

**EVALUACIÓN DE DIETAS CONTENIENDO
GRANO DE SORGO ENTERO COMO UN
MEDIO DE PREVENCIÓN DE ACIDOSIS EN
OVINOS.**

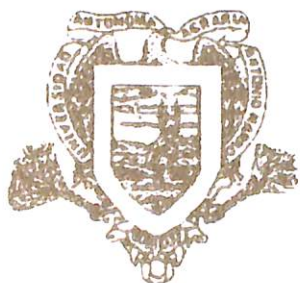
SHEILA DINORAH CHAVEZ HERNANDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial
para obtenerle grado de
Maestro en Ciencias en
Nutricion Animal

Universidad Autonoma Agraria

Antonio Narro
PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coah.
Junio de 2003



13761

**BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

EVALUACIÓN DE DIETAS CONTENIENDO GRANO ENTERO DE SORGO
COMO UN METODO DE PREVENCIÓN DE ACIDOSIS EN OVINOS

TESIS

POR

SHEILA DINORAH CHAVEZ HERNÁNDEZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICIÓN ANIMAL

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal


M.C. Ramón García Castillo

Asesor


M.C. Regino Morones Reza

Asesor


M.C. Eduardo García Martínez


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2003

13761

COMPENDIO

Evaluación de dietas conteniendo grano de sorgo entero como un medio de prevención de acidosis en ovinos

Por

SHEILA DINORAH CHÁVEZ HERNÁNDEZ

MAESTRÍA

NUTRICIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

MC. RAMÓN GARCÍA CASTILLO - Asesor -

Palabras clave: sorgo entero, sorgo molido, acidosis, ovinos, pH ruminal

'' Con la finalidad de evaluar dietas concentradas conteniendo sorgo molido y sorgo entero como método de prevención de acidosis en ovinos'' se utilizaron 3 dietas conteniendo una 70 por ciento de sorgo molido, dieta 2 35 por ciento sorgo molido, 35 por ciento sorgo entero, dieta 3 70 por ciento sorgo entero llevándose acabo dos experimentos. En el experimento 1 se utilizaron 17 ovinos para llevar acabo una prueba crecimiento. Midiéndose parámetros productivos (GDP, consumo MS, Eficiencia alimenticia), durante 60 días, además se midió el pH ruminal antes y después de comer (0,2,4 y 8 horas) durante 3 días (1. 30 y 60). No se encontró diferencia significativa entre los

tratamiento en la GDP, consumo y eficiencia alimenticia durante los 60 días. En el pH ruminal no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. En el experimento dos se realizó una prueba de digestibilidad in vivo de la MS, PC, FDA, FDN, CNE y ED. No se encontró diferencia significativa en la digestibilidad in vivo de la MS, PC y ED. Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la digestibilidad de la FDA (17.75, 28.61 y 34.17 por ciento, respectivamente), en la digestibilidad de la FDN 28.58, 34.91 y 48.39 por ciento, respectivamente para cada una de las dietas, y en la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales se encontró un porcentaje de 76.44, 95.14 y 87.57 respectivamente. Encontrándose un efecto lineal en la digestibilidad de la FDA y FDN, mientras que en digestibilidad de los CNE se encontró un efecto cuadrático. Estos resultados sugieren que es factible el uso de grano entero de sorgo en dietas altamente concentradas para ovinos ya que se mejora la digestibilidad de algunos nutrimentos.

ABSTRACT

EVALUATION OF DIETS SORGHUM GRAIN CONTAIN A PREVENTION OF ACIDOSIS IN SHEEP

BY

SHEILA DINORAH CHAVEZ HERNANDEZ

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL NUTRITION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNE 2003

M.C. RAMON GARCIA CASTILLO -Adviser-

Key words: sorghum grain, acidosis, sheep, rumen pH

Three diets were use containing, diet 1 70 percent sorghum ground, diet 2 35 percent sorghum ground, 35 percent sorghum grain, diet 3 70 percent sorghum grain. This investigation was conduced in tow trials: trial 1, 17 sheep were use a growing test evaluating a dry matter intake (DMI), daily weight gain(DWG), feed efficiency (FE) and rumen pH before and after feed ingest (0, 2, 4 and 8 hours) too, for 3 days (1, 30 and 60). Comparing the 3 diets, there was no difference in the DMI, DWG and FE in the 60 days along. Only there was

difference in the DMI ($P < 0.05$) in the period of 31 to 60 days in the growing test. There was no difference were found in the rumen pH. In the trial 2 were use 3 sheep or to use for measure digestibility of dry mater (DM), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), no structural carbohydrate (NEC) and energy digestible (ED). There were no different in the digestibility of DM, CP, ED. There significant differences between the three diets ($P < 0.05$) were found for ADF (17.75, 28.61 and 34.17 percent, respectively), NDF (28.58, 34.91 and 48.39 percent, respectively) and NEC (78.44, 95.14 and 87.57 percent, respectively). Were found lineal effect in the ADF and NDF and quadratic effect in the NEC. This results suggest the use of sorghum grain in diets to sheep improvement to digestibility of some nutriments.

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Fisiología del rumen	4
Contenido ruminal	6
Metabolismo de carbohidratos	7
Producción de ácidos grasos volátiles (AGV)	8
pH ruminal	9
Dietas altas en grano	9
pH del rumen	10
Ácidos grasos volátiles	13
Digestibilidad <i>in vivo</i>	15
Comportamiento productivo	18
Consumo de alimento	22
Acidosis ruminal	26
Consecuencias de acidosis	30
Laminitis	30
Paraqueratosis ruminal	30
Ruminitis y abscesos.....	31
MATERIALES Y METODOS	32
Experimento 1 (estudio de crecimiento)	32
Dietas experimentales	32
Alojamiento y manejo de los animales	33
Unidades experimentales	34

Análisis de muestras	35
Pesos de los corderos	35
Consumo de materia seca (MS) y eficiencia alimenticia	36
Determinación del pH	36
Experimento 2 (Estudio de digestibilidad <i>in vivo</i>)	37
Alojamiento de los corderos	37
Análisis de muestras	37
Diseño experimental	38
RESULTADOS	40
Experimento 1 (Prueba de crecimiento)	40
Consumo diario de materia seca	40
Ganancia de peso diario	40
Eficiencia alimenticia	41
Estado de salud	43
pH ruminal	43
Experimento 2 (digestibilidad <i>in vivo</i>)	46
DISCUSIÓN	50
Comportamiento productivo.....	50
Consumo de materia seca	50
Efectos sobre el pH ruminal	53
Digestibilidad <i>in vivo</i>	56
CONCLUSIONES	58
RESUMEN	59
LITERATURA CITADA	62
APÉNDICE	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripcion	pagina
2.1	Parámetros clínicos para evaluar la gravedad de la sobrecarga de grano de los bovinos	29
3.1	Dietas conteniendo sorgo entero y/o molido utilizadas en la Alimentación de corderos	33
3.2	Programa de adaptación de corderos alimentados con dietas a base de sorgo molido y/o entero	34
4.1	Comportamiento productivo de borregos alimentados con Dietas a base de grano de sorgo entero y/o molido	42
4.2	pH ruminal de corderos alimentados con dietas conteniendo Sorgo entero y/o molido tomado antes y después del Consumo de alimento (0, 2, 4 y 8 horas)	44
4.3	pH ruminal tomado los días 1, 30 y 60 a corderos alimentado con dietas conteniendo sorgo entero y/o molido.....	44
4.4	pH ruminal de corderos alimentados con dietas conteniendo Sorgo entero y/o molido tomado a 0, 2, 4 y 8 horas durante los días 1, 30 y 60 del periodo experimental	45
4.5	Digestibilidad in vivo aparente de la materia seca (MS), proteína Cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente Ácido (FDA), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía Digestible (ED) de dietas conteniendo sorgo entero y/o molido	48

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripcion	pagina
4.1	Superficie de respuesta de la digestibilidad de la fibra Detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y Carbohidratos no estructurales(CNE), en dietas conteniendo grano de sorgo molido y/o entero	49

INTRODUCCIÓN

La engorda de ganado ovino representa una de las actividades pecuarias mas atractivas en México. En esta actividad de la especie ovina, se utilizan los sistemas de producción de corderos para pie de cría, la alimentación de corderos en pastoreo y manejo intensivo de corderos en corral de engorda.

La producción de carne de cordero se desarrolla en mayor grado bajo condiciones de pastoreo, principalmente en agostadero, representando un proceso lento y poco eficiente. Sin embargo, la alimentación en la actualidad se basa en la utilización de insumos de baja calidad y poca aceptación por el animal como rastrojos, pollinaza, subproductos y forrajes. Estas raciones utilizadas en la dieta, la mayoría de las veces no cumplen con los requerimientos de los corderos, haciendo de la engorda un proceso lento y no redituable. Por lo tanto, se ha hecho necesario y de mucho interés la alta utilización de grano de cereal en dietas para alimentar los ovinos.

La alta ingestión de granos es un tema de mucha atención por su impacto económico en engorda tanto de ovinos como de bovinos. La producción de ganado de engorda conlleva a una economía donde es necesario obtener un mayor peso en poco tiempo y esto implica ofrecer al animal una

alimentación con una preparación muy alta en grano. Por otro lado, la mayoría de los productores no someten al ganado de engorda en corral a una previa adaptación a la dieta y cometen la práctica errónea de incrementar de manera drástica el concentrado en la dieta, sin haber estabilizado la microflora ruminal. Este sistema de alimentación en el ganado provoca problemas muy comunes, entre ellos la acidosis ruminal.

La acidosis es un síndrome ruminal que es provocado por la rápida fermentación debido al consumo de alimentos ricos en carbohidratos causando una disminución del pH ruminal (Blood y Henderson, 1993)

Esta situación trae como consecuencia una serie de signos patológicos como anorexia, diarrea, presencia de moco en heces, deshidratación, incoordinación y en ocasiones la muerte, también provoca disminución en el consumo de alimento y una disminución en la absorción de nutrientes (Manual Merk, 1992 y Blood y Henderson, 1993).

Una alternativa para evitar la acidosis es utilizar ingredientes altos en su contenido de fibra. Para de esta manera estimular el flujo salival a través de la rumia, el mezclado en el rumen y el efecto buffer y así neutralizar el pH ruminal (Mc Burney *et al.*, 1983). Como también ofrecer otra alternativa en la dieta que estimule la rumia y pudiera tener similar efecto.

Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar dietas conteniendo grano de sorgo entero como un medio de prevención de acidosis en ovinos. Al evaluar el comportamiento animal en: Consumo de materia seca (MS), ganancia de peso, eficiencia alimenticia. Así como el pH ruminal, digestibilidad de MS, de la proteína cruda (PC), de la fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía digestible (ED).

Hipótesis:

El uso de grano de sorgo entero en dietas para ovinos de engorda en corral, mejora el comportamiento productivo de éstos, previene y evita la acidosis ruminal. De igual manera, estas dietas mejoran la digestibilidad de los nutrimentos del alimento y la energía.

REVISIÓN DE LITERATURA

Fisiología del Rumen

El estómago de los rumiantes está constituido por varios compartimentos, el primero y más importante se denomina rumen. El rumen sirve como una gran cámara de fermentación en el cual el alimento mezclado con saliva sufre una fuerte fermentación. Los productos de fermentación son principalmente ácidos de cadena corta (Ácidos grasos volátiles), que son absorbidos y utilizados a través de la pared del rumen. Mientras que la formación de algunos gases como el anhídrido carbónico (CO₂) y el metano (CH₄) son eliminados por medio de eructos. Los gases son el subproducto de la fermentación y removerlos es esencial para evitar su acumulación en el rumen y una posible muerte (Schmidt, 1976).

El rumen, además de ser considerado como una gran cámara de fermentación, proporciona el medio ambiente conveniente para el cultivo continuo de la población microbiana. La constancia razonable de las condiciones del rumen de acuerdo a Annison y Lewis (1966) se logra en base a lo siguiente:

- a) El consumo frecuente de alimentos por el animal proporciona el suplemento regular de substrato para los microorganismos.
- b) Los productos solubles de la actividad microbiana son absorbidos rápidamente por la pared ruminal y por lo tanto no se acumulan ni llegan a Inhibir la acción enzimática.
- c) La temperatura del rumen se mantiene de 39 a 42° C debido al mecanismo regulador de la temperatura en el animal.
- d) Los rumiantes secretan grandes cantidades de saliva rica en bicarbonato y otros iones.

La acción mecánica del rumen es esencialmente saludable, los músculos de este compartimiento provocan una agitación y una mezcla del bolo alimenticio. Este movimiento facilita el paso del bolo alimenticio del rumen al omaso. La agitación estimula también la rumia (Armentano, 1997). La rumia es la regurgitación de las partículas de alimento para su remasticación. Y al volver a entrar al rumen sufre una nueva fermentación (Schmidt, 1976).

La rumia también estimula la producción de saliva, un animal adulto produce aproximadamente 47 galones de saliva por día. La saliva contiene una sustancia búfer vital para mantener el pH del rumen y sirve para tamponar los productos de la fermentación del rumen. El bicarbonato de sodio es la mejor base búfer en la saliva, además de las sales de fosfato, pero éstas se encuentran en menor cantidad y también contribuye a la capacidad búfer en la saliva (Counotte *et al.*, 1979). Sin la saliva, el pH del rumen podría bajar a

niveles menores de 5.9. Estos cambios en el pH del rumen podrían alterar la población microbiana más que cualquier otro factor (Armentano, 1997 y Schmidt, 1976).

