

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y METABOLISMO ANIMAL



**EFFECTO DEL BICARBONATO DE SODIO Y UN CULTIVO
DE LEVADURA VIVA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN
RACIONES PARA CORDEROS, SOBRE EL CONSUMO,
DIGESTIBILIDAD, PARAMETROS RUMINALES Y
CARACTERISTICAS DE LA CANAL.**

Por

RAMON FLORENCIO GARCIA CASTILLO

Como requisito parcial para obtener el grado de
**DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS
CON ENFASIS EN PRODUCCION ANIMAL**

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 2003

TD
SF376
.G3
2003
c.1

EFECTO DEL BICARBONATO DE SODIO Y UN CULTIVO DE LEVADURA VIVA
(*Saccharomyces cerevisiae*) EN RACIONES PARA CORDEROS, SOBRE EL CONSUMO,
DIGESTIBILIDAD, PARAMETROS RUMINALES Y CARACTERISTICAS DE LA CANAL

R.F.G.C



1080123150

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y METABOLISMO ANIMAL



EFFECTO DEL BICARBONATO DE SODIO Y UN CULTIVO
DE CIEVADURA VIVA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN
RACIONES PARA CORDEROS, SOBRE EL CONSUMO,
DIGESTIBILIDAD, PARAMETROS RUMINALES Y
CARACTERISTICAS DE LA CANAL.

Por

RAMON FLORENCIO GARCIA CASTILLO

Como requisito parcial para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS
CON ENFASIS EN PRODUCCION ANIMAL

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 2003

TD

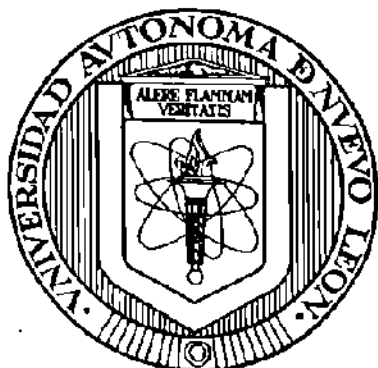
SF376

.G3

2003



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y METABOLISMO ANIMAL**



**EFFECTO DEL BICARBONATO DE SODIO Y UN CULTIVO DE LEVADURA VIVA
(*Saccharomyces cerevisiae*) EN RACIONES PARA CORDEROS, SOBRE EL
CONSUMO, DIGESTIBILIDAD, PARÁMETROS RUMINALES Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.**

Por

RAMÓN FLORENCIO GARCÍA CASTILLO

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS
con Énfasis en Producción Animal**

MONTERREY, N.L., NOVIEMBRE DE 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y METABOLISMO ANIMAL

EFFECTO DEL BICARBONATO DE SODIO Y UN CULTIVO DE LEVADURA VIVA
(*Saccharomyces cerevisiae*) EN RACIONES PARA CORDEROS, SOBRE EL
CONSUMO, DIGESTIBILIDAD, PARÁMETROS RUMINALES Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.


Aprobación de la Tesis:



Ph. D. Jorge R. Kawas Garza
Asesor Principal



Dr. Héctor Fimbres Durazo
Co-asesor



Dr. Fernando Garza Cazares
Co-asesor



Ph. D. Gustavo Hernández Vidal
Co-asesor



Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Co-asesor

DEDICATORIA

A mí abnegada esposa Isabel, hijos y nietos. Con su sacrificio, amor y ternura, siempre me han apoyado.

A Julio García y Sara R. Castillo de García (+), quienes me enseñaron los primeros pasos y el buen andar por la vida. ¡Gracias papás!

A mis hermanos, Jilma, Jaime Javier, Eva, Julio, Miguel, Carmen Cecilia, Martha y Hercilia.

AGRADECIMIENTO

A dios que me permitió la luz, constancia, tenacidad, cordura y más que todo, la virtud de analizar mis errores y defectos.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, mi “Alma Mater”; noble y reconocida institución.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL, que me permitió entrar a sus aulas.

Al Dr. Jorge R. Kawas Garza, invaluable investigador, maestro y amigo, que a pesar de sus múltiples proyectos de investigación y asesorados tesis, se permitió el momento, espacio y tiempo, para la asesoría de este trabajo, y así, lograr un objetivo más en mi vida profesional.

A los Co-asesores, Dr. Emilio Olivares Sáenz, Dr. Héctor Fimbres Durazo, Dr. Gustavo Hernández y Dr. Fernando Garza Cazares, que dispusieron de su tiempo y sus conocimientos en la revisión de este escrito.

Al MC. Regino Morones Reza, siempre disponible y servicial como maestro y amigo. Gracias por tu incondicional apoyo.

Al Ing. Francisco Leal, por su magnífica participación y apoyo en la evaluación de las canales de los corderos.

A la MVZ Ana Isabel Leija, por su apoyo en el trabajo de campo.

A los compañeros del Laboratorio de Nutrición Animal y de la Investigación de la UAAAN, que me ayudaron a realizar los análisis químicos.

Al MVZ Eduardo Belarmino Pérez Medina, por su apoyo en la determinación de los ácidos grasos volátiles.

RESUMEN

Ramón Florencio García Castillo

Fecha de Graduación: Octubre, 2003

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Título del Estudio: Efecto del Bicarbonato de sodio y un cultivo de Levadura Viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en raciones para corderos, sobre el consumo, digestibilidad, parámetros ruminales y características de la canal.

Número de páginas: 98

Candidato para el grado de Doctorado en Ciencias Veterinarias.

Área de Estudio: Nutrición Animal

Propósito y Método del Estudio: La acidosis es el padecimiento nutricional más común en los corrales de engorda. La acidosis láctica ocurre frecuentemente en ganado ovino que consume mucho grano (almidón) y poco forraje (fibra) en un corto periodo de tiempo, resultando en la producción de un exceso de ácido láctico en el rumen. Los animales que sobreviven una acidosis aguda generalmente ganan menos peso y tienen una menor eficiencia alimenticia. Veinte corderos machos enteros de la raza pelibuey recibieron raciones altas en grano con levadura viva y/o bicarbonato de sodio, con el propósito de determinar su efecto en el pH ruminal, para mejorar la utilización de nutrientes y el desempeño animal.

Contribuciones y Conclusiones: Aunque no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en el consumo de MS o la ganancia diaria de peso en el Experimento 1, en el Experimento 2, mientras que el bicarbonato de sodio mejoró ($P < 0.05$) el consumo de MS de los corderos, la levadura no lo afectó ($P > 0.05$). Aunque el bicarbonato de sodio o la levadura no afectaron ($P > 0.05$) la digestibilidad de la MS y los CNE, la digestibilidad de la FDN (%) fue 14% mayor ($P < 0.05$) para los tratamientos sin bicarbonato de sodio. En este estudio, los corderos que consumieron raciones con bicarbonato de sodio tuvieron 27% más N retenido que los que no lo consumieron. El pH del contenido ruminal de los tratamientos estuvo por encima del límite mínimo de 5.6 que se considera pueda causar una acidosis. El bicarbonato de sodio redujo ($P < 0.05$) el porcentaje molar de acetato y aumento ($P < 0.05$) el de propionato. Los pesos al sacrificio, y pesos y rendimientos de la canal caliente y fría, no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos. El marmoleo no fue afectado ($P > 0.05$) por los tratamientos, mientras que el bicarbonato de sodio mejoró ($P < 0.05$) el grado de finalización de la canal.

FIRMA DEL ASESOR:



TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Metas.....	3
2. LITERATURA REVISADA.....	4
2.1. Acidosis Láctica.....	4
2.2. Masticación y Secreción de Saliva.....	6
2.3. Efecto de la Fibra en la Función Ruminal.....	8
2.4. Efecto del Nivel de Grano en la Ración.....	12
2.5. Características de los Carbohidratos de los Granos	18
2.6. Forma Física del Grano.....	19
2.7. Productos de la Fermentación de los Carbohidratos Solubles...	21
2.8. Importancia de la Capacidad Amortiguadora (Buffer) de los Alimentos.....	22
2.9. Amortiguadores (<i>Buffers</i>) del Rumen.....	24
2.10. Microbiales de Uso Directo (Probióticos).....	27
2.11. Producción de Ácidos Grasos Volátiles.	30
2.11.1 Ácido Acético.....	30
2.11.2. Ácido Propiónico.....	32
2.11.3 Ácido Butírico.....	33
2.11. 4. Absorción de Ácidos Grasos Volátiles.....	34
2.12. Características de la Canal de Corderos.....	37

2.13. Manipulación de la Composición de la Canal.....	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1. Instalaciones.....	40
3.2. Experimento 1 (Estudio de Crecimiento).....	40
3.2.1. Características de los Animales.....	40
3.2.2. Tratamientos.....	40
3.2.3. Alojamiento y Manejo de los Animales.....	41
3.2.4. Raciones Experimentales.....	41
3.2.5. Análisis de Muestras.....	43
3.2.6. Pesos de los Corderos.....	43
3.2.7. Consumo de Materia Seca (MS) y Eficiencia Alimenticia.....	44
3.3. Experimento 2 (Estudio de Digestibilidad <i>In Vivo</i>).....	44
3.3.1. Alojamiento de los Corderos.....	44
3.3.2. Análisis de Muestras.....	44
3.4. Experimento 3 (Características de la Canal).....	46
3.4.1. Sacrificio de los Corderos.....	46
3.5. Análisis Estadísticos.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1. Prueba de Desempeño (Experimento 1).....	51
4.1.1. Consumo de Materia Seca (MS).....	51
4.1.2. Ganancia Diaria de Peso	52
4.1.3. Conversión Alimenticia.....	53
4.2. Prueba de Digestibilidad (Experimento 2).....	55

4.2.1. Consumo y Digestibilidad de la Materia Seca.....	55
4.2.2. Efecto sobre el Consumo y la Digestibilidad de la FDN.....	59
4.2.3. Efecto sobre el Consumo y la Digestibilidad de los Carbohidratos No-Estructurales (CNE).....	62
4.2.4. Efecto sobre la Retención de Nitrógeno.....	64
4.2.5. Efecto sobre el pH y Producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV).....	67
4.3. Características de la Canal (Experimento 3).....	75
4.3.1 <i>Peso y Rendimiento de la Canal</i>	75
4.3.2. Tracto Gastrointestinal Lleno o Vacío y Peso Libre de Digesta (PLD).....	77
4.3.3. Efecto sobre el Tamaño de los Órganos.....	79
4.3.4. <i>Efecto sobre las Características de la Canal</i>	81
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
LITERATURA CITADA.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de corderos consumiendo raciones con varios niveles de forraje.....	17
2	Factores que contribuyen al efecto tampón (buffer) en el rumen.....	23
3	Efecto del crecimiento y la composición de la ganancia en corderos al sacrificio.....	39
4	Raciones experimentales con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), y ambos (LB).....	42
5	Tabla de doble entrada de los estándares oficiales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para determinar calidad de la canal de ovinos.....	47
6	Rendimiento preliminar (Meat Evaluation Handbook, 1992).....	49
7	Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	54
8	Consumo y digestibilidad de la materia seca (MS) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	56

9	Consumo y digestibilidad de la fibra en detergente neutro (FDN) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	60
10	Consumo y digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales (CNE) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	63
11	Balance de nitrógeno (BN) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	65
12	pH ruminal y producción de ácidos grasos volátiles en el rumen de corderos alimentados con raciones conteniendo cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	68
13	Peso y rendimiento de la canal corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	76
14	Peso (kg) de tracto gastrointestinal lleno, tracto gastrointestinal vacío, peso del tracto libre de digesta (PLD) y consumo de materia seca (g/kg de PLD) de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	78

15	Desarrollo corporal y tamaño de los órganos de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	80
16	Características de la canal de corderos consumiendo raciones con levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).....	82

ÍNDICE DE FIGURA

Figura		Página
1	Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de la materia seca (MS) en corderos con raciones de engorda.....	14
2	Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) de corderos consumiendo raciones de engorda.....	14
3	Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales (CNE) en corderos consumiendo raciones de engorda.....	15
4	Síntesis de los principales metabolitos en el rumen, a partir de glucosa.....	31

NOMENCLATURA

ADP	Aumento diario de peso
AGV	Ácidos grasos volátiles
B	Bicarbonato de sodio
CB/SL	Con bicarbonato/sin levadura
CB/CL	Con bicarbonato/con levadura
CSA	Carbohidratos solubles en agua
CNE	Carbohidratos no estructurales
D	Día
EB	Energía bruta
EE	Error estándar
EM	Energía metabolizable
EN	Energía neta
FC	Fibra cruda
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
g	Gramos
gv	Gravedad
h	Hora
Kg	Kilogramo
Kg ^{0.75}	Kilogramo ajustado por peso metabólico
L	Levadura
min	Minutos

ml	Mililitro
mmol	Milimoles
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
N	Nitrógeno
nmol	Nanomoles
P	Probabilidad
PC	Proteína cruda
PH	Potencial hidrógeno
PLD	Peso libre de digesta
RPC	Grasa que rodea a riñón, pelvis y corazón
SB/CL	Sin bicarbonato/con levadura
SB/SL	Sin bicarbonato/sin levadura
TGI	Tracto gastrointestinal
Ton	Tonelada

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentaje
°C	grados centígrados
<	Menor que
>	Mayor que
=	Igual a
α	Alfa
β	Beta

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

La alimentación más económica que puede recibir un rumiante, es generalmente con el pastoreo. Sin embargo, los animales no maximizan su potencial productivo debido a que no consumen los nutrientes requeridos. La disponibilidad y calidad de los forrajes son limitantes para máxima producción. Consecuentemente, en los sistemas de producción pecuaria, uno de los objetivos principales es que los animales obtengan un máximo consumo de energía y otros nutrientes.

De los nutrientes consumidos, primeramente se satisfacen los requerimientos para mantenimiento, y los nutrientes restantes, se utilizan para producción de carne (NRC, 1985a). Por lo tanto, es necesario que los corderos maximicen su consumo de nutrientes cuando estos están en etapas productivas. Sin embargo, corderos que permanecen en la pradera con escasa o nula suplementación, generalmente no obtienen ganancias de peso rentables, y presentan una menor calidad de la canal, en comparación con corderos finalizados en corral.

Para obtener estos beneficios productivos, el ovino en corral debe consumir raciones energéticamente densas que contengan altos niveles de grano como sorgo o maíz, y así satisfacer los requerimientos necesarios de energía para finalizar o engordar. Por más de 40 años, gran parte de la producción de granos en los EEUU ha sido utilizada para la producción animal. En la actualidad, el costo

por unidad de energía es menor en raciones altas en grano que en raciones altas en forraje, debido a que los granos incrementan la densidad energética de la ración, lo cual optimiza la producción en los sistemas intensivos bien manejados (Huntington, 1997).

El almidón es el mayor componente de energía de los granos. Una alimentación alta en almidón, con raciones altas en grano (80 a 95% del concentrado) puede causar problemas digestivos relacionados con la acidosis ruminal en corderos. La acidosis ruminal ha sido definida como los estreses bioquímicos y fisiológicos causados por la rápida producción y absorción de ácidos orgánicos en el rumen, la cual puede causar daños severos en las papilas del rumen. En casos severos ocurre ulceración de la pared ruminal. Usualmente se presenta diarrea si el animal sobrevive (Briton y Stock, 1987).

La acidosis está relacionada con la queratinización del epitelio ruminal y varios padecimientos secundarios de la engorda en corral como la laminitis, polioencefalomalacia, rumenitis y abscesos en el hígado (Brent, 1976; Owens *et al.*, 1998). Esta etiología de la acidosis sistémica y ruminal ha sido descrita por Elam (1976); Huber (1976) y Slyter (1976).

Para evitar problemas de acidosis en bovinos y corderos de engorda en corral, se recomienda ofrecer en la alimentación, material fibroso en suficiente cantidad y con un tamaño de partícula que estimule la rumia, la producción de saliva y evite una reducción drástica del pH ruminal. Productos que amortiguan el pH ruminal, evitan la acidosis y pueden mejorar el comportamiento productivo de ganado que consume altos niveles de grano (NRC, 2001).

Por otro lado, algunos Microbiales de Uso Directo como las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), estimulan el crecimiento y la actividad bacteriana, especialmente aquellas que digieren celulosa y utilizan ácido láctico. Un mecanismo propuesto es que la actividad respiratoria de la levadura protege a las bacterias anaeróbicas del rumen del daño por oxígeno (Newbold et al., 1995).

Objetivos

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto independiente del bicarbonato de sodio y una levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) viva, y la inclusión de ambos aditivos, en la ración de corderos en crecimiento, sobre el consumo materia seca (MS), ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia. Además, se evaluó el efecto de estos dos productos, sobre la digestibilidad de la MS, los CNE y la FDN, y el pH y producción de AGV (Acético, propiónico y butírico) en líquido ruminal *in vivo*. También se evaluaron los pesos y la calidad de las canales.

Metas

Estudiar el efecto de la inclusión de bicarbonato de sodio, levadura viva, o ambos, en la ración de corderos en corral, para determinar si en forma individualmente o en combinación reducen la acidosis, reflejándose en una mayor ganancia de peso y una mejor eficiencia alimenticia, esto con el propósito de hacer recomendaciones a los productores que se dedican a la engorda de corderos en corral.

CAPITULO 2

LITERATURA REVISADA

2.1. Acidosis Láctica

La acidosis ruminal se define como una reducción drástica del pH en el rumen debido a una ingestión y fermentación excesiva de carbohidratos solubles como azúcares y almidón. Estos carbohidratos no-estructurales incrementan el proceso de fermentación ruminal, reduciendo el pH del rumen. Actualmente, el término "acidosis" es usado similarmente para disturbios digestivos del rumen e intestinos, también llamada indigestión aguda o envenenamiento por granos (Owens *et al.*, 1998).

La acidosis en rumiantes es frecuentemente clasificada como aguda, crónica (o subclínica) o subaguda. Después del consumo de carbohidratos fácilmente fermentados, en cantidad suficiente para reducir el pH de la ingesta, una acidosis aguda se presenta. Con acidosis crónica, el consumo de alimento y la ganancia de peso se reducen, pero el animal puede no aparecer enfermo. Un diagnóstico clínico de la acidosis depende de la acidez ruminal o de la sangre, con pH ruminal de 5.2 a 5.6 puede ser usado como marcador de acidosis aguda o crónica, respectivamente (Church, 1991). Estos valores pueden ser usados para establecer la gravedad de la acidosis (Church, 1991). Una acidosis aguda puede ser detectada cuando se observan los siguientes signos: (1) pataleo abdominal; (2) reducción en la motilidad ruminal; (3) falta de apetito; (4) aumento en la

frecuencia cardiaca; (5) diarrea profusa; (6) gorgoteo gaseoso en el rumen; y (7) respiración superficial.

La acidosis es el padecimiento nutricional mas común en los corrales de engorda. La acidosis láctica ocurre frecuentemente en ganado bovino y ovino de engorda en corral o en aquellos animales que reciben raciones con alta energía y baja fibra. Una gran cantidad de alimentos altamente fermentables (almidones y azúcares) que contienen los granos, consumidos en un corto periodo de tiempo, pueden resultar en la producción de más ácido láctico que el que puede ser amortiguado en el rumen. El resultado es la atracción de agua del sistema circulatorio al rumen, el organismo se deshidrata y ocurren cambios drásticos en el pH de la sangre (Owens et al., 1998).

