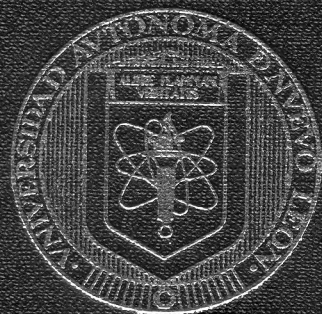


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA



EFECTO DEL NIVEL DE FIBRA EN LA RACION DE
CORDEROS DE ENGORDA, SOBRE EL DESEMPEÑO,
DIGESTION Y PARAMETROS RUMINALES

POR

HECTOR FIMBRES DURAZO

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

DICIEMBRE DE 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**



**EFEECTO DEL NIVEL DE FIBRA EN LA RACION DE
CORDEROS DE ENGORDA, SOBRE EL DESEMPEÑO,
DIGESTION Y PARAMETROS RUMINALES**

POR

HECTOR RMBRES DURAZO

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

DICIEMBRE DE 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DEL NIVEL DE FIBRA EN LA RACIÓN DE CORDEROS
DE ENGORDA, SOBRE EL DESEMPEÑO, DIGESTIÓN Y
PARÁMETROS RUMINALES**

Por

Héctor Fimbres Durazo

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

DICIEMBRE 2000

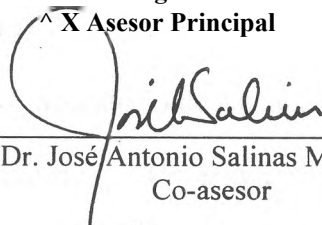
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y METABOLISMO ANIMAL

EFFECTO DEL NIVEL DE FIBRA EN LA RACIÓN DE CORDEROS
DE ENGORDA, SOBRE EL DESEMPEÑO, DIGESTIÓN Y
PARÁMETROS RUMINALES

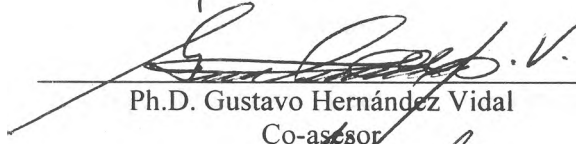
Aprobación de la Tesis:



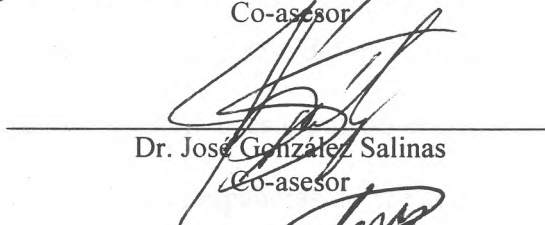
Ph.D. Jorge R. Kawas Garza
^ X Asesor Principal



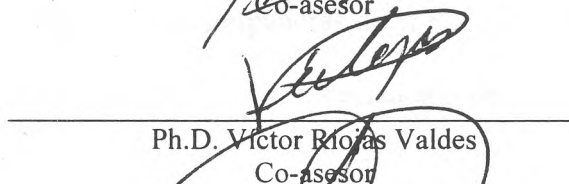
Dr. José Antonio Salinas Meléndez
Co-asesor



Ph.D. Gustavo Hernández Vidal
Co-asesor



Dr. José González Salinas
Co-asesor



Ph.D. Víctor Ríos Valdes
Co-asesor



MVZ. MC. Francisco Javier Picón Rubio
Jefe de la División de Estudios de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento y profundo aprecio al Dr. Jorge R. Kawas Garza por la excelente guía, estímulo y propuestas que ofreció durante mis estudios y la preparación de esta tesis.

También deseo agradecer al Dr. José A. Salinas Meléndez, Dr. Gustavo Hernández Vidal, Dr. José González Salinas y Dr. Víctor Riojas Valdés por el interés que mostraron en la revisión de este documento como miembros del comité de tesis. Sus comentarios, sugerencias y críticas a este estudio, fueron muy importantes.

Al MVZ. MC. Feo. J. Picón Rubio y MVZ. Eduardo Belarmino Pérez Medina, por su ayuda en la determinación de los ácidos grasos volátiles y en las determinaciones de energía, y a la Sra. Maricruz Padilla Dávila por su comprensión y ayuda.

