures of steam volatile fatty acids in fasting sheep. *Brit. J. Nutr.* 11: 247-272.
- Armstrong, D. G., K. L. Blaxter and N. M. Graham. 1957, The heat increments of mixtures of steam volatile fatty acids in fasting sheep. *Brit. J. Nutr.* 11: 392.
- Balch, C. C. and S. J. Rowlan. 1957, Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of cows receiving a variety of diets. *Brit. J. Nutr.* 11: 288-293.
- Baldwin, R. L. 1965, *Physiology of digestion in the ruminant*. 1a' Edición, Butterworth, Inc. London. 379-389.
- Barker, H. A. 1961, *The Bacteria* 2: 151 1ra. Edición, Academic Press, New York.
- Bath, I. H. and J. A. F. Rook. 1965, The evaluation of the cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids. II. Roughages and succulents. *J. Agr.* 64: 67-75.
- Bryant, M.P. and L.A. Burkey. 1953, Numbers and some predominant groups of bacteria in the rumen of cows fed different ration. *J. Dairy Sci.* 36: 218-224.

- Callawaawaaway, E.S., Martín, S.A. 1997 Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.* 80:2035-2044.
- Castellanos, A. Llamas, G. Shimada A. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología. Primera Edición. Sistema de Educación Continua en Producción animal en México A.C. México, D.F.
- Chademana, I., Offer, N.W. 1990. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim. Prod.* 50:483-489.
- Church, D. C. and R. G. Petersen. 1960, Effect of several variables on in vitro rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 43: 81-92.
- Clanton, D. C. and W. Woods. 1966, Performance of steers and rumen fermentation as influenced by physical form of ingredients and alfalfa: corn ratio. *J. Anim. Sci.* 25: 102-106.
- Crosby, Ma. 1995 Efecto de la dosis de un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y en la digestibilidad ruminal de la fibra en borregas. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.

- Dawson, K.A. 1992 Current and future role of yeast culture in animal production: A review of research over the last Seven Years. In: E. Lyons Ed. Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium. Nicholasville, KY. USA. P 269-291.
  
- Dawson, K.A. 1993 Current and future role of yeast culture in animal production: A Review of Research over the last Seven Years. In: E. Lyons Ed. Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium. Nicholasville, KY. USA. p. 269-291.
  
- Dawson, K.A., Newman, K.E. 1987 Fermentation in rumen stimulating continuous cultures receiving probiotic supplements. J. Anim. Sci. 66(suppl.1):500.
  
- Dawson, K.A.; Newman, K.E., Boling, J.A. 1990 Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. J. Anim. Sci. 68:3392-3398.
  
- Dildey, D. 1988 Getting paid for milk quality: Improving milk composition, Alltech's fourth symposium on Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville, K.Y., USA. p. 45-65.

- Drenan, M.J., Moloney, A.P. 1993 Effect of yeast culture on growth of beef cattle fed on grass silage plus barley- based concentrates. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 32(2):125-132.
- Eadie, J. M. 1962, The development of rumen microbial populations in lambs and calves under various conditions of management J. Gen. Microbiol. 29: 563-578.
- Fallon, R.J., Harle, F. 1987 The effect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. J. Dairy Sci. 70:2051-2062.
- Flachachachowsky, G., Tiroke, K., Matthey, M. 1993 Influence of yeast (*Saccharomyces cerevisiae* as Yea-Sacc or Levaferm) on in sacco dry matter degradability and ruminal parameters of variously fed small ruminants. Archives of Animal Nutrition. 42(2):159-169.
- Gallowaway, D.L., Goetschch, A.L., W. Sun, Forester Jr, L.A. 1991 Effect of addition of sodium bicarbonate salt, *Aspergillus oryzae* culture extract, niacin, lysine or phenylalanine to ground corn-based supplements on feed intake and digestion by Holstein steers consuming Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) hay. Animal Feed Sci. and Technology. 32:261-273.



- Gaona M. H. 2000, Comportamiento Productivo de Toretos Beef-Master en Engorda Suplementados con Vitaminas del Complejo B, Tesis para licenciatura. U.A.A.A.N.
  