Los animales que sobreviven una acidosis aguda pueden presentar problemas tales como rumenitis fúngica, abscesos en el hígado, timpanismo y laminitis. De los efectos más drásticos, se menciona que la absorción de ácidos grasos volátiles (la principal fuente de energía para el rumiante) y otros compuestos desde el rumen (Fell y Weekes, 1975; Huntington y Britton, 1979), pueden ser afectados por la queratinización anormal del epitelio ruminal como consecuencia de la acidosis en el rumen. Por lo tanto, debido a que la absorción de AGV representan del 65 al 75% del total de la energía metabolizable (EM) disponible para el rumiante (Bergman, 1990), una reducción en la absorción de éstos, puede sustancialmente reducir la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia

Además, debido a que el pH es el factor más crítico que afecta el crecimiento microbiano en el rumen, una alteración con respecto de lo normal

tiene un impacto negativo en el animal. Cuando la acidosis láctica ocurre en el rumiante, el pH del rumen cae rápidamente en el rango de 5.0 a 5.5 (Kezar y Church, 1979; Boukila *et al.*, 1995). Estos bajos niveles de pH en el rumen pueden causar daños en el epitelio, como también, se observa una reducción en motilidad rumino-reticular. De igual manera, la amplitud y la frecuencia de las contracciones del rumen disminuyen progresivamente, con paralización eventual del rumen, lo que puede provocar una disminución en el consumo voluntario. La inhibición en la motilidad a nivel del sistema nervioso central no es causado por la presencia de iones hidrógenos en el rumen, sino debido a que este carece de receptores para estos iones, lo que es causado por el ácido láctico absorbido, o por aminas (histamina, triptamina, tiramina), o toxinas también absorbidas.

2.2. Masticación y Secreción de Saliva

La secreción de saliva que ocurre durante la masticación, cuando el animal come o rumia, puede ocasionar un flujo masivo de saliva hacia el rumen, evitando fluctuaciones en el pH ruminal. La saliva es importante porque proporciona un flujo de líquido a través del rumen. Una de las principales funciones de la fibra es estimular la rumia, y consecuentemente, la producción de saliva. La fibra, debido a su baja densidad, es voluminosa y requiere ser rumiada para reducir las partículas a un tamaño que puedan pasar a través del orificio reticulo-omasal. Por esta razón, debe incluirse suficiente fibra gruesa en la ración (Van Soest, 1994) para estimular la rumia y la adecuada salivación.

En vacas lecheras alimentadas con raciones conteniendo forrajes toscos, altas en FDN, se reporta que la cantidad de saliva producida, varío de 4 a 6 litros

por kg de alimento consumido, pero al utilizar concentrados con poca FDN, sólo se produjeron alrededor de 1.2 a 1.5 litros por kg de alimento (Van Soest, 1994). Se considera que para que haya una óptima producción de saliva, debe haber suficiente fibra en la ración, con el propósito de que se estimulé la masticación y el flujo de saliva. La fibra del forraje a su vez, también proporciona un efecto amortiguador (buffer) a través del intercambio catiónico (McBurney *et al.*, 1981).

El flujo de saliva secretada diariamente se estima entre una a dos veces el volumen del rumen (Hungate, 1982). La saliva contiene bicarbonato que amortigua la acidez producida por la fermentación en el rumen. Con relación a la producción de saliva y su efecto en el pH ruminal, Miller *et al.* (1993) consideran que los alimentos contribuyen con cerca del 15% del total de la capacidad amortiguadora (buffer) disponible para la vaca.

La secuencia de eventos que ocurren con una alimentación alta en granos y restricción de forrajes, y que causa una reducción de la grasa en la leche, aunque puede ser corregida con la inclusión de bicarbonato en la ración, es como sigue: (1) la producción de saliva es muy reducida con una alimentación alta en granos, lo cual disminuye la capacidad buffer del rumen, resultando en un pH bajo; (2) este pH bajo favorece la microflora la cual produce ácido propiónico; (3) niveles de ácido propiónico más alto que lo normal causa una inhibición en la síntesis de la grasa de la leche, aunque la causa del mecanismo de este efecto inhibitorio no está bien entendido; (4) la adición de bicarbonato, siempre y cuando sea en suficiente cantidad, compensado por la baja producción de saliva crea una condición dentro del rumen similar a la que se encuentra cuando los animales son alimentados con raciones normales (Davis *et al.*, 1964).

2.3. Efecto de la Fibra en la Función Ruminal

La fibra son sustancias poliméricas de las plantas que resisten la acción de las enzimas digestivas de los mamíferos". Los investigadores en nutrición animal excluyeron toda definición de la fibra que no tuviera un énfasis nutricional, *partiendo la materia seca de los forrajes de acuerdo a la disponibilidad nutritiva en dos fracciones (Van Soest, 1994)*. La materia seca está compuesta por una fracción que es soluble en una solución detergente neutro, el contenido celular, y otra fracción insoluble, la pared celular, también llamada Fibra en Detergente Neutro. La Fibra en Detergente Ácido (FDA) se obtiene de la solubilización de la hemicelulosa con una solución detergente ácida. La partición de la materia seca en base al valor nutritivo de sus componentes según el sistema Detergente de análisis es el siguiente (Van Soest, 1994): El contenido celular (materia nutritiva) contiene: (1) Carbohidratos solubles; (2) Proteína y otros compuestos nitrogenados; (3) Lípidos, ácidos grasos, y otros *compuestos solubles en éter*; (4) Cenizas solubles; y (5) Pectina. Por otro lado, pared celular contiene: (1) materia parcialmente nutritiva como Celulosa; y Hemicelulosa; (2) materia no-nutritiva como lignina; (3) extracto etéreo no-nutritivo (ceras, terpenos, etc.); y (4) cenizas insolubles en ácido (*principalmente sílice*).

Las propiedades químicas de los componentes estructurales de la fibra se presenta a continuación: (1) La celulosa es el principal carbohidrato estructural en las plantas y está compuesta por unidades de glucosa que forman una cadena anhidra con enlaces piranosídicos β 1-4. La celulosa es muy insoluble y se digiere solamente a través de la actividad microbiana. Las bacterias celulolíticas en el

rumen se adhieren a la fibra y secretan celulasas, que son enzimas que hidrolizan los enlaces β 1-4. La digestibilidad de la celulosa con otros componentes estructurales de la pared celular como la lignina; (2) La hemicelulosa es una fracción polisacárida heterogénea principalmente existente en la pared secundaria (capa incrustante) de la planta. Este carbohidrato de la pared celular contiene una variedad de enlaces, principalmente azúcares pentosas tales como arabinosa y xilosa, y pequeñas cantidades de hexosas (manosa y galactosa) y ácido glucurónico. El porcentaje de hemicelulosa en zacates es generalmente mucho mayor que en leguminosas. Algunas fracciones de la hemicelulosa tienen una muy baja digestibilidad principalmente debido al enlace covalente con lignina; y (3) Conforme madura el forraje, el contenido de lignina y la producción de materia seca aumenta. El contenido de lignina de gramíneas y leguminosas varía entre 2-15% del peso seco. La lignina, un compuesto no glucídico, es la principal fracción orgánica de la pared celular que está compuesta por lignina verdadera, cutina, polímeros Maillard, y complejos amino-protéicos con lignina. La lignina verdadera es un polímero tridimensional de fenilpropanos substituidos, responsables de la estructura que le da rigidez y resistencia a la pared celular de la planta. La lignina protege a los componentes glucídicos asociados con la pared celular de la digestión microbiana. La cutina, la superficie cuticular de las plantas, está compuesta de polímeros cerosos que pueden estar integrados en las preparaciones de lignina cruda, aunque es químicamente diferente. Las preparaciones de lignina cruda incluyen artefactos llamados polímeros Maillard que son indigestibles y tienen las propiedades de la lignina. Estos artefactos se

forman de la condensación de un aminoácido (particularmente lisina) y un producto de la degradación de azúcares y otros carbohidratos (principalmente hemicelulosa) por el daño con calor que se produce con alimentos húmedos y con altas temperaturas, especialmente durante el proceso de ensilaje. La formación de productos Maillard causa una marcada reducción en la digestibilidad de la proteína (Van Soest, 1994).

Las propiedades químicas específicas de carbohidratos simples y estructurales, que representan la base para establecer un sistema para la partición de los componentes de la pared celular en fracciones glucídicas específicas, lignina y cenizas insolubles en ácido (silice) son: (1) los carbohidratos simples son solubles en agua fría. El almidón puede ser disuelto en agua hirviendo neutra; (2) la hemicelulosa es solamente escasamente soluble en agua hirviendo pero se disuelven en soluciones hirvientes alcalinas y ácidas; (3) la celulosa se disuelve lentamente, hirviendo en soluciones diluidas de ácidos fuertes pero son rápidamente disueltas en soluciones más concentradas de ácidos altamente deshidratados aún con temperaturas más frías; (4) la lignina no es disuelta por ácidos altamente deshidratados y los carbohidratos pueden ser separados de ésta con una solución fría de 72% H_2SO_4 y (5) el silice es insoluble en soluciones ácidas. Más aún, para una mayor precisión en la determinación de la fibra (pared celular) en la dieta, la desproteínización requerida se lleva a cabo con una solución de detergente neutro o proteasas (Van Soest, 1994).

El contenido de FDN representa del 60 al 85% del total del forraje, en base seca. La digestibilidad de la FDN es muy baja, debido a su alto grado de lignificación. Asimismo, Van Soest, (1994), indica que la digestibilidad potencial de

los forrajes está determinada por la proporción del contenido celular y la pared celular así como la digestibilidad de éstos mismos, considerando factores asociados con la competencia entre la velocidad de digestión de la fibra con la de paso por el tracto digestivo de los rumiantes.

Por norma general, los rumiantes requieren de fibra en la dieta para la función normal del rumen (Van Soest, 1994), que se relaciona con la rumia y digestión de las celulosa apropiadas para mantener a los microorganismos celulolíticos. El tiempo de rumia esta directamente relacionado al consumo de FDN (Welch, 1982). Por otro lado, se puede presentar el caso de los carbohidratos no fibrosos, los cuales no estimulan la rumia o la producción de saliva y cuando se encuentran en exceso pueden inhibir la fermentación de la fibra (Van Soest, 1994).

Para que en el rumen haya una función normal, es recomendable y necesario un adecuado consumo de FDN. Además, como el consumo de alimento en el rumiante está normado en cierta forma por el volumen del alimento consumido, la FDN en exceso puede reducir el consumo de materia seca, la digestibilidad y el comportamiento del animal. También, un inadecuado (reducido) consumo de FDN puede ocasionar acidosis, timpanismo y otros problemas de salud. Esto lo relacionan con el estado fenológico de la planta, o sea (McCollum *et al.*, 1985) con un incremento en la madurez del forraje que generalmente se correlaciona con una disminución de la digestibilidad y el consumo, bajo contenido de proteína cruda y un incremento en el contenido de la fibra en la dieta.

La presencia de fibra en partículas largas es necesaria para estimular la rumia. Esta aumenta la separación y fermentación de la fibra, estimula las contracciones y mezclado del alimento en el rumen, aumenta el flujo salival hacia

el mismo, y el efecto *buffer* (Wattiaux y Armentano, 1997 y McBurney *et al.*, 1981). Por estar la fibra diferentemente constituida, no es un componente uniforme desde el punto de vista nutricional, químico o físico, lo que agrega otra dimensión de complejidad. Las propiedades fisicoquímicas de la fibra que afectan su calidad son: (1) tamaño de partícula; (2) capacidad para amortiguar (*buffer*) la acidez; (3) tasa de fermentación; y (4) digestibilidad.

2.4. Efecto del Nivel de Grano en la Ración

La dieta normal del rumiante en pastoreo es muy baja en carbohidratos disponibles. Aunque los rumiantes son capaces de utilizar ingredientes de baja calidad, como alimentos fibrosos, raciones que contengan altas cantidades de granos como maíz y sorgo, son comúnmente utilizados en la alimentación para maximizar los niveles de producción de los rumiantes domésticos (Nisbet y Martin, 1991). Estos componentes de la dieta son fermentados en el rumen y producen AGV (Van Soest, 1994).

Por otro lado, de haber una sobrecarga en el consumo de grano, el organismo consecuentemente atrae fluido fuera de las extremidades para diluir el líquido en el rumen. Esto trae por consecuencia un aumento en la circulación que resulta del movimiento de fluidos. Como también, las arterias que distribuyen sangre a las patas aumentan en tamaño, permanentemente. Este aumento en el flujo sanguíneo resulta en el crecimiento (alargamiento) continuo de las pezuñas que causa cojera. De haber un déficit de carbohidratos disponibles en la dieta, el animal es incapaz de metabolizar los AGV mas allá de la etapa de cuerpos cetónicos (Van Soest, 1994).

Fimbres et al. (2002a) condujo un estudio para determinar el efecto del nivel de heno en raciones de finalización para corderos sobre el consumo, digestibilidad, retención de nitrógeno, masticación y parámetros ruminales. Veinte corderos machos de raza pelibuey, con un peso promedio de 36 kg, fueron asignados aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: 0, 10, 20 y 30% de heno picado. El consumo de materia seca (MS) se incrementó linealmente ($P < 0.05$) conforme aumento el porcentaje de heno en la ración, de 0 a 30%. Una diferencia en el consumo de MS de 38%, se observó entre corderos que consumieron las raciones sin heno y 30% de heno, variando de 61.1 hasta 84.8 g/kg^{0.75}. El tiempo de rumia varió de 2.4 horas por día en corderos a los que les ofreció la ración sin heno, hasta 6.9 horas por día en corderos consumiendo la ración con 30% de heno. El tiempo de consumo varió de 1.5 a 1.9 horas, aumentando conforme se incrementó la cantidad de heno en la ración.

En el estudio de Fimbres et al. (2002a), la digestibilidad de la MS fue de 85.5, 79.9, 67.5 y 66.6% para 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente (Figura 1). La digestibilidad de la fibra detergente neutro fue de 59.4, 58.2, 42.5 y 35% para 0, 10, 20, y 30% de heno en la ración, respectivamente (Figura 2). La digestibilidad de la carbohidratos no-estructurales disminuyó linealmente de 94.2% para la ración sin heno a 86.6% para la ración con 30% de heno (Figura 3). Aparentemente, una reducción en la digestibilidad de la MS, los CNE y la FDN fue debida a una mayor tasa de paso del alimento a través del tracto gastrointestinal. El nitrógeno retenido (%) disminuyó linealmente

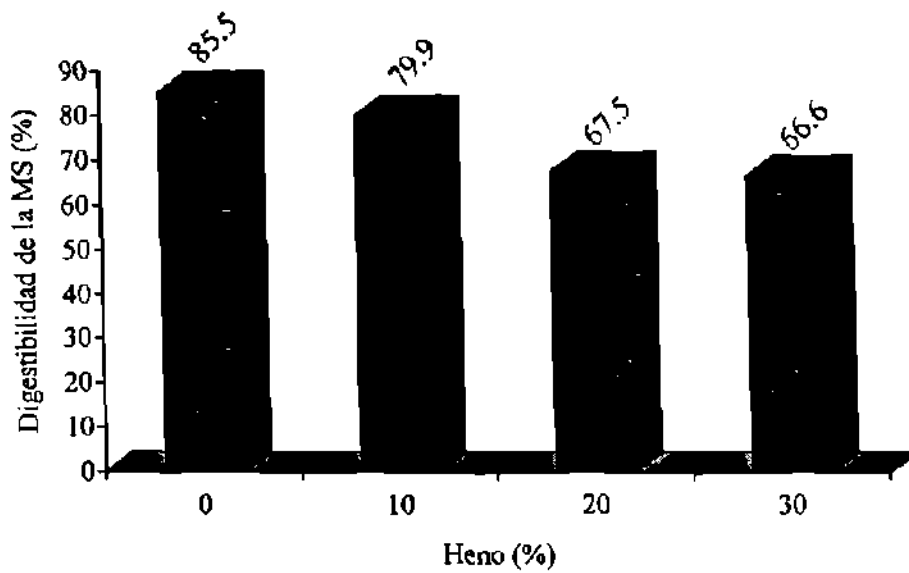


Figura 1. Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de la materia seca (MS) de corderos con raciones de engorda.

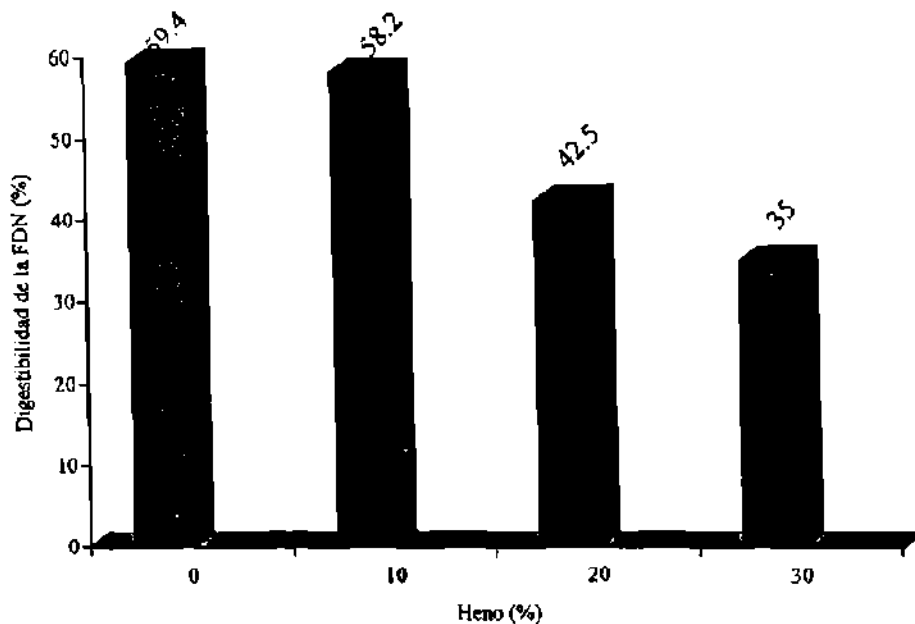


Figura 2. Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de la fibra en detergente neutro (FDN) de borregos consumiendo raciones de engorda.

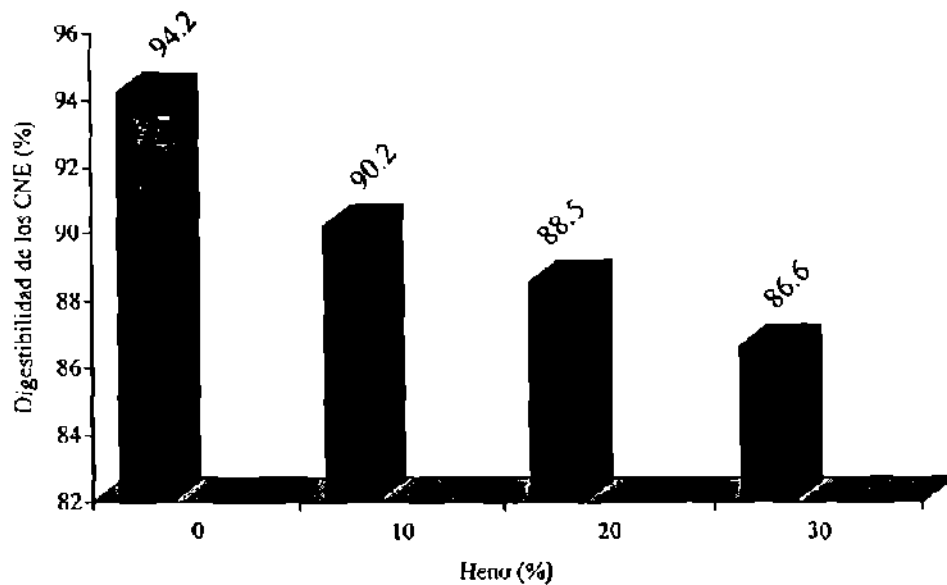


Figura 3. Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales (CNE) de corderos consumiendo raciones de engorda.