A mis compañeros del laboratorio de Metabolismo y Nutrición Animal: Mirthala, Clauditilla, Ecoloco, Aide, Mauricio y Cesar, y a todas aquellas personas que de alguna forma participaron para hacer posible este trabajo.

Le agradezco al Ing. Francisco Leal su importante participación en la clasificación de las canales de corderos de este estudio. Su gran experiencia y disposición facilitaron la culminación de este trabajo de investigación.

A todos mis compañeros y compañeras de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia que de alguna forma facilitaron la realización de esta investigación.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a:

DIOS: *Por los dones que me ha dado.*

Mi Padre y a mi Madre: *Por darme la vida y enseñarme a luchar por ella.*

Maricruz: *Porque la amo y por darme valor en los momentos de tristeza y debilidad.*

Héctor y Juan Pablo: *Los mejores beisbolistas del mundo...
Porque son lo que más quiero.*

Mis hermanos: *Heberto, Eréndida, Erasmo, Edaena, Isidro, Ma. Guadalupe y Julio Alfonso, cuñados, cuñadas y sobrinos, por su apoyo.*

Doña Consuelo y su familia: *Gracias.*

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
RESUMEN.....	1
I INTRODUCCIÓN.....	5
II LITERATURA REVISADA.....	7
2.1 Sistemas de producción ovina.....	7
2.1.1 Producción y consumo per cápita de carne ovina.....	7
2.1.2 Número de ovinos y producción de carne de los principales países	7
2.1.3 Producción de carne ovina en México.....	10
2.1.4 Sistemas de producción ovina en México.....	13
2.2 Factores que afectan el consumo y digestibilidad.....	16
2.2.1 Niveles de grano en la ración.....	16
2.2.2 Efecto de la cantidad y tipo de carbohidratos.....	19
2.2.3 Efecto del nivel de consumo.....	20
2.3 Factores que afectan el crecimiento y la composición de la canal.....	22
2.3.1 Crecimiento y desarrollo de ovinos.....	22
2.3.2 El peso corporal.....	23
2.3.3 Crecimiento compensatorio.....	23
2.3.4 La canal de los ovinos.....	24
2.3.4.1 Desarrollo del tejido adiposo.....	24
2.3.4.2 Crecimiento y desarrollo del tejido muscular.....	28
2.3.5 Rendimiento y calidad de la carne.....	29
2.3.6 Factores que afectan el tamaño de los órganos viscerales.....	30
2.4 Factores que afectan el funcionamiento ruminal.....	31
2.4.1 Influencia del pH sobre el metabolismo ruminal.....	31
2.4.2 Tipo y composición de la ración sobre consumo y rumia.....	37
2.4.3 Habilidad de absorción del tejido ruminal.....	39
2.4.4 Efecto de la alimentación sobre el desarrollo ruminal.....	41
2.5 Ácidos grasos volátiles.....	41
2.5.1 Absorción de los ácidos grasos volátiles.....	44
2.5.2 Metabolismo de los ácidos grasos volátiles.....	44

Capítulo	<i>Continúa tabla de contenido</i>	Página
	2.5.2.1 Metabolismo del ácido acético.....	45
	2.5.2.2 Metabolismo del ácido propiónico.....	46
	2.5.2.3 Metabolismo del ácido butírico.....	46
	2.5.3 Producción de AGV en el rumen.....	47
2.6	Factores que afectan a la digestibilidad.....	48
	2.6.1 Digestibilidad de la pared celular.....	48
	2.6.2 Efecto del nivel de grano sobre la digestibilidad.....	48
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
3.1	Instalaciones y equipo.....	51
3.2	Experimento 1 (Estudio de Crecimiento).....	51
	3.2.1 Características de los animales.....	51
	3.2.2 Tratamientos.....	52
	3.2.3 Alojamiento y manejo de los animales.....	52
	3.2.4 Alimentos experimentales.....	52
	3.2.5 Pesajes de los corderos.....	54
	3.2.6 Análisis de muestras.....	54
	3.2.7 Sacrificio de los corderos.....	54
	3.2.8 Procedimiento de clasificación de las canales.....	55
3.3	Experimento 2 (Estudio de Digestibilidad).....	56
	3.3.1 Determinación de digestibilidad.....	56
	3.3.2 Análisis de muestras.....	56
3.4	Determinación de energía neta para mantenimiento y ganancia de peso....	58
3.5	Análisis estadísticos.....	59
IV	RESULTADOS.....	61
4.1	Prueba de desempeño (Experimento 1).....	61
	4.1.1 Consumo de materia seca.....	61
	4.1.2 Ganancia diaria de peso.....	61
	4.1.3 Eficiencia alimenticia.....	62