- García E. 1994. Comportamiento de cabras criollas en crecimiento alimentados con dietas a base de Harinolina / Sorgo o Harinolina / Cebada suplementadas con vitaminas del complejo B. Tesis de Maestría. U.A.A.A.N.
  
- García R. S., 2007 Artículo Técnico “Las Levaduras para la Alimentación de los porcinos (*Saccharomyces Cerevisiae*)” Engormix, México.
  
- Gedek, B., Enders, C., Ahrens, F., Roques, C. 1993 The effect of *Saccharomyces cerevisiae* (BIOSAF Sc 47) on ruminal flora and rumen fermentation pattern in dairy cows. *Ann Zootech.* 42:175.
  
- Gómez-Alarcón, R.A., Dudas, C., Huber, J.T. 1987 Effect of *Aspergillus oryzae* (Amaferm) and yeast on feed utilization by Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 70, suppl.1:218.
  
- Greive, D.G. 1979 Feed intake and growth of cattle fed liquid brewer's yeast. *Can. J. Anim. Sci.* 59:89.

- Hardwick, D. C., J. L. Linzell and S. M. Price. 1961, The effect of glucose and acetate on milk secretion by the perfused goat udder. *Biochem J.* 80: 37-45.
- Harris, B., Lobo, R. 1988 Feeding yeast culture to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):276.
- Harrison, G.A., Hemken, R.W., Dawson, K.A., Harmon, R.J., Newman, K.E., Morehead, M.C. 1987 Yeast culture supplements in diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):218.
- Harrison, G.A.; Hemken, R.W.; Dawson, K.A.; Harmon, R.J., Barker, K.B. 1988 Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *J. Dairy Sci.* 71:2967-2975.
- Hernández, D. R. 1999 Efecto de un cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* en consumo, digestibilidad y variables ruminales en borregos alimentados con pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) cosechado a dos intervalos de rebrote. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo Méx. 74 p.

- Heuter, F. G., J. C. Shaw and R. N. Doetsch. 1956, Absorption and dissimilation of lactates added to the bovine rumen and the resulting effects on blood glucose. *J. Dairy Sci.* 39: 1430-1437.
- Hien, N.H., Fleet, G.H. 1983a Variation of (1-3) beta glucanases in *Saccharomyces cerevisiae* during vegetative growth, conjugation and sporulation. *J. of Bacteriol.* 156(3):1214-1220. 1983b Separation and characterization of six(1-3) beta glucanases from *Saccharomyces cerevisiae*. *J. of Bacteriology.* 156,3:1204-1213.
- Hird, F. J. R. and Symons, R. H. 1961, The mode of formation of ketone bodies from the rumen and omasum of the sheep. *Biochem. Biophys. Acta.* 46: 457-467.
- Hoyos, G., García, L., Medina F. 1987 Effects of feeding viable microbial feed additives on performance of lactating cows in a large dairy herd. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):217.
- Hungate, R. E. 1966, *The rumen and its microbes.* 1ra. Edición. Academic Press, New York.

- Judson, G. J., E. Anderson, J. R. Luick and R. A. Leng. 1968, The contribution of propionate to glucose synthesis in sheep given diets of different grain content. *Brit. J. Nutr.* 22: 69-75.
- Krebs, H. A. 1966, Bovine Ketosis. *Vet. Rec.* 78: 187-191.
- Kumar, V.K., Sareen, P.K., Singh, S. 1994 Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture supplements on ruminal metabolism in buffalo calves given a high concentrate diet. *Brit Soc. Anim Sci.* 59:209-215.
- Leng, R. A. and C. E. West. 1969, Contribution of acetate, butyrate, stearate and oleate to ketone body synthesis in sheep. *Res. Vet. Sci.* 10: 57-63.
- Leng, R. A. and E. F. Annison. 1964, The metabolism of D (-) Dhydroxybutyrate in sheep. *Biochem. J.* 90: 464-469.
- Leng, R. A., J. N. Steele and J. R. Luick. 1967 Contribution of propionate to glucose synthesis in sheep. *Biochem. J.* 103: 785-790.
- Marty, R. J. y T. R. Preston. 1970, Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV) producidas en el rumen de ganado vacuno alimentados con dietas altas en miel. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 4: 189-192.