($P < 0.01$) con un aumento de heno de la ración, probablemente en respuesta a una menor disponibilidad de energía. El pH ruminal aumentó linealmente conforme el heno en la ración se incrementó ($P < 0.01$). El % y la concentración molar del acetato aumentó linealmente ($P < 0.01$) a medida que el nivel de heno en la ración aumentó en la ración, mientras la concentración del propionato disminuyó.

Los granos de cereales proveen los sustratos para el rápido crecimiento de las bacterias ruminales, tal como *Streptococcus bovis*, la cual pueden producir una gran cantidad de lactato que reduce el pH ruminal, disminuyendo la digestibilidad de la fibra y causando una disfunción del rumen (Hungate *et al.*, 1952; Slyter, 1976). Sin embargo, este lactato puede ser posteriormente utilizado por otras bacterias, *Selenomona ruminantium*, para producir ácido propiónico. Pero la capacidad de multiplicación de las bacterias que producen lactato es mucho mayor que la capacidad de la *Selenomona*, por lo que un aporte excesivo de CNE o un

cambio brusco en raciones altas en grano, originan una acumulación de ácido láctico, el verdadero responsable de la acidosis ruminal.

En otro estudio, Fimbres et al. (2002b) determinaron el efecto del nivel heno en la ración de finalización sobre el desempeño productivo y las características de la canal de corderos. Veinte corderos pelibuey machos enteros, con un peso promedio de 23.9 kg, fueron asignados aleatoriamente a uno de cuatro grupos en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: (1) 0%; (2) 10%; (3) 20% y (4) 30% de heno picado. Los corderos fueron confinados individualmente en jaulas metabólicas de 1.5 m². El consumo de materia seca (MS) fue 48.9% mayor en corderos consumiendo la ración con 30% de heno, en comparación con la ración sin heno, durante todo el período de 60 días. Durante los primeros 30 días, el consumo fue aun mayor (56.6%). Sin embargo, entre mayor fue el nivel de heno en la ración, menor fue la ganancia de peso. Diferencias entre períodos también fueron observadas, con una ganancia de peso promedio de 268 g/día durante los primeros 30 días, y una mucho menor ($P < 0.01$) ganancia diaria de peso de 149 g/día durante los últimos 30 días. Entre mayor fueron los días de estancia de los corderos en la engorda, menor fue la ganancia de peso. La eficiencia alimenticia de los corderos durante los primeros 30 días (5.0 kg/kg) fue mayor que durante los últimos 30 días (10.1 kg).

Fimbres et al. (2002b) también reportó que los pesos de la canal (kg) caliente y fría se redujeron (lineal, $P < 0.05$) con un aumento en el contenido de heno en la ración. El peso del tracto gastrointestinal lleno tendió a aumentar con un aumento en el nivel de heno en la ración. Sin embargo, no hubo un efecto de tratamiento en los pesos del tracto gastrointestinal vacío. El nivel de heno en la

Cuadro 1. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de corderos
Consumiendo raciones con varios niveles de forraje.

Variable	Periodo (d)				Heno (%)				P ¹			
	0-30	31-60	0-60	EE	0	10	20	30	EE	Periodo	Heno	P x H
Consumo de MS (kg)	1.227	1.257	1.242	0.038	0.960	1.200	1.377	1.429	0.044	0.855	0.001	0.508
Ganancia de peso (kg/d)	0.268	0.149	0.209	0.012	0.250	0.207	0.203	0.174	0.014	0.001	0.003	0.763
Conversión alimenticia ^c	5.0	10.1	7.5	0.775	4.9	7.1	7.6	10.3	0.895	0.001	0.005	0.990

^a Probabilidad.

^b Interacción periodo x forraje.

^c Consumo de MS (kg)/ganancia de peso (kg).

Fuente: Fimbres et al. (2002b).

ración no afectó marmoleo, grado de finalización, cobertura de grasa o área del músculo longissimus (ojo del lomo). Ningún efecto del nivel de heno en las raciones fue obtenido en los pesos de piel, hígado, pulmones, testículos y sangre. El rendimiento de la canal para cortes de primero y segundo grado se redujeron linealmente ($P < 0.001$) a medida que el nivel de heno en la ración se incrementó.

2.5. Características de los Carbohidratos de los Granos

Tanto la celulosa como el almidón son carbohidratos, polímeros de la glucosa. La gran diferencia es que la celulosa es una poli- β -piranosa unido a través de C_4 , mientras que el almidón es un polisacárido unido a través de uniones α -acetal. De los carbohidratos no-estructurales (CNE), el almidón es la principal fuente de energía debido a que es fermentado en el rumen, produciendo una alta proporción de ácido láctico que es transformado en ácido propiónico, precursor de la glucosa en los rumiantes. La concentración óptima de CNE está entre 30-35% de la materia seca ingerida por la vaca lechera. Además, es bien sabido que no todas las fuentes de almidón tienen igual velocidad de degradación, siendo por ejemplo más rápidamente degradable el almidón del trigo que el de maíz o sorgo.

Siendo los granos la mayor fuente de energía en la alimentación animal, su contenido de almidón difieren entre sí (Huntington, 1997). Los granos varían en el contenido y grado de fermentación de sus almidones. El trigo contiene 77% de almidón en base a materia seca, el maíz y sorgo contienen 72%, la cebada y la avena están respectivamente en 57 y 58%. Por ejemplo, el trigo es fermentado

muy rápidamente y comúnmente lleva al animal a una acidosis subaguda y bajo consumo de alimentos. Raciones que contienen trigo pueden causar acidosis más comúnmente que cualquier otro grano de cereal. Sin embargo, con un periodo de adaptación al trigo, este grano puede ser utilizado (Church, 1991).

Granos con alta humedad (por ejemplo, el maíz de alta humedad) tienen tasas altas de digestión de los almidones. Por lo tanto, en este caso la solución es agregar forrajes y grano seco a la ración. De igual forma, el método de procesamiento (el hojuelado y la molienda fina) también incrementa la tasa de digestión del almidón y puede llevar a una acidosis subaguda. También el tipo de grano y su procesamiento, así como el nivel de forraje, influyen en la posibilidad de una acidosis en dietas de finalización (Church, 1991).

2.6. Forma Física del Grano

El Consejo Norteamericano de granos forrajeros (United States Feed Grain Council, USFGC), una entidad no lucrativa representante en México de los productores de sorgo, maíz y cebada de los Estados Unidos de Norteamérica, ofrece asesoría técnica a la industria pecuaria de México. Las recomendaciones de la USFGC son con énfasis en raciones altamente energéticas durante el periodo de engorda o finalización. Para este tipo de raciones, se requieren altos niveles de grano. La recomendación que la USFGC hace es la de no usar forraje, pero incluir sorgo entero para evitar problemas de acidosis. Sin embargo, aunque el cordero rumia gran parte del sorgo entero, pudiera haber pérdidas significativas de grano en las heces.

Pérez-Reyes (2000) reportó un estudio en el que se evaluó el efecto de la relación grano entero:molido en la ración de corderos sobre las actividades de masticación, y pH y concentración de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal. Cuando se aumentó la proporción de grano molido:entero en la ración, el pH ruminal se redujo ($P = 0.05$) de 6.9 a 6.3. Una relación cuadrática ($P < 0.01$) se observó en las concentraciones (mM) de ácidos acético y propiónico conforme varió la relación de grano entero:molido en la ración. El tiempo de rumia (min/día) se redujo linealmente ($P = 0.05$) conforme se aumentó la cantidad de grano molido, y se redujo la concentración de grano entero en la ración.

Oviedo (2000) llevo a cabo un estudio con el propósito de determinar la influencia de sustituir parcial o totalmente el sorgo entero por sorgo molido en la ración de corderos de engorda, sobre el consumo, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. En este estudio se utilizaron veinte corderos de la raza Pelibuey que fueron alimentados con cinco raciones isoprotéicas, las cuales variaron en la relación sorgo entero:molido (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100). Durante los primeros 30 días del estudio, la ganancia de peso de los corderos aumentó linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó la cantidad de sorgo molido en la ración. Durante los últimos 30 días no se observaron cambios ($P > 0.05$) por la cantidad de sorgo molido. Durante los 60 días del estudio, el nivel de grano molido o la castración no afectaron la eficiencia alimenticia. Además, corderos enteros tuvieron una mejor eficiencia alimenticia que los castrados. El peso inicial de los corderos o la castración no afectaron ($P > 0.05$) el consumo de MS. El consumo de MS no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$) durante los 60 días del estudio. Durante los primeros 30 días del estudio, el consumo de MS

aumentó en forma lineal ($P < 0.04$) al incrementarse la proporción de grano molido en la ración. El consumo de MS ($\text{kg}/\text{kg}^{0.75}$) aumentó, al incrementarse el peso corporal de los corderos. Durante los 60 días del estudio, la ganancia de peso no fue afectada ($P > 0.05$) por el nivel de grano molido en la ración, sin embargo, los corderos castrados ($P < 0.05$) ganaron menos peso ($0.221 \text{ kg}/\text{d}$) que los enteros ($0.260 \text{ kg}/\text{d}$). Con los resultados obtenidos de este estudio, se puede concluir que cuando menos 25% del grano incluido en la ración de ovinos de engorda en corral debe de ser entero, para así reducir la incidencia de acidosis. Sin embargo, la molienda del grano parece ser importante para mejorar la eficiencia alimenticia en raciones de finalización que contengan forraje seco (5-10%).

2.7. Productos de la Fermentación de los Carbohidratos Solubles

La presencia de glucosa libre en el rumen (Church, 1991), puede tener al mínimo tres efectos adversos: (1) la bacteria ruminal que normalmente no es competitiva puede crecer muy rápidamente cuando se les provee alta cantidad de glucosa; (2) otros microbios oportunistas, incluyendo coliformes y microbios decarboxilantes de aminoácidos, pueden prosperar en el rumen del bovino alimentado con concentrados; (3) la glucosa libre liberada del almidón incrementa la osmolaridad del contenido ruminal, e incrementa la osmolaridad por la exacerbada acumulación de ácido dentro del rumen por la inhibición de la absorción de los AGV; y (4) sin embargo, esta condición que se presenta, modifica la sincronización de la fermentación a nivel ruminal de los almidones y proteínas, trayendo como resultado un incremento en la retención de nitrógeno de corderos

en crecimiento; todo esto, como un porcentaje del nitrógeno consumido (Matras *et al.*, 1991).

La transformación de los carbohidratos solubles en el rumen se realiza en un ambiente ideal para el desarrollo y actividad de los microorganismos (protozoos, bacterias y hongos) mediante la acción de las enzimas microbianas. Tanto los carbohidratos de la pared celular (celulosa) y principalmente los solubles del contenido celular son metabolizados, al ser convertidos (por la glucólisis) en ácido pirúvico.

El metabolismo intermedio en el rumiante es igual como en otros mamíferos, aunque en el rumiante difiere principalmente en las cantidades de carbono que pasan por algunas vías debido a una baja absorción neta de glucosa y alta absorción de los AGV, acético, propiónico y butírico a través del TGI. Consecuentemente, la mayor fuente de energía (por oxidación) son acetato y butirato, mientras que el propionato es reservado para la gluconeogénesis. Por otro lado, el acetato es el principal precursor lipogénico (Van Soest, 1994)

2.8. Importancia de la Capacidad Amortiguadora (Buffer) de los Alimentos

La principal causa de la acidosis es debido a un alto consumo de ingredientes ricos en carbohidratos no-estructurales como granos, melaza, tubérculos y subproductos lácteos. Para reducir la incidencia de acidosis, estos alimentos deben aumentarse en la ración en forma gradual, y no repentina.

En el Cuadro 2, se mencionan los factores que contribuyen al efecto tampón (buffer) en el rumen. La pared celular (FDN), mediante el masticado y la rumia, estimula el flujo salival y el mezclado en el rumen, además que tiene una

Cuadro 2. Factores que contribuyen al efecto tampón (buffer) en el rumen.

FACTOR	Promovido por	Fuente del efecto buffer
Enjuague (tasa de pasaje)	Presión osmótica	Dilución
	Consumo de alimento	
Absorción	Concentración de AGV	Eliminación de ácidos libres
Saliva	Fibra bruta y rumia	Bicarbonato Fosfato
Fibra	Intercambio catiónico	Neutralización
Sales minerales de ácidos orgánicos de la planta	Composición del forraje	Fermentación de ácidos de la planta a CO ₂
Proteína	Producción de NH ₃	Neutralización
Eficiencia microbiana	Crecimiento microbiano	Desvío de carbono hacia las células en lugar de ácidos

Fuente: McBurney *et al.* (1981)

mayor capacidad amortiguadora por si misma (McBurney *et al.*, 1981). La saliva neutraliza los ácidos grasos volátiles producidos por la fermentación ruminal y de esa manera, evita cualquier caída brusca en el pH del rumen.

2.9. Amortiguadores (Buffers) del Rumen

La acidosis ruminal se define como una reducción drástica de pH en el rumen debido a una fermentación excesiva. Debido a que el pH es el factor más crítico que afecta el crecimiento microbiano en el rumen, una alteración con respecto de lo normal (pH de 5.8 a 6.2) tienen un impacto negativo en el animal. La masticación que ocasiona un flujo masivo de saliva hacia el rumen, evita fluctuaciones en el pH ruminal.

Además de la saliva que fluye hacia el rumen, amortiguadores como el bicarbonato, pueden incluirse en las raciones para mantener un rango normal de pH en el rumen. Algunas sales minerales conocidas como amortiguadores (buffers) pueden mejorar el consumo de materia seca, la ganancia de peso y la salud de los rumiantes que consumen altas cantidades de grano en corral. Uno de éstos amortiguadores es el bicarbonato de sodio (NaHCO_3). Los amortiguadores son sales minerales con capacidad de mantener una concentración apropiada de iones hidrógeno en el rumen, intestinos, tejidos y fluidos corporales, y además, puede aumentar la tasa de paso de líquidos desde el rumen. Un incremento en la tasa de dilución del líquido ruminal puede mejorar la eficiencia en la producción de los rumiantes, principalmente debido a una mejora en la eficiencia del crecimiento

bacterial y al flujo de α -glucosa, y aminoácidos de origen alimenticio y microbiano al intestino delgado (Harrison *et al.*, 1975).

Mucha de la investigación en amortiguadores se ha enfocado en el bicarbonato de sodio. En general, información publicada sobre el uso de este producto y la amplitud de su uso en raciones prácticas en vacas lecheras, demuestra ser muy efectivo (NRC, 1989).

A través de diferentes trabajos realizados, se ha demostrado que la adición del bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en la dieta para rumiantes (Ha *et al.*, 1983; Cooper *et al.*, 1996) disminuye la acidosis. El bicarbonato entra al rumen como parte de la ración y por medio de la saliva, que es secretada durante la rumia (Erdman, 1988), evitando una disminución en el consumo de alimento. Además, es una base débil que "amortigua" o "neutraliza" los iones hidrógeno de ácidos orgánicos, producidos por una rápida fermentación de los alimentos (Ha *et al.*, 1983). El bicarbonato es una sal de ácido carbónico, pero el ácido carbónico es tan débil, que en presencia de ácidos más fuertes se descompone en agua y dióxido de carbono, a partir del cual con el ácido fuerte forma la correspondiente sal de sodio en forma ionizada. Esto disminuye la acidez debido a que el ácido carbónico es más débil que el ácido producido en la fermentación. El dióxido de carbono escapa fácilmente del rumen como producto de desecho, sin valor nutritivo para el hospedero ni para la mayoría de los microbios del rumen, aunque es un alimento requerido por algunas bacterias (Hungate, 1982).

Dado que los animales rumiantes pueden regular el consumo de nutrientes y tóxicas, al menos bajo algunas condiciones (Phy y Provenza, 1998), es

concebible que prefieran alimentos que atenúen el malestar por sobreingestión de nutrientes o tóxicas o por deficiencia de nutrientes. Cooper *et al.*, (1996) al probar la selectividad de dietas en corderos referente a forma física y fuente de carbohidratos (cebada rolada, trigo, alfalfa peletizada y pelet para conejos) que pudieran causar acidosis, suplementadas con y sin bicarbonato de sodio, reportaron una preferencia por las raciones suplementadas con el bicarbonato de sodio debido a que se redujo la acidosis causada por la ingestión de granos.

La disponibilidad del almidón y la eficiencia de ganancia, ambos se incrementan cuando la disponibilidad del almidón es superior al 70% del almidón total (Xiong, *et al.*, 1991), ya que esta no es una relación estrechamente fuerte entre el consumo de almidón y la digestibilidad ruminal. Sin embargo, todas las adversidades asociadas con una alimentación a base de raciones altas en granos (Ejemplo: Timpanismo, acidosis, y abscesos en el hígado) son el resultado de una rápida fermentación de almidones a ácidos orgánicos (Huntington, 1997). Otros compuestos, además del bicarbonato de sodio, tales como el sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, óxido de magnesio y bentonita sódica (Davis *et al.*, 1964; Huntington, 1997, NRC, 1989) han sido agregados a la dieta para aminorar estos problemas digestivos y para mantener el porcentaje de grasa en la leche cuando se ofrecen raciones con alto contenido de granos a vacas en producción.

En la literatura, los resultados del uso de buffers en la alimentación de ganado lechero, para amortiguar la acidez, ha sido variable. Algunos estudios han reportado mejoras en la producción de leche, mientras que otros no han reportado ningún efecto benéfico por la inclusión de algún buffer a la ración (NRC, 1989). Xu *et al.*, (1994) reportó que no siempre se presenta un incremento en el contenido de

la grasa de la leche, no habiendo un efecto en el pH del fluido ruminal o en la concentración de ácidos orgánicos.

En ganado de carne, resultados similares fueron presentados por Zinn y Borques (1993), el bicarbonato de sodio no afectando las características del fluido ruminal y la digestión de los almidones al alimentar novillos con dietas altas en grano. Harrison, *et al.*, (1975), consideran que el bicarbonato de sodio incrementa la tasa de dilución de líquido ruminal. Además, en algunos ensayos este buffer incrementó la proporción molar del ácido acético y disminuyó la proporción molar del ácido propiónico en el rumen.

2.10. Microbiales de Uso Directo (Probióticos)

El amplio uso de antibióticos en los alimentos del ganado de engorda en corral en Norteamérica para maximizar la eficiencia de producción ha despertado un interés en posibles alternativas como los microbiales de uso directo (DFM, direct-fed microbials). Los microbiales de uso directo, también conocidos como probióticos, son suplementos bacterianos vivos que ocurren naturalmente (Feed Additive Compendium, 2002).