Capítulo	<i>Continúa tabla de contenido</i>	Página
4.1.4	Peso de las canales y los rendimientos de la canal, en caliente y en frío.....	62
4.1.5	Tracto gastrointestinal lleno, vacío, y peso libre de digesta.....	65
4.1.6	Efecto sobre las características de la canal.....	65
4.1.7	Efecto sobre el desarrollo corporal y el tamaño de los órganos.....	68
4.2	Prueba de digestibilidad (Experimento 2).....	70
4.2.1	Efecto sobre el consumo de materia seca.....	70
4.2.2	Efecto sobre los tiempos de consumo, rumia y masticación total...	70
4.2.3	Efecto sobre la digestibilidad de la materia seca.....	72
4.2.4	Efecto sobre la digestibilidad de la pared celular.....	72
4.2.5	Efecto sobre la digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales	75
4.2.6	Efecto sobre la retención de nitrógeno.....	75
4.2.7	Efecto sobre el pH y producción de ácidos grasos volátiles.....	81
4.2.8	Efecto del nivel de energía.....	84
V	DISCUSIÓN.....	95
5.1	Ganancia de peso.....	95
5.2	Eficiencia alimenticia.....	96
5.3	Pesos de las canales y los rendimientos de la canal, en caliente y en frío...	96
5.4	Tracto gastrointestinal lleno y vacío, y peso libre de digesta.....	97
5.5	Efecto sobre el tamaño de los órganos.....7.....	97
5.6	Efecto sobre el consumo de materia seca.....	98
5.7	Efecto sobre los tiempos de consumo, rumia y masticación total.....	99
5.8	Efecto sobre la digestibilidad de la materia seca.....	100
5.9	Efecto sobre la digestibilidad de la pared celular.....	100
5.10	Efecto sobre la digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales.....	100
5.11	Efecto sobre la retención de nitrógeno.....	101
5.12	Efecto sobre el pH y producción de ácidos grasos volátiles.....	101
5.13	Relación de la densidad energética con el consumo y la ganancia.....	104
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
	BIBLIOGRAFÍA.....	108

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Producción relativa de los productos ovinos por continente.....	8
2	Número de ovinos y producción de carne de los principales países.....	9
3	Carne ovina de producción nacional e importada en México.....	11
4	Consumo de los principales productos agropecuarios en México (miles de toneladas).....	12
5	Producción pecuaria (productos) en la República Mexicana 1999-2000.....	14
6	Producción de los diez principales estados de carne de ovino (ton).....	15
7	Consumo (% del peso vivo) de borregos suplementados, consumiendo tres calidades de heno.....	18
8	Efectos del crecimiento y la composición de la ganancia en corderos al sacrificio.....	27
9	Acidos grasos volátiles producidos por la fermentación ruminal.....	43
10	Composición (kg/ton) de los alimentos para borregos con varios niveles de forraje henificado.....	53
11	Tabla de doble entrada de los estándares oficiales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para determinar calidad de la canal en ovinos.....	57
12	Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de corderos consumiendo varios niveles de heno en raciones de engorda.....	63
13	Peso y rendimiento de la canal en caliente y frío de corderos alimentados con varios niveles de heno en raciones de engorda.....	64
14	Peso (kg) de tracto gastrointestinal lleno, tracto gastrointestinal vacío, peso libre de digesta y consumo de materia seca (g/kg de PLD).....	66
15	Efecto del nivel de forraje sobre las características de la canal en borregos consumiendo dietas paracorrall de engorda.....	67