Contenido ruminal

El contenido del rumen es altamente variable dependiendo del tamaño y composición de las partículas que ahí se encuentran, estas partículas son encontradas en diferentes partes del rumen. En el rumen, se encuentra una capa superior formada por gas. Los gases más comunes encontrados en el rumen, en porcentaje son: Hidrógeno 2, Oxígeno 5, Nitrógeno 7, Metano 21 y Dióxido de Carbono 65. Las partículas de los pastos que son de baja densidad como el agua tienden a flotar y se ubican debajo de la cúpula de gas, las partículas de grano por ser de mayor peso, tienden a dirigirse hacia el fondo del rumen (Armentano y Wattiaux, 1997 y Salinas *et al.*, 1997).

Las partículas de zacate, tienden a dirigirse a la superficie del rumen provocando un fenómeno conocido como red ruminal. Esta red esta compuesta por forrajes recientemente ingeridos. La red es un fenómeno muy importante que permite una mejor utilización de los concentrados y protege contra desórdenes del rumen, ya que los concentrados descienden hacia las porciones bajas del rumen donde éstas son degradadas y utilizadas rápidamente. Esta red además funciona como sistema de filtro para evitar el paso demasiado rápido y

pérdida de nutrientes, por esta razón debe incluirse suficiente fibra en la ración para estimular la rumia y una adecuada salivación (Van Soest, 1994).

Metabolismo de Carbohidratos

Los carbohidratos son una fuente importante de energía y los microorganismos del rumen permiten al rumiante obtener energía de los carbohidratos fibrosos. La fibra es voluminosa y se retiene en el rumen donde la celulosa y la hemicelulosa se fermentan lentamente. 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 del rumen y aumenta el flujo de saliva hacia el rumen.

Por otro lado, los carbohidratos no fibrosos (almidones y azúcares) fermentan rápidamente, el contenido de estos carbohidratos incrementa la densidad energética en la dieta y mejoran el suministro de energía; además, determina la cantidad de proteína bacteriana producida en el rumen. Sin embargo estos carbohidratos no estimulan la rumia o producción de saliva y cuando se encuentran en exceso pueden inhibir la fermentación de la fibra (Wattiaux, s/f). La utilización de carbohidratos en rumiantes inicia en el rumen en donde son fermentados hasta ácidos grasos volátiles por la acción de enzimas microbianas (Salinas *et al.*, 1997).

Producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV)

La producción de AGV es esencial para la fermentación microbiana. Existen 3 tipos de AGVs: acético, propiónico y butírico. Estos se absorben a través de la pared ruminal y vía sanguínea y son transportados hasta los tejidos donde se metabolizan. Pueden ser catabolizados para producción de energía o anabolizados, por ejemplo: El ácido acético y butírico se usan para la síntesis de grasa y el propiónico para la síntesis de glucosa. Esto es muy importante ya que en rumiantes la mayor parte de la glucosa que utiliza se obtiene de esta forma porque el desdoblamiento extensivo de carbohidratos solubles en el rumen hace que la glucosa absorbida sea mínima (Salinas *et. al.*, 1997).

La fermentación microbiana produce en porcentaje, aproximadamente 65 de ácido acético, 20 de ácido propiónico y 15 de ácido butírico (Armentano, 1997). El ácido acético es el que generalmente predomina en las mezclas de AGV que se encuentran en el rumen en todas las diferentes condiciones de alimentación. El acetato es el producto final más abundante en la fermentación de los carbohidratos por microorganismo del rumen y es la fuente principal de energía (Annison y Lewis, 1966).

El propionato es uno de los precursores de la producción de glucosa. Todo el ácido propiónico es sintetizado por los microbios del rumen y es absorbido a través del rumen y transportado a la sangre, y al hígado. El ácido butírico es el tercer AGV principal producido en el rumen, se convierte a cetona

en el cuerpo, las cetonas pueden ser utilizadas por las células del cuerpo para proporcionar energía (Armentano, 1997).

La concentración de ácidos grasos en el rumen, esta regulada por el equilibrio entre su producción y absorción; además, esta la concentración de AGV es máxima después de las comidas (Salinas *et al.*, 1997).

pH Ruminal

El pH del contenido ruminal esta exactamente del lado ácido de la neutralidad, la mayoría de los valores oscilan de 6.0 a 7.0 (Dukes y Swenson, 1981). El pH ruminal depende de muchos factores tales como: Tipo de dieta, concentración de la dieta, así como la ingestión de la misma, ya que una vez ingerido el alimento el pH tiende a volverse ácido.

Dietas altas en grano

Las dietas concentradas son aquellas bajas en fibra, altas en energía y pueden tener baja o alta proteína; éstas son usadas para proveer energía y su energía generalmente proviene de carbohidratos no fibrosos y grasas. La fibra se obtiene por medio del proceso de la fibra en detergente neutro y fibra en detergente ácido. El suplemento basal es aquel que contienen menos del 18

por ciento de fibra cruda y menos del 20 por ciento de proteína. Generalmente una dieta alta en este suplemento (grano de cereal) es parte integral de un concentrado que se utilizaría en una relación con forraje en proporción de 20–5:80–95 por ciento (relación forraje:concentrado). Los concentrados generalmente se preparan con grano de cereal: Cebada, maíz, sorgo, avena y trigo; estos cereales son altos en energía y bajos en fibra y proteína; altos en fósforo. Estos ingredientes pueden usarse transformándolos por diferentes procesos como son el peletizado, hojueleado, quebrado, aplastado, rolado, molido o entero; del tipo de proceso de estos ingredientes dependerá su índice de digestión en el rumen (Ishler *et al.*, 1994).

pH del rumen

El pH rumen depende de la naturaleza de la dieta y la rapidez con la cual fue consumida. Generalmente, este índice es bajo después de 2 a 6 horas posterior al consumo de alimento. Uhart y Carrol (1967) observaron un descenso en el pH ruminal en novillos, después de comer una dieta con una relación forraje: concentrado de 10:90, utilizando cebada y sorgo rolado. El valor en el pH antes de comer fue de 6.98 y disminuyó a 4.81 después de comer. Streeter *et al.*, (1990) evaluaron dietas a una proporción de 85:15 concentrado: forraje, utilizando 4 diferentes tipos de sorgo en novillos, no encontrando diferencias marcadas en el pH del líquido ruminal al evaluar las 4 variedades de sorgo. Pero el pH disminuyó considerablemente 3 horas después

de comer siendo para el sorgo amarillo 5.86, sorgo crema 5.83, sorgo heteroamarillo 5.94 y el sorgo rojo 5.92.

Fulton *et al.* (1979b) utilizaron dietas con una concentración del 90 por ciento de trigo rolado en la dieta. Al medir el pH ruminal a diferentes horas después de comer, (2, 4 y 8 horas) encontraron resultados de 5.35, 5.19 y 5.24 respectivamente, además se encontró un aumento del ácido láctico a las 4 horas de 158.4 mmol/ml indicando que la disminución del pH se debe al aumento de ácido láctico en el rumen.

Fulton (1979a) utilizaron maíz y trigo en dos diferentes dietas a una concentración de 75 por ciento. Encontraron valores del pH a diferentes tiempos (2, 4 y 8 horas) para la dieta conteniendo maíz 5.64, 5.54 y 5.44 y dieta conteniendo trigo 5.60, 5.44 y 5.27 respectivamente.

El procesamiento del grano también influye en el pH del rumen. Tal como lo describe Putnam *et al.* (1966), al utilizar maíz sometido a dos tipos de procesado (molido y peletizado) y dos proporciones de concentrado de la dieta (75 y 21 por ciento). No encontró diferencia significativa en el procesamiento pero si encontró diferencia en la cantidad de concentrado ($P < 0.01$). Pérez (2000) observo un efecto cuadrático ($P < 0.05$) en el pH conforme aumento la cantidad de grano molido en la ración. El pH del rumen de los ovinos presento un rango de 6.9 a 6.3 siendo el nivel de 75:25 (entero:molido) utilizando

diferentes porcentaje de sorgo entero y molido (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100, entero:molido).

Orskov *et al.* (1974), determinaron el pH ruminal en corderos al utilizar 4 tipos de cereales con 2 diferentes tipos de procesamiento (entero y peletizado). El procesamiento fue diferente ($P < 0.001$). Siendo el peletizado quien descendió considerablemente el pH ruminal (5.4, 5.2, 6.1, 5.0). Con los cereales enteros el valor del pH de cada uno fue de 6.4, 6.1, 6.7 y 5.9 respectivamente. También se encontró diferencia significativa con respecto a los ingredientes ($P < .001$). Fimbres (2000), encontró un efecto lineal ($P < 0.01$) en el pH ruminal al incrementar el nivel de heno en la ración de borregos alimentados con diferente proporción de heno picado y granos (0, 10, 20 y 30 por ciento de heno).

Los cambios del pH son una manifestación de las cantidades de ácidos orgánicos allí producidos que están presentes en el rumen como resultado de la fermentación, la velocidad y magnitud de los cambios de la dieta y la velocidad de absorción en el rumen. Bond (1959), Dunlop (1961), Ryand (1963) y Turner y Hodgetts (1949), han mostrado que cuando los animales son engordados con dietas altas en concentrados hay una disminución del pH en el rumen obteniendo valores de 4.0. y la concentración del ácido láctico en el rumen se incrementa (200 mmoles/litro).

Ácidos grasos volátiles

Dietas altas en energía con bajo contenido de forraje (0 – 10 por ciento) o dietas molidas o peletizadas son eficientes para promover altas tasas de crecimiento. Pero estas dietas inducen a formar ácido propiónico en el rumen (Church, 1977).

La cantidad de AGVs producidos en el rumen es muy elevada, en 24 horas un bovino puede llegar a producir de 3 a 4 kg., un ovino produce de 300 a 400 g. La cantidad y la proporción en que cada AGV se produce en el rumen esta determinado por numerosos factores de la ración, la composición y relación entre forrajes y concentrados, el tipo del cereal que se esté usando, el nivel de ingestión y la frecuencia de administración. Surber y Bowman (1998), evaluaron dos dietas con grano de maíz y grano de cebada a una concentración de 70:30 y 80:20 respectivamente, relación forraje concentrado; todo esto con la finalidad de medir la concentración de AGV producidos en el rumen. El tipo de cereal no afectó la concentración de ácido acético; los novillos que se alimentaron con maíz produjeron mayor cantidad de ácido propiónico que aquellos alimentados con cebada (19.76 y 16.61 mol/100ml respectivamente) y aquellos alimentados con cebada produjeron mayor proporción de ácido butírico (12.96 y 15.58, respectivamente).

Las cantidades y proporciones de cada AGV producido esta en función directa del tipo de alimentación, la cual favorece el desarrollo de un tipo de población microbiana en el rumen.

El ácido acético es el predominante en todas las condiciones de alimentación y es la proporción de ácido acético o ácido propiónico la que varía con los tipos de raciones administradas. Así, las raciones ricas en concentrados llevan una mayor población de microorganismos aminolíticos que son los que producen mayor cantidad de ácido propiónico y así se produce un aumento en la cantidad de este ácido respecto a los otros AGVs. Goad *et al.* (1998) utilizaron una dieta concentrada al 80 por ciento en dos grupos de novillos; un grupo adaptado con forraje y otro grupo sin adaptar. El volumen de AGV incrementó todo el tiempo ($P < 0.05$) en el segundo grupo. El acetato disminuyó en los dos grupos y fue mas bajo en el segundo grupo a las 60 horas (35.4 mmol). El propionato incrementó todo el tiempo en ambos grupos pero fue más alto en el segundo grupo ($P < 0.05$) hasta las 72 horas obteniendo 41.4 mml contra 30.9 mml en el primer grupo, también se encontró un mayor número de bacterias aminolíticas en el segundo grupo.

El incremento en la cantidad de ácido propiónico se ha logrado mediante algunos tipos de procesamientos de los alimentos como lo es el molido y el granulado (salinas *et al.*, 1997). Orskov *et al.* (1974), determinaron la cantidad de AGV producidos en el rumen con 4 diferentes tipo de cereal (cebada, maíz, avena y trigo) peletizado y entero usándolos en ovinos. La concentración de

AGV fue significativamente alta ($P < 0.05$) cuando las dietas fueron peletizadas. De igual manera, cuando se utilizó el cereal peletizado, la proporción de ácido acético fue pequeña ($P < 0.001$) y la proporción de ácido propiónico fue alta ($P < 0.01$).

La concentración de AGV es máxima después de las comidas y como consecuencia el pH baja. La fermentación máxima se realiza unas cuatro horas después de la ingestión de alimentos o con raciones altas en concentrados (Annison y Lewis, 1996). Susin *et al.* (1995a) determinaron la concentración de AGV en corderos utilizando dos concentraciones de dieta alta en forraje (80:20) y una alta en concentrado (10:90), utilizando maíz entero como cereal. Los corderos alimentados con la dieta alta en grano presentaron una mayor concentración de propionato ruminal ($P < 0.01$) pero baja concentración de acetato ($P < 0.01$) comparado con la dieta alta en forraje. El total de la concentración de AGV no fue afectado por la dieta, excepto antes de la alimentación (hora 0). La mayor concentración de propionato (60.43 mmol/ml) se encontró a las 12 horas después de comer.

Digestibilidad *in vivo*.