Levaduras. La levadura es un vegetal microscópico unicelular de la misma familia de los hongos. Hay cientos de clases diferentes de levadura. La levadura tiene un alto contenido proteico con un promedio de alrededor de 44.9%. Es una de las mejores proteínas vegetales, pero deficiente en metionina. También son consideradas como fuente de vitaminas del complejo B, y por su contenido de ergosterol, que al ser expuesto a los rayos ultravioleta, se produce vitamina D. De este sencillo proceso, resulta un producto que se le conoce como levadura

irradiada. Estos productos microbiales, mejoran la digestión de la celulosa, el consumo de alimento y por ende el comportamiento animal (Ensminger, 1975; Church, 1991).

Las levaduras vivas (Van Soest, 1994) y otras especies de células bacteriales se adhieren al alimento para apoyar la fermentación ruminal. Aunque estas no sobreviven en el rumen, una pequeña población pudiera mantenerse por alimentación continua. Los microorganismos fúngicos que no se encuentran normalmente en el rumen, en particular la levadura (*Saccharomyces cerevisia*), un microbial de uso directo (DFM, direct-fed microbial), que puede multiplicarse y exhibir un crecimiento en el rumen o en cultivos continuos en rumen artificial, y conferir efectos benéficos en la celulosis ruminal y la producción animal (Williams et al., 1991). Williams et al. (1991) concluyeron que la adición de un cultivo de levadura que contenía células vivas a la ración de vacas lecheras pudo elevar la producción de leche probablemente vía la estimulación del consumo de materia seca. El mecanismo que trae este beneficio parece ser debido a una reducción en el lactato en el rumen y un incremento en el pH ruminal.

En la actualidad, los resultados de investigación con éstos productos (Williams, 1986) son limitados y principalmente inconsistentes. La levadura un microbial de uso directo que se considera mejorador de la eficacia ruminal, optimizando la celulolisis a nivel ruminal (Williams, 1986) al impedir la acumulación de ácido láctico en el rumen, con lo cual se evita una caída brusca del pH del rumen, mejorando las condiciones para la digestión de las fracciones fibrosas.

La respuesta en producción es altamente variable y aparentemente influenciada por la composición de la ración (Wallace y Newbold, 1993). Adams et

et al., (1981) observaron un pequeño efecto de la suplementación con levaduras en el pH ruminal, AGV y digestión de la fibra. Sin embargo, otros investigadores (*Wiedmeier et al.*, 1987) han observado incrementos en la fermentación ruminal y la digestión de la fibra. Las levaduras estabilizan el medio ambiente ruminal, lo cual reportan *Williams y Newbold* (1990), al encontrar una reducción en el pH del fluido ruminal en novillos alimentados con heno y avena rolada.

Raciones con bajo nivel de proteína en la alimentación de corderos pelibuey (*Bonilla et al.*, 1992) con adición de cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, sin embargo, no afectó la digestibilidad de la MS y la FDN. Al respecto, *García et al.* (1993) utilizaron esta levadura con raciones a base de cártamo conteniendo melaza y urea, no encontrando respuesta en el comportamiento de ovinos.

Adams, et al. (1981) estudiaron la influencia de un cultivo viable de levadura, bicarbonato de sodio y monensina sódica en la dilución de líquido ruminal, fermentación en el rumen y el desempeño de novillos y corderos en crecimiento. El consumo de MS fue mayor ($P < 0.01$) al inicio del estudio, para los novillos que consumieron raciones que contenían el cultivo de levadura o el bicarbonato de sodio que con monensina sódica, lo que aparentemente se debió al efecto amortiguador del bicarbonato de sodio que pudo estimular el consumo de raciones altas en grano, cuando menos por periodos cortos. Sin embargo, cambios en los patrones de flujo de líquido ruminal con el bicarbonato de sodio parecen no alterar los productos de la fermentación, la digestibilidad o el desempeño de los novillos. Por otro lado, *Garza* (2001) no observó un efecto en la ganancia diaria de peso de toretes suplementados con un cultivo vivo de levadura a base de ensilaje de maíz.

2.11. Producción de Ácidos Grasos Volátiles

El rumen provee de un ambiente ideal para el desarrollo y actividad de los microorganismos (protozoos, bacterias y hongos), y en su primera fase, por la acción de las enzimas microbianas, tanto los carbohidratos de la pared celular (celulosa) como los solubles del contenido celular son metabolizados, siendo convertidos (por la glucólisis) en ácido pirúvico (Figura 4). En la segunda fase, el ácido pirúvico pasa al interior de los microorganismos y se transforma en AGV, como productos finales, junto con el metano y el CO₂ de la degradación de los CHO's (Shimada, 1983).

Los diferentes productos de la fermentación son: alcohol etílico, dióxido de carbono, hidrógeno, metano, y una gran variedad de ácidos, incluyendo fórmico, acético, propiónico, butírico, succínico y láctico. Investigadores como Hungate (1982), opinan que es grande la diversidad de sustancias producidas por las distintas especies de microorganismos; sin embargo, los únicos productos finales de la fermentación de los carbohidratos en el rumen son el dióxido de carbono, el metano y los ácidos acético, propiónico y butírico. Otras sustancias son productos intermedios, pero no finales de la fermentación en el rumen (Shimada, 1983).

2.11.1. Ácido Acético (CH₃COOH)

La ruta para la producción de acetato dependerá del tipo de microorganismo involucrado, pudiendo ser una de las siguientes (Shimada, 1983):

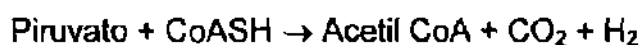
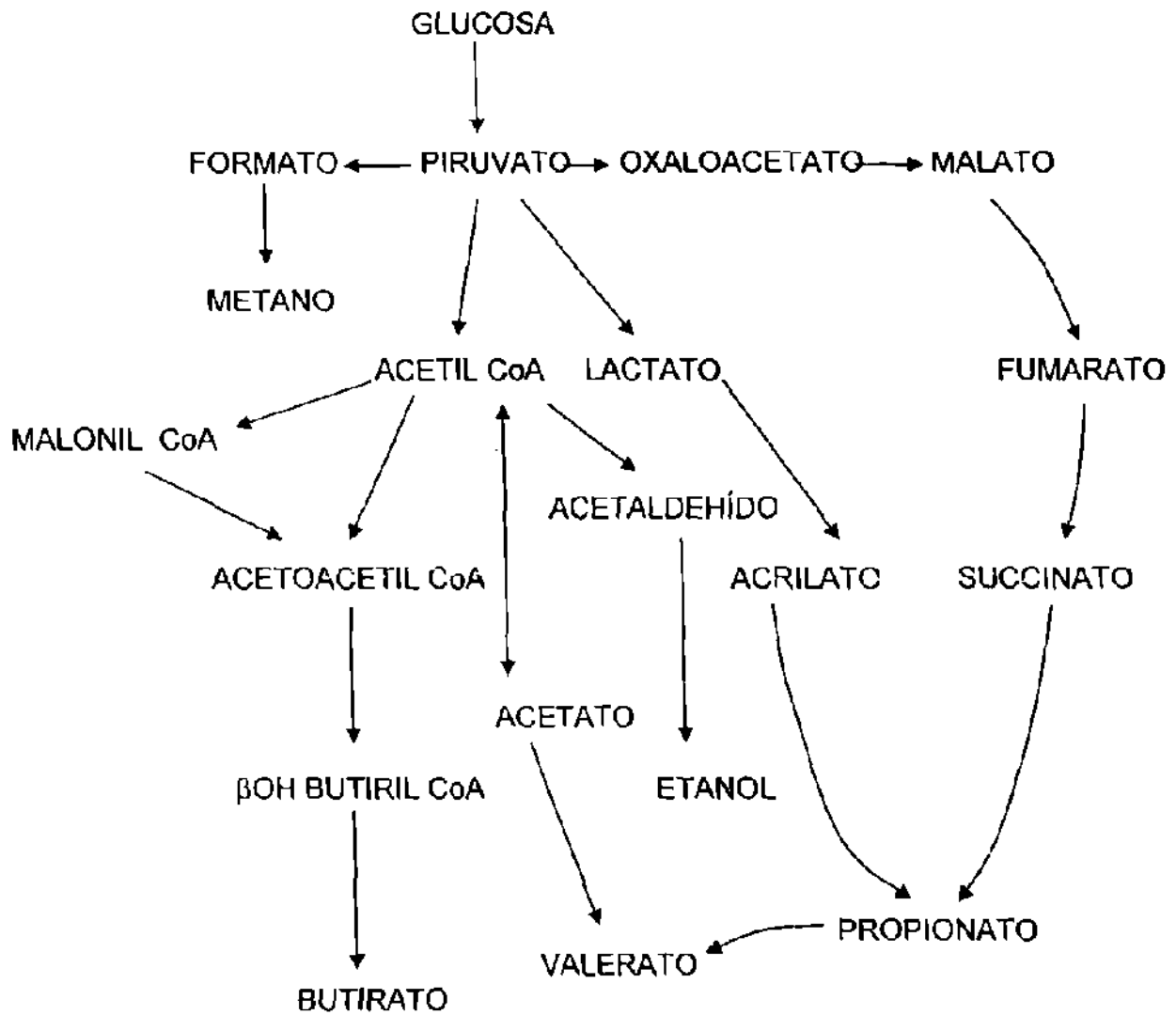


Figura 4. Síntesis de los principales metabolitos en el rumen,
a partir de glucosa.



Fuente: Shimada (1983).

Piruvato + CoASH → Acetil CoA + Formato

Piruvato + Fosfato → Fosfato de acetilo + Formato

El hidrógeno que se desprende de la oxidación se utiliza como hidrógeno molecular y se transfiere al CO₂ formando ácido fórmico, o se emplea para el proceso de hidrogenación de los ácidos grasos insaturados. El ácido fórmico puede ser deshidrogenado con la producción de H₂ y CO₂ a partir del mismo. El ácido acético es poco metabolizado por el epitelio ruminal, ya que sólo el 5% del acetato producido en el rumen es convertido en cuerpos cetónicos (Shimada, 1983).

2.11.2. Ácido Propiónico (CH₃CH₂COOH)

El mayor sitio de metabolismo del propionato es el hígado y forma cerca del 80% del propionato de la sangre (Shimada, 1983). Este es glucogénico. La vía metabólica de propionato a glucosa considera la conversión a propionil CoA y carboxilación a metil malonil CoA, para posteriormente formar succinil-CoA, en este paso se requiere Vit B₁₂ como coenzima (Van Soest, 1994). El propionato entra al Ciclo del Ácido Cítrico como succinato y en pocos pasos es convertido a oxaloacetato, donde diversas rutas son abiertas. El propionato puede ser convertido a glucosa vía Embden-Meyerhof; puede ser condensado con Acetil CoA para formar citrato; o el respectivo ketoácido puede ser aminado y formar los aminoácidos no específicos aspartato, glutamato y alanina.

El propionato puede ser formado a partir de dos rutas principales: (1)

Piruvato → oxaloacetato → malato → fumarato → succinato → succinil CoA →

metil malonil CoA → propionil CoA → propionato; y (2) Piruvato → lactato → lactil CoA → acrilil CoA → propionil CoA → propionato.

La ruta del succinato es la preferida en general; sin embargo, en caso de deficiencia de azufre y en raciones altas en grano, se ve favorecida la ruta de acrilato.

2.11.3. Ácido Butírico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$)

Se sintetiza a partir del ácido acético o de compuestos que producen acetil CoA, como son los ácidos pirúvico y glutámico (Shimada, 1983). Son dos las posibles vías: reverso de la β -oxidación y síntesis de malonil CoA: (1) la vía del reverso de la β -oxidación es más eficiente dado que consume 1 ATP (vs. 2 ATP por la otra ruta); y (2) la vía del malonil CoA es más conocida para la síntesis de ácidos grasos de cadena larga y para los ácidos grasos de cadena ramificada.

Los ácidos grasos pueden sufrir procesos de interconversión, o sea que un AGV dado puede ser empleado como sustrato para la síntesis de un segundo AGV y viceversa. De hecho, parece ser que del 40 al 80% del butirato deriva del acetato y del 6 al 20% de este último proviene el primero. Sin embargo, en cuanto al balance energético, es preferible la primera interconversión dado que hay ganancia, mientras que la conversión de acetato a butirato significa una pérdida energética.

2.11.4. Absorción de Ácidos Grasos Volátiles

Como ya se mencionó, una parte de los ácidos grasos volátiles son empleados *in situ* como sustratos, ya sea para la síntesis de otros ácidos grasos volátiles, o para la formación de proteína microbiana, siendo este hecho más notable en el caso del acetato (Shimada, 1983).

Los tres ácidos grasos volátiles de mayor importancia (acético, propiónico y butírico) son absorbidos mediante un proceso de difusión facilitada, al haber un gradiente de concentración favorable. La absorción es más efectiva en aquellas regiones del rumen que cuentan con mayor número de papilas. El proceso se ve afectado por el pH ruminal, ya que al hacerse éste mayor, se reduce proporcionalmente la absorción. El butirato se absorbe a mayor velocidad que el propionato, siendo el acetato el de más lenta absorción (Van Soest, 1994).

El ácido acético es absorbido en un 90% por el retículo-rumen. El propiónico y butírico son absorbidos también en gran cantidad. Estos son absorbidos en forma libre y aparte del metabolismo de la pared del rumen, pasa a la sangre portal hepática como neutralizador del pH en la sangre (Van Soest, 1994). Gran cantidad de AGV (más butirato que acetato) se metabolizan en el epitelio del rumen.

El ácido propiónico es parcialmente transformado a ácido láctico y el resto pasa intacto (Shimada, 1983). La mayoría de los resultados *in vitro* muestran que el lactato es el metabolito que más se produce a partir del propionato (Taylor y Ramsey, 1965). Sin embargo, se ha calculado *in vivo* que el 70% del propionato usado en la gluconeogénesis hepática se metaboliza vía lactato y se cree que esta síntesis ocurre en el epitelio ruminal. Aunque las mediciones directas muestran

resultados muy diferentes, ya que son varios los factores que pueden influenciar los resultados como, concentración ruminal de propionato, pH, e intercambio isotópico entre el rumen y otros tejidos (hígado e intestino). El ácido butírico se transforma casi totalmente a ácido beta-hidroxibutírico (que es un cuerpo cetónico). El ácido acético no sufre transformación. De este modo, la sangre que llega a la vena portal proveniente del rumen, contiene ácido acético, propiónico, láctico y beta hidroxibutírico. El butirato es particularmente metabolizado por el epitelio del rumen a cuerpos cetónicos, principalmente acetoacetato y (D) β -hidroxibutirato, que son interconvertidos en el hígado (Van Soest, 1994).

Los ácidos grasos volátiles se absorben también en omaso-abomaso (19%) y en intestinos (5%), sin embargo, la mayor absorción (76%) ocurre en el rumen-retículo.

Probablemente el factor que mayormente afecta el pH y la composición de los ácidos grasos volátiles en el rumen es la composición de la dieta. Los altos niveles de melaza en la ración, incrementan la utilización de todos los AGV, principalmente el butírico. La mucosa de los animales alimentados con melaza utilizó el 82% del butirato incubado y la de los animales alimentados con forraje liberó acético al medio de incubación. Los animales con melaza convirtieron el 40% del butírico en cuerpos cetónicos, el 18% los de concentrado y el 13% los de forraje. Es generalmente aceptado que en raciones altas en forraje, el patrón de fermentación ruminal es entre 65:25:10 a 70:20:10 (acetato:propionato:butirato, en % molar) mientras que el contenido de concentrados es alto, las proporciones varían entre 45:40:15 y 50:40:10. El pH ejerce una influencia importante sobre la

producción total de ácidos grasos volátiles, ya que ésta baja al aumentar el pH del contenido ruminal (Shimada, 1983).

Los ácidos acético, propiónico y butírico son absorbidos por el animal y utilizados en varias formas (Hungate, 1982). Por ejemplo, el ácido propiónico puede ser empleado para producir azúcar, una actividad particularmente importante en la producción de leche, puesto que la leche contiene cerca de un 4% de lactosa. El ácido acético no se utiliza para sintetizar azúcar y parece que es oxidado a dióxido de carbono y agua o se almacena en forma de grasa. Lo mismo ocurre con el ácido butírico, excepto que éste puede sustituir al ácido propiónico en otras rutas metabólicas. Los tres ácidos juntos forman la mayor parte del suministro de energía requerido por el rumiante y son los productos de desecho de los microorganismos, pero son valiosos para el animal, y son almacenados de acuerdo con los requerimientos de éste.

El ácido acético, al ser producido y absorbido en forma masiva, tiene un papel dominante en el metabolismo del animal. Dado que la infusión intraruminal deprime el apetito, se piensa que existen en el saco dorsal receptores específicos para el metabolismo (mismos que no están presentes en el sistema nervioso central). Su paso a través de la pared ruminal durante los procesos de absorción puede transcurrir sin conversión a 3-hidroxi-butilato (Joyner, *et al.*, 1963). Aunque es lógico pensar que si en el epitelio ruminal hay CoA disponible, el acetato que se absorbe puede activarse y formar AcCoA. En cuanto al ácido propiónico, existen receptores del mismo en los sacos dorsal y ventral del rumen, en el retículo, en el abomaso y en las venas ruminales (Shimada, 1983).

2.12. Características de la Canal de Corderos

Actualmente, menos de 30% de los corderos sacrificados para satisfacer el mercado de Estados Unidos, satisfacen los requerimientos para carne magra y musculosidad como se especifica en el "Cordero Americano Certificado Fresco", un programa establecido en 1990 por la Asociación Americana de la Industria Ovino de Estados Unidos de Norteamérica. La composición de corderos sacrificados se determina por el estado de crecimiento en relación al tamaño maduro, genotipo, sexo y satisfaciendo los requerimientos de nutrimentos para crecimiento de tejido magro.

En promedio, con las estrategias actuales de producción se obtienen canales que contienen cantidades excesivas de grasa, lo que impide optimizar la eficiencia a todos los niveles de producción. La composición de la ganancia de peso puede ser mejorada usando sementales terminales de tamaño grande de madurez, alimentando proteína de sobrepaso ruminal, alimentando machos enteros y sacrificando a pesos apropiados. Mejoras de 10 a 20% en las tasas de ganancia de peso y eficiencia en la utilización de nutrientes y reducciones similares en el costo de alimentación pueden ser logradas con cada una de estas prácticas de manejo. Resultados de varios experimentos (Beermann *et al.*, 1995), muestran que estos efectos son aditivos y proporcionan una medida de la verdadera capacidad para la tasa de deposición de proteína para corderos en crecimiento. La adopción de estas estrategias de manejo permite el sacrificio de corderos a edades menores, lo que puede mejorar la calidad de la carne.

2.13. Manipulación de la Composición de la Canal

Diferencias considerables en el crecimiento existen debido a sexo, con raciones ofrecidas a libre acceso, que contienen cantidades adecuadas de proteína y energía. De esta manera la tasa de deposición de proteína en músculo no está limitada. Con cruzas de raza de porte robusto como Suffolk, es posible producir corderos que ganen más de 420 g/d y exhiban relaciones de alimento:ganancia de peso menores a 4.0 cuando el crecimiento se mide de 25 a 50 kg de peso vivo. En el Cuadro 3, se presenta la composición de la ganancia de peso de hembras y machos castrados y enteros de líneas genéticas similares de ovinos, y alimentados con la misma ración. Las tasas de deposición de proteína en la canal es aproximadamente 30% mayor en machos enteros que en machos castrados o hembras, mientras que la acumulación de grasa es proporcionalmente menor. Las diferencias en la deposición de cenizas refleja las diferencias de sexo en la tasa de crecimiento de los huesos y consecuentemente el tamaño maduro.