Continúa lista de cuadros

Cuadro	Contenido	Página
17	Influencia del nivel de forraje sobre el consumo de MS y tiempos de masticación en ovinos de engorda en corral.....	71
18	Influencia del nivel de forraje sobre la digestibilidad de la MS en ovinos de engorda en corral.....	73
19	Influencia del nivel de forraje sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro en ovinos de engorda en corral.....	^
20	Influencia del nivel de forraje sobre la digestibilidad de carbohidratos no estructurales en ovinos de engorda en corral.....	78
21	Influencia del nivel de forraje sobre el balance de nitrógeno en ovinos consumiendo dietas de corral de engorda.....	80
22	Efecto del nivel de forraje en la ración de corderos de engorda, sobre el pH y la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Efecto del nivel de heno sobre la digestibilidad de la materia seca en corderos con raciones de engorda.....	74
2	Efecto del nivel de heno en la digestibilidad de la FDN de borregos consumiendo raciones de engorda.....	77
3	Efecto del nivel de heno sobre la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales en borregos consumiendo raciones de engorda.....	79
4	Efecto del nivel de heno sobre el nitrógeno retenido (%) en borregos consumiendo raciones de engorda.....	82
5	Influencia del nivel de heno sobre el porcentaje molar de acetato en dietas para ovinos en corral.....	85
6	Influencia del nivel de heno sobre la concentración de propionato en porcentaje molar, en dietas para ovinos en corral.....	86
7	Influencia del nivel de heno sobre el porcentaje molar de butirato en raciones para ovinos en corral.....	87
8	Relación entre el peso corporal (kg) y el peso libre de digesta (kg) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.....	88
9	Relación entre el nivel de ENm (Mcal/kg) y el consumo de MS ($\text{g/kg}^{0.75}$) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.....	89
10	Relación entre la concentración de ENm (Mcal/kg) y el consumo de ENm ($\text{Mcal/kg}^{0.75}$) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.....	91
11	Relación entre la densidad energética (Mcal ENm/kg) y la ganancia diaria de peso (g/d) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.....	92
12	Relación entre la ganancia diaria de peso (g/d) con la conversión alimenticia (kg/kg) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.....	93

NOMENCLATURA

ADP	Aumento diario de peso
AGV	Acidos grasos volátiles
CSA	Carbohidratos solubles en agua
CNE	Carbohidratos no estructurales
d	Día
EB	Energía bruta
EE	Error estándar
EM	Energía metabolizable
EN	Energía neta
FC	Fibra cruda
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
g	Gramos
gv	Gravedad
h	Hora
kg	Kilogramo
kg ^{0.75}	Kilogramo ajustado por peso metabólico
min	Minutos
mi	Mililitro
mmol	Milimoles
nmol	Nanomoles

MO	Materia orgánica
MS	Materia Seca
N	Nitrógeno
P	Probabilidad
PC	Proteína cruda
pH	Potencial de hidrógeno
PLD	Peso libre de digesta
RPC	Grasa que rodea a riñón, pelvis y corazón
TGI	Tracto gastrointestinal
ton	Tonelada

LISTA DE SÍMBOLOS

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

RESUMEN

Efecto del nivel de fibra en la ración de corderos de engorda, sobre el desempeño, digestión y parámetros ruminales.

Héctor Fimbres Durazo

Bajo supervisión del Dr. Jorge R. Kawas Garza



El presente estudio se realizó en la Unidad Metabólica del Departamento de Nutrición y Metabolismo Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nuevo León. El objetivo fue determinar el efecto del nivel de heno en raciones de engorda sobre el desempeño en el corral de engorda, características de la canal, la digestibilidad de la materia seca y fibra detergente neutro, retención de nitrógeno, actividades de masticación y algunos parámetros ruminales, para lo que se usaron veinte corderos pelibuey machos sin castrar, con un peso promedio de 24.8 kg, los cuales fueron asignados aleatoriamente a cuatro grupos en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: (1) 0%; (2) 10%; (3) 20% y (4) 30% de heno picado. Los borregos se confinaron individualmente en jaulas metabólicas (1.5 m²), con comedero y bebedero individual. La cantidad total de alimento se ofreció en tres porciones iguales durante el día (0800, 1300 y 1700 horas). El estudio se evaluó en dos etapas, de 1 a 30 días (Etapa 1) y de 31 a 60 días (Etapa 2). No se observó diferencia ($P > 0.05$) en consumo de MS entre periodos, sin embargo, si hubo efecto ($P < 0.01$) del