La digestibilidad es la medición de la cantidad de nutrimentos que después de pasar por el tubo digestivo no aparecen en las heces (Castellanos *et al.*, 1990). Opinión muy similar (Maynard *et al.*, 1983) al definir a la

digestibilidad *in vivo* como la medición de la desaparición de los nutrientes en su paso a través del tracto digestivo debido a la absorción. Sin embargo, existen algunos factores que pueden afectar la digestibilidad de una dieta o de un ingrediente; uno de ellos está relacionado con el procesamiento, principalmente, del grano de cereal como el sorgo, maíz, cebada, trigo, etc. Cualquier ingrediente de este tipo que recibe procesamiento ya sea molido, rolado, peletizado, etc; tiene mayor digestibilidad que el cereal entero por la mayor disponibilidad del almidón dentro del tracto digestivo (Rooney, 1997). Este factor lo comprobó Karralazos *et al.* (1992) quien determinó la digestibilidad de la materia seca y la fibra detergente neutro alimentando corderos con diferentes (0, 17.5, 35.5 y 53 por ciento) niveles de semilla entera de algodón. Los coeficientes de digestibilidad de la MS fueron 74.4, 71.6, 68.9 y 62.5 por ciento y para la FDN encontraron 40.9, 48.1, 52.2 y 47.32 por ciento respectivamente. Observando, además, que a medida que se incrementó el nivel de inclusión de la semilla entera de algodón, la digestibilidad de la MS disminuyó. Sin embargo, en la evaluación de la FDN, a medida que se incrementó el contenido de semilla entera de algodón en la dieta, la digestibilidad de este rubro aumentó presentándose una tendencia cuadrática, siendo mejor el nivel hasta un 35 por ciento de inclusión de semilla entera de algodón, debido a la cantidad de carbohidratos estructurales que contiene la cutícula de la semilla de algodón. Sin embargo Susin *et al.* (1995b) obtuvieron resultados diferentes al utilizar dietas con grano molido de maíz y grano entero de maíz en corderos. Ellos encontraron diferencia significativa ($P < 0.001$) obteniendo una mayor digestibilidad de la materia seca en la dieta que contenía

el grano entero (55.38 y 79.92 por ciento) respectivamente. Por su parte, Osrkov *et al.* (1974) evaluaron el tipo de procesamiento al determinar la digestibilidad usando cebada, maíz, avena y trigo entero y peletizado. No encontraron diferencia estadística en la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y FDA debido al tipo de procesamiento. Otro factor, que mencionan Maynard *et al.* (1983) que afecta la digestibilidad de una dieta, es la relación forraje:concentrado, así como también la naturaleza de la dieta. Si es una dieta alta en forraje, la digestibilidad va a ser menor al compararla con una dieta alta en concentrado. Este efecto lo observo Fimbres (2000) al determinar la digestibilidad de la MS, FDN y CNE de dietas conteniendo 10, 20 y 30 por ciento de heno picado encontrando que la digestibilidad de la MS fue de 85.5, 79.9, 67.5 y 66 por ciento respectivamente, la digestibilidad de la FDN fue de 59.4, 58.2, 42.5 y 35 por ciento y la digestibilidad de los CNE se redujo linealmente de 94.2 por ciento con la ración sin heno a 86.6 por ciento con 30 por ciento de heno. De igual forma, este factor lo observaron Mir y Mir (1993) al evaluar la digestibilidad aparente de dietas conteniendo 100 por ciento alfalfa y otra dieta conteniendo 90:10 cebada:forraje. Al reportar diferencia significativa ($P < 0.01$) en la digestibilidad de la MS (64.6 y 79.1 por ciento); digestibilidad de PC 68.0 y 78.8 por ciento respectivamente; no encontrando efecto en la digestibilidad (58.5 y 61.0 por ciento) de la FAD. Concluyendo de manera similar con lo antes expuesto por Maynard *et al.* (1983) También Boukila *et al.* (1995) determinaron que la digestibilidad aparente de la materia seca en dietas altas en concentrado es mas alta que en otras dietas. Esto lo comprobaron al evaluar dietas conteniendo 17 por ciento alfalfa y 83 por ciento de concentrado.

Susin *et al.* (1995a) encontraron resultados similares al ofrecer una dieta baja y alta en concentrado, encontrando diferencia estadística significativa ($P < 0.001$) en la digestibilidad de la materia orgánica y materia seca, siendo mayor la digestibilidad en la dieta alta en concentrado; mientras que Murphy *et al.* (1994) no encontraron diferencia estadística en la digestibilidad de la materia seca, FDN y FDA al ofrecer diferentes proporciones forraje:concentrado (80:20, 60:40, 40:60 y 90:10) utilizando maíz molido en la dieta.

La digestibilidad se ve afectada por el tipo de grano de cereal que se esta usando; ya que Orskov *et al.* (1974) midieron la digestibilidad de la cebada, maíz avena y trigo y encontró diferencia significativa ($P < 0.001$) de la materia seca materia orgánica y FDA de esos cereales, encontrando que la avena fue menos digestible que los demás cereales. Valdez y Barajas (1998) determinaron la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y la energía digestible en dietas conteniendo grano de sorgo utilizada en ovinos a una concentración 20:80 forraje:concentrado, obteniendo los siguientes resultados: 80.17, 73.38 por ciento y 3.46 Mcal/kg, respectivamente.

Comportamiento productivo.

Como se ha mencionado, los alimentos altos en concentrado y/o altos en carbohidratos son utilizados para proveer energía. Los más utilizados son: Maíz, trigo, sorgo, avena y cebada. Estos ingredientes pueden tener diferentes

procesos para proveer un mejor comportamiento productivo en el animal de engorda para el cual se está usando. Hejazi *et al.* (1999) determinaron los efectos de procesamiento del maíz entero, molido y peletizado en dietas para corderos; los que fueron alimentados a base de maíz entero tuvieron una mayor ($P < 0.01$) ganancia de peso que la ración que contenía maíz molido y peletizado. La diferencia en GDP de corderos consumiendo la ración con maíz entero en comparación con el maíz molido y peletizado puede deberse a diferencias en la energía disponible en el rumen debido al tipo de maíz. Church (1977) además menciona que la eficiencia productiva se mejora cuando se utiliza algún cereal quebrado, rolado u hojueleado al incrementar la eficiencia de utilización. Mientras que Orskov *et al.* (1974) alimentó ovejas con grano entero de cebada, avena, maíz y trigo, encontrando una mejor eficiencia alimenticia. De igual manera, Gutiérrez y Lara (1995) utilizaron una dieta conteniendo grano entero de maíz al 83 por ciento y obtuvieron una ganancia diaria de peso de 273 g y una conversión de 3.45 kg de alimento por cada kilogramo de incremento de peso. Trabajo muy similar Mancilla *et al.* (1995) utilizando la misma proporción de grano del trabajo anterior al alimentar ovinos de 30 y 60 días con dietas conteniendo grano de sorgo entero. La ganancia de peso diario a los 30 días fue de 256 g y se requirió de 3.38 Kg. para producir un kilogramo de incremento de peso. En corderos a los 60 días, la ganancia fue de 267 g y la conversión alimenticia fue de 3.62. En otros trabajos, Hanke y Jordan (1963) demuestran una mejora en ganancia de peso y eficiencia alimenticia al utilizar grano entero comparado con el alimento peletizado. Wester *et al.* (1992) compararon 4 variedades de grano de sorgo entero. No encontraron diferencia

en la ganancia de peso diario, pero si encontraron diferencia significativa ($P < 0.01$) en la eficiencia alimenticia. Oviedo (2002) determino la ganancia de peso en corderos alimentados con dietas conteniendo sorgo en grano y sorgo molido a diferentes proporciones: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100 sorgo entero: molido, durante 60 días, en los cuales no se encontró efecto en la ganancia de peso al incrementarse la relación de grano molido en la ración de los corderos, pero pudo observarse un incremento lineal ($P < 0.05$) durante los primeros 30 días, conforme se incremento el nivel de grano molido en la ración, la ganancia de peso durante este periodo fue de 0.160, 0.257, 0.218, 0.199 y 0.303 kg/día. En cuanto a la eficiencia alimenticia durante este estudio el grano molido no afecto la eficiencia alimenticia.

La ganancia de peso y la eficiencia alimenticia también se ve afectada por la concentración de la dieta. Como lo afirman Stanton y swanson (1992) al ofrecer dietas conteniendo sorgo con diferentes porcentajes de concentrado (100, 90, 75 y 50 por ciento). Encontrando que los niveles de 90 y 75 por ciento proveen significativamente ($P < 0.05$) una ganancia diaria promedio mas alta (140 y 143 g) que las dietas de 100 y 50 por ciento (120 y 127 g). La eficiencia alimenticia no fue afectada, pero se observó que a medida que se incrementó el porcentaje de concentrado en la dieta la eficiencia disminuía. Arciga y Gómez (1991) comprueban lo mismo al ofrecer dietas con diferentes porcentaje de concentrado (90, 75, 60, 40 y 30 por ciento) utilizando el grano de sorgo como cereal, obteniendo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Siendo la dieta concentrada a 75 por ciento la que obtuvo la mayor ganancia de peso diario

(185 g); en la eficiencia alimenticia se encontró diferencia ($P < 0.05$) entre las proporciones del concentrado en porcentaje 90, 75, 60 (6.3, 6.3, 8.7) contra 40 y 30, (10.2 y 10.8) kilogramo de alimento por kilogramo de ganancia de peso respectivamente, Confirmando los resultados de Stanton y swanson (1992) a mayor porcentaje de concentrado en la dieta, la eficiencia alimenticia se ve afectada (disminuye). Mir y Mir (1993) comprobaron lo mismo al utilizar el grano de cebada para alimentar corderos a una proporción de 10:90 forraje:concentrado contra una dieta 100 por ciento alfalfa, no encontraron diferencia en la ganancia de peso (201.6 y 184.5 g respectivamente) mientras que en la eficiencia alimenticia encontraron diferencia estadística significativa ($P < 0.01$) con valores de 4.8 contra 7.0 respectivamente. Susin *et al.* (1995a) no reporta diferencia significativa en la ganancia de peso diario (280 y 290 g) en corderos al utilizar una dieta alta en forraje (85:15) y una dieta alta en concentrado utilizando el maiz entero como cereal (15:85). Castellanos *et al.* (2001) utilizaron dietas a diferente concentración (80, 65, 50 y 35 por ciento) usando el grano de sorgo como cereal, para alimentar borregos pelibuey. Obteniendo diferencia significativa ($P < 0.05$) en la ganancia de peso entre las dietas conteniendo 80, 65 por ciento que fueron más altas (152 y 147 g) contra las dietas conteniendo 50 y 35 por ciento con valores de 109 y 81 g respectivamente; en la eficiencia alimenticia, conforme disminuyó el concentrado en la dieta empeoró de manera significativa con valores de 5.7, 5.8, 7.1 y 9.6 kg de alimento por kilogramo de incremento de peso respectivamente.

Mathison y Engstrom (1995) no encontraron diferencia significativa al utilizar dietas concentradas de grano de cebada y grano de maíz sobre la eficiencia de utilización.

Consumo de alimento

Existen muchos factores que pueden alterar el consumo de una dieta, como son: Estado de salud, condición de medio ambiente, medio social, medio climático, estado fisiológico del animal, etc. Entre las características de las dietas altas en concentrado se encuentra la concentración energética de la dieta. Numerosos autores han puesto en evidencia el hecho de que el nivel energético de la ración es el primer factor limitante del consumo voluntario en rumiantes. Hervey (1975) menciona que los animales regulan su equilibrio energético, ajustando el consumo de alimento de acuerdo al contenido energético, aunque el tamaño de la reserva energética del cuerpo varia de acuerdo con el estado fisiológico del animal. Mientras que Baumgardt (1974) menciona que dietas en las que el volumen, la forma física y los nutrientes esenciales no son limitantes, el ganado regula su consumo de alimento para así mantener un consumo constante de energía digestible, o sea que consumen la misma cantidad de energía digestible sin importar su concentración en la dieta. De esta manera, dieta de baja digestibilidad se consumirá mas alimento que con dieta de alta digestibilidad. Castellanos *et al.* (2001) no coincide con el comentario de los autores anteriores, al utilizar dietas con diferente porcentaje

de concentración (80, 65, 50 y 35 por ciento) utilizando el grano entero como cereal, la energía disminuyó a medida que se disminuía la cantidad de concentrado, se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en los consumos de materia seca aminoró a medida que disminuyó la concentración energética (868, 864 contra 787 y 783 g respectivamente). De igual forma Krehbiel *et al.* (1995) reportan que al medir el consumo voluntario de 3 dietas con diferente porcentaje de concentrado 50:50, 80:20 80:10 (concentrado:forraje) en novillos, utilizando el maíz entero. Se encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$), ya que el consumo incrementó (4.79, 9.92, 10.53 kg/día respectivamente) a medida que aumento el porcentaje de concentrado en la dieta. Sin embargo, Arciga y Gómez (1991) al utilizar diferentes concentraciones en dietas para corderos (90, 75, 60, 40 y 30 por ciento) utilizando el grano de sorgo como cereal, encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$). El consumo fue menor en la dieta mas concentrada mientras que el consumo en las demás dietas no hubo diferencia entre ellas, pero el consumo aumentaba a medida que el porcentaje de concentrado disminuía. De igual manera reportan Susin *et al.* (1995b) al alimentar ovejas con dos dietas de diferente relación (80:20 y 20:80) forraje:concentrado, encontrando que el consumo fue mayor para la dieta que contenía mas forraje 1.31 kg/día y este consumo disminuyó en aquellas ovejas consumiendo la dieta que contenía mas concentrado 0.95 kg/día respectivamente.