Cuadro 3. Efecto del crecimiento y la composición de la ganancia en corderos al sacrificio.

Variable	Hembras	Machos castrados	Machos enteros
Número	20	20	20
Ganancia de peso, g/día	310	320	400
Eficiencia alimenticia (kg/kg)	4.8	4.2	3.9
Peso de la canal, kg	22.2	23.0	24.2
Ganancia de la canal, g/día			
Proteína	25	27	33
Lípidos	135	124	104
Humedad	64	88	95
Cenizas	11	14	18

Fuente: Beermann et al. (1995).

CAPITULO 3

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Instalaciones

Este trabajo de investigación se realizó en la Unidad Metabólica y Laboratorio del Departamento de Nutrición y Metabolismo Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León, en Monterrey, N.L., y los laboratorios del Departamento de Nutrición y Alimentos, y de Investigación del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila.

3.2. Experimento 1 (Estudio de Crecimiento)

3.2.1. Características de los Animales

Veinte corderos machos enteros en crecimiento de la raza pelibuey, con un peso promedio de 12.5 kg fueron asignados aleatoriamente en cuatro grupos de cinco animales cada uno, siendo cada cordero una unidad experimental.

3.2.2. Tratamientos

La ración base que se ofreció a los corderos de este estudio, fue preparada con sorgo molido y pasta de soya (Cuadro 4). Los tratamientos evaluados en estos estudios fueron los siguientes: (1) ración base, sin bicarbonato o cultivo de levadura (SL/SB); (2) ración base con 0.12% de cultivo de levadura viva (CU/SB); (3) ración base con 5.0% de NaHCO_3 (SL/CB); y (4) ración base con 0.12% de

cultivo de levadura viva y 5.0% de NaHCO₃ (CL/CB). El cultivo de levadura viva (Yea Sacc[®]; Cepa 1026; All-Tech, Lexington, Kentucky) contenía 2.8 X 10⁴ UFC.

3.2.3. Alojamiento y Manejo de los Animales

Los corderos se confinaron individualmente en jaulas metabólicas con piso de rejas de metal de 1.5 m², adaptadas con comedero y bebedero individual. El agua se ofreció a libre acceso. El estudio de crecimiento duró 75 días, 15 para la adaptación de los corderos a las jaulas y a los alimentos, y 60 días para obtención de datos sobre consumo de MS, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia. Antes de iniciar el experimento, a los corderos de todos los tratamientos se les aplicó un desparasitante, así como vitaminas A, D y E. A los corderos se les aplicó una vacuna contra enfermedades clostridiales (*Clostridium septicum*, *Clostridium sordelli*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium perfringens* C y D, *Pasterella multocida* y *P. Haemolitica*).

3.2.4. Raciones Experimentales

Las raciones experimentales se presentan en el Cuadro 4. Estas se formularon para contener la siguiente composición aproximada: ENm/kg, 2.034 Mcal; ENg/kg, 1.382 Mcal; PC, 17.1%; FDN, 15.4%; extracto etéreo, 2.6%; cenizas, 7.9%; Ca, 0.69%; P, 0.37%; y K, 0.77%. El contenido estimado de carbohidratos no estructurales (CNE) fue de 57%. El contenido de sal de las raciones con bicarbonato de sodio fue reducido considerando su aporte de sodio a la ración. La cantidad total de alimento se ofreció en dos porciones durante el día (8:00 a.m. y 3:00 p.m.). El alimento ofrecido se calculó considerando el consumo

Cuadro 4. Raciones experimentales con un cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), y ambos (LB).

	Tratamiento			
	SL/SB	CL/SB	SL/CB	CL/CB
Ingredientes				
Sorgo, grano	681	680.9	679.7	679.6
Pasta de soya	133	133	133	133
Cascarilla de soya	100	100	100	100
Melaza	60	60	60	60
Carbonato de calcio	13	13	13	13
Urea	6	6	6	6
Premezcla ²	2	2	2	2
Bicarbonato de Sodio	---	---	5	5
Sal	5	5	1.3	1.3
Levadura viva	---	0.12	---	0.12

¹Sorgo: 50% entero y 50% molido.

²Minerales traza, vitaminas A y E, y Lasalocid sódico (30 g/ton).

diario de alimento más un 10% adicional, con la finalidad de reducir la selección de los corderos por alguno de los componentes de las raciones ofrecidas.

3.2.5. Análisis de Muestras

La ración base fue analizada para determinar su composición química. Muestras de las raciones ofrecidas y del alimento rechazado fueron obtenidas diariamente, para su posterior análisis. Las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C y molidas a través de una malla de 1 mm en un molino Wiley. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105° C, humedad y extracto etéreo (EE) según procedimientos reportados por el AOAC (1997). La fibra en detergente neutro (FDN) se determinó según procedimiento publicado por Goering y Van Soest, (1970). El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento micro-Kjeldahl, como $N \times 6.25$ (AOAC, 1997). Los carbohidratos no-estructurales (CNE) se calcularon con la siguiente ecuación (Van Soest, 1996): $CNE (\%) = MS - [PC + EE + cenizas + FDN]$. Los contenidos de energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), calcio, fósforo y potasio fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos del NRC (1985b).

3.2.6. Pesos de los Corderos

Los corderos fueron pesados durante dos días consecutivos al inicio, a los 30 días y al final de la prueba de crecimiento, con el propósito de obtener un promedio de peso mas preciso. Los corderos se pesaron a la misma hora (7:30 a.m.), antes de servir la primer comida del día, y siempre en el mismo orden. La

ganancia diaria de peso (GDP) se calculó considerando la diferencia entre el peso inicial y el final, dividido entre los días de estancia.

3.2.7. Consumo de Materia Seca (MS) y Eficiencia Alimenticia

El consumo de materia se calculó como la diferencia entre la cantidad de MS del alimento ofrecido y la MS del alimento rechazado. La eficiencia alimenticia se calculó como el consumo de MS dividido entre la GDP.

3.3. Experimento 2 (Estudio de Digestibilidad *In vivo*)

3.3.1. Alojamiento de los Corderos

Al final del estudio de comportamiento, los corderos permanecieron en las jaulas metabólicas durante siete días para la colección de muestras fecales y de orina. Para determinar la digestibilidad de la MS, se realizó la colección total de heces de cada cordero de los cuatro tratamientos. De igual manera, todos los días a las 10:00 a.m., el volumen de orina se midió, obteniéndose una alícuota del 10% (Harris, 1970). Ambas muestras se congelaron para su posterior análisis.

3.3.2. Análisis de Muestras

Después del periodo de colección de muestras de 7 días, el total de alimento ofrecido y rechazado, heces y orina se descongelaron. Las muestras de alimento y heces fueron secadas a 55°C durante 96 h o más, hasta un peso constante. Posteriormente, las muestras de alimento y heces se molieron en un molino Wiley con una malla de 1 mm. El contenido de MS se determinó en una estufa de aire forzado a 105°C (AOAC, 1997). Las muestras molidas de alimento y

heces se guardaron en frascos con tapa para determinar la digestibilidad de la MS, FDN y CNE. Los análisis de PC, EE, cenizas y FDN fueron determinados como se describen en el experimento 1. El contenido de CNE fue calculado según fórmula sugerida en el experimento 1.

Una vez descongelada la orina, cada muestra fue descongelada, homogenizada y filtrada a través de una gasa. El 10% de la muestra se guardó en refrigeración para determinar el contenido de nitrógeno según procedimiento micro-Kjeldahl (AOAC, 1997). Los valores de digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) fueron calculados de acuerdo al NRC (1985a), en donde cada kg de MS digestible contiene 14.4 g de N de origen metabólico, con la siguiente ecuación: $DVN (\%) = \frac{\text{consumo de N} - (\text{N en heces} + \text{N metabólico})}{\text{consumo de N}} \times 100$.

Para determinar el pH del líquido ruminal, una muestra se obtuvo mediante el uso de un tubo estomacal, aproximadamente dos horas después de ofrecer la comida de la tarde. El pH se midió inmediatamente con un potenciómetro Beckman. Las muestras de líquido ruminal se congelaron para detener la fermentación. Posteriormente, las muestras se descongelaron y se centrifugaron a 10,000 g durante 10 minutos. Cinco mililitros del sobrenadante se mezclaron con un mililitro de ácido metafosfórico al 25% (peso/volumen) conteniendo aproximadamente 2 g de 2-etilbutírico (estándar interno) por litro, y nuevamente se centrifugaron a 10,000 g por 10 minutos. La fracción sobrenadante que se obtuvo fue analizada para obtener la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) por cromatografía de gases (Goetsch y Galyean, 1983). Los tubos blanco (conteniendo buffer) fueron tratados de igual forma que los tubos conteniendo

muestras de líquido ruminal. La concentración total (mM) y la proporción molar de AGV se calculó ajustando la concentración de AGV de cada muestra y restando la concentración de los tubos blancos, con el propósito de corregir por cualquier contaminación del agua y/o los reactivos.

3.4. Experimento 3 (Características de la canal).

3.4.1. Sacrificio de los corderos

Al finalizar los estudios de crecimiento y digestibilidad, los corderos se pesaron y sacrificaron, iniciando a las 8 a.m. De cada cordero se obtuvieron medidas (cm) de altura a la cruz (del piso a la cruz), longitud de tuberosidades (de la escápula-humeral a la coxofemoral) y circunferencia torácica.

El peso de la canal se obtuvo al sacrificio (caliente) y se calculó el rendimiento (%) de la canal caliente (peso de la canal caliente como por ciento del peso vivo). Las canales fueron refrigeradas por un periodo de 24 horas a una temperatura de 3-5°C, para posteriormente pesarlas, y así obtener el peso de la canal fría. El rendimiento de la canal fría es el peso de la canal fría como por ciento del peso vivo al sacrificio.

También se obtuvieron los pesos de las vísceras con y sin digesta (contenido gastrointestinal). De igual manera, los pesos de la piel, hígado, pulmones, sangre, corazón fueron registrados.

A las canales de los corderos también se les determinó: (1) marmoleo; (2) grasa en riñón, pelvis y corazón (% RPC); (3) cobertura de grasa (1/10 de pulgada); y (4) tamaño del ojo de la costilla (pulgada²). Para determinar la calidad de la canal se utilizó el criterio de marmoleo en la región de la falda e ijar,

Cuadro 5. Tabla de doble entrada de los estándares oficiales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para determinar calidad de la canal de ovinos¹.

Grados de grasa en la falda	Cordero joven	Cordero adulto	Cordero añojo	Cordero viejo
Abundante				
Moderadamente abundante				
Ligeramente abundante		Supremo		
Moderado				
Modesto				
Pequeño		Selecto		
Ligero		Bueno		
Trazas				
Prácticamente nulo		Utilitario		

¹Meat Evaluation Handbook (1992).

utilizando las fotografías oficiales de marmoleo reportadas en el manual del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Meat Evaluation Handbook, 1992), utilizando la tabla de doble entrada de estándares oficiales del manual para asignar su calidad final (Cuadro 5).

Grasa en la falda. La grasa entreverada en los músculos del lado interior de la falda se refiere a las manchas, marmoleo y otros depósitos de grasa dentro de las superficies interiores de estos músculos. El grado de grasa en la falda con la madurez son los factores a considerar para una determinación de calidad.

Rendimiento. Para esta determinación, se utilizó el criterio de ajuste de acuerdo al rendimiento preliminar que nos arroja la cobertura de grasa (Cuadro 6), y haciendo los ajustes de acuerdo a la cantidad de grasa en riñón, pelvis y corazón (RPC), de acuerdo al manual Meat Evaluation Handbook (1992).

El ajuste es determinado sumando o restando el factor 0.25 al cambio de cada unidad de porcentaje de 3.5% de grasa en RPC (Cuadro 6). Se determinó el rendimiento en corderos utilizando la siguiente fórmula sugerida por el manual Meat Evaluation Handbook (1992): $\text{Grado de rendimiento} = 1.66 - (0.05 \times \text{Grado de conformación de la pierna}) + (0.25 \times \% \text{RPC}) + (6.66 \times \text{cobertura de grasa})$. En esta determinación la conformación de la pierna es de 15 para supremo alto y de 1 para embutido bajo, cambiando de tres en tres para cada calidad.

También fue utilizada la fórmula para calcular rendimiento en canal de bovinos para tener suficientes criterios de variación en rendimiento, siendo la siguiente: $\text{Grado de rendimiento} = 2.50 + (2.50 \times \text{cobertura de grasa, décimas de pulgada}) + (0.20 \times \% \text{RPC}) + (0.0038 \times \text{Peso de la canal caliente, libras}) - (0.32 \times \text{área del ojo, pulgadas cuadradas})$.

Cuadro 6. Rendimiento preliminar (Meat Evaluation Handbook, 1992).

Cobertura de grasa	Rendimiento preliminar
0.05	2.33
0.10	2.67
0.15	3.00
0.20	3.33
0.25	3.67
0.30	4.00
0.35	4.34
0.40	4.67
0.45	5.00
0.50	5.33
0.55	5.67
0.60	6.00

3.5. Análisis Estadísticos

Los datos de consumo de MS, GDP, eficiencia alimenticia, digestibilidad aparente de la MS, balance de nitrógeno, y parámetros ruminales (pH y concentraciones de AGV) fueron evaluados mediante un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 X 2 (dos niveles de bicarbonato de sodio y dos niveles de levadura), con 5 repeticiones (Steel y Torrie, 1980).

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Prueba de Desempeño (Experimento 1)

4.1.1. Consumo de Materia Seca (MS)

En el Cuadro 7 se presentan los consumos de MS de los corderos consumiendo una ración base (SL/SB), o la misma ración con cultivo de levadura viva (CL/SB), bicarbonato de sodio (SL/CB) o ambos (CL/CB). Los consumos durante los 60 días del estudio promediaron 0.772, 0.828, 0.866 y 0.798 kg/día para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. El cultivo levadura viva o el bicarbonato de sodio no afectaron ($P > 0.05$) el consumo de MS, en ninguna de las etapas del experimento. Tampoco se observó una interacción ($P > 0.05$) entre la suplementación del cultivo de levadura viva y el bicarbonato de sodio. Aunque algunos investigadores han observado aumentos en el consumo de MS con la suplementación de bicarbonato de sodio en raciones altas en grano (Adams et al., 1981), en este estudio no se obtuvieron.

Fimbres (2000) ofreció a corderos raciones con varios niveles de heno de zacate. Los consumos de materia seca (MS) aumentaron linealmente ($P < 0.01$) conforme aumento el contenido de forraje en la ración. Un aumento en el consumo de MS de aproximadamente 49% fue observado cuando el heno en la ración aumento de 0 a 30%, durante los 60 días del estudio. El aumento fue de 65% durante los primeros 30 días, mientras que este fue de solamente 34% en la segunda etapa del estudio.

4.1.2. Ganancia Diaria de Peso

La ganancia diaria de peso de los corderos se presenta en el Cuadro 7. El cultivo de levadura viva o el bicarbonato de sodio no afectaron ($P > 0.05$) la ganancia diaria de peso. La ganancia diaria de peso durante los 60 días del estudio fue de 0.198, 0.226, 0.203 y 0.177 kg/día para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Durante los primeros 30 días del estudio, una interacción ($P < 0.05$) se obtuvo entre el cultivo de levadura viva y el bicarbonato de sodio. Al final del estudio, aunque menos significativa ($P < 0.05$) persistió la interacción entre el bicarbonato de sodio y el cultivo de levadura viva.

Bonilla et al. (1992) reportó que la inclusión de levadura mejoró la ganancia de peso de los animales alimentados con raciones bajas en proteína, pero no cuando el nivel de proteína en la ración era alto.

Fimbres (2000) realizó un estudio con corderos usando diferentes niveles de heno (0, 10, 20 y 30%) en la ración, y concluyó que niveles de heno menores al 10% parecen maximizar la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. En el caso de la presente investigación, en la que se utilizaron raciones sin forraje, la inclusión de grano entero (50% del total de grano en la ración) parece haber ayudado a la función ruminal. En el estudio de Fimbres (2000) se notó una relación inversa entre el nivel de heno en la ración y la ganancia diaria de peso. Entre mayor fue el nivel de heno en la ración, menor fue la ganancia de peso de los corderos. En la primera etapa, la ganancia de peso se redujo de 332 g/día a 212 g/día con un aumento de la heno de 0 a 30%. En la segunda etapa de 30 días, la ganancia de peso de los corderos se redujo en comparación con la primera etapa. La ganancia de peso durante los 60 días que duró el estudio, fue

diferente ($P < 0.01$), siendo de 250, 207, 204 y 174 g/día para niveles de heno de 0, 10, 20 y 30%, respectivamente.

4.1.3. Conversión Alimenticia

La conversión alimenticia de los corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio y/o cultivo de levadura viva, se presenta en el Cuadro 7. La adición del bicarbonato de sodio o el cultivo de levadura viva a la ración, no mejoraron la conversión alimenticia ($P > 0.05$) de los corderos durante el estudio. La conversión alimenticia promedio durante el experimento fue de 3.90, 3.66, 4.27 y 4.51 kg de alimento por kg de peso incrementado para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. La suplementación con bicarbonato de sodio afectó negativamente ($P < 0.05$) la conversión alimenticia de los corderos. Este efecto negativo se debió aparentemente a una interacción entre el bicarbonato de sodio y el cultivo de levadura que afectó numéricamente ($P > 0.10$) la ganancia diaria de peso de los corderos.

Petit *et al.* (1997) reportan que la eficiencia alimenticia fue mejor ($P < 0.05$) en corderos alimentados con raciones altas en concentrado en comparación con raciones altas en forraje. Lo mismo observó Fimbres (2000) con corderos que consumieron una ración sin heno. La conversión alimenticia fue mejor ($P < 0.01$) que en corderos que consumieron raciones con forraje. Conforme aumentó el nivel de heno de 0 a 30%, la cantidad diaria de alimento requerido por kg de peso incrementado aumentó de 4.9 a 10.3 kg.

Cuadro 7. Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia de corderos consumiendo raciones

con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LxB).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad			
	Levadura:		Con		Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Con	Sin	Con	Sin	Con					
Peso Final (kg)	22.5	23.8	23.8	24.8	22.4	22.4	1.15	0.644	0.703	0.125		
0-30 días												
Consumo de MS (g/d)	712	769	769	814	726	726	50	0.755	0.570	0.167		
Ganancia de Peso (g/d)	182	228	228	206	158	158	21	0.947	0.298	0.038		
Conversión alimenticia ²	3.91	3.37	3.37	3.95	4.60	4.60	0.49	0.808	0.194	0.117		
31-60 días												
Consumo MS (g/d)	757	874	874	891	860	860	70	0.840	0.710	0.510		
Incremento de Peso (g/d)	219	229	229	199	200	200	20	0.766	0.229	0.795		
Conversión alimenticia ²	3.46	3.82	3.82	4.78	4.30	4.30	0.38	0.976	0.256	0.956		
0-60 días												
Consumo de MS (g/d)	772	828	828	866	798	798	56	0.916	0.585	0.285		
Incremento de Peso (g/d)	198	226	226	203	177	177	15	0.934	0.178	0.091		
Conversión alimenticia ²	3.90	3.66	3.66	4.27	4.51	4.51	0.24	0.755	0.014	0.285		

¹EE, error estándar de la media.