nivel de heno en la ración. Durante los 60 días del estudio, el consumo de MS aumentó en aproximadamente 48.9% en corderos que consumieron 30% de heno, en comparación con aquellos que no tuvieron heno en su ración. Durante los primeros 30 días, los consumos de MS de los corderos aumentaron linealmente (PO.OI) en aproximadamente 56.6%, al aumentar el nivel de heno en la ración de 0 a 30%. El consumo de MS (Y , g/kg^{0.75}) se redujo conforme aumento la densidad energética (X , Mcal ENm/kg) de la ración, la cual puede describirse con la siguiente ecuación: $Y = 151.6 - 30.68 X$ ($r = 0.54$; $P < 0.02$). Cuando se relacionó la concentración de energía (X , Mcal ENm/kg) con el consumo de energía (Y , ENm/kg^{0.75}), la siguiente ecuación se obtuvo: $Y = 0.0055 + 0.65 X$ ($r = 0.64$; $P < 0.001$). Sin embargo, durante los 60 días del estudio, el consumo de MS fue mayor ($P < 0.05$) sin heno que con 30% de heno, en solamente 38%. El consumo de MS aumento de 61.1 g/kg^{0.75} con la ración sin heno a 84.8 g/kg^{0.75} a aquella con 30% de heno. La digestibilidad de la MS (%) fue de 85.5, 79.9, 67.5 y 66.6% para 0, 10, 20 y 30% de heno, respectivamente. La digestibilidad de la FDN fue 59.4, 58.2, 42.5 y 35% para las raciones con 0, 10, 20 y 30% de heno, respectivamente. La digestibilidad de los CNE se redujo linealmente de 94.2% con la ración sin heno a 86.6% con 30% de heno. El tiempo de rumia varió entre 2.4 h/d en corderos consumiendo la ración sin heno a 6.9 h/d en los que consumieron la ración con 30% de heno. El tiempo de consumo de los ovinos varió de aproximadamente 1.5 a 2.9 horas, aumentando conforme se incrementó el nivel de heno en la ración. El pH ruminal aumentó linealmente ($P < 0.01$) al incrementarse el nivel de heno en la ración de los borregos. La concentración molar de acetato aumentó linealmente (PO.OI) con una mayor cantidad de heno en la ración, mientras que la concentración de propionato se redujo. Una mayor relación molar de acetato:propionato se observó con las raciones que contenían mas heno en la ración,

aparentemente debido a una mayor cantidad y fermentación de la fibra. El porcentaje molar de propionato fue menor en raciones con mayor porcentaje de heno. El porcentaje molar de butirato del líquido ruminal aumentó ($P < 0.01$) hasta que el nivel de heno de la ración fue del 20%, no observando diferencia con 30% de heno. Entre mayor fue el nivel de heno en la ración, menor fue la ganancia de peso. Durante los primeros 30 días, la ganancia de peso final fue de 268 g/d, reduciéndose ($P < 0.01$) durante los 30 días posteriores, en la que los borregos ganaron solamente 149 g/d. Durante todo el estudio los borregos ganaron 208 g/d. Entre mayor fueron los días de estancia de los corderos en las raciones de finalización, menor fue la ganancia de peso. Una relación entre la densidad energética (X, Mcal ENm/kg) y la ganancia diaria de peso (Y, g/d) se describe con la ecuación: $Y = 67.6 + 79.9 X$ ($r = 0.53$; $P < 0.02$). La eficiencia alimenticia (gramos de alimento requerido por gramo de peso incrementado) durante los primeros 30 días fue mejor (5.0 g/g) que durante los últimos 30 días (10.1 kg/kg). La eficiencia alimenticia (Y, kg/kg) se mejoró conforme aumentó la ganancia diaria de peso (X, g/d) según la siguiente ecuación: $Y = 19.12 - 0.055 X$ ($r = 0.75$; $P < 0.001$). Los pesos de las canales (kg), en caliente y en frío, se redujeron ($P < 0.05$) con un aumento en el contenido de heno en la ración. Aunque los pesos del tracto gastrointestinal lleno aumentaron con el nivel de heno en la ración, las diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$). Una alta correlación se obtuvo entre peso corporal (kg) y peso libre de digesta (kg). La ecuación que resultó de esta relación fue: $Y = 0.97 + 0.84 X$ ($r^2 = 0.96$; $P < 0.001$). El nivel de heno en la ración no afectó ($P > 0.05$) el marmoleo, el grado de finalización, la cobertura de grasa ó el área del ojo del lomo. Los rendimientos de primer y segundo grado de las canales se redujeron ($P < 0.01$) al aumentar el nivel de heno en la ración. No se encontró un efecto ($P > 0.05$) del nivel de heno en las raciones sobre los pesos de la piel, hígado,