La forma física de los cereales puede afectar el consumo voluntario. Según Osrkov y Freenhalgh (1977) ciertos alimentos al ser procesados; como

por ejemplo, el grano de cereal puede ser roado o molido antes de ser administrado al ganado. Sin embargo, esta situación puede variar. Preston y Willis (1974) mencionan que el consumo de alimento en el ganado puede disminuir si la partícula del grano es muy pequeña ó fina. Conforme a esto Orskov *et al.* (1974) midieron el consumo de alimento en corderos utilizando cebada, maíz, avena y trigo peletizado y entero, no encontrando diferencia significativa debido al procesamiento de los cereales y tampoco reportan diferencia entre los cuatro cereales. Igualmente Mancilla *et al.* (1995) midieron el consumo de alimento en corderos destetados utilizando el grano de sorgo entero al 83 por ciento, el cual fue de 867 y 967 g. para corderos destetados a los 30 y 60 días respectivamente, agregan además que durante el periodo del experimento los animales no tuvieron problemas en el consumo ya que este siempre se mantuvo constante. Oviedo (2002) midió el consumo de materia seca en dietas que contenían sorgo entero y molido a diferentes porcentajes, observando que el consumo de MS cambio ($P < 0.05$) con un aumento de grano molido en la ración durante la primera etapa del estudio (0 a 30 días) observando un aumento lineal los consumos fueron de 0.951, 1.054, 1.062, 1.064 y 1.099 kg/día para las raciones que contenían relaciones 100:0, 75:25 50:50, 25:75 y 0:100 de sorgo entero: molido, si se considera el consumo de materia seca durante los 60 días no se detectaron diferencias significativas entre raciones con diferente cantidades de grano molido. De la misma forma Pérez (2000) utilizando los mismo porcentajes de sorgo entero:molido encontró que los consumos eran mayores en aquellas dietas que tenían el 100 por ciento de sorgo entero o molido (1167 y 1037 respectivamente), encontrando una

relación cuadrática al aumentar la relación de grano entero: molido, lo que significa que el consumo fue mayor con solamente grano entero o molido.

Fulton *et al.* (1979a), realizaron un estudio comparando el consumo de una dieta con grano de maíz y una segunda dieta con grano de trigo. Los porcentaje de inclusión de los granos eran de 35, 55, 75 y 90 por ciento en la dieta, al evaluar los niveles de consumo encontraron diferencia significativa ($P < 0.01$), los novillos alimentados con dietas de grano de maíz fueron los que consumieron mas que aquellos alimentados con grano de trigo (9,51 kg. & 6.60 kg. respectivamente) en todo el periodo. Sindt *et al.* (1993), evaluaron dietas utilizando grano de maíz y/o sorgo durante 199 días, las dietas contenían en porcentaje 74 de grano, 15 de silo de maíz y 11 de suplemento. El tratamiento conteniendo grano de maíz y el otro tratamiento conteniendo grano de sorgo, el resultado fue diferente ($P < .01$) por el efecto del grano obteniendo un consumo diario promedio de 9.05 y 8.81 kg. respectivamente.

Putnam *et al.* (1966), evaluaron dos dietas, una en forma de pelet y la otra en polvo; ambas contenían en porcentaje 25 forraje, 75 grano (pelets y polvo) y 89 forraje y 11 de grano. Encontrando diferencia significativa ($P < 0.01$) en los resultados para consumo: 11.8 y 9.5 kg. para la dieta con 75 por ciento de grano y 8,2 y 10.9 kg. para la dieta con 89 por ciento de forraje. El factor crítico a considerar en el procesado del grano para la alimentación de ovinos en finalización es la forma física de la ración completa.

Acidosis Ruminal

Es un síndrome metabólico provocado por la ingestión de grandes cantidades de alimentos ricos en carbohidratos susceptibles a una rápida fermentación provocando la aparición de una enfermedad aguda debido a excesos de producción de ácido láctico en el rumen (Blood y Henderson, 1993 y Dirksen, 1970). Conocida también como un estrés bioquímico-fisiológico causado por la rápida producción y absorción de ácidos orgánicos en el rumen.

Todos los rumiantes son susceptibles, pero la enfermedad ataca principalmente a los bovinos para engorda alimentados con grano (Blood y Henderson, 1993).

El trigo, cebada y el maíz se consideran los granos más tóxicos cuando son ingeridos en grandes cantidades, la avena y el sorgo son menos tóxicos. Se supone que todos los granos son mucho más tóxicos cuando están finamente granulados o incluso aplastados. (Dunlop, 1972). Orskov *et al.* (1974) recomiendan el uso de granos enteros de cebada, avena, maíz y trigo ya que al utilizarlos en ovejas encontraron una disminución de acidosis y ruminitis, al incrementarse el tiempo de rumia. El Consejo Norteamericano de Granos Forrajeros (sorgo, maíz y cebada), recomiendan para la engorda de ovinos raciones altas en energía con altos niveles de grano, sin la utilización de forrajes, que sea a base de grano de sorgo entero para así evitar la acidosis.

La cantidad de alimento que se necesita para producir un cuadro clínico agudo va a depender del tipo de grano, la costumbre de animal de ingerir ese grano, el estado nutricional del espécimen, su condición física, así como la naturaleza de su microflora (Slyter, 1976). La dosis de alimento considerado mortal varía de 50 a 60 g de trigo machacado por kilogramo de cereal o peso vivo en el caso de ovejas mal nutridas, hasta 75 a 80 g/kg de peso vivo o cereal en ovejas bien nutridas. En bovinos una dosis de 25 a 62 g/kg de grano de cereal o maíz producen acidosis grave (Dunlop, 1972).

Los detalles de la patogenia de la acidosis ruminal ha sido descrita en por Dirksen (1972), Dunlop (1972), Huber (1976), Slyter (1976), Elam (1976), Witte (1998) y Owens *et al.* (1998). A continuación se presenta un resumen de lo que ocurre en el rumen y los efectos sistémicos en el animal (Cuadro 1) a la ingestión de grandes cantidades de alimento muy fermentables; le sigue un cambio acentuado en la población microbiana del rumen después de 2 a 6 horas, entonces aumenta notablemente la cantidad de *Streptococcus bovis*, que es el microorganismo que utiliza carbohidratos para producir grandes cantidades de ácido láctico. Ante la cantidad suficiente de carbohidratos, el *S. bovis* continuará produciendo ácido láctico el cual a su vez hace descender el pH del rumen a 5.0 o menos, punto en el cual las bacterias y protozoos se destruyen. La concentración de AGV aumenta y contribuye al descenso del pH del rumen, el pH bajo permite que los lactobacilos utilicen grandes cantidades de carbohidratos que hay en el rumen para producir abundantes cantidades de ácido láctico. Tanto las formas D y L del ácido láctico son producidas y esto

hace que incremente la osmolaridad ruminal atrayendo agua de la circulación lo que conlleva a una hemoconcentración y deshidratación. (Owens *et al.*, 1998).

Parte del ácido láctico es contrarrestado por los amortiguadores ruminales, pero una gran parte es absorbida por la pared del rumen y otra se desplaza al conducto intestinal donde es absorbida a medida que desciende el pH del rumen, la amplitud y frecuencia de los movimientos ruminales descienden y cuando el pH es aproximado a 5.0 el rumen queda en estasis total. (Blood y Henderson, 1993 y Huber, 1976).

El ácido láctico absorbido es amortiguado por el bicarbonato en el plasma con las cantidades atóxicas de ácido láctico, el equilibrio ácido-básico se conserva con la utilización del bicarbonato y eliminación de CO₂ al aumentar la frecuencia respiratoria. En casos graves de acidosis láctica las reservas de carbonato del plasma se reducen, el pH sanguíneo desciende constantemente, lo mismo la presión sanguínea y por lo tanto hay un incremento de la presión y de perfusión y del suministro de oxígeno de ácido láctico de la respiración celular (Slyter, 1976, Owens *et al.*, 1998 y Dirksen, 1970).

El ácido L-láctico se utiliza con mayor rapidez que el D-isomero, mismo que se acumula y produce acidosis D-láctica grave. Si la tasa de entrada de ácido láctico a los líquidos del organismo no es muy rápida, los mecanismos compensadores podrán mantener el pH sanguíneo a un nivel compatible mientras pasa la crisis y la recuperación suele ser rápida (Dirksen, 1970).

CUADRO 2. 1. Parámetros clínicos para evaluar la gravedad de la sobrecarga de grano de los bovinos (Blood y Henderson, 1993).

Grado de la enfermedad	Respuesta a los estímulos	% deshidr atación	T° corporal	Estado del rumen y pH ruminal.
Hiperaguda	Baja respuesta, dilatación de las pupilas con lenta respuesta	8 - 12	36.5 a 38	Estasis completa pH menor de 5.0 y por lo general de 4.0
Aguda	Baja respuesta a los estímulos, pupilas ligeramente dilatadas, respuesta lenta	8 - 10	38.5 – 39.5	Distensión con liquido, estasis completa. PH ruminal entre 5.0 y 6.0.
Subaguda	Moderadamente alerta, puede comer, desea beber, pupilas normales	4 – 6 apenas detecta ble por la clínica	38.5 – 39	Distensión moderada, contracciones ruminales débiles, pH entre 5.5 y 6.5.
Leve	Alerta, come y bebe normalmente	No detecta ble por la clínica	Normal 38.5 - 39	No hay distensión abdominal notable, contracciones ruminales presentes. pH ruminal de 6.5 – 7.0

Consecuencias de acidosis

La acidosis ruminal conduce a un número de directas e indirectas consecuencias metabólicas, cualquiera de lo cual puede guiar a otras enfermedades. La acumulación de ácido láctico disminuye el pH ruminal y sanguíneo, la presión osmótica ruminal incrementa la entrada de agua y provoca hemoconcentración y disturbios en el balance electrolítico, todas estas consecuencias de acidosis producen un amplio rango de otros problemas metabólicos que a continuación se mencionan (Brent, 1976).

Laminitis

Es el resultado de una acidosis ruminal por la sobrecarga de grano. El cuerpo empuja fluidos hacia las extremidades incrementando la circulación, este suministro de sangre se dirige hacia los pies aumentando el tamaño. Este aumento es además constante, el incremento de fluido sanguíneo provoca el crecimiento de las pezuñas provocando laminitis. (Armentano y Wattiaux, 1997).

Paraqueratosis ruminal

Es descrito como un alargamiento y endurecimiento de las papilas del rumen, este alargamiento de las papilas tienden a adherirse juntas y a que se

apelmacen. La formación de estos bultos disminuyen el área de disponibilidad de absorción de nutrientes, las células epiteliales de las papilas pueden llegar a queratinizarse y esto se debe al incremento de AGV y disminución del pH ruminal. (Blood y Henderson, 1993 y Armentano, 1997).

Ruminitis y abscesos hepáticos

Aparecen como una consecuencia de la acidosis, probablemente estos abscesos son provocados por microorganismos que entran a la circulación portal, el microorganismo mas común que provoca estos abscesos es *Spherophorus necrophorus*. (Robinson *et al.*, 1951 y Jensen *et al.*, 1954). Este síndrome es provocado por las altas concentraciones de ácido láctico, la disminución del pH y la alta presión osmótica, endotoxinas bacterianas, estos factores combinados pueden provocar que el epitelio susceptible se provoque un daño mecánico provocando ruminitis y las bacterias oportunistas tomen la circulación portal y produzcan abscesos hepáticos (Brent, 1976).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la Unidad Metabólica e Investigación y en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Nutrición y Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 22 grados 22 minutos Longitud y 101 grados 00 minutos Latitud, con una altitud de 1742 msnm, La zona presenta un clima seco a semicálido con invierno fresco extremo con una temperatura media anual de 19.8 °C y una precipitación media anual de 298.3 mm (Mendoza, 1983).

Experimento 1 (Estudio de crecimiento)

Dietas experimentales

Se utilizó dietas a base de soya y sorgo entero y sorgo molido, además de otros ingredientes (Cuadro 3.1). El sorgo se ofreció al 70 por ciento del total de la dieta, y este se programó para variar la relación sorgo molido:sorgo entero en tres dietas (T1, 70:0; T2, 35:35 y T3, 0:70). Estas se elaboraron para ser isoproteicas isoenergéticas conteniendo 1.882 Mcal de ENm y 1.25 Mcal de ENg/kg de materia seca (NRC, 1985).

La cantidad total de alimento se ofreció en dos porciones durante el día (9:00 am y 5:00 pm). Esta práctica se realizó diariamente para calcular el consumo diario tomando en cuenta el alimento ofrecido menos el rechazo. Ofreciendo cada día un 10 por ciento más del alimento consumido. El agua de beber estuvo disponible a libre acceso.

Cuadro 3. 1. Dietas conteniendo sorgo entero y/o molido utilizadas en la alimentación de corderos

INGREDIENTE	T1	T 2	T 3
SORGO MOLIDO	70	35	0
SORGO ENTERO	0	35	70
SOYA	10.5	10.5	10.5
MELAZA	7.5	7.5	7.5
ALFALFA	10	10	10
PREMEZCLA ¹	2.5	2.5	2.5

¹ premezcla: carbonato de calcio, fosfato dicalcico, cloruro de sodio, sulfato de amonio, sulfato de zinc, sulfato ferroso, oxido de magnesio, sulfato de cobre, sulfato de cobalto, etilenediamina dihidroiodo (HEDI), selenito de sodio, suplemento de vitamina A, suplemento de vitamina E, monensina sodica, antioxidante Facilitada por MNA de México, S. A.

Alojamiento y manejo de los animales.

Dado que los animales provenían de agostadero. Se llevó a cabo un periodo de adaptación a la dieta y al manejo de los animales. Este periodo tuvo una duración de 20 días (cuadro 3.2) y se les ofreció la dieta a evaluar de manera

paulatina. Antes de iniciar el experimento, a los corderos de todos los tratamientos se les aplicó un desparasitante interno y externo así como vitaminas A, D, y E. Además, se identificaron con aretes numerados. Se alojaron en corraletas individuales de 2 metros de largo por 1.5 M de ancho (3.0 m²) provistas de comedero, bebedero y techadas. Esta fase de crecimiento tuvo una duración de 60 días.