²Consumo de MS (kg)/ganancia de peso (kg).

³L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

4.2. Prueba de Digestibilidad (Experimento 2)

4.2.1 Consumo y Digestibilidad de la Materia Seca

Consumo de Materia Seca. En el Cuadro 8, se presenta el consumo y la digestibilidad de corderos consumiendo raciones con bicarbonato de sodio, cultivo de levadura viva, o ambos. Los consumos de MS fueron 676, 618, 764 y 855 g/día para corderos consumiendo las raciones SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. El bicarbonato de sodio en la ración mejoró ($P < 0.05$) el consumo de MS de los corderos, lo que no sucedió en la prueba de crecimiento (Experimento 1). Adams et al. (1981) trabajaron con 20 corderos de aproximadamente 26 kg, utilizando cinco raciones altas en grano (control, levadura, 2.5% NaHCO_3 , 5% NaHCO_3 y monensin). Estos autores reportaron que el bicarbonato de sodio estimuló consumo de raciones altas en grano, al menos durante un período corto.

La inclusión del cultivo de levadura viva en la ración, además de bicarbonato de sodio, aparentemente no mejoró ($P > 0.05$) el consumo de MS. El consumo calculado en base al peso metabólico, también fue mayor ($P < 0.05$) en corderos consumiendo las raciones con bicarbonato de sodio. Los consumos fueron de 62.7, 56.3, 68.1 y 76.9 $\text{g/kg}^{0.75}$, respectivamente.

Diferentes resultados a los de esta investigación fueron encontrados por Bonilla et al. (1992). En raciones a base de rastrojo de maíz que contenían altos y bajos niveles de proteína cruda, el consumo de MS fue diferente ($P < 0.05$). Esto fue aparentemente debido a una interacción entre los niveles de proteína y el cultivo de levaduras. Los autores sugirieron que con un nivel bajo de proteína

Cuadro 8. Consumo y digestibilidad de la materia seca (MS) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad					
	Levadura:		Sin		Con		Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con						
MS consumida (g/d)	676.0	618.0	764.0	855.0	69.2	0.807	0.030	0.298						
Consumo de MS (g/Kg ^{0.75})	62.7	56.3	68.1	76.9	6.1	0.910	0.019	0.165						
MS excretada (g/d)	67.0	75.9	105.8	108.0	14.4	0.705	0.025	0.810						
MS digerida (g/d)	609.0	542.1	658.2	747.0	59.2	0.847	0.045	0.204						
Digestibilidad de la MS (%)	90.1	87.7	86.2	87.4	1.28	0.500	0.600	0.143						

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

cruda, el cultivo de levadura mejoró el consumo, mientras que con un alto nivel de proteína, la inclusión de levadura lo redujo. Dawson (1987) y Williams (1986) encontraron que los cultivos de levaduras pueden actuar, en parte, incrementando el consumo de alimento, al mejorarse las condiciones ruminales.

La suplementación de un medio de cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiac*) en raciones completas para vacas lecheras (Williams *et al.*, 1991), el consumo de alimento se incrementó, lo que pudo ser la razón del incremento de la grasa en la leche producida. La respuesta fue mayor en las vacas alimentadas con raciones conteniendo altos niveles de carbohidratos altamente fermentables. Los resultados reportados por estos autores con novillos, indican que la levadura altera los patrones de fermentación y el pH ruminal. El consumo de materia seca de las vacas se incrementó 1.2 kg/día cuando se agregó un cultivo de levadura a la ración.

Los animales rumiantes pueden regular el consumo de nutrientes y tóxicas, al menos bajo algunas condiciones (Phy y Provenza, 1998; Cooper *et al.*, 1998). Phy y Provenza (1998) indican que es concebible que los rumiantes prefieran alimentos que atenúen el malestar por sobre-ingestión de nutrientes o toxinas o por deficiencia de nutrientes y/o tienden a auto-limitar su consumo (Cooper *et al.*, 1998).

Cooper *et al.* (1996) probó la selectividad de raciones por corderos, con respecto a la forma física y la fuente de carbohidratos (cebada rolada, trigo, alfalfa peletizada y alimento peletizado para conejos) que pudieran causar acidosis, suplementándolas con y sin bicarbonato de sodio. Estos autores reportaron una preferencia por los alimentos con bicarbonato de sodio, porque este compuesto

actúa neutralizando el pH ruminal, lo que aminora la acidosis que puede ser causada por la ingestión de granos. El bicarbonato entra al rumen como parte de la dieta y por medio de la saliva, que es secretada durante la rumia (Erdman, 1988), evitando una disminución en el consumo de alimento, amortiguando o neutralizando los iones hidrógeno de ácidos orgánicos, producidos por una rápida fermentación de los alimentos (Ha *et al.*, 1983).

Digestibilidad de la Materia Seca. La excreción fecal de MS fue mayor ($P < 0.05$) en los tratamientos con bicarbonato de sodio, que parece deberse a un mayor consumo de MS en estos tratamientos (Cuadro 8). La MS excretada fue de 67.0, 75.9, 105.8 y 108.0 g/día para las raciones SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

La MS digerida por los corderos fue de 609.0, 542.1, 658.2 y 747.0 g/día con las raciones SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente (Cuadro 8). El bicarbonato de sodio aumentó ($P < 0.05$) la MS digerida por los corderos. Sin embargo, cuando se calcula la digestibilidad de la MS (como % de la MS consumida), ninguna diferencia ($P > 0.05$) se observó entre los tratamientos. Las digestibilidades de MS fueron de 90.1, 87.7, 86.2 y 87.4% en corderos que consumieron las raciones SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. No se detectó un efecto ($P > 0.05$) de la levadura sobre el consumo o la digestión de MS por los corderos.

Mir y Mir (1994) observaron que la digestibilidad de la MS no se modifica debido a la inclusión de levadura, excepto con raciones altas en grano (en este caso, cebada hojueleada), en la cual la suplementación con levadura incrementó ($P < 0.05$) la digestibilidad de la MS.

Adams et al. (1981) no observaron una diferencia en la digestibilidad de la MS entre diversos tratamientos (control, levadura, 2.5% NaHCO₃, 5% NaHCO₃ y monensin). Mir y Mir (1994) concuerdan con estos resultados, ya que tampoco observaron una diferencia en la digestibilidad de la MS al incluir levadura en la ración, excepto con raciones altas en grano ($P < 0.05$).

4.2.2. Efecto sobre el Consumo y la Digestibilidad de la FDN

El consumo de pared celular (FDN) no fue diferente entre tratamientos (Cuadro 9). Los consumos diarios de FDN fueron de 125.1, 117.4, 132.8 y 158.9 g para corderos consumiendo las raciones SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

Por otro lado, la excreción de MS fue mayor ($P < 0.05$) para los tratamientos con bicarbonato de sodio. La excreción fecal de FDN fue casi el doble con bicarbonato de sodio que sin este. Esto puede haberse debido a un efecto de dilución causado por el bicarbonato de sodio, reduciendo la estancia en el rumen de las partículas de alimento para su digestión. Un aumento en la tasa de dilución del fluido ruminal puede mejorar la eficiencia en la producción del rumiante, principalmente al haber una mejora en la eficiencia del crecimiento bacteriano y al flujo de α -glucosa y aminoácidos de origen alimenticio y microbiano, que llegan al intestino delgado para su absorción (Harrison et al., 1975). Sin embargo, la adición de levadura en la ración no cambió ($P > 0.05$) el consumo o la excreción fecal de MS.

Cuadro 9. Consumo y Digestibilidad de la fibra en detergente neutro (FDN) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (AB).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad			
	Levadura:		Con		Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con						
FDN consumida, g/d	125.1	117.4	132.8	158.9	16.2	0.582	0.145	0.315				
FDN excretada, g/d	22.4	27.0	42.7	43.3	6.89	0.714	0.016	0.768				
FDN digerida, g/d	102.7	90.4	90.1	115.6	13.4	0.632	0.651	0.177				
Digestibilidad de la FDN, %	82.1	77.0	67.8	72.8	4.22	0.794	0.016	0.267				

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

La FDN digerida (g/d) no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$). La FDN digerida fue de 102.7, 90.4, 90.1 y 115.6 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Sin embargo, la digestibilidad de la FDN (%) fue mayor ($P < 0.05$) para los tratamientos sin bicarbonato de sodio. La mayor digestibilidad pudo haberse debido a un menor consumo de MS y probablemente una menor tasa de paso del alimento por el tracto gastrointestinal. Las digestibilidades de FDN de las raciones fueron 82.1, 77.0, 67.8 y 72.8% para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. La adición del bicarbonato de sodio en la ración, redujo la digestibilidad de la FDN hasta en aproximadamente 14%.

Entre los factores que influyen en la digestión de la fibra se incluyen: (1) factores nutricionales tales como contenido de lignina, forma física, contenido de carbohidratos, minerales y nitrógeno; (2) características del medio ambiente del rumen como pH y población microbiana y (3) cinética ruminal. Mertens (1979) concluyó que los buffers (amortiguadores de acidez) como el bicarbonato de sodio pueden aumentar la digestión de la fibra cuando: (1) carbohidratos fermentables son incluidos en la ración; (2) se disminuye el tamaño de partícula del alimento; la capacidad buffer natural del alimento es baja; (4) hay un alto consumo de alimento; y (5) los patrones de alimentación son irregulares. Trenkle (1979) no encontró cambios en la digestibilidad de la MS al agregar un buffer a la ración. Sin embargo, la digestión de celulosa frecuentemente se incrementa (Emmanuel *et al.*, 1970; Mertens, 1979). En una revisión bibliográfica, Mertens (1979) concluyó que el pH óptimo para digestión de celulosa y/o fibra es de 6.7 a 7.1. Emmanuel *et al.*, (1970) encontró un incremento en la digestibilidad de la celulosa de 5.9% con la

adición de bicarbonato de sodio. El pH óptimo para la actividad de la celulasa es entre 6 y 7 (Emmanuel *et al.*, 1970; Mertens, 1979; Trenkle, 1979).

Al evaluar raciones suplementadas con levadura, Mir y Mir (1994) no encontraron un efecto del cultivo de levadura sobre la digestibilidad de la FDN con raciones a base de ensilaje de alfalfa (74%) y cebada rolada (24%), ensilaje de maíz (94%) y pasta de soya (4%), o heno de alfalfa (25%) y grano de cebada rolada (74%).

4.2.3. Efecto sobre el Consumo y la Digestibilidad de los Carbohidratos No-Estructurales (CNE).

El consumo y la digestibilidad de los CNE en corderos que consumieron las raciones con el cultivo de levadura viva, bicarbonato de sodio, o ambos, se presenta en el Cuadro 10. El consumo de CNE (g/d) fue mayor ($P < 0.05$) para los corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio. El consumo de CNE fue de 379.6, 354.9, 441.0 y 476.9 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. En parte, este mayor consumo de CNE se debe a un mayor consumo de MS de corderos que recibieron las raciones con bicarbonato de sodio. Por otro lado, la excreción fecal de CNE (g/d) también fue mayor ($P < 0.05$) en corderos que consumieron las raciones con el bicarbonato de sodio. La excreción fecal de CNE fue de 22.4, 27.0, 42.3 y 43.3 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

La cantidad de CNE que fue digerida, fue mayor ($P < 0.05$) en raciones que contenían bicarbonato de sodio (Cuadro 10). Los CNE digeridos por los corderos fueron 357.3, 327.9, 398.7, 433.6 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB

Cuadro 10. Consumo y digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales (CNE) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).

	Sin Bicarbonato		Con Bicarbonato		Probabilidad			
	Levadura:				EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Sin	Con				
CNE consumidos, g/d	379.6	354.9	441.0	476.9	36.7	0.876	0.023	0.574
CNE excretados, g/d	22.4	27.0	42.3	43.3	6.78	0.690	0.016	0.786
CNE digeridos, g/d	357.3	327.9	398.7	433.6	0.33	0.932	0.041	0.121
Digestibilidad de los CNE, %	94.6	92.5	90.4	90.9	1.32	0.551	0.040	0.655

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

respectivamente. Sin embargo, cuando la digestibilidad de los CNE se expresó como por ciento del consumo de materia seca, una menor digestibilidad ($P < 0.05$) fue obtenida para corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio. La digestibilidad de los CNE fue de 94.6, 92.5, 90.4 y 90.9% para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

Mir y Mir (1994) reportaron una reducción en la incidencia de acidosis ruminal con la suplementación de levadura en corderos que consumieron raciones altas en grano.

4.2.4. Efecto sobre la Retención de Nitrógeno

Las raciones altas en concentrado provocan una rápida fermentación a nivel ruminal, lo que disminuye el pH del rumen, provocando una acidez ruminal. La función del bicarbonato de sodio es incrementar el pH del rumen, al neutralizar la acidez que se genera por la fermentación de los carbohidratos. Esto ocasiona una mejor actividad de los microorganismos del rumen. El bicarbonato de sodio en la ración modifica el efecto de la glucosa libre en el rumen que es liberada del almidón, evitando que se modifique la sincronización de la fermentación de los almidones y proteínas en el rumen, lo que resulta en un incremento en la retención de nitrógeno de corderos en crecimiento (Matras *et al.*, 1991).

En el Cuadro 11, se presenta el balance de nitrógeno de los ovinos que consumieron las raciones con cultivo de levadura viva, bicarbonato de sodio o ambos. El N consumido (g/d) por los corderos no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos. Los consumos de N fueron 19.0, 16.4, 21.2 y 21.9 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

Cuadro 11. Balance de nitrógeno (BN) de ovinos consumiendo raciones a base de sorgo y pasta de soya, con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad			
	Levadura:				Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Con	Sin	Con	Con						
N consumido, g/d	19.0	16.4	21.2	21.9	1.89	0.639	0.055	0.622				
N excretado en heces, g/d	3.3	3.6	4.5	4.4	0.60	0.858	0.101	0.775				
N excretado en orina, g/d	6.8	5.7	4.8	4.7	0.81	0.525	0.085	0.580				
Balance de nitrógeno, g/d	8.9	7.1	11.9	12.8	1.79	0.812	0.026	0.558				
N retenido, %	46.8	43.3	56.1	58.4	6.26	0.965	0.021	0.652				
Digestibilidad aparente del N, %	82.6	78.0	78.8	79.9	1.78	0.228	0.650	0.102				
Digestibilidad verdadera del N, %	88.5	85.2	86.2	86.9	0.55	0.120	0.564	0.311				

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

Las excreciones de N en heces u orina tampoco fueron afectadas ($P > 0.05$) por la adición de bicarbonato de sodio o levadura viva en la ración. La excreción de N en heces fue de 3.3, 3.6, 4.5 y 4.4 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente, mientras que la excreción de N en orina (g/d) fue de 6.8, 5.7, 4.8 y 4.7 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

Con respecto al balance de N (g/d) y el N retenido (%), ambos fueron mayores ($P < 0.05$) en corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio. Mientras que el balance de nitrógeno fue de 8.9, 7.1, 11.9, 12.8 g/d para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente, el N retenido fue de 46.8, 43.3, 56.1 y 58.4% para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Sin embargo, la digestibilidad aparente del N (%) no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos. La digestibilidad aparente del N fue de 82.6, 78.0, 78.8 y 79.9% para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

Adams et al. (1981) usaron 20 corderos cara blanca de aproximadamente 26 kg para determinar la retención de N utilizando cinco raciones (testigo, levadura, 2.5% NaHCO_3 , 5% NaHCO_3 y monensin). El consumo de N fue variable y la digestibilidad de la PC no fue afectada por los tratamientos. Además, las medias del N fecal y urinario fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, la inclusión de monensina sódica, pero no el cultivo de levadura o el bicarbonato de sodio, aumento el N absorbido así como el N retenido. El N absorbido (balance de N) fue de 18.9, 16.2, 16.8, 18.8 y 19.1 g/d, mientras que el N retenido fue 7.1, 7.0, 5.7, 7.6 y 9.1 g/d, en corderos consumiendo las raciones testigo, con cultivo de levadura, 2.5 y 5.0 % de bicarbonato de sodio, y monensina sódica, respectivamente. En este estudio, los corderos que consumieron raciones

que contenían bicarbonato de sodio tuvieron un mayor balance de N (g) que los que no lo tenían (54%). Similarmente, el N retenido (%) fue 27% mayor en corderos que consumieron raciones con bicarbonato de sodio. En cuanto al uso de levaduras, un estudio realizado por LeGendre *et al.* (1957) reporta que estas tienen un ligero efecto en la excreción de N urinario en novillos. Los resultados de este estudio coinciden con el anterior.

4.2.5. Efecto sobre el pH y Producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV).

El pH Ruminal. Cambios en los procesos de fermentación ruminal ocurren principalmente debido a los cambios en el pH del rumen (Davis *et al.*, 1964). El pH del contenido ruminal ejerce una influencia importante sobre la producción total de ácidos grasos volátiles, ya que ésta baja al aumentar el pH (Van Soest, 1994).

El pH del contenido ruminal no cambió ($P < 0.05$) con la adición del cultivo de levadura viva o bicarbonato de sodio (Cuadro 12). El pH ruminal fue de 5.84, 6.21, 5.83 y 6.15 para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Estos valores se sitúan por encima del límite mínimo de 5.6 que se considera pueda representar una acidosis ruminal (Davis *et al.*, 1964; Cooper *et al.*, 1999). Las raciones contenían 50% del grano entero, lo que pudo haber estimulado la rumia y por lo tanto la producción de saliva, ayudando a amortiguar el pH ruminal.

Cuando los animales son abruptamente cambiados de una alimentación a base de forraje a concentrados, gran cantidad de ácido láctico puede acumularse en el rumen, y el ácido láctico es un ácido mucho más fuerte que los AGV (Lana *et al.*, 1998). Los animales que son gradualmente adaptados al concentrado usualmente no tienen cantidades significativas de ácido láctico, pero el bajo pH

Cuadro 12. pH ruminal y producción de ácidos grasos volátiles en el rumen de corderos alimentados con raciones conteniendo cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LxB).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad			
	Levadura:		Con		Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con				
pH ruminal	5.84	6.21	5.83	6.15	0.23	0.154	0.872	0.907				
AGV (milimoles)												
Ácido Acético	30.4	35.9	28.6	28.1	3.9	0.541	0.234	0.543				
Ácido propiónico	34.0	30.7	37.3	35.5	3.65	0.504	0.280	0.836				
Ácido butírico	2.4	1.4	3.5	1.5	0.6	0.032	0.611	0.516				
Totales	66.8	68.1	69.4	65.1	6.88	0.822	0.976	0.695				
AGV (porcentaje molar)												
Ácido Acético	45.5	52.8	41.2	43.1	2.52	0.071	0.014	0.234				
Ácido propiónico	50.8	45.1	53.8	54.5	2.31	0.273	0.015	0.149				
Ácido butírico	3.7	2.1	5.0	2.4	1.14	0.069	0.559	0.772				
Acetato:propionato	0.90	1.17	0.77	0.79	0.11	0.099	0.017	0.125				

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

ruminal puede deberse también a una acumulación de AGV en el rumen (Burrin y Britton, 1986).