pulmones, testículos o sangre. El nitrógeno retenido (%) se redujo linealmente ($P < 0.01$) con una menor densidad energética al incluir más heno en la ración, aparentemente en respuesta a una mayor ganancia de peso. En conclusión, este estudio demostró que raciones bajas en forraje, con poca fibra, son mejores para finalizar ovinos en corral. Cantidades de fibra mayores al 10%, no deben usarse debido a que la utilización de la energía se reduce con la fermentación de la fibra que aporta el forraje, reduciéndose la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. Sin embargo, cuidado debe tenerse para evitar una mayor incidencia de acidosis láctica común en raciones con bajos niveles de fibra. Consecuentemente, si se usan raciones con menos de 10% de forraje, se recomienda utilizar un mínimo de 25% del grano entero y el resto molido.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

La eficiencia alimenticia es un parámetro usado comúnmente para evaluar la eficiencia de un sistema de producción. Existe una estrecha relación entre la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, que es el resultado de la cantidad de alimento (kg) requerido por unidad (kg) de peso incrementado. Una mayor ganancia de peso generalmente resulta en una mejor eficiencia alimenticia.

El consumo de MS se puede regular física o fisiológicamente, el primero ocurre en respuesta a un efecto del llenado al llegar a la máxima capacidad del retículo-rumen, y el segundo como una respuesta al satisfacer el requerimiento de energía del rumiante. Kawas et al. (1991a) reportó que conforme aumento la cantidad de rastrojo de sorgo en la ración de 60 a 80%, se redujo el consumo de materia seca (MS) al parecer debido a un aumento en el tiempo de rumia y una menor digestibilidad de la pared celular. Esta reducción en el consumo de MS fue aparentemente debida a una restricción física por el efecto voluminoso de un exceso de fibra en la ración. En contraste, en otro estudio (Kawas et al. (1991b) con raciones altas en fibra a base de rastrojo de maíz que fueron peletizadas, se observó un aumento en el consumo de MS de 97 g/kg^{0.75} con 44% de rastrojo, a 113 g/kg^{0.75} con 78% de rastrojo. Aparentemente, al reducir el tamaño de partícula moliendo y peletizando el forraje, causó un posible aumento en la tasa de paso del forraje a través del tracto gastrointestinal, evitando un llenado físico del rumen, y permitiendo un mayor consumo de MS. Consecuentemente, con raciones prácticas, ovinos consumiendo raciones con altos niveles de fibra, generalmente menores al 60%,

consumen mas MS que con raciones de alta densidad de energía y poca fibra (<10%). Niveles mayores al 60 o 70% parecen limitar el consumo de MS de corderos debido a una mayor actividad de rumia y un menor tiempo disponible para consumo.

Por otro lado, raciones altas en forraje no permiten maximizar la ganancia de peso y obtener las mejores eficiencias alimenticias en rumiantes (NRC, 1985; 1996). Consecuentemente, los corderos deben consumir raciones energéticamente densas que contengan altos niveles de grano como sorgo o maíz, que satisfagan el requerimiento de energía para finalización. Sin embargo, la alimentación de corderos con raciones altas en grano (80 a 95% de concentrado) ha llevado a causar problemas digestivos relacionados con la acidosis ruminal. La queratinización anormal del epitelio ruminal como consecuencia de la acidosis ruminal puede afectar la absorción de ácidos grasos volátiles (AGV) y otros compuestos desde el rumen (Fell y Weekes, 1975; Huntington y Britton, 1979). Debido a que la absorción de AGV representan el 65 al 75% del total de energía metabolizable (EM) disponible para el rumiante (Bergman, 1990), una reducción en la absorción de AGV puede substancialmente reducir la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia.