Cuadro 3.2. Programa de adaptación de corderos alimentados con dietas a base de sorgo molido y/o entero

DÍAS	ALIMENTACIÓN (relación Forraje: concentrado en porcentaje)
1 – 2	Forraje 100 Concentrado 0
3 – 8	Forraje 75 Concentrado 25
9 – 14	Forraje 50 Concentrado 50
15 – 20	Forraje 25 Concentrado 75

Unidades experimentales

Se utilizaron 17 ovinos machos castrados de la raza Ramboulet x suffolk con peso vivo promedio de 20 ± 5 kilogramos y edad similar. Fueron asignados al azar en tres grupos. Designando 6 corderos que recibían la dieta 1 y 2 y 5 corderos para la dieta 3, siendo cada cordero una unidad experimental.

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 Kjeldahl, como $N \times 6.25$ (AOAC, 1997). Los carbohidratos no-estructurales (CNE) se calcularon con la siguiente ecuación (Mertens, 1997): $CNE = MS - [PC + EE + cenizas + FDN]$. Los contenidos de calcio y fósforo fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos del NRC (1985).

Pesos de los corderos

Los corderos fueron pesados al inicio de la investigación en completo ayuno y esta práctica se realizó cada 15 días a la misma hora (8:00 am) antes de servir la primer comida del día, siempre en el mismo orden, hasta el final de la prueba de crecimiento. Todo esto, con el propósito de obtener el comportamiento en peso por periodo más preciso. La ganancia diaria de peso

se calculó considerando la diferencia entre el peso inicial y el peso final, dividido entre los días de estancia.

Consumo de materia seca (MS) y eficiencia alimenticia

El consumo de materia seca se calculó como la diferencia entre la cantidad de MS del alimento ofrecido y la MS del alimento rechazado. La conversión alimenticia se calculó como el consumo diario de MS dividido entre la ganancia diaria de peso.

Determinación del pH

Al día 1, 30 y al terminar el estudio de crecimiento (día 60), se seleccionaron al azar 3 corderos de cada tratamiento. Para determinar el pH de licor ruminal obtenido de los corderos vía esófago mediante una sonda adaptada a una bomba de vacío antes de ofrecer alimento (hora 0) y 2, 4 y 8 horas después de ingerido el alimento. El pH se midió inmediatamente con un potenciómetro portátil marca Corning pH meter 3D®.

Experimento 2 (Estudio de digestibilidad *in vivo*)

Alojamiento de los corderos

Al finalizar el estudio de crecimiento, se escogieron 3 corderos al azar los cuales se ubicaron en jaulas metabólicas, adaptadas con comedero y bebedero. Cada animal provisto de bolsa para recolectar heces. Los animales fueron preparados para trabajar en un modelo reversible (Swichtback) para evaluar las tres dietas. Para lo cual durante 42 días se coleccionó muestras de alimento ofrecido, rechazado y heces fecales. Para determinar la digestibilidad de la materia seca de acuerdo a la metodología de Harris, (1970). Todas las muestras se congelaron para su posterior análisis.

Análisis de muestras

Posterior al periodo de colección de muestras, el total de alimento ofrecido y rechazado y heces se descongelaron. Las muestras de alimento y heces de cada animal por separado, se mezclaron y fueron secadas a 55° C durante 96 horas o más, hasta peso constante. Posteriormente, las muestras de alimento y heces se molieron en un molino Wiley con una malla de 1 mm. El contenido de materia seca se determinó en una estufa de aire forzado a 105° C (AOAC, 1997). Las muestras molidas de alimentos y heces se guardaron en

frascos de vidrio con tapa para determinar la digestibilidad de la MS, PC, EB, FDN, FDA y CNE. Los análisis de PC, EE, cenizas, FDA y FDN fueron determinados como se describen en el experimento1. El contenido de energía bruta (EB) de las muestras de alimentos ofrecido, rechazado y heces fue determinado usando una bomba calorimétrica adiabática Parr. El porcentaje de energía digestible (ED) se obtuvo aplicando la siguiente ecuación (Harris, 1970):

$$ED = EB \text{ consumida} - EB \text{ en heces} / EB \text{ consumida} \times 100.$$

Diseño Experimental

Para analizar los resultados de campo de la prueba de comportamiento se utilizó un análisis de covarianza mediante un diseño completamente al azar de 3 tratamientos con diferente numero de repeticiones 6 para las dietas uno y dos, 5 para la dieta tres, cada uno representando una unidad experimental.

Para el análisis del pH de liquido ruminal se utilizo el diseño completamente al azar de tres tratamientos con 3 animales/dieta cada uno representando una unidad experimental y los datos obtenidos se analizaron mediante el uso de polinomios ortogonales, para determinar si el efecto de las dietas fue lineal o cuadrático en las horas de medición y el tiempo de medición del pH del liquido ruminal.

Para la digestibilidad *in vivo* se realizó el modelo reversible analizándose los datos con un diseño completamente al azar y los datos obtenidos se analizaron mediante el uso de polinomios ortogonales, para determinar si el efecto de las dietas fue lineal o cuadrático (Steele y Torrie, 1980).

En caso de significancia entre los tratamientos de los análisis, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($P < 0.05$) (Cochran y Cox, 1981).

RESULTADOS

Experimento 1 (Prueba de comportamiento productivo).

Consumo diario de materia seca.

Al realizar el análisis estadístico del consumo diario de materia seca, se tomó como covariable el peso inicial, este tuvo efecto estadístico ($P < 0.05$) sobre el consumo de alimento en base a materia seca, entre los días del 0 al 30 y 31 al 60, así como en todo el periodo experimental que fue de 0 a 60 días; pero el consumo de alimento no fue afectado ($P > 0.05$) entre las dietas. Solamente se observó diferencia significativa en el consumo de alimento entre los días del 31 al 60 con valores de 1006, 1164 y 1085 gramos diarios para los T1, T2 y T3 respectivamente (cuadro 4.1).

Ganancia de peso diario

La ganancia de peso diario no se vió afectado estadísticamente por la covariable (peso inicial), así como tampoco hubo efecto alguno ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 4.1).

Eficiencia alimenticia

El peso inicial, utilizado como covariable, no afectó la eficiencia alimenticia. De igual manera, no se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) entre las dietas en la eficiencia alimenticia en todo el periodo experimental (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Comportamiento productivo de borregos alimentados con dietas a base de grano de sorgo entero y/o molido.

	T1	T2	T3	EE	P
Peso inicial (kg)	25.792	25.492	26.900	5.66	0.612
Peso final (kg)	37.750	38.750	40.280	9.30	0.577
0-30 días					
Consumo de MS (g/d)	961.95	976.14	1051.78	1152.13	0.618
Ganancia de peso (g/d)	212.00	248.50	258.00	1612.00	0.196
Conversión alimenticia (g/g)	4.53	3.99	3.86	0.74	0.368
31-60 días					
Consumo de MS (g/d)	1006.00 _b	1169.00 _a	1085.00 _a	1056.26	0.048
Ganancia de peso (g/d)	186.00	193.66	222.00	0.0055	0.740
Conversión alimenticia (g/g)	5.28	5.96	4.88	3.98	0.807
0-60 días					
Consumo de MS (g/d)	981.28	1062.73	1078.05	5596.05	0.141
Ganancia de peso (g/d)	199.00	221.00	242.00	884.84	0.138
Conversión alimenticia (g/g)	4.96	4.80	4.45	0.700	0.520

Literales diferentes en la misma fila muestra diferencia estadística ($p < 0.05$) T1= 70% sorgo molido, T2= 35% sorgo molido, 35% sorgo entero, T3= 70% sorgo entero.

Estado de salud

Durante los 60 días del periodo experimental en la fase de comportamiento productivo pudo observarse que en T1, la presencia de diarreas se presentaba mas frecuentemente que en los otras dos tratamientos (T2 y T3). Por lo general se presentaba en tres y cuatro animales, solamente un ovino presentó atonia ruminal. En los registros de temperatura corporal, esta oscilaba entre los rangos normales de 38.0 a 39.0 °C (la temperatura corporal se midió solamente a aquellos animales que presentaron signos patológicos de una probable acidosis ruminal). Estos signos clínicos se estuvieron presentando a lo largo de los 60 días que estuvieron en la prueba de comportamiento. Mientras que los animales que consumían de la dieta del tratamiento 2 la frecuencia de diarrea solamente se presento en un animal pero esta muy leve y poco frecuente. Su temperatura corporal se mantuvo normal y presentaba movimientos ruminales. En los animales que consumieron de la dieta del tratamiento 3 no se presento ningún signo patológico que indujera a una probable acidosis ruminal.

pH Ruminal.

Al realizar las mediciones del pH ruminal (cuadro 4.2) no se observó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tres tratamientos evaluados a las diferentes horas antes y después de comer (0,2,4 y 8 horas).

Por otro lado, los días que se midió el pH ruminal a lo largo del periodo experimental, no se observó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos los días 1, 30 y 60 días, (cuadro 4.3 y 4.4).

Cuadro 4.2. pH ruminal de corderos alimentados con dietas conteniendo sorgo entero y/o molido tomado antes y después del consumo de alimento (0, 2, 4 y 8 horas)

HORAS DE MEDICIÓN	T 1	T 2	T 3	PROM
0	7.17	7.10	6.88	7.05
2	6.36	6.32	6.50	6.39
4	6.49	6.47	6.43	6.46
8	6.84	6.91	6.78	6.84
Prom	6.72	6.70	6.65	6.69

Literales diferentes en la misma fila muestran diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Cuadro 4.3. pH ruminal tomado los días 1, 30 y 60 a corderos alimentados con dietas conteniendo sorgo entero y/o molido.

TRATAMIENTOS	T 1	T 2	T 3	PROM
Día 1	6.58	6.25	6.60	6.47
Día 30	6.84	7.11	7.03	6.99
Día 60	6.72	6.75	6.32	6.59
PROM	6.71	6.70	6.65	

Literales diferentes en la misma fila se observa diferencia estadística ($P < 0.05$).

Cuadro 4.4. pH ruminal de corderos alimentados con dietas conteniendo sorgo entero y/o molido tomado a 0, 2, 4, 8 horas durante los días 1, 30 y 60 del periodo experimental.

Toma de muestra (Días)

Horas de Medición	1			30			60		
	T1	T2	T3	T1	t2	T3	T1	T2	T3
0	7.03	6.54	6.89	7.09	7.40	6.83	7.39	7.37	6.92
2	6.35	5.95	6.51	6.56	6.53	6.98	6.18	6.48	6.01
4	6.40	6.15	6.52	6.57	7.05	6.91	6.50	6.23	5.86
8	6.54	6.35	6.47	7.18	7.45	7.39	6.81	6.91	6.48

literales diferentes existe diferencia estadística ($P < 0.05$) T1, 70% sorgo molido; T2, 35% sorgo molido 35% sorgo entero y T3 70% sorgo entero

Experimento 2 (Digestibilidad *in vivo*)

Al analizar los resultados de la prueba metabólica (digestibilidad aparente) no se encontró efecto del de sorgo entero sobre la digestibilidad aparente de la MS, PC y ED. Sin embargo la digestibilidad aparente de los CNE, FDN y FDA se encontró efecto significativo ($P < 0.05$) en el nivel de inclusión del sorgo entero (cuadro 4.5).

Al realizar la comparación de medias en una prueba de polinomios ortogonales sobre la cantidad de sorgo entero en la dieta, se observó una tendencia lineal ($P < 0.05$) sobre la digestibilidad de la FDN y FDA, mientras que para la digestibilidad de los CNE se encontró una tendencia cuadrática (figura 4.1).

La digestibilidad de la FDN fue mayor ($P < 0.05$) en los borregos que consumieron la ración del T2 y T3 con valores de 34.91, 49.39 por ciento respectivamente, en comparación con la digestibilidad (25.58 por ciento) de los borregos consumiendo la dieta del T1 (sorgo molido). Conforme se incremento el nivel de sorgo entero en la dieta, aumento la digestibilidad de la FDN (cuadro 8) y se observa una tendencia lineal. En la figura 1 se presenta la relación entre el nivel de inclusión de sorgo entero y la digestibilidad de la FDN de los

corderos consumiendo varios niveles de sorgo entero. La digestibilidad de la FDN se pudo predecir ($r^2 = 0.959$; $P < 0.05$) a partir del nivel de inclusión del sorgo entero con la siguiente ecuación de predicción: $\hat{Y} = 27.61 + 0.2772x$.

Cuadro 4.5. Digestibilidad in vivo aparente de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía digestible (ED) de dietas conteniendo sorgo entero y/o molido.

VARIABLE (%)	T1	T2	T3
DIVMS	58.02	62.01	67.32
DIVPC	52.30	50.61	44.35
DIVFDA	17.75 _c	28.61 _b	34.17 _a
DIVFDN	28.58 _b	34.91 _b	48.39 _a
DIVCNE	76.44 _c	95.14 _a	87.57 _b
ED	58.98	63.00	64.25

Literales diferentes en la misma fila muestra diferencia estadística ($p < 0.05$) D1= 70% sorgo molido, D2= 35% sorgo molido, 35% sorgo entero, D3= 70% sorgo entero.