- Mendoza, S. 1994, Diseño y Construcción de una Smbradora de Maíz para Ero.—U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah., 71 P. / 27 CM. -- (U.A.A.A.N.-Div. Ingeniería-Maquinaria Agrícola-Licenciatura).
- Mcleod, K.R., Karry, K.J., Dawawson, K.A., Mitchchell, Jr., G.E. 1991 Influence of yeast culture and monensin on ruminal metabolic end products and feedlot performance, In:T.P. Lyons Ed. Biotechnology in the feed Industry. Alltech's Techical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- Mir, Z., Mir, P.S. 1994 Effect of the addition of live Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and Carcass Quality of Steers Fed High-Forage or High-Grain Diets and on Feed Digestibility and In Situ Degradability. J. Anim. Sci. 72:537-545.
- Miyazawa, K., H. Sultana, T. Hirata, S. Kanda, H. Itabashi, 2007, Effect of brewer's grain on rumen fermentation, milk production and milk composition in lactating dairy cows, Animal Science Journal Volume 78, Issue 5, Pages: 519-526.
- Moore, L. A. 1964, Nutritive value of forage as affected by physical form. General principies involved with ruminants and effects of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. J. Anim. Sci. 23: 230-238.

- Mutsvavangwagwagwa, T., Edwawards, I.E., Topppps, J.H., Paterson, G.F.M. 1992 The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. *Anim. Prod.* 55:35-40.
  
- Orskov, E. R. and D. M. Allen. 1966, Utilization of salts of volatile fatty acids by growing sheep. 3. Effect of frequency of feeding on the utilization of acetate and propionate by young growing lambs. *Brit. J. Nutr.* 20: 519-527.
  
- Ostle, B. 1977, *Estadística Aplicada*. Primera Edición. Editorial LIMUSA, México.
  
- Pennington, R. J. and W. H. Pfander. 1967, The metabolism of short -chain fatty acids in the sheep. Some interrelationships in the metabolism of fatty acids and glucose by sheep-rumen epithelial tissue. *Biochem. J.* 65: 109-111.
  
- Plata, P.F. Y Mendoza, M.G. 1993 Efectos principales de los probióticos en los rumiantes. *Memorias del curso internacional de nutrición de rumiantes*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

- Plata, P.F., Mendoza, M.G., Barcena-Gama, González, M.S. 1994 Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steer fed oat straw based diets. *Anim. Feed Sci. and Technol.*49:203-210.
- Reid, J. T. 1970, *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant.* Oriel Press, 1ra. Edición pp. 8-9.
- Robinson, P.H., Garrett, J.E. 1999 Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) On adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. *J. Anim. Sci.* 77:988-999.
- Rodríguez, G.F., Llamas, L.G. 1990, Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. In: R.A. Castellanos, L.G. Llamas y S. A. Shima, Eds. *Manual de técnicas de investigación en ruminología.* Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C. México, D.F. pp. 95-126.
- Rook, J. A. F. and C. C. Balch. 1961, The effects of intra rumina1 infusions of acetic, propionic and butyric acids on the acid and composition of the milk of the cow. *Brit. J.. Nutr.* 15: 361-369.

- Rook, J. A. F. and P. C. Thomas. 1969, The significance of rumen activity. Proc. of the III Nutrition Conference of Feed Manufactures. 1a edición. J. & A. Churchill, Ltd.
- Rose, A.H. 1987a Yeast culture a microorganism for all especies a theoretical look at its mode of action. Proceedings. Alltech's third annual symposium. Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville, kentuki. U.S.A.
- Sellers, A. 1955, 1. Physiology of digestion in the ruminant. Butterworth, Lonterworth, London. la edición. p. 390.
- Semptey, F., Devisschcher, A. 1991 A french approach to optimizing rumen utilization of forage. In: T. P. Lyons Eds. Biotechnology in the Feed Industry. Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- Serrato, S., R., J. G. Medina T. y R. Vázquez A. 1983. Respuesta del pastizal mediano abierto a diferentes sistemas de pastoreo. UAAAN. Monografía. Técnico-Científica. 9(1): 32-43. México.
- Shimada, Y. A. 1991 Metabolismo de los carbohidratos. En: Pérez D.M. Ed. Manual sobre ganado productor de leche. Ed. Diana México. pp. 44-63.