Debido a que hay escasa información publicada con respecto al uso de bajos niveles de forraje o la exclusión de éste de raciones para ovinos en corral, en comparación con altas cantidades de forraje, el presente estudio se realizó con el propósito de evaluar el efecto del nivel de forraje (0 a 30%) en forma de heno, sobre la ganancia de peso, consumo de materia seca, eficiencia alimenticia, actividades de masticación, parámetros nominales (pH y concentración de ácidos grasos volátiles) y características y calidad de la canal.

Capítulo II

LITERATURA REVISADA

2.1 Sistemas de producción ovina

2.1.1 Producción y consumo per cápita de carne ovina

Uno de los objetivos más relevantes de la cría ovina es la producción de carne destinada al consumo humano, que llega a constituir una muy importante proporción de la dieta cárnica en diversas regiones del mundo, aunque en Australia y algunas regiones del mundo la producción de leche y lana es también económicamente importante (Cuadro 1). En Norteamérica, especialmente en México, el consumo per capita de carne ha aumentado grandemente en los últimos años.

2.1.2 Número de ovinos y producción de carne de los principales países

El porvenir de la carne ovina se presenta como bastante promisorio. El déficit de proteínas animales se acentúa en el mundo y el ovino posee muchas ventajas en la producción de este rubro. Durante estas dos últimas décadas la producción se mantiene en constante aumento y las perspectivas como se expresó son alentadoras, principalmente para las canales magras y livianas. En el Cuadro 2, se proporciona información sobre los principales países del mundo productores de carne ovina. Se destacan las dos de Oceanía: Australia y Nueva Zelanda. Naturalmente, los principales proveedores son aquellos que encabezan también la tenencia en el número de cabezas.

Cuadro 1. Producción relativa de los productos ovinos por continente¹.

	Europa	Africa	América Norte	América Sur	Asia	Oceanía	ex- URSS
Lana	23	27	31	115	25	97	55
Leche	306	93	—	9	195	—	12
Pieles	15	35	14	29	19	24	33

¹ Carne ovina representa el 100%.

Fuente: Arbiza y Lucas (1996).

**Cuadro 2. Número de ovinos y producción de carne de los principales países,
en número de ovinos y toneladas de carne producidas en 1992.**

País	Numero de ovinos (miles)	Matanza (miles)	Ton de carne (miles)
Australia	146,820	34,938	676
CEI ¹	134,000	57,692	875
China	111,143	50,619	572
Nueva Zelanda	53,500	37,430	582
Irán	45,000	22,750	350
India	44,407	18,500	165
Turquía	40,443	23,300	303
Sudáfrica	32,110	10,020	133
Pakistán	30,160	12,665	229
Argentina	28,571	5,600	85
Gran Bretaña	28,932	20,635	382
Uruguay	25,986	3,744	64
España	24,625	20,000	230
México	6,003	1,382	26
Total Mundial	1,138,000	471,819	7,006

- ¹CEI, Comunidad de Estados Independientes (ex-URSS).

Fuente: Anuarios de FAO (1992).

2.1.3 Producción de carne ovina en México

La producción ovina en México estuvo estancada durante aproximadamente 30 a 40 años, hasta hace menos de 10 años, pues actualmente existe buena demanda de este tipo de carne, los precios se sostienen en un promedio satisfactorio y las condiciones ecológicas de buena parte del país son aptas para la producción ovina. El déficit de oferta es cubierto cada vez más por ovinos provenientes de Estados Unidos en pie o en corderos congelados de Nueva Zelanda.

La producción anual de carne en nuestro país oscila de 15,000 a 20,000 toneladas, mientras que la demanda es superior a las 40,000 toneladas, y sigue creciendo año con año. El consumo de carne por habitante y por año es de alrededor de 480 gramos, principalmente de animales adultos, y es consumida principalmente en dos platos nacionales muy populares, la barbacoa y el Mixiote. También es guisada o asada al pastor utilizando animales más jóvenes.