Varios estudios recomiendan ofrecer igual cantidad de alimento dividido en pequeñas porciones y a diferentes tiempos del día (Mochrie *et al.*, 1956; Rakes *et al.*, 1957), pero no siempre se obtienen los resultados esperados. Observaciones realizadas por Cooper *et al.* (1998) en adaptación de novillos a raciones altas en concentrado (grano), encuentran que el pH fue relativamente bajo en el primer día de alimentación, lo cual quizás fue promovido por un rápido consumo de alimento. Este rápido consumo durante el primer día llevó al pH ruminal a un nivel indicativo de acidosis subaguda. El segundo día, la tasa de consumo de alimento no fue tan rápida como en el día anterior. Estas observaciones consideran que el patrón de consumo tiene efectos significativos en el pH ruminal y la acidosis. De igual manera, el animal aprende a ajustar su consumo durante la adaptación al grano y así evitar la acidosis.

Al aumentar el pH ruminal, la concentración total de los AGV disminuye. Animales que reciben raciones altas en grano, generalmente tienen un pH ruminal bajo y este puede incrementar la absorción de AGV (Lana *et al.*, 1998). Davis *et al.* (1964) menciona que un pH bajo con raciones altas en grano se debe a la disminución en la producción de saliva que amortigua la acidez en el rumen. Agregan además, que aún cuando la concentración de acetato se reduce con la alta cantidad de concentrado, su nivel de producción no cambia considerablemente. Esto es posible ya que al mismo tiempo que se incrementa la producción de propionato, aumenta considerablemente la tasa de absorción de todos los AGV's.

Algunos autores (Balch, 1959; Balch *et al.*, 1955; Emery y Brown, 1961; Davis *et al.*, 1964) han reportado la siguiente secuencia de eventos que se presentan durante una alimentación alta en grano (restricción de forraje), que lleva a una reducción en la producción de grasa en la leche: (1) la producción de saliva es muy reducida con una alimentación alta en granos y baja la capacidad buffer del rumen, y trae como resultado un pH bajo; (2) este bajo pH favorece la microflora la cual produce ácido propiónico; (3) los niveles de ácido propiónico más altos de lo normal causa inhibición en la síntesis de grasa en leche, este mecanismo de efecto inhibitorio no está muy claro; y (4) la adición de bicarbonato, si es en suficiente cantidad, compensa la reducida producción de saliva y crea una condición dentro del rumen similar a la encontrada cuando se utiliza una alimentación normal.

Una depresión en el contenido de grasa en la leche, puede ser corregida con la adición de bicarbonato de sodio en la ración. Por ejemplo, en experimentos realizados utilizando bicarbonato de sodio en la alimentación (raciones altas en grano-restricción de forraje) de vacas lecheras, Davis *et al.* (1964) encontraron cambios significativos en la proporción de AGV en el rumen. Entre los cambios más notados, fue un incremento en acetato y una disminución en propionato, lo que resultó en un incremento de la relación acetato:propionato, aunque estos cambios no fueron significativos. En general, el pH del rumen se incrementó con la adición de bicarbonato de sodio (Davis, 1979).

Bunn y Matrone (1968) alimentaron *ad libitum* raciones con y sin bicarbonato de sodio y/o potasio. Al agregar el bicarbonato en la ración, el pH se mantuvo alto y el % molar del ácido propiónico fue superior al del ácido acético. La misma

tendencia fue observada por Lee y Matrone (1971) al evaluar la producción *in vitro* de AGV. La inclusión del bicarbonato en la ración ayudó a prevenir la extrema reducción en el pH ruminal. Al incluir bicarbonato en la ración de los corderos, se produjo significativamente menos acetato y butirato y más propionato.

Los resultados obtenidos en esta investigación, parecen concordar con los reportados por Harrison *et al.* (1975) quienes consideran que el bicarbonato de sodio incrementa la tasa de dilución de líquido ruminal. Además, en algunos estudios, el bicarbonato de sodio incrementó la proporción molar del ácido acético y disminuyó la proporción molar del ácido propiónico en el rumen. Russell (1998) reportó un incremento en el porcentaje molar del ácido propiónico al comparar una ración con 100% heno con otra que contenía 90% de concentrado. Además, el pH disminuyó de 6.9 a 6.2. De igual manera, se observó un incremento en ácido butírico, mientras que el ácido acético no fue afectado. En experimentos utilizando raciones purificadas (Van Campen, 1976; Van Campen y Matrone, 1960) altas en carbohidratos altamente fermentables, la inclusión de bicarbonato de sodio resultó en una disminución de los niveles de acetato y lactato, y un incremento en los niveles de propionato del contenido ruminal de corderos. La concentración de butirato no fue constante.

Concentraciones de Acetato y Propionato. Bajo cualquier régimen alimenticio, los ácidos predominantes serán: Acético, propiónico y butírico (Church, 1991). La producción total e individual de AGV (mmoles) no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos, aunque el bicarbonato de sodio tendió a reducir la concentración de ácido acético y aumentar la producción de ácido propiónico en líquido ruminal (Cuadro 12). Las concentraciones de ácido acético fueron 30.4,

35.9, 28.6 y 28.1 milimoles para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Las concentraciones de ácido propiónico fueron 34.0, 30.7, 37.3 y 35.5 milimoles para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. En cuanto al ácido butírico, su producción fue afectada ($P < 0.05$) con la suplementación de levadura viva.

Durante la fermentación ruminal, la población de microorganismos, principalmente bacteria, fermentan los carbohidratos para producir energía, gases (metano y dióxido de carbono), calor y ácidos orgánicos (Wattiaux y Armentano, 1997). Los ácidos acético, propiónico y butírico son ácidos grasos volátiles (AGV) y conforman la mayoría (>95%) de los ácidos producidos en el rumen. También la fermentación de aminoácidos generados en el rumen produce ácidos, llamados iso-ácidos. La energía y los iso-ácidos producidos durante la fermentación son utilizados por las bacterias para crecer (es decir principalmente para sintetizar proteína). El CO_2 y CH_4 son eructados, y la energía todavía presente en el CH_4 se pierde. Si no es necesaria para mantener la temperatura del cuerpo, el calor producido durante la fermentación, se disipa.

Adams et al. (1981) reportaron que durante y después del consumo de alimentos, las concentraciones de AGV en el fluido ruminal y en la sangre, se incrementan. Estos cambios son más obvios en corderos y bovinos que tienen acceso restringido al alimento. En estos periodos de acceso restringido al alimento, ocurren pequeños incrementos en la concentración de AGV durante comidas espontáneas. Además, en varias partes del rumen hay gran diferencia en las concentraciones de AGV por varias horas después de la comida, principalmente debido al poco mezclado en el rumen. Adams et al. (1981)

consideran que el NaHCO_3 parece no alterar los productos de fermentación, la digestibilidad y el comportamiento de novillos en crecimiento.

Al alimentar novillos con diferentes raciones, altas y bajas en granos, Mir y Mir (1994) encontraron bajas concentraciones de acetato. La suplementación con levadura resultó en una disminución en la producción de ácido propiónico cuando los novillos fueron alimentados con ensilaje de maíz o una ración alta en grano. Los valores fueron diferentes ($P < 0.05$) para la ración con alto contenido de grano (35.4 vs. 30.2 mol/100 mol para testigo y levadura). Los novillos que consumieron la ración alta en grano de cebada hojueado, disminuyó la concentración del ácido acético e incrementó la concentración del ácido propiónico.

Porcentaje Molar de Acetato y Propionato. El porcentaje molar de AGV producidos en el rumen se presentan en el Cuadro 12. La suplementación de bicarbonato de sodio redujo ($P < 0.05$) el porcentaje molar de acetato y aumento ($P < 0.05$) el de propionato. Este efecto pudo deberse al aumento en el consumo de materia seca ($P < 0.05$) de los corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio. La relación acetato:propionato no fue afectada ($P < 0.05$) por la inclusión de levadura en la ración. El porcentaje molar de acetato fue de 45.5, 52.8, 41.2 y 43.1 para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. El porcentaje molar de propionato fue de 50.8, 45.1, 53.8 y 54.5 para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Los resultados de este estudio con corderos que consumieron raciones altas en grano, son contrarios a los que se presentan con vacas lechera que consumen mayores cantidades de forraje en la ración. Davis *et al.* (1964) observaron un incremento en acetato y una disminución en propionato en el contenido ruminal de vacas lecheras consumiendo una ración con

bicarbonato. Mir y Mir (1994) encontraron que con la suplementación de un cultivo de levadura, la producción de propionato disminuyó ($P < 0.05$) en novillos alimentados con ensilaje de maíz o una ración alta en grano (35.4 vs 30.2 mol/100mol para testigo y levadura). Hungate (1966) menciona que las fermentaciones altas en propionato son más eficientes energéticamente que las fermentaciones altas en acetato.

De acuerdo al trabajo realizado por Adams *et al.* (1981), el pH del rumen fue mas alto en los novillos recibiendo raciones con NaHCO_3 que aquellos consumiendo la ración testigo o la ración con levadura. Estos autores manifestaron además que el pH del rumen tiende a caer después del consumo de alimento fresco.

Relación Acetato a Propionato. El bicarbonato de sodio, sin embargo, redujo ($P < 0.05$) la relación acetato:propionato del contenido ruminal. Las relaciones acetato:propionato fueron 0.90, 1.17, 0.77, 0.79 para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente (Cuadro 12).

Russell (1998) reportó una diferente relación acetato:propionato al comparar una ración a base de heno y otra ración con 90% de concentrado. Estos autores encontrando una relación acetato:propionato de 4.1 y 2.2 para las raciones respectivas. La disminución en la relación acetato:propionato fue causado por un incremento en el propionato pero la ración no tuvo efecto en la concentración ruminal del acetato. Las vacas alimentadas con 90% de concentrado tuvieron una alta concentración de AGV, bajo pH y una menor relación acetato:propionato que las vacas que consumieron solamente forraje. Las

proporciones molares de los AGV del contenido ruminal varían considerablemente, dependiendo del alimento que consuma el animal (Donefer *et al.*, 1963).

Adams *et al.* (1981) consideran que el cambio en el patrón de la fermentación con el bicarbonato de sodio parece no alterar los productos de la fermentación, la digestibilidad o el comportamiento de novillos en crecimiento. Adams *et al.* (1981) reportó que los efectos de amortiguación del pH ruminal con bicarbonato de sodio pueden estimular el consumo de raciones altas en grano, cuando menos por períodos cortos de tiempo.

Concentración y Relación Molar de Butirato. Las concentraciones de ácido butírico fueron 2.4, 1.4, 3.5 y 1.5 milimoles para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente (Cuadro 12), siendo diferentes entre sí ($P < 0.05$). Además, aunque no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el porcentaje molar de butirato entre tratamientos, aquellos que contenían levadura viva tendieron a tener una menor porcentaje molar de butirato. El porcentaje molar de butirato fue 3.7, 2.1, 5.0 y 2.4 para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. La base de la formación de β -hidróxibutirato y acetoacetato es el ácido butírico, componente principal del contenido de grasa de la leche.

4.3. Características de la Canal (Experimento 3)

4.3.1. Peso y Rendimiento de la Canal

En el Cuadro 13 se presentan los pesos y el rendimiento de la canal de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura, bicarbonato de sodio y ambos. Los pesos al sacrificio, y pesos y rendimientos de la canal caliente y fría

Cuadro 13. Peso y rendimiento de la canal de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).

	Sin Bicarbonato		Con Bicarbonato		Probabilidad		
	Levadura:	Sin	Con	Sin	Con	EE ¹	L x B
Peso al sacrificio (kg)		23.8	24.4	25.1	24.8	1.27	0.920 0.531 0.713
Peso de la canal caliente (kg)		12.9	12.1	13.4	12.9	0.61	0.620 0.236 0.933
Peso de la canal fría (kg)		12.7	11.6	13.3	12.9	0.69	0.250 0.255 0.508
Rendimiento de la canal caliente (%)		53.7	50.0	53.6	52.0	2.26	0.260 0.683 0.641
Rendimiento de la canal fría (%)		54.7	48.0	53.0	52.2	2.36	0.130 0.598 0.238

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos. Los pesos al sacrificio fueron de 23.8, 24.4, 25.1 y 24.8 kg para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Los pesos de la canal caliente fueron de 12.9, 12.1, 13.4 y 12.9 kg para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Consecuentemente, el rendimiento en canal (peso de la canal caliente como por ciento del peso al sacrificio) fue de 53.7, 50.0, 53.6 y 52.0 % para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

Para los tratamientos SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, los pesos de la canal fría fueron 12.7, 11.6, 13.3 y 12.9 kg, mientras que los rendimientos de la canal fría fueron 54.7, 48.0, 53.0 y 52.0%, respectivamente.

Los corderos del estudio de Fimbres (2000) fueron más pesados que los de este estudio. Este investigador reportó que el peso de las canales (kg), en caliente y en frío, se redujeron ($P < 0.05$) con un aumento en el contenido de heno en la ración de los corderos. Los pesos de la canal caliente fueron de 21.5, 19.6, 19.2, y 18.5 kg para corderos que consumieron 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente. Los pesos de la canal fría fueron de 21.1, 19.3, 18.9, y 18.1 kg para corderos que consumieron raciones con 0, 10, 20 y 30% de heno, respectivamente.

4.3.2. Tracto Gastrointestinal Lleno o Vacío, y Peso Libre de Digesta (PLD).

La adición del cultivo de levadura, bicarbonato de sodio o ambos, no afectó ($P > 0.05$) los pesos (kg) del tracto gastrointestinal lleno o vacío, o el peso libre de digesta (Cuadro 14). Los pesos del tracto gastrointestinal lleno fueron 4.870, 4.350, 4.620 y 4.860 kg para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente. Para los mismos tratamientos, el peso del tracto gastrointestinal vacío fue 3.365,

Cuadro 14. Peso (kg) del tracto gastrointestinal lleno, tracto gastrointestinal vacío, peso del tracto libre de digesta (PLD) y consumo de materia seca (g/kg de PLD) de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad			
	Levadura:				Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con						
Tracto gastrointestinal lleno, kg	4.870	4.350	4.620	4.860	0.28	0.620	0.648	0.184				
Tracto gastrointestinal vacío, kg	3.365	3.029	3.178	3.300	0.25	0.680	0.859	0.625				
Peso libre de digesta (PLD) (Kg)	22.3	23.1	23.7	23.2	1.24	0.890	0.572	0.636				
Consumo de MS (g/kg PLD)	29.9	26.7	33.0	37.2	2.96	0.870	0.034	0.228				

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

3.029, 3.178 y 3.300 kg, mientras que el peso libre de digesta de los corderos fue 22.3, 23.1, 23.7 y 23.2 kg, para los tratamientos SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

El consumo de MS calculado en gramos por kilogramo del peso libre de digesta (PLD) fue mayor ($P < 0.05$) en corderos que recibieron las raciones con bicarbonato de sodio. Los consumos fueron 29.9, 26.7, 33.0 y 37.2 kg para SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, respectivamente.

4.3.3. Efecto sobre el Tamaño de los Órganos

Las mediciones externas en centímetros (altura, longitud de tuberosidades y circunferencia torácica) de los corderos al finalizar el trabajo de investigación, no fueron afectados ($P > 0.05$) por la adición del bicarbonato de sodio o la levadura viva a la ración (Cuadro 15). Para los tratamientos SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, las siguientes medidas (cm) fueron obtenidas, respectivamente: Altura a la cruz, 59.4, 60.8, 63.0 y 60.2; circunferencia torácica, 67.3, 65.6, 67.6 y 64.4; y longitud de tuberosidades, 58.4, 60.4, 62.2 y 59.4.

Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los pesos de los órganos. Para los tratamientos SL/SB, CL/SB, SL/CB y CL/CB, las siguientes pesos (g) fueron obtenidas: Piel, 3050, 3060, 3450 y 3150; hígado, 549, 577, 592 y 597; pulmones, 450, 417, 463 y 433; sangre, 1210, 1313, 1360 y 1188; y Corazón, 215, 164, 188 y 181.

De acuerdo a Fluharty y McClure (1997), el crecimiento y el peso de los órganos viscerales fácilmente se alteran con el crecimiento de los animales. Además, hay suficiente evidencia de la gran proporción de energía para

Cuadro 15. Desarrollo corporal y tamaño de los órganos de corderos consumiendo raciones con cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (Lx B).

	Sin Bicarbonato				Con Bicarbonato				Probabilidad			
	Levadura:				Sin		Con		EE ¹	L	B	L x B
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con						
Altura a la cruz (cm)	59.4	60.8	63.0	60.2	1.49	0.650	0.332	0.177				
Circunferencia torácica (cm)	67.3	65.6	67.6	64.4	1.71	0.170	0.788	0.674				
Longitud de tuberosidades (cm)	58.4	60.4	62.2	59.4	1.57	0.800	0.611	0.142				
Peso de órganos												
Piel	3050	3060	3450	3150	0.20	0.510	0.241	0.541				
Hígado	549	577	592	597	0.05	0.720	0.503	0.798				
Pulmones	450	417	463	433	0.04	0.520	0.751	0.980				
Sangre	1210	1313	1360	1188	0.07	0.660	0.856	0.077				
Corazón	215	164	188	181	13.7	0.030	0.574	0.182				

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

mantenimiento que los animales destinan a los órganos viscerales, especialmente hígado y tracto gastrointestinal, la cual está asociada con las altas tasas de síntesis de proteínas en los tejidos (Ferrel y Jenkins, 1985). Estos autores reportaron que una gran proporción de la síntesis total de proteína ocurre en el tracto gastrointestinal (19 a 23%) y órganos como hígado, riñón y páncreas (16 a 17%), en comparación con el músculo estriado (24 a 28%). La actividad metabólica de los órganos viscerales está en función de la actividad y el tamaño del órgano. El requerimiento de energía para mantenimiento cambia con relación al peso de los órganos y es afectado por el nivel de nutrición (Ferrel *et al.*, 1986).

4.3.4. Efecto sobre las Características de la Canal

Después del sacrificio de los corderos y la refrigeración de las canales, estas se clasificaron. Los resultados se presentan en el Cuadro 16. El marmoleo no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, hubo una tendencia para que corderos que consumieron la ración base (sin bicarbonato de sodio o levadura), fueran asignados una clasificación menor (2.6) que los otros tratamientos que contenían el amortiguador, la levadura, o ambos (3.6-3.8).

Mir y Mir (1994) reportan que novillos alimentándolos con tres diferentes raciones, con ensilaje de alfalfa, o ensilaje de maíz y grano de cebada rolada, en las que se adicionó levadura, no se alteró las características de la canal. El comportamiento de los novillos (peso de la canal, área de lomo, rendimiento de la canal), aunque no significativo, fue mejor en los novillos alimentados con levadura.

Por otro lado, el bicarbonato de sodio afectó ($P < 0.05$) el grado de finalización de la canal. El grado de finalización para SL/SB, CL/SB, SL/CB y

Cuadro 16. Características de la canal de corderos consumiendo raciones con

cultivo de levadura (L), bicarbonato de sodio (B), o ambos (LB).

	Sin Bicarbonato		Con Bicarbonato		Probabilidad				
	Levadura:	Sin	Con	Sin	Con	EE ¹	L	B	L x B
Marmoleo ^a		2.6	3.6	3.8	3.8	0.42	0.250	0.110	0.248
Grado de finalización ^b		2.2	2.8	3.0	3.2	0.28	0.170	0.048	0.504
Cobertura de grasa (1/10 de pulgada)		0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.260	0.811	0.255
Ojo del lomo (pulgada ²)		1.26	1.12	0.94	1.0	0.18	0.150	0.177	0.517
Grasa de RPC (%)		1.4	0.9	1.4	1.9	0.36	0.780	0.111	0.281
Cortes esperados ^c (%)		51.4	52.0	51.8	51.8	0.37	0.600	0.939	0.657

¹EE, error estándar de la media.

²L x B, interacción cultivo de levadura viva con bicarbonato de sodio.

³Modesto, 1; Pequeño, 2; Ligero, 3; Trazas, 4 y Parcialmente nulo, 5.

⁴Suprema, 1; Selecta, 2; Buena, 3 y Utilitario, 4.

⁵Cortes esperados al detalle; piña, costilla, lomo y pescuezo.

CL/CB fue 2.2, 2.8, 3.0 y 3.2, respectivamente. Ni el bicarbonato de sodio o la levadura afectaron ($P > 0.05$) los resultados de cobertura de grasa, área del ojo del lomo, grasa de RPC o la relación de los cortes. Respectivamente, para SB/SL, SB/CL, CB/SL y CB/CL, las siguientes evaluaciones fueron obtenidos: cobertura de grasa, 0.01, 0.00, 0.02, 0.02; área del ojo del lomo, 1.26, 1.12, 0.94 y 1.0; grasa de RPC, 1.4, 0.9, 1.4 y 1.9; y cortes esperados, 51.4, 52.0, 51.8 y 51.8. Los resultados de este estudio coinciden con los reportados por Mir y Mir (1994), quienes reportaron que la suplementación con cultivo de levadura no alteró las características de la canal. Sin embargo, estos autores utilizaron un cultivo de levadura en cantidades más altas (1.6%) en comparación con las cantidades de cultivo de levadura viva utilizadas en el presente estudio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio, un aditivo no-nutritivo, levadura viva, y otro nutritivo, bicarbonato de sodio, fueron incluido en raciones para finalizar corderos de engorda en corral, con el propósito de mejorar las variables asociadas con la *acidosis ruminal provocada por el consumo excesivo de grano*, y en consecuencia mejorar el desempeño de corderos confinados en corral. Aunque en el estudio de crecimiento no se observó una mejora en el consumo de MS con el bicarbonato de sodio, en el estudio de digestibilidad, el amortiguador si aumentó el consumo de MS significativamente, *posiblemente debido a que el estudio de digestibilidad fue durante un período corto*. La ganancia de peso no fue afectada por la levadura o el bicarbonato de sodio, mientras que la eficiencia alimenticia fue menos favorable con la adición del bicarbonato de sodio. Mientras la digestibilidad de la MS no fue *afectada por la levadura viva o el bicarbonato de sodio*, la digestibilidad de la fibra (FDN) disminuyó con la inclusión de bicarbonato de sodio. El consumo y digestión de carbohidratos no-estructurales (g/d) aumentó con el bicarbonato de sodio en la ración de los corderos. Por otro lado, el consumo y la retención de N aumentaron con la adición de bicarbonato de sodio. El efecto amortiguador (buffer) del bicarbonato de sodio no se reflejó en un cambio del pH ruminal, no siendo diferente entre tratamientos. Sin embargo, un efecto contrastante al que se observa con raciones altas en forraje, como con vacas lecheras, se observó con el *acetato ruminal* disminuyó con la inclusión de bicarbonato de sodio, mientras que

el propionato aumentó. De las variables de la canal evaluadas, ninguna fue afectada por el bicarbonato de sodio o la levadura viva, excepto el grado de finalización que fue mejorado con la inclusión de bicarbonato de sodio en la ración. En conclusión, en base a los resultados de este estudio, el bicarbonato de sodio no tuvo un efecto en el pH ruminal, posiblemente porque solamente la mitad del grano se molió y el resto se dejó entero. El grano entero es rumiado y masticado, lo que pudiera aumentar la secreción de saliva que contiene bicarbonato, amortiguando la acidez del rumen. Consecuentemente, el dejar grano entero con el propósito de que aumente la masticación simulando el efecto de la fibra, pudiera ser más práctico y económico que usar bicarbonato de sodio que es inorgánico (no contiene energía) y ocupa un espacio en la ración, reduciendo la densidad energética de esta.

LITERATURA CITADA

- Adams, D. C., M. L. Galyean, H. E. Kiesling, J. D. Wallace and M. D. Finkner. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance on growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53:780.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Balch, C. C. 1959. Observations on the act of eating in cattle. *Brit. J. Nutrition.* 12 :330.
- Balch, C. C., D. Balch, S. Barlett, M. P. Bartrum, V. W. Johnson, S. J. Rowland and J. Turner. 1955. Studies of the secretion of milk of low fat content by cows on diets low in hay and high in concentrates. *J. Dairy Research* 22:270.
- Beermann, D. H., T. F. Robinson and D. E. Hogue. 1995. Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. *J. Anim. Sci.* 73:2493.
- Bergman, E. N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiology Rev.* 70:567.
- Blaxter, K. I. and J. L. Clapperton. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.* 19:511.
- Bonilla, C. J. A., L. G. Llamas, A. Gutierrez y R. Campos. 1992. Efecto del uso de un cultivo de levaduras y del nivel de proteína en el suplemento, sobre el aprovechamiento de dietas a base de rastrojo de maíz. *Memorias 5º Congreso Nacional de Producción Ovina. Asociación Mexicana de Técnicos*

Especialistas en Ovinicultura, A. C. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. UANL, Monterrey, NL.

Boukila, B., J. R. Seoane and J. F. Bernier. 1995. Effects of dietary hydroxides on intake, digestion, rumen fermentation and acid base balance in sheep fed a high-barley diet. *Can. J. Anim. Sci.* 75:359.

Brent, B. E. 1976. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. *J. Anim. Sci.* 43:930.

Britton, R. A., and R. A. Stock. 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake. *Okla. Agric. Exp. Stn. MP-121*. p. 125.

Bunn, C. R. and G. Matrone. 1968. Dietary factors affecting utilization of urea nitrogen by sheep in purified diets. *J. Nutr.* 95:122.

Burrin, D. G. and R. A. Britton. 1986. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. *J. Anim. Sci.* 63:888.

Cooper, S. D. B., I. Kyriazakis and J. D. Oldham. 1996. The effects of physical form of feed, carbohydrate source, and inclusion of sodium bicarbonate on the diet selections of sheep. *J. Anim. Sci.* 74:1240.

Cooper, R., T. Klopfenstein, R. Stock and C. Parrott. 1998. Observations on acidosis through continual feed intake and ruminal pH monitoring. *Nebraska Beef Report*. p. 75.

Cooper, R., T. J. Klopfenstein, R. Stock, C. T. Milton, D. W. Herold and J. C. Parrott. 1999. Effects of imposed feed intake variation on acidosis and performance of finishing steers. *J. Anim. Sci.* 77:1093.

Church, D. C. 1991. *Livestock Feeds and Feeding*. Third Edition. Prentice Hall, Inc. U.S.A.

- Davis, C. L., R. E. Brown and D. C. Beitz. 1964. Effect of feeding high-grain restricted-roughage rations with and without bicarbonates on the fat content of milk produced and proportions of volatile fatty acids in the rumen. *J. Dairy Sci.* 47:1217.
- Davis, C. L. 1979. *The use of buffers in rations of lactating dairy cow*. Invited paper at regulation of Acid-Base Balance Symposium. Tucson, Arizona.
- Dawson, K. 1987. Mode of action of yeast culture in calf rations: Natural fermentation modifiers. Alltech's Third Annual Symposium "Biotechnology in the Feed Industry". Lexington, Kentucky.
- Donefer, E., L. E. Lloyd, and E. W. Crampton. 1963. Effect of varying alfalfa:barley ratios on energy intake and volatile fatty acid production by sheep. *J. Anim. Sci.* 22:425.
- Elam, C. J. 1976. Acidosis in feedlot cattle: Practical observations. *J. Anim. Sci.* 43:898.
- Emery, R. S. and L. D. Brown. 1961. Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH, and volatile fatty acid production. *J. Dairy Sci.* 44:1899.
- Emmanuel, B., M. J. Lawlor, and D. Mcleese. 1970. The effect of phosphate and carbonate-bicarbonate supplements on the rumen buffering systems of sheep. *Brit. J. Nutr.* 24:653.
- Ensminger, M. E. 1975. *Producción Porcina*. Segunda Edición. Biblioteca de Producción Animal. Ed. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina. p. 229.
- Erdman, R. A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow. A review. *J. Dairy Sci.* 71:3246.

- Feed Additive Compendium. 2002. Published by: The Miller Publishing Co. Minnetonka, Minn., and The Animal Health Institute, Alexandria, Virginia.
- Fell, B. F. and T.E.C. Weekes. 1975. Food intake as a mediator of adaptation in the rumen epithelium. In: W. McDonald and A.C.I. Warner (Ed.) Digestion and metabolism in the ruminant. Univ. of New England, Armidale, New South Wales, Australia.
- Ferrel, C. L. and T. J. Jenkins. 1985. Cow type and the nutritional environment: Nutritional aspects. *J. Anim. Sci.* 61:725.
- Ferrel, C. L., L. J. Koong and J. A. Nienaber. 1986. Effects of previous nutrition on body composition and maintenance energy cost of growing lambs. *B. J. Nutr.* 56:595
- Fimbres, D. H. 2000. Efecto del nivel de fibra en la ración de corderos de engorda, sobre el desempeño, digestión y parámetros ruminales. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, Nuevo León.
- Fimbres, H., G. Hernández-Vidal, F. J. Picón, J. R. Kawa y C. D. Lu. 2002a. productive performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. *Small Ruminant Research* 43 (3):275.
- Fimbres, H., J. R. Kawa, G. Hernández-vidal, F. J. Picón y C. D. Lu. 2002b. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of lambs fed finishing ration with various forage levels. *Small Ruminant Research* 43 (3):275.

- Fluharty, F. L. And K. E. McClure. 1997. Effects of dietary energy intake and protein concentration on performance and visceral organ mass in lambs. *J. Anim. Sci.* 75:604.
- García, D. A., G. Mendoza, G. R. Barcenas, M. E. Ortega y S. González. 1993. Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y de la suplementación melaza-urea en el valor nutritivo basadas en paja de cártamo. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Guadalajara, Jalisco.
- Garza-Cázares, J. F. 2001. Einfluss verchiedener probiotikum (*Bacillus cerius* und *Saccharomyces cerevisiae*) über pansen parameter und berdaulichkeit in shaffeund leistung parameter vonbullen mast. Dissertation tesis. Georg-August Universität in Göttingen.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook N° 379. ARS, USDA, Washington, D. C.
- Goetsch, A. L. and M. L. Galyean. 1983. Influence of feeding frequency on passage of fluid and particulate markers in steers fed a concentrate diet. *Can. J. Anim. Sci.* 63:727.
- Ha, J. K., R. J. Emerick, and L. B. Embry. 1983. In vitro effect of pH variations on rumen fermentation, and in vivo effects of buffers in lambs before and after adaptation to high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 56:698.
- Harris, L. E. 1970. Nutrition Research Techniques for domestic and Wild Animals. Vol. I. An International Record System and Procedures for Analyzing Samples. E. Harris, Editor. Logan, Utah, U.S.A.

- Harrison, D. G., D. E. Beever, D. J. Thompson and D. F. Osbourn. 1975. Manipulation of rumen fermentation in sheep by increasing the rate of flow of water from the rumen. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 85:93.
- Huber, T. L. 1976. Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 43:902.
- Hungate, R. E., R. W. Dougberty, M. P. Bryant and R. M. Cello. 1952. Microbiological and physiological changes associated with acute indigestion in sheep. *Cornell Vet.* 42:423.
- Hungate, R. E. 1966. *The Rumen and Its Microbes*. Academic Press, New York.
- Hungate, R. E. 1982. *La Celulosa en la Nutrición Animal*. Department of Bacteriology, University of California, Davis. Traducido por: CECSA. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, A. C. 2a. Impresión. México.
- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852.
- Huntington, G. B. and R. A. Britton. 1979. Effect of dietary lactic acid on rumen lactate metabolism and blood acid-base status of lambs switched from low to high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 49:1569.
- Joyner, A. E., E. M. Kesler and J. B. Holter. 1963. Absorption from the omasum and subsequent metabolism of butyrate and acetate. *J. Dairy Sci.* 46:1108.
- Kezar, W. W. and D. C. Church. 1979. Effect of thiopeptin and sodium bicarbonate on the prevention of lactic acidosis induced in sheep. *J. Anim. Sci.* 49:1396.
- Lana, R. P., J. B. Russell, and M. E. Van Amburgh. 1998. The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia production. *J. Anim. Sci.* 76:2190.

- Lee, D. Jr. and G. Matrone. 1971. Influences of monovalent cations on growth and lactic acid metabolism of sheep fed purified diets. *J. Nutr.* 101:967.
- LeGendre, J. R., R. Totusek and W. D. Gallup. 1957. Effect of live-cell yeast on nitrogen retention and digestibility of rations by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 16:671.
- Matras, J., S. J. Bartle, and R. L. Preston. 1991. Nitrogen utilization in growing lambs: Effects of grain (starch) and protein sources with various rates of ruminal degradation. *J. Anim. Sci.* 69:339.
- McBurney, M. L., P. J. Van Soest and L. E. Chase. 1981. Cation exchange capacity of various feedstuffs in ruminant rations. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* p.16.
- McCullum, F. T., M. L. Galyean, L. J. Krysl and J. D. Wallace. 1985. Cattle grazing blue grama rangeland I. Seasonal diets and rumen fermentation. *J. Range Manage.* 38:539.
- Meat Evaluation Handbook. 1992. United States Standards for Grades of Lamb, yearling mutton, and mutton carcasses. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service. Livestock and Seed Division.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463.
- Mertens, D. R. 1979. Effects of buffer upon fiber digestion. Invited paper at regulation of Acid-Base Balance Symposium. Tucson, Arizona.
- Miller, T. P., W. B. Tucker, M. Lema, I. S. Shin, J. F. Hogue and G. D. Adams. 1993. Influence of dietary buffer value index on the ruminal milieu of lactating dairy cow feed sorghum silage and grain. *J. Dairy Sci.* 76:3571.

- Mir, Z. and P. S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and *In Situ* degradability. *J. Anim. Sci.* 72:537.
- Mochrie, R. D., W. E. Thomas and H. L. Lucas. 1956. Influence of frequency of feeding equalized intakes on animal response. *J. Anim. Sci.* 15:1256 (Abstract).
- Newbold, C. J., R. J. Wallace, X. B. Chen and F. M. McIntosh. 1995. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers *In Vitro* in sheep. *J. Anim. Sci.* 73:1811.
- Nisbet, D. J. and S. A. Martin. 1991. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *J. Anim. Sci.* 69:4628.
- NRC. 1985a. Nutrient Requirement of Sheep. National Research Council. National Academy Press. Sixth revised Edition. Washington, D. C., USA.
- NRC. 1985b. Ruminant Nitrogen Usage. National Academy Press. Second Printing, Washington, D. C., USA.
- NRC, 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press. Sixth Revised Edition. Washington, D. C. USA.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press. Seventh Revised Edition. Washington, D. C., USA.
- Orskov, E. R., W. P. Flatt and P. W. Moe. 1968. Fermentation balance approach to estimate extent of fermentation and efficiency of volatile fatty acid formation in ruminants. *J. Dairy Sci.* 51:1429.

- Oviedo, G. M. 2002. Influencia de la relación sorgo entero:molido en raciones para ovinos de engorda, sobre consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Tesis Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, NL., México.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 76:275.
- Pérez-Reyes, M. 2000. Relación sorgo entero:molido en raciones para ovinos en corral, sobre las actividades de masticación, pH, y concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, NL., México.
- Petit, H. V., G. F. Tremblay and P. Savoie. 1997. Performance of growing lambs fed two levels of concentrate with conventional or macerated timothy hay. *J. Anim. Sci.* 75:598.
- Phy, T. S. and F. D. Provenza. 1998. Sheep fed grain prefer foods and solutions that attenuate acidosis. *J. Anim. Sci.* 76:954.
- Rakes, A. H., W. A. Hardison, J. Albert, W. E. C. Moore and G. C. Graf. 1957. Response of growing dairy heifers to frequency of feeding. *J. Dairy Sci.* 40:1621.
- Russell, J. B. 1998. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 81:3222.
- Shimada, A. S. 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Ed. A. Shimada. 1a. Ed. Distribuido por Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. México.

- Slyter, L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43:910-929.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.)* McGraw-Hill Publishing Co., New York.
- Taylor, T. A., and H. A. Ramsey. 1965. Metabolism of butyrate and propionate by the rumen epithelium. *J. Dairy Sci.* 48:505.
- Trenkle, A. H. 1979. Sodium bicarbonate in beef nutrition. National Feed Ingredients Association, West Des Moines, Iowa.
- Van Campen, D. 1976. Effects of buffers on ruminal acidosis. In: *Buffers in Ruminant Physiology and Metabolism*. Editors: M. S. Weinberg and A. L. Sheffner. published by: Church & Dwight Company, Inc. USA. p. 82.
- Van Campen, D. R. and G. Matrone. 1960. Investigation of precursors of ruminal fatty acids of sheep fed purified diets. *J. Nutr.* 72:277.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock, Cornell University Press. 2nd Edition. p. 373.
- Wallace, R. J. And C. J. Newbold. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: The development of yeast culture as feed additives. In: T. P. Lyons (Ed.) *Biotechnology in the Feed Industry*. P. 173. Alltech Technical Publications, Nicholasville, KY.
- Welch, J. G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.* 54:885.
- Wiedmeier, R. D., M. J. Arambel and J. L. Walters. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 70:2063.

- Williams, P. E. V. 1986. The biochemical mode of action of yeast culture. Alltech Technical Publication, Lexington, Kentucky.
- Williams, P. E. V. and C. J. Newbold. 1990. Rumen probiosis: The effects of novel microorganisms on rumen fermentation and ruminant productivity. In: W. Haresign and D. J. A. Cole (Ed)Recent Advances in Animal Nutrition 1990. p 211. Butterworths, London.
- Williams, P. E. V., C. A. G. Tait, G. M. Innes and C. J. Newbold. 1991. Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) plus grow medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen steers. J. Anim. Sci. 69:3016.
- Xiong, Y., S. J. Bartle and R. I. Preston.1991. Density of steam flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers. J. Anim. Sci. 69:1707.
- Xu, S., J. H. Harrison, R. E. Riley, and K. A. Loney. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed rations on rumen pH, feed intake, milk production, and milk composition. J. Dairy Sci. 77:782.
- Zinn, R. A., and J. L. Borques. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. J. Anim. Sci. 71:18.



DONATIVO