- Steel, J. W. and R. A. Leng. 1973 Effects of plane of nutrition and pregnancy on gluconeogenesis in sheep. 2. Synthesis of glucose from ruminal propionic. Brit. J. Nutr. 30: 475-489.
- Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research Council, 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. NATIONAL ACADEMY PRESS. Washington, D.C.
- S. Calsamiglia, A. Bach y A. Ferret. 2004, SUBPRODUCTOS HUMEDOS. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 28 pp.
- Teh, T.H., Sahahlu, T., Escobabar, E.N., Cushawhawhaw, J.L. 1987 Effect of live yeast and sodium bicarbonate on lactating goats. J. Dairy Sci. 70. Suppl. 1: 200. (Abstr.).
- Tejada, I. 1992. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. México, DF.
- Thomas, P.C., Rook, J.A.F. 1977 Manipulation of rumen fermentation. Recent advances in animal nutrition. William, H. y Dyfed L. p 83-109.

- Trei, J. E., W. J. Hale and B. Theurer. 1966, Influence of grain processing factors on in vitro fermentation rate. *J. Anim. Sci.* 25: 910 (Resumen).
- Tucker, R. E., G. E. Mitchel and C. O. Little. 1968, Ruminal and post ruminal starch digestion in sheep. *J. Anim. Sci.* 27: 824-826.
- Tweedie, J. W., M. G. Rurnsby and J. C. Hawke. 1966, Studies in rumen metabolism. V. Formation of branched long-chain fatty acids in cultures of rumen bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 17: 241-244.
- Wallnofer, P. and R. L. Baldwin. Pathway. 1967, (enzymatic) of propionate formation in bacteroides Ruminococola *J. Bact.* 93: 503-504.
- Warner, A. G. I. 1962 Some factors influencing the rumen microbial population *J. Gen. Microbial* 28: 129-146.
- Wegner, G. H. and E. M. Foster. 1963 Incorporation of isobutyrate and valerate into cellular plasmalogen by *Bacteroides succinogenes*. *J. Bact.* 85: 53-61.
- Weston, R. H. and J. P. Hogan. 1968, The digestion of pasture plants by sheep. I. Ruminal production of volatile fatty acids by sheep offered diets of rye grass and forage oats. *Aust. J. Agr. Res.* 19: 419- 432.

- Whanger, P. D. and G. Matrone. 1967, Metabolism of lactic, succinic and acrylic acids by rumen microorganisms from sheep fed sulfur adequate and sulfur deficient diet. *Biochem. Biophys Acta.* 136: 27-35.
  
- Wiedmeier R.D., Arambel, M.J., Welters, J.L. 1987 Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 70: 2063 –2068.
  
- Williams, A.G. Coleman, G.S. 1988 The rumen protozoa. In: P.N. Hobson (Ed). *The Rumen Microbial Ecosystem.* Elsevier Applied Sci. London and New York. pp 77-128.
  
- Williams, P.E.V. 1989 The mode of action of yeast culture ruminants diets: review of the effect on rumen fermentation patterns. In: T.P. Lyons Eds. *Alltech's 5th Annual symposium on Biotechnology in the Feed Industry.* Nicholasville. K.Y.

## 7. APÉNDICE

### Acido Acético

#### TABLA DE DATOS

VARIABLE: C2MMDL

| A | B | REPETICIONES |        |        |
|---|---|--------------|--------|--------|
|   |   | 1            | 2      | 3      |
| 1 | 1 | 2.7500       | 2.8900 | 2.6700 |
| 1 | 2 | 4.4800       | 4.4000 | 4.1900 |
| 1 | 3 | 2.4600       | 2.4400 | 3.8300 |
| 2 | 1 | 2.6000       | 2.8300 | 3.0500 |
| 2 | 2 | 2.0600       | 2.1100 | 3.8400 |
| 2 | 3 | 4.2100       | 4.3800 | 4.5100 |