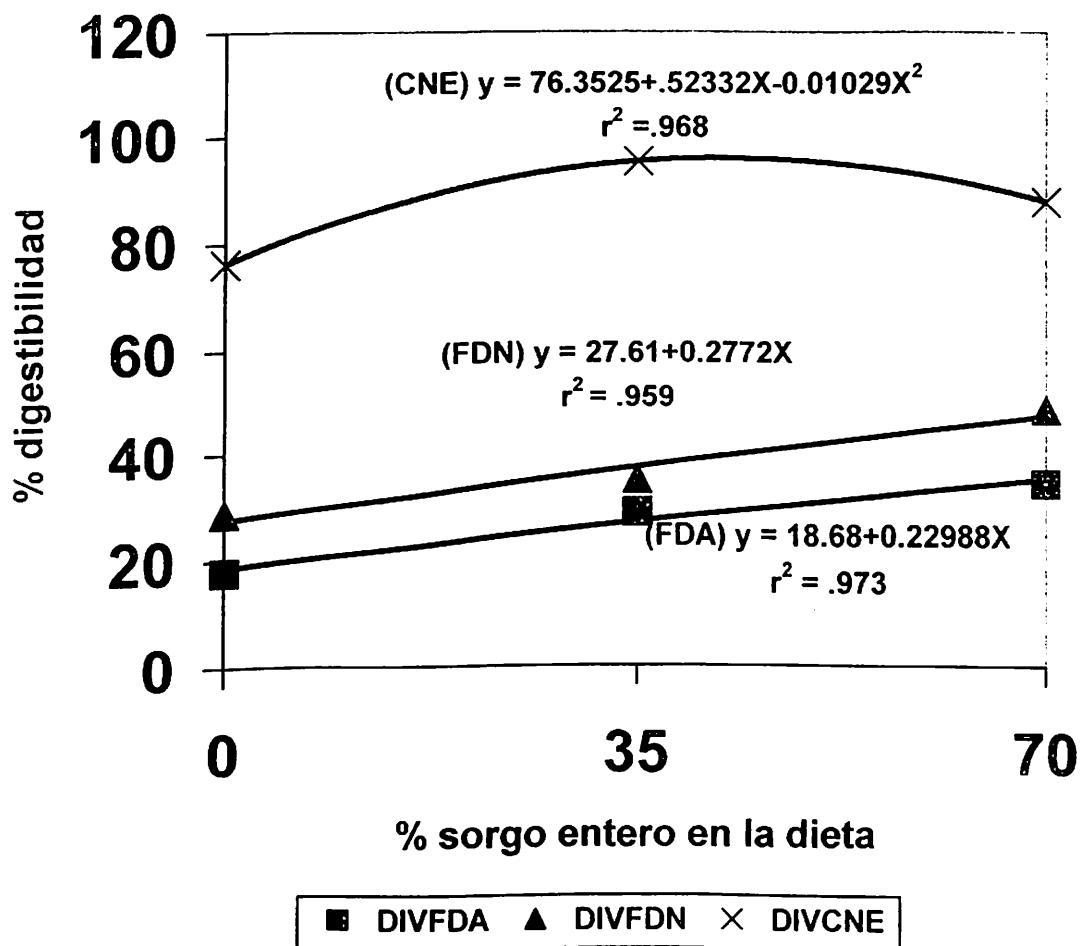


Figura 4.1. Superficie de respuesta de la digestibilidad de la fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y carbohidratos no estructurales (CNE), en dietas conteniendo grano de sorgo entero.

La figura 4.1 y el cuadro 4.5 muestran el coeficiente de digestibilidad de la FDA, la cual se incremento linealmente ($P < 0.05$) al aumentar el contenido de sorgo entero en la dieta. con valores de 17.75, 28.61 y 34.17 por ciento para los respectivos tratamiento, lo cual nos indica una tendencia lineal. Con la siguiente ecuación encontrada al realizar la comparación de medias, se puede predecir ($r^2 = 0.973$; $P > 0.05$) la digestibilidad de la FDA a partir del nivel de inclusión de sorgo entero en la dieta: $\hat{Y} = 18.68 + 0.22988x$.

En el cuadro 4.5 se observa el nivel del sorgo entero sobre la digestibilidad de los CNE. El porcentaje de digestibilidad de los CNE fue afectado por el nivel de inclusión de sorgo entero en la dieta con valores de 76.4, 95.1 y 87.6 por ciento para los tratamiento 1, 2 y 3 respectivamente. Encontrando que la inclusión del grano de sorgo entero en la dieta (T2) tiene el mayor coeficiente de digestibilidad de los CNE. La ecuación de predicción indica una tendencia cuadrática para predecir la digestibilidad de los CNE a partir del nivel de sorgo entero en la dieta (figura 4.1, cuadro 4.5).

DISCUSIÓN

Comportamiento productivo

Para el análisis del comportamiento productivo se realizó una prueba de covarianza debido a que el peso inicial de los ovinos era muy variada al iniciar la prueba de comportamiento.

Consumo de materia seca

La covariable (peso inicial) afectó considerablemente la cantidad de consumo de alimento en materia seca, pero no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos conteniendo 0, 35 y 70 por ciento de grano de sorgo entero, encontrándose en todo el periodo experimental (0 a 60 días) 981.28, 1062.73 y 1078.05 g/d respectivamente para cada una de las dietas. De igual manera el consumo de materia seca para el periodo del 0 a 30 días no se encontró efecto y se comportó de manera similar a los resultados anteriores. Sin embargo, un consumo mayor se observó en los animales consumiendo la dieta que contenía el grano de sorgo entero. En el periodo de 31 a 60 días hubo un efecto significativo ($P < 0.05$) y los consumos de materia seca fueron mayores

en la dieta dos y tres. Sin embargo, para la dieta uno el consumo siguió siendo menor. Durante todo el periodo experimental pudo observarse que el menor consumo se presentó en la dieta conteniendo grano de sorgo molido (T1) y este aumentó en los animales consumiendo la dieta conteniendo grano de sorgo entero. Esto coincide con las evaluaciones realizadas de Orskov (1974) y Mancilla *et al.* (1995) quienes utilizaron el grano de cereal obteniendo muy buenos resultados, en los cuales el consumo de alimento aumentó y/o fue mas alto que en aquellos en los que el cereal había llevado algún procesamiento. En un estudio donde se comparó maíz entero y molido, (Hejazi *et al.*, 1999) reportaron un mayor consumo para corderos alimentados con grano de maíz entero. Preston y Willis (1974) también afirman que el consumo de materia seca en el ganado se disminuye con la molienda de los granos. Por otro lado, Oviedo (2002) obtiene efectos diferentes a los de este trabajo y de los investigadores que anteceden. Ya que en su reporte de investigación al utilizar grano de sorgo entero y molido, conforme se aumentó el grano entero en la dieta el consumo disminuyó de 1099 a 951g/día, siendo estos valores estadísticamente diferentes. Fimbres, (2000) al utilizar raciones con varios niveles (0, 10, 20 y 30 por ciento) de heno de zacate. Los consumos de materia seca (MS) aumentaron linealmente ($P < 0.01$) conforme aumentó el contenido de forraje en la ración. Está comprobado que el nivel de energía afecta el consumo de MS. En base a esto, Baumgardt (1974) menciona que los ovinos regulan su consumo de alimento dependiendo de la concentración de energía digestible de la dieta. Dietas con baja concentración de energía digestible serán mayormente consumidas que las dietas de alta concentración de energía digestible. Sin

embargo, en esta investigación tres dietas eran isoenergéticas, por lo cual se deduce que el alto y/o bajo consumo se puede atribuir al procesamiento del grano. Arciga y Gómez (1991) reportan una disminución en el consumo de materia seca de dietas conteniendo sorgo entero al 88 por ciento de inclusión.

En lo que respecta a la eficiencia alimenticia y ganancia de peso diario, no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) siendo iguales para las tres dietas. Sin embargo, en todo el periodo experimental (60 días) la dieta conteniendo solo grano de sorgo entero presentó la mejor (242 g) ganancia de peso diario y fue más eficiente con 4.45 g/g de alimento por incremento de peso. Siendo inferiores (199 y 221 g) y menos eficientes (4.96 y 4.80 g/g) dietas correspondientes al T1 y T2 respectivamente. El resultado de las dos etapas de 0 a 30 y 31 a 60 días son similares a la etapa antes discutida. El procesamiento del grano mejora la utilización de la dieta por el animal. Church (1977) menciona una mejora en la producción y eficiencia productiva cuando se utiliza cereal molido, quebrado, rolado y/o hojueleado. De igual manera, Oviedo (2002) al utilizar diferentes proporciones de sorgo molido:entero en dietas para ovinos, encontró un mejor incremento de peso y eficiencia alimenticia en los animales consumiendo el sorgo molido. Los resultados anteriormente mencionados son diferentes a los resultados obtenidos en este trabajo. Otros investigadores como Orskov *et al.* (1974) obtuvieron mejora en el comportamiento de los animales al utilizar grano de cereal entero en la alimentación de ovejas. Similar efecto reportan Hejazi *et al.* (1999) al encontrar una mayor ganancia de peso al utilizar dietas conteniendo maíz entero y compararlas con dietas conteniendo maíz

molido y peletizado. Concluyen estos autores, que la molienda de granos con raciones altas en energía, no mejora el desempeño en consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de los animales, y que la inclusión de alguna fuente de fibra puede mejorar el consumo y la ganancia diaria en comparación con raciones altas en concentrado que no contienen fibra, aunque esta esté molida y/o peletizada. De igual manera, (Gutiérrez y Lara 1995, Mancilla *et al.*, 1995 y Hanke y Jordan, 1974) demuestran todos ellos, que la utilización del grano de cereal entero mejora la productividad en pequeños rumiantes, sin tener ningún problema metabólico como la acidosis. Ya que el ovino tiene la capacidad de masticar mejor el grano entero, lo que provoca la rumia y estimula la producción de saliva y mejor utilización del alimento. Tal vez, el uso del cereal procesado sea mejor para bovinos, que necesita estrictamente que el cereal este procesado. Stanton y Swanson (1992) y Arciga y Gómez (1991) también encontraron una mejor ganancia de peso diario y la eficiencia alimenticia se ve afectada en cuanto que esta se disminuye al alimentar ovinos con grano de sorgo entero al 75 por ciento en la dieta. Castellanos *et al.* (2001) también encontraron esta diferencia al alimentar borregos con dietas conteniendo grano de sorgo entero al 80 y 60 por ciento y además, mejora la eficiencia de utilización.

Efecto sobre el pH ruminal

El pH ruminal entre los tratamientos no fue diferente. Tampoco se encontró diferencia entre las horas en que se ofreció la dieta (0, 2, 4 8 horas)

post ingestión del alimento. Se observó un descenso del grado de acidez a las 2 horas después de ingerir el alimento, esto sucedió en las dietas 1 y 2, mientras que en la dieta 3 el menor pH se encontró entre las 2 y 4 horas. Quizás, estos resultados son el efecto de la dieta forraje:concentrado (10:90). Además de los diferentes niveles de grano de sorgo entero en la dieta, esta contenía 10 % de heno de alfalfa molido. Cabe mencionar que los valores más cercanos a pH 7.0, se encontraron a las 8 horas postingestión. Aquí, el pH ascendió a 6.84, 6.91 y 6.78 para las dietas de los T1, T2 y 3 respectivamente. Similares a las tomadas a las 0 horas (antes de la ingestión de alimentos). La toma de muestra de líquido ruminal para la determinación del pH a las 0 horas y 8 horas posterior a la ingestión de alimentos deben ser por lógica muy similares, esto se presentó en este trabajo. Encontrando lo que comprobaron Dukes y Swenson (1981), una vez ingerido el alimento, el pH del licor ruminal tiende a volverse ácido. El comportamiento del pH ruminal que se observó en esta investigación coincide con los datos obtenidos por Uhart y Carrol (1967) al ofrecer una dieta 10:90 forraje:concentrado utilizando sorgo rolado. La tendencia del pH ruminal fue similar a los datos obtenidos en esta investigación. Estos investigadores encontraron que el valor del pH descendió después de ingerir el alimento y conforme se incrementó el tiempo pos-ingestión este fue incrementando. El menor pH reportado por estos investigadores fue de 4.81. Lo que provocó una acidosis ruminal aguda a efecto del grano de sorgo procesado. Esta situación no significativa de este trabajo, coincide con Putnam *et al.* (1966) al ofrecer maíz molido en sus dietas, ellos no encontraron efecto. Streeter *et al.* (1990) al utilizar dietas con cuatro variedades de sorgo entero a una concentración de

85:15 concentrado-forraje. En este caso el pH fue de 6.00 a efecto de la inclusión del sorgo entero y el forraje, este valor no se considera como acidótico, ya que se sitúan por encima del límite mínimo de 5.6 que se considera pueda presentar una acidosis ruminal (Davis *et al.*, 1964, Cooper *et al.*, 1999 y Owens *et al.*, 1998). Además, las raciones a excepción del testigo, contenían mínimo 35 por ciento de grano de sorgo entero y 10 por ciento de heno de alfalfa, lo que pudo haber estimulado la rumia y por lo tanto la producción de saliva, y esto ayudó a amortiguar el pH en el rumen. Fulton *et al.* (1979b) utilizaron la misma concentración que la utilizada en esta investigación, pero empleando el trigo como cereal. El pH ruminal descendió bruscamente y más rápido, que en los resultados que reportamos en esta investigación donde nunca se obtuvo un valor de pH menor de 5.86. Esta situación se presenta por la presencia del grano de trigo ya que este cereal es mucho más fermentable que el grano de sorgo. El tipo de procesamiento del grano, -aunque en esta investigación no afectó- los datos encontrados indican que el sorgo molido (T1) y la combinación del sorgo entero y molido (T2); el pH ruminal descendió más a las 2 horas (6.36 y 6.32 respectivamente) que en la dieta ofrecida a los animales conteniendo solo sorgo entero. En la cual el pH se mantuvo respectivamente mínimo a pH 6.50, a las dos horas y pH 6.43 a las 4 horas postingestión. Reportes de Orskov *et al.* (1974), al utilizar grano de cereal entero, la acidez ruminal no descendió drásticamente y el resultado fue similar a los obtenidos en esta investigación. Sin embargo los resultados aquí obtenidos no concuerdan con los encontrados por Bond (1959), Dunlop (1961), Ryan (1963) y Turner y Hodgetts (1949) quienes demostraron que cuando se

engordan animales ya sea grande o pequeño rumiante, con dietas altas en concentrado el pH puede descender a 4.00 y provocar acidosis ruminal, pero este acontecimiento generalmente puede ocurrir con el tipo de grano que se este ofreciendo y por el proceso de este ya que dietas altamente concentradas y en el que el grano a sido procesado como molido, peletizado u hojueleado, puede existir mayor fermentación y disminuir la capacidad buffer de la saliva, que en una dieta altamente concentrada pero que el grano se ha ofrecido entero. Con estas dietas conteniendo grano de cereal entero, los ovinos realizan una mayor masticación del grano para quebrarlo, lo que estimula a producir mayor cantidad de saliva, lo que provoca a mantener un efecto buffer para así neutralizar los ácidos que se producen en el rumen. Investigación realizada por Pérez (2000) menciona que el pH ruminal de ovinos alimentados con grano entero de sorgo a un nivel de 75 por ciento tuvieron mayor tiempo de rumia, presentando un pH de 6.9; pero al incrementar el porcentaje de sorgo molido en la dieta, el pH se disminuyó hasta 6.3.

Digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y energía digestible no fue afectada por el nivel de inclusión del grano de sorgo entero en la dieta. Sin embargo, en la FDN, FDA y CNE se encontró efecto entre las dietas, siendo en T3 el que obtuvo mayor digestibilidad de la FDN y FDA y la dieta del T2 la que obtuvo mayor digestibilidad en los CNE.

Se encontró una tendencia lineal en la digestibilidad de la FDN y FDA; es decir, al incrementar el nivel de grano de sorgo entero en la dieta se obtiene una mayor digestibilidad de la FDN y FDA. Los CNE, al ser evaluados a través de la digestibilidad, la superficie de respuesta nos indica una ecuación con una tendencia cuadrática. Siendo el nivel de inclusión del T3 de los valores observados, el que manifiesta ser el mejor porcentaje de digestibilidad.

Los resultados de este trabajo tienen similitud con los resultados obtenidos por Susin *et al.* (1995b) quien uso el grano de maíz entero y molido y concluyó que el grano de maíz entero presentaba mayor digestibilidad que el molido. Mientras que Orskov *et al.* (1974) al evaluar cuatro distintos cereales en grano concluyeron que la digestibilidad del cereal en grano fue mayor que la digestibilidad del cereal procesado en pélet. En la digestibilidad de la fibra ácido detergente Valdez y Barajas (1998) encontraron mejor digestibilidad en las dietas conteniendo el grano entero de sorgo que en el cereal molido.

En lo que respecta a la digestibilidad del grano de sorgo los resultados obtenidos no coinciden con lo expuesto por Rooney (1997) y Karralazos *et al.* (1992) quienes comprobaron que el grano entero de cereal tiene menos digestibilidad que el grano procesado. Sin embargo, la menor retención de fibra en rumen debido al procesamiento del grano, no permite una digestión microbiana más eficiente. Hale (1973) concluyó que raciones altas en concentrado, deficientes en fibra o con fibra altamente procesada, han sido asociadas con desórdenes metabólicos como acidosis y abscesos en el hígado.

CONCLUSIONES

El uso de grano entero de sorgo en dietas concentradas para ovinos de engorda en corral no afecta su comportamiento productivo (consumo, ganancia de peso, eficiencia alimenticia)

El uso de grano entero de sorgo en dietas concentradas para ovino no afecta los valores del pH ruminal

El uso de grano entero de sorgo en dietas concentradas para ovino de engorda en corral no afecta la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía digestible contra el uso de grano de sorgo molido.

El uso de grano entero de sorgo en dietas concentradas para ovino de engorda en corral mejora la digestibilidad de la fibra detergente ácido y fibra detergente neutra de forma lineal a un porcentaje de 75 por ciento de inclusión en la dieta. Mientras que la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales se mejora a un porcentaje de 35 por ciento de sorgo entero y 35 por ciento de sorgo molido en la dieta.

RESUMEN

Se evaluaron 3 diferentes dietas conteniendo: la dieta 1 70 por ciento de sorgo molido, la dieta 2 35 por ciento sorgo molido y sorgo entero y la dieta 3 70 por ciento sorgo entero. Para ovinos en crecimiento. La evaluación de las dietas se llevó a cabo mediante un estudio de crecimiento (comportamiento productivo) y una digestibilidad *in vivo*. En el experimento 1, de crecimiento, se utilizaron 18 ovinos machos castrados de un peso de 20 a 25 kilogramos, que se alojaron al azar en corraletas individuales, utilizándose 6 borregos por tratamientos para la dieta 1 y 2 mientras que en la dieta 3 se utilizaron 5 unidades experimentales. En esta fase se determinó el consumo diario, ganancia de peso diario y eficiencia alimenticia, además se midió el pH ruminal a diferentes a diferentes horas (0, 2, 4 y 8 horas) antes y después de comer durante los días 1, 30 y 60 del periodo experimental, el pH se determino con un potenciómetro portátil.

En el experimento 2 (digestibilidad *in vivo*) se realizo digestibilidades *in vivo* de las dietas utilizándose 3 ovinos machos provistos de bolsas recolectoras de heces y alojados de manera individual en jaulas metabólicas. El alimento ofrecido y el rechazado se pesaron para estimar el consumo de alimento. De

igual manera este alimento, el rechazo y la heces fecales fueron cuantificadas diariamente. Se determinó la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, carbohidratos no estructurales y el porcentaje de la energía digestible

Para analizar los resultados de campo de la fase metabólica se utilizó el modelo reversible analizándose los datos con un diseño completamente al azar, para analizar los resultados de campo de la fase de comportamiento productivo se utilizó un análisis de covarianza (peso inicial) mediante un diseño completamente al azar de tres tratamientos con 6 animales/ tratamiento. En caso de significancia entre los tratamientos de los análisis, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($P < 0.05$),

En la fase de crecimiento, el consumo de alimento, la ganancia de peso diario y la eficiencia alimenticia no presentaron diferencia significativa. Sin embargo solamente se encontró efecto del peso inicial sobre el consumo de alimento diario durante los sesenta días, solamente se encontró diferencia significativa en el consumo de materia seca ($P < 0.05$) durante el periodo de 31 a 60 días encontrándose un mayor consumo de materia seca en los tratamientos 2 y 3 a diferencia del tratamiento 1.

En la fase de digestibilidad *in vivo*, se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la digestibilidad *in vivo* de la FDA, FDN y CNE, encontrándose una mejor digestibilidad en el tratamiento con sorgo entero para la digestibilidad

in vivo de la FDA y FDN mientras que para la digestibilidad *in vivo* de los CNE el tratamiento 2 fue mejor. Se encontró una tendencia lineal en la digestibilidad de la FDA y FDN y una tendencia cuadrática en la digestibilidad de los CNE. No se encontró efecto significativo en la digestibilidad *in vivo* de la MS, PC y la energía digestible.

Una vez analizados los resultados se concluyó que el uso de grano entero de sorgo en dietas concentradas para ovinos de engorda en corral no afecta su comportamiento productivo (consumo, ganancia de peso, eficiencia alimenticia), previene y evita la acidosis ruminal, ya que un cuadro de acidosis ruminal aguda se observa cuando los valores del pH ruminal están por debajo de 6.0. no se afecta la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía digestible contra el uso de grano de sorgo molido. Se mejora la digestibilidad de la fibra detergente ácido y fibra detergente neutra de forma lineal a un porcentaje de 75 por ciento de inclusión en la dieta. mientras que la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales se mejora a un porcentaje de 35 por ciento de sorgo entero y 35 por ciento de sorgo molido en la dieta.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 16 th. Ed. Arlington, USA.
- Annison, E. y D Lewis. 1966. Metabolismo del Rumen, Editorial Uteha, México.
- Arciga, C. S. y A. Gómez. 1991. Estrategias de utilización de rastrojo de maíz y grano de sorgo en la alimentación del borrego de pelo. Tesis profesional. Depto. De Zootecnia. UACH. Chapingo, Edo.de México. México.
- Armentano, L. E. 1997. Rumen Function and Digestive Disorders. Babcock dairy Essentials. <http://babcock.cals.wisc.edu>.
- Armentano, L. E. y M. A. Wattiaux. 1997. Carbohydrates metabolism in dairy cow. Nutrition and Feeding.1-5 Babcockdairyessentials. <http://babcock.cals.wisc.edu>
- Baile, C. A. y J. M. Forbes. 1974. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiol. Rev.* 54:160-214
- Baumgardt, B. R. 1974. Food intake, energy balance and homeostasis. En *The Control of Metabolism* (ed. J.D. Sink) pp 88 – 112. Pennsylvania State University Press, University Park.
- Bigham, M. L., W. R. McManus y G. B. Edwards. 1973. Whole wheat grain feeding of lambs. *Aust. J. agric. Res.* 24, 425 – 438
- Blood, D. C y Henderson J. A. 1993. *Medicina Veterinaria*. Editorial Interamericana. México, D.F. vol 1: 171-178 pp
- Brent, B. E. 1976. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. *J. Anim. Sci.* 43: 930 - 935.
- Bond, H. E. 1959. A study on the pathogenesis of acute acid ingestion in the sheep. Cornell University Ithaca, New York.

- Bukila, B., J. R. Seoane., J. Bernier. 1995. Effect of dietary hydroxides on intake, digestion, rumen fermentation and acid-base balance in sheep fed a high-barley diet. *Can. Journal. Anim. Sci* 75: 359 – 369
- Castellanos, R. A., L. G. Llamas y A. S. Shimada, 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología 1ª edición. Publicado por el sistema de educación continua en Producción Animal en México, A.C. México.
- Castellanos, R., R. Gómez y J. Hernández. 2001. Evaluación del crecimiento de borrego pelibuey alimentado con niveles crecientes de energía en la dieta. www.e-campo.com.
- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1981. Diseños Experimentales. Editorial Trillas. 661 p.
- Cooper, R. J., T. J. Klofenstein, R. A. Stock, C. T. Milton, D. W. Herold and J. C. Parrot. 1999. Effects of imposed feed intake variation on acidosis and performance of finishing steers. *J. Anim. Sci.* 77:1093.
- Counotte, G. H. M., A. Th Vant Klooster., J. Van der Krullen y R. A. Prints. 1979. An analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 49:(6) 1536-1544.
- Church, D. C. 1977. *Livestock Feeds and Feeding*. Third ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Church, D. C. 1980. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminant*. 3ª edición vol 1
- Davis, C. L., R. E. Brown y 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
- Dirksen, G. 1970. Acidosis. Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Proceedings of third international symposium Cambridge, England. pag 612- 629.
- Dukes, H. H. y M. J. Swenson. 1981. *Fisiología de los Animales Domésticos*. Ed Interamericana.
- Dunlop, R. H. 1961. A study of factors related to the functional impairment resultant to the functional impairment resulting from loading the rumen of cattle with high carbohydrates feeds. University of Minnesota, St. Paul.
- Dunlop, R.H. 1972. Pathogenesis of ruminant lactic acidosis. *Advant. Vet. Sci. Comp. Med.* 16:259.

- Elam, C. J. 1976. Acidosis in feedlot cattle: practical observations. *J. Anim. Sci* 43:898-901.
- Fimbres, H. 2000. Efecto del nivel de fibra en la ración de corderos de engorda, sobre el desempeño, digestibilidad y parámetros ruminales. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Fulton, W. R., T. J. Klopfenstein y R. A. Britton. 1979a. Adaptation to high concentrate diets by beef cattle. I Adaptation to corn and wheat diets. *J. Anim.Sci* 49: 775 -84.
- Fulton, W. R., T. J. Klopfenstein y R. A. Britton. 1979b. Adaptation to high concentrate diets by beef cattle. II Effect of ruminal pH alteration on rumen fermentation and voluntary intake of wheat diets. *J. Anim. Sci.* 49: 785 – 89.
- Goad, D. W., C. L. Goad y T. G. Nagaraja. 1998. Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in Steers. *J. Anim. Sci.* 76: 234 - 241.
- Goering, H. K. y P. J. Van Soest. 1975. Forage fiber analysis. *Agriculture Handbook N° 379*, Agricultural Research Service, United State Department of Agriculture. USA.
- Gutiérrez, Y. A., y J. Lara. 1995. Evaluación de una prueba de engorda para finalización entre corderos pelibuey y cruce pelibuey-suffolk. En VIII Congreso nación de producción Ovina. Pp 68 – 71. Chapingo, Méx.
- Hale, W. H. 1973. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *J. Anim. Sci.* 37:1075.
- Hanke, H. E. y R. M. Jordan. 1963. Comparison of lamb feed shelled corn and whole or pelleted barley of different bushel weights. *J. Anim. Sci.* 22:1097.
- Harris, L. E. 1970. Nutrition Research techniques for domestic and Wild Animals. Volumen 1. An International Record system and Procedures for Analyzing Samples. Logan, Utah.
- Hejazi, S., F. L. Fluharty, J. E. Perley, S.C. Loerch and G. D. Lowe. 1999. Effects of corn processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility and nitrogen metabolism in lambs. *J. Anim.Sci* 77:507.