El Cuadro 3, proporciona información sobre la producción de carne ovina así como la importada en México. Se observa que ésta última supera en los últimos años a la producción nacional. Mayoritariamente, los animales importados de Estados Unidos y en menor parte de Australia, provienen en pie. De esos países, en 1992, se importaron 856,215 cabezas en pie y el equivalente a 306,235 cabezas en canal, la mayoría de Nueva Zelanda. El sacrificio nacional en el mismo lapso fue de 852,550 anuales, frente a las 1,162,450 importadas. El total de carne consumida, de origen nacional e importada, en 1992 fue de 2,015,000 cabezas (Arbiza y Lucas, 1996).

El Cuadro 4, proporciona información detallada sobre el consumo de los principales productos agropecuarios en México (miles de toneladas), entre los años de 1993 a 1998, donde podemos observar el crecimiento en el consumo de carne de ovinos

Cuadro 3. Carne ovina de producción nacional e importada a México.

Año	Numero de ovinos (miles)	Matanza (miles)	Importación (miles)	Carne canal (ton)	Consumo (kg)
1985	6,373	1,565	83	26.084	0.331
1992	3,954	852	1,162	39.899	0.500

Fuente: Arbiza y Lucas (1996).

Cuadro 4. Consumo de los principales productos agropecuarios en México
(miles de toneladas)¹.

Productos agropecuarios	1993	1994	1995	1996	1997	1998	C/V
Bovinos	1,351	1,482	1,451	1,402	1,485	1,601	250
Porcinos	868	916	936	917	946	985	117
Caprinos	42	39	38	36	35	39	-3
Ovinos	49	54	45	43	52	57	8
Aves ¹	1,208	1,318	1,469	1,480	1,700	1,902	694
Huevo	1,239	1,254	1,246	1,244	1,341	1,472	233

¹Las cifras se calcularon con base en los datos obtenidos de: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Centro de Estadística Agropecuaria, Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos y Anuario de la producción pecuaria.

²Carne de pollo y guajolote

C/R, Crecimiento o reducción del consumo nacional de productos pecuarios.

Fuente: INEGI (2000).

en nuestro país.

En el Cuadro 5, se presenta la producción pecuaria según tipo de producto pecuario, en la República Mexicana, de 1999 a mitad del año 2000. En el Cuadro 6, se reportan los diez principales estados productores de ovinos (toneladas de carne) en México, y su rendimiento en los últimos años, según la SAGAR (2000).

2.1.4 Sistemas de producción ovina en México

El sistema mexicano de producción de carne ovina no tiene la especialización ni la tecnificación observada en otros países. Uno de los factores que afectan el crecimiento es sin duda la nutrición, el cual está dado en función de los niveles de alimentación del animal y la eficiencia con que éste convierte el alimento consumido en peso vivo. El crecimiento, comienza con bajos niveles y aumenta hasta un máximo aproximadamente a las 20 semanas de edad para comenzar a declinar cuando el animal está maduro. Durante las primeras semanas de edad, cuando el rumen se está desarrollando, el suministro de leche por parte de la madre es el principal factor que determina el crecimiento. Después de aproximadamente dos meses de edad, el nivel de ingestión de forraje va tomando importancia, reduciéndose el consumo de leche. Es importante que en la etapa temprana del cordero se ofrezca forraje de buena calidad (poca madurez y alta digestibilidad (Arbiza y Lucas, 1996). Para que la cría ovina sea competitiva en México, es necesaria cambiar los sistemas llamados tradicionales, donde no se aplica ningún manejo racional, nutritivo, reproductivo, ó sanitario, por otros sistemas tecnificados. Concomitante con este cambio, también será necesario mejorar los sistemas de comercialización, para tender a una racional clasificación de la calidad de la carne ovina, y pagar por estas distintas clases o grados.

**Cuadro 5. Producción pecuaria (productos) en la República
Mexicana 1999-2000.**

Producto	1999	2000 (enero-julio)	Variación (%)
	Carne en canal (ton)		
Bovinos	779,936	792,790	1.6
Porcinos	537,034	570,808	6.3
Ovinos	16,675	18,001	8.0
Caprinos	19,520	20,921	7.2
Aves ¹	981,147	998,723	1.8

¹incluye pollos y gallinas ligeras y pesadas que