#### ANALISIS DE VARIANZA

| FV          | GL | SC        | CM       | F       | P>F       |
|-------------|----|-----------|----------|---------|-----------|
| FACTOR A    | 1  | 0.014984  | 0.014984 | 0.0508  | 0.820     |
| FACTOR B    | 2  | 2.464874  | 1.232437 | 4.1770  | 0.041(*)  |
| INTERACCION | 2  | 7.439911  | 3.719955 | 12.6078 | 0.001(**) |
| ERROR       | 12 | 3.540619  | 0.295052 |         |           |
| TOTAL       | 17 | 13.460388 |          |         |           |

C.V. = 16.38%

### TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

---

| FACTOR A | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 3.345556 |
| 2        | 3.287778 |

---

### TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

---

| FACTOR B | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 2.798333 |
| 2        | 3.513333 |
| 3        | 3.638333 |

---

### TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

---

| FACTOR A | FACTOR B |        |        | MEDIA  |
|----------|----------|--------|--------|--------|
|          | 1        | 2      | 3      |        |
| 1        | 2.7700   | 4.3567 | 2.9100 | 3.3456 |
| 2        | 2.8267   | 2.6700 | 4.3667 | 3.2878 |
| MEDIA    | 2.7983   | 3.5133 | 3.6383 | 3.3167 |

---

### COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

---

| TRATAMIENTO | MEDIA     |
|-------------|-----------|
| 3           | 3.6383 A  |
| 2           | 3.5133 AB |
| 1           | 2.7983 B  |

---

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.8360

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR A**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 4.3567 A |
| 3           | 2.9100 B |
| 1           | 2.7700 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.1823

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR A**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 3           | 4.3667 A |
| 1           | 2.8267 B |
| 2           | 2.6700 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.1823

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 2.8267 A |
| 1           | 2.7700 A |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9659

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 1           | 4.3567 A |
| 2           | 2.6700 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9659

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$      $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 4.3667 A |
| 1           | 2.9100 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9659

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$      $q(0.01) = 4.32$

**Ácido Propiónico**

**T A B L A   D E   D A T O S**

VARIABLE: C3MMDL

| A | B | REPETICIONES |        |        |
|---|---|--------------|--------|--------|
|   |   | 1            | 2      | 3      |
| 1 | 1 | 1.5900       | 1.7100 | 1.6200 |
| 1 | 2 | 2.0400       | 2.5700 | 2.1800 |
| 1 | 3 | 1.6000       | 1.3800 | 1.7800 |
| 2 | 1 | 1.6900       | 1.9400 | 1.7000 |
| 2 | 2 | 1.4300       | 1.2300 | 1.3200 |
| 2 | 3 | 2.6800       | 2.3500 | 2.6900 |

## ANALISIS DE VARIANZA

---

| FV          | GL | SC       | CM       | F       | P>F        |
|-------------|----|----------|----------|---------|------------|
| FACTOR A    | 1  | 0.017414 | 0.017414 | 0.5588  | 0.525      |
| FACTOR B    | 2  | 0.453728 | 0.226864 | 7.2802  | 0.009 (**) |
| INTERACCION | 2  | 2.786884 | 1.393442 | 44.7166 | 0.000 (**) |
| ERROR       | 12 | 0.373940 | 0.031162 |         |            |
| TOTAL       | 17 | 3.631966 |          |         |            |

---

C.V. = 9.49%

### TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

---

| FACTOR A | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 1.830000 |
| 2        | 1.892222 |

---

### TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

---

| FACTOR B | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 1.708333 |
| 2        | 1.795000 |
| 3        | 2.080000 |

---

### TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

---

| FACTOR A | FACTOR B |        |        | MEDIA  |
|----------|----------|--------|--------|--------|
|          | 1        | 2      | 3      |        |
| 1        | 1.6400   | 2.2633 | 1.5867 | 1.8300 |
| 2        | 1.7767   | 1.3267 | 2.5733 | 1.8922 |
| MEDIA    | 1.7083   | 1.7950 | 2.0800 | 1.8611 |

---



## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 3           | 2.0800 A |
| 2           | 1.7950 B |
| 1           | 1.7083 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2717

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR A

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 2.2633 A |
| 1           | 1.6400 B |
| 3           | 1.5867 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.3842

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR A

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 3           | 2.5733 A |
| 1           | 1.7767 B |
| 2           | 1.3267 C |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.3842

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 1.7767 A |
| 1           | 1.6400 A |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.3139

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 1           | 2.2633 A |
| 2           | 1.3267 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.3139

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 2.5733 A |
| 1           | 1.5867 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.3139

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

### Concentración de Ácido Butírico

#### TABLA DE DATOS

VARIABLE: C4MMDL

---

|   |   | REPETICIONES |        |        |
|---|---|--------------|--------|--------|
| A | B | 1            | 2      | 3      |
| 1 | 1 | 0.1200       | 0.1300 | 0.1400 |
| 1 | 2 | 0.3300       | 0.3100 | 0.3000 |
| 1 | 3 | 0.1200       | 0.1800 | 0.2000 |
| 2 | 1 | 0.1900       | 0.1300 | 0.1700 |
| 2 | 2 | 0.2000       | 0.1800 | 0.1300 |
| 2 | 3 | 0.3000       | 0.1500 | 0.2700 |

---

#### ANALISIS DE VARIANZA

---

| FV          | GL | SC       | CM       | F       | P>F        |
|-------------|----|----------|----------|---------|------------|
| FACTOR A    | 1  | 0.000672 | 0.000672 | 0.3804  | 0.555      |
| FACTOR B    | 2  | 0.027411 | 0.013705 | 7.7578  | 0.007 (**) |
| INTERACCION | 2  | 0.039878 | 0.019939 | 11.2862 | 0.002 (**) |
| ERROR       | 12 | 0.021200 | 0.001767 |         |            |
| TOTAL       | 17 | 0.089161 |          |         |            |

---

C.V. = 21.31%

#### TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

---

| FACTOR A | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 0.203333 |
| 2        | 0.191111 |

---

#### TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

---

| FACTOR B | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 0.146667 |
| 2        | 0.241667 |
| 3        | 0.203333 |

---

## TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

---

| FACTOR A | FACTOR B |        |        | MEDIA  |
|----------|----------|--------|--------|--------|
|          | 1        | 2      | 3      |        |
| 1        | 0.1300   | 0.3133 | 0.1667 | 0.2033 |
| 2        | 0.1633   | 0.1700 | 0.2400 | 0.1911 |
| MEDIA    | 0.1467   | 0.2417 | 0.2033 | 0.1972 |

---

## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

---

| TRATAMIENTO | MEDIA     |
|-------------|-----------|
| 2           | 0.2417 A  |
| 3           | 0.2033 AB |
| 1           | 0.1467 B  |

---

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.0647

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR A

---

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 0.3133 A |
| 3           | 0.1667 B |
| 1           | 0.1300 B |

---

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.0915

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR A**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 3           | 0.2400 A |
| 2           | 0.1700 A |
| 1           | 0.1633 A |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.0915

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 0.1633 A |
| 1           | 0.1300 A |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.0747

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 1           | 0.3133 A |
| 2           | 0.1700 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.0747

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 0.2400 A |
| 1           | 0.1667 A |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.0747

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**Ácidos Grasos Volátiles Totales****TABLA DE DATOS**

VARIABLE: C2C3C4

| A | B | REPETICIONES |        |        |
|---|---|--------------|--------|--------|
|   |   | 1            | 2      | 3      |
| 1 | 1 | 4.4600       | 4.7300 | 4.4200 |
| 1 | 2 | 6.8500       | 7.2700 | 6.6600 |
| 1 | 3 | 4.1800       | 4.0000 | 5.8100 |
| 2 | 1 | 4.4800       | 4.8900 | 4.9200 |
| 2 | 2 | 3.6900       | 3.5200 | 5.2900 |
| 2 | 3 | 7.1900       | 6.8800 | 7.4700 |

**ANALISIS DE VARIANZA**

| FV          | GL | SC        | CM        | F       | P>F        |
|-------------|----|-----------|-----------|---------|------------|
| FACTOR A    | 1  | 0.000183  | 0.000183  | 0.0005  | 0.981      |
| FACTOR B    | 2  | 5.123535  | 2.561768  | 6.9198  | 0.010 (**) |
| INTERACCION | 2  | 21.003723 | 10.501862 | 28.3674 | 0.000 (**) |
| ERROR       | 12 | 4.442505  | 0.370209  |         |            |
| TOTAL       | 17 | 30.569946 |           |         |            |

C.V. = 11.32%

**TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A**

| FACTOR A | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 5.375556 |
| 2        | 5.370000 |

**TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B**

| FACTOR B | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 4.650000 |
| 2        | 5.546667 |
| 3        | 5.921667 |

## TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

| FACTOR A | FACTOR B |        |        | MEDIA  |
|----------|----------|--------|--------|--------|
|          | 1        | 2      | 3      |        |
| 1        | 4.5367   | 6.9267 | 4.6633 | 5.3756 |
| 2        | 4.7633   | 4.1667 | 7.1800 | 5.3700 |
| MEDIA    | 4.6500   | 5.5467 | 5.9217 | 5.3728 |

## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B

| TRATAMIENTO | MEDIA     |
|-------------|-----------|
| 3           | 5.9217 A  |
| 2           | 5.5467 AB |
| 1           | 4.6500 B  |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.9365

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.77 \quad q(0.01) = 5.04$$

## COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR A

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 6.9267 A |
| 3           | 4.6633 B |
| 1           | 4.5367 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.3244

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.77 \quad q(0.01) = 5.04$$



**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR A**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 3           | 7.1800 A |
| 1           | 4.7633 B |
| 2           | 4.1667 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.3244

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.77$     $q(0.01) = 5.04$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 4.7633 A |
| 1           | 4.5367 A |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.0820

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 1           | 6.9267 A |
| 2           | 4.1667 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.0820

VALORES DE TABLAS:

$q(0.05) = 3.08$     $q(0.01) = 4.32$

**COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR B**

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 7.1800 A |
| 1           | 4.6633 B |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.0820

VALORES DE TABLAS:

$$q(0.05) = 3.08 \quad q(0.01) = 4.32$$

**Relación (Acetato:Propionato)****TABLA DE DATOS****VARIABLE: RELACION**

| A | B | REPETICIONES |        |        |
|---|---|--------------|--------|--------|
|   |   | 1            | 2      | 3      |
| 1 | 1 | 1.7300       | 1.7000 | 1.6500 |
| 1 | 2 | 2.2000       | 1.7200 | 1.9200 |
| 1 | 3 | 1.5400       | 1.7700 | 2.1500 |
| 2 | 1 | 1.5300       | 1.4600 | 1.7900 |
| 2 | 2 | 1.4400       | 1.7200 | 2.9000 |
| 2 | 3 | 1.5700       | 1.8600 | 1.6800 |

**ANALISIS DE VARIANZA**

| FV          | GL | SC       | CM       | F      | P>F   |
|-------------|----|----------|----------|--------|-------|
| FACTOR A    | 1  | 0.010277 | 0.010277 | 0.0764 | 0.783 |
| FACTOR B    | 2  | 0.357487 | 0.178743 | 1.3294 | 0.301 |
| INTERACCION | 2  | 0.033207 | 0.016603 | 0.1235 | 0.885 |
| ERROR       | 12 | 1.613464 | 0.134455 |        |       |
| TOTAL       | 17 | 2.014435 |          |        |       |

C.V. = 20.42%

**TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A**

| FACTOR A | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 1.820000 |
| 2        | 1.772222 |

**TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B**

| FACTOR B | MEDIA    |
|----------|----------|
| 1        | 1.643333 |
| 2        | 1.983333 |
| 3        | 1.761667 |

### TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

---

| FACTOR A | FACTOR B |        |        | MEDIA  |
|----------|----------|--------|--------|--------|
|          | 1        | 2      | 3      |        |
| 1        | 1.6933   | 1.9467 | 1.8200 | 1.8200 |
| 2        | 1.5933   | 2.0200 | 1.7033 | 1.7722 |
| MEDIA    | 1.6433   | 1.9833 | 1.7617 | 1.7961 |

---

NO SE HACE LA COMPARACION DE MEDIAS PORQUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LOS NIVELS DE LOS FACTORES A Y B NI EN LA INTERACCION AxB.