- Hervey, G. R. 1975. The problem of energy balance in the light of control theory. En Neural integration of physiological mechanisms and behavior (ed. G.J. Mogenson and F.R. Calaresu) pp 109 – 27 Toronto University press, Toronto.
- Huber, H. T. 1976. Physiological effect of acidosis on feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 43: 902 - 909.
- Ishler, V. A., R. S. Adams, A. J. Heinrichs y G. A. Varga. 1994. Concentrate for Dairy cattle. Dairy and Animal Science. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. www.das.psu.edu/teamdairy/
- Jensen, R., H. M. Deane., L. J. Cooper., V. A. Miller y W. R. Graham. 1954. The ruminitis-liver abscess complex in beef cattle. *Amer. J. Vet. Res.* 15:202.
- Karralagos, A., D. Dotas y J. Bikos. 1992. Note on the apparent digestibility and nutritive value of whole cottonseed given to sheep. *Animal Production* 55: 285 – 287.
- Krehbiel, C. R., R. A. Stock., D. H. Shain., C. J. Richards., G. A. Ham., R.A. McCoy., T. J. Klopfenstein., R. A. Britton y R. P. Huffman. 1995. Effect of level and type of fat on subacute acidosis in cattle fed dry-rolled corn finishing diets. *J. Anim. Sci* 73: 2438 – 2446.
- Manual Merk, de Medicina Veterinaria 1992. 4ª edición. México.
- Mancilla, D. I., C. M. A. Ochoa y M. J. Urrutia. 1995. Corderos destetados precozmente alimentados con grano entero. 5° Congreso Nacional de Producción Ovina. Monterrey N.L. 78 – 81.
- Mathison., G.W. y D.F. Engstrom. 1995. Ad libitum versus restricted feeding of barley and corn based feedlot diets. *Canadian Journal of Animal Science.* 75:637-40
- Maynard, L. A., J. K. Losli., H. G. Hintz., y R.G. Warner. 1983 *Nutrición Animal*, Mc.Graw-hill, Mexico.
- McBurney, M. L., P. J. Van Soest y L. E. Chase. 1983, Cation exchange capacity of various feedstuffs in ruminant rations. *Proc. Cornell Nutr. Conf* 16 - 23.
- Mendoza, J. M. 1983, Boletín agrometeorológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Editorial UAAAN. Saltillo Coah.

- Mir, P. S. y Z. Mir. 1993. Growth of and digestibility by sheep fed diets comprising mixtures of grass and legume hay compared with those fed high-grain diets. *Can. J. Anim. Sci.* 73: 101 - 107
- Murphy, T. A., S. C. Loerch y F. E. Smith. 1994. Effects of feeding high-concentrate diets at restricted intakes on digestibility and nitrogen metabolism in growing lambs. *J. Anim. Sci.* 72:1583 – 1590.
- NRC. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep* (5th Ed.). National Academy Press, Washington D.C.
- Orskov, E. R., C. Fraser y J. G. Gordon. 1974. Effect of processing cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time and firmness of subcutaneous fat in lambs. *Br. J. Nutr.* 32:59.
- Orskov, E. R. y J. F. D. Freenhalgh. 1977. Alkali treatment as a method of processing whole grain for cattle, *J. agric. Sci., Camb* 89: 253-5
- 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 de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Owens, F. N., D. S. Secrist., W. J. Hill y D. R. Gill. 1998. Acidosis in Cattle: A Review *J. Anim. Sci.* 76:275 - 286.
- Perez R. 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 licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Preston, T. R. y M. B. Willis. 1974. *Intensive Beef production*. 2nd ed Pergamon press, Oxford.
- Putnam P. A., D. A. Yarns y R. E. Davis. 1966. Effect of pelleting rations and hay:grain ratio on salivary secretion and ruminal characteristics of steers *J. Anim Sci.* 25: 1176 – 1180.
- Ryan, R. K. 1963. A study of the phenomenon of adaptation by sheep to gradual increases in grain intake as an approach to an understanding of the pathogenesis of grain engorgement in sheep. Cornell University, Ithaca, New York.
- Robinson, T. J., D. E. Jasper y H. R. Guibert. 1951. The isolation of *Spherophorus necrophorus* from the rumen together with some feed lot data on abscess and telangiectasis. *J. Anim. Sci.* 10: 735.
- Rooney, L. W. 1997. *Aplicaciones del sorgo con valor agregado*. United States Feed Grain Council. Phoenix. Az.

- Salinas, Ch. J., P. R. Yado, y C. D. Lerma. 1997. *Nutrición Animal Básica*. Editorial De la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 1ª edición. Cd. Victoria Tamaulipas.
- Schmidt, N. K. 1976. *Fisiología Animal, Adaptación y Medio Ambiente*. Editorial Omega, Barcelona España, pag 133 - 134.
- Sindt, M. H., R. A. Stock., T. J. Klopfenstein y D. H. Shain. 1993. Effect to protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 71: 1047 – 1056.
- Slyter, L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43: 910 – 929.
- Stanton, T. L. y V. B. Swason. 1992. *Management lamb feedlot nutrition*. Colorado State University Cooperative Extension No. 1.613. www.Colostate.edu/depts./coopext/pubs/livestock/01613.pdf
- Steele, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics; A biometrical approach (2nd Ed)*. Mc Graw Hill publishing co., New York.
- Streeter, M.N., D.G. Wagner., C.A. Hibberd y F.N. Owens. 1990. Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. *J. Anim. Sci.* 68:3429-40.
- Surber, L. M. M. y J. G. P. Bowman. 1998. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 76: 1945 – 1954.
- Susin, I., S. C. Loerch y K. E. McClure. 1995a. Effects of feeding a high-grain diet at a restricted intake on lactation performance and rebreeding of ewes. *J. Anim. Sci.* 73:3199 – 3205.
- Susin, I., S. C. Loerch, K. E. McClure, y M. L. Day. 1995b. Effects of limit feeding a high-grain diet on puberty and reproductive performance of ewe. *J. Anim. Sci.* 73:3206-3215.
- Tejada de H. I. 1992. *Control de Calidad y Análisis de Alimentos*. Editado por el Sistema de Edición Continua en Producción Animal A.C. México.
- Turner, A. W. y V. E. Hodgkiss. 1949. Toxicity of large rations of wheat. Commonwealth Scientific and industrial Research organization, commonwealth of Australia.
- Uhart, B. A. y F. D. Carroll. 1967. Acidosis in beef steers, *J. Anim. Sci.* 26: 1195 – 98.

- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Cornell University. Cornell University Press.
- Valdez, M. y R. Barajas. 1998. Effect of the substitution of navy beans by sorghum grain on total tract digestibility in sheep fed finishing diets. J. Anim. Sci. 76.
- Wattiaux, M .A. s/f Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Instituto Babcock. [http: babcock.cals.wisc.edu](http://babcock.cals.wisc.edu).
- Wester, T. J., S. M. Gramlich., R. A. Britton, y R. A. Stock. 1992. Effect of grain sorghum hybrid on in vitro rate of starch disappearance and finishing performance of ruminants. J. Anim. Sci. 70:2866 – 2876.
- Witte, C. 1998. Rumen function and digestive disorders. Witte's WebPages.

APENDICE

Cuadro A.1. Análisis de varianza del peso inicial de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	5.857442	2.928711	0.5173
Error	14	79.254883	5.661053	
Total	16	85.112305		

C.V. 9.15%

Cuadro A.2. Análisis de varianza del peso final de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	17.117188	8.558594	0.9217
Error	14	130.117188	9.285714	
Total	16	147.117188		

C.V. 7.85%

Cuadro A.3. Análisis de varianza del consumo de materia seca 0 – 30 días de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
covariable	1	47680.253906	47680.253906	4.2750
Dietas	2	10180.677734	5090.33867	0.4564
Error	13	1444977.75	1152.134766	
Total	16	202838.681641		

C.V. 10.63%

Cuadro A.4. análisis de varianza de ganancia de peso 0 – 30 días de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Covariable	1	1727.557251	1727.557251	1.0717
Dietas	2	5951.577148	2975.788574	1.8460
Error	13	20955.943359	1611.995605	
Total	16	28635.077759		

C.V. 16.84%

Cuadro A.5. Análisis de varianza de la conversión alimenticia 0 – 30 días de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Covariable	1	0.009403	0.009403	0.0126
Dietas	2	1.616237	0.808119	1.0835
Error	13	9.696224	0.745863	
Total	16	11.321865		

C.V. 20.57%

Cuadro A.6. Análisis de varianza del consumo de materia seca 31 – 60 días de la prueba de comportamiento

FV	GL	SC	CM	F
Covariable	1	69914.289063	69914.28963	6.618
Dietas	2	79739.296875	39869.648438	3.774
Error	13	147899.703125	10564.264648	
Total	16	297553.289063		

C.V 9.6%

Cuadro A.7. Comparación de medias del consumo de materia seca 31 – 60 días de la prueba de comportamiento.

	DIETAS	MEDIA
	1	1005.89 b
	2	1169.19 a
	3	1085.06 ab

Cuadro A.8. Análisis de varianza de la ganancia de peso 31 – 60 días de la prueba de comportamiento

FV	GL	SC	CM	F
covariable	1	0.000315	0.000315	0.0564
Dietas	2	0.003932	0.001966	0.3520
Error	13	0.078196	0.005585	
Total	16	0.082443		

C.V. 37.18%

Cuadro A.10. Análisis de varianza de la conversión alimenticia 31 – 60 días de la prueba de comportamiento

FV	GL	SC	CM	F
covariable	1	2.756415	275615	.06910
Dietas	2	1.752516	0.876258	0.2197
Error	13	51.856499	3.988961	
Total	16	56.365429		

C.V 35.90%

Cuadro A.11. Análisis de varianza del consumo de materia seca 0 – 60 días de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Covariable	1	56101.269531	56101.269531	10.0251
Dietas	2	25511.623047	12755.81523	2.2794
Error	13	72748.734375	5596.056641	
Total	16	154361.626953		

C.V 7.20%

Cuadro A.12. Análisis de varianza de la ganancia de peso 0 – 60 días de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Covariable	1	0.014222	0.014222	0.000
Dietas	2	4080.041748	2040.020874	2.3005
Error	13	11502.985352	884.845032	
Total	16	15583.041322		

C.V 13.64%

Cuadro A.13. Análisis de varianza de la conversión alimenticia. 0 – 60 días de la prueba de comportamiento.

FV	GL	SC	CM	F
Covariable	1	1.112048	1.112048	1.5865
Dietas	2	0.974723	0.487361	0.6953
Error	13	9.112164	0.700936	
Total	16	11.198935		

C.V. 17.28%

Cuadro A.14. Análisis de varianza de la digestibilidad in vivo de la materia seca

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	130.496094	65.248047	3.6297
Error	6	107.855469	17.955912	
Total	8	258.351563		

C.V. 6.79%

Cuadro A.15. Análisis de varianza de la digestibilidad in vivo de la proteína cruda

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	105.408203	52.704102	0.5428
Error	6	582.541016	97.090172	
Total	8	687.949219		

C.V. 17.2%

Cuadro A.16. Análisis de varianza de la digestibilidad de la fibra detergente ácido.

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	418.616211	209.308105	47.4491
Error	6	26.467285	4.411214	
Total	8	445.083496		

C.V. 7.82%

Cuadro A.17. Comparación de medias de la digestibilidad de la fibra ácido detergente.

	Dietas	Medias
	1	17.75 C
	2	28.61 B
	3	34.17 A

Cuadro A.18. Análisis de varianza de polinomios ortogonales de la digestibilidad in vivo de la fibra ácido detergente.

FV	GL	SC	CM	F
lineal	1	404.424500	404.4245	91.681
cuadrado	1	14.045016	14.045016	3.183935
Error	6	26.467283	4.411214	

C.V 12.56%

Cuadro A.19. Análisis de varianza de la digestibilidad in vivo de la fibra neutro detergente.

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	613.994141	306.997070	8.5295
Error	6	215.953125	35.992188	
Total	8	829.94766		

C.V. 16.09

Cuadro A.20. Comparación de medias de la digestibilidad in vivo de la fibra neutro detergente.

	Dietas	Medias
	1	28.58 B
	2	34.91 B
	3	49.38 A

Cuadro A.21. Análisis de varianza de polinomios ortogonales de la digestibilidad in vivo de la fibra neutro detergente.

FV	GL	SC	CM	F
Lineal	1	588.654114	588.6541	16.355052
Cuadrado	1	23.561260	588.6541	0.710189
Error	6	215.953125	35.992188	

C.V 9.65%

Cuadro A.22. Análisis de varianza de la digestibilidad in vivo de los carbohidratos no estructurales.

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	531.046875	265.523438	45.7737
Error	6	34.804688	5.800781	
Total	8	565.851563		

C.V. 2.79%

Cuadro A.23. Comparación de medias de la digestibilidad in vivo de los carbohidratos estructurales.

Dietas	Medias
1	76.44 C
2	95.13 A
3	87.57 B

APÉNDICE 24. Análisis de varianza de los polinomios ortogonales de la digestibilidad in vivo de los carbohidratos estructurales.

FV	GL	SC	CM	F
Lineal	1	184.482025	184.482025	31.802965
cuadrático	1	345.581879	345.581879	59.575063
Error	6	34.804685	5.800781	

C.V. 2.79%

Cuadro A.25. Análisis de varianza de la Energía digestible

FV	GL	SC	CM	F
Dietas	2	45.609375	22.804688	1.4591
Error	6	93.777344	15.629558	
Total	8	139.386719		

C.V. 6.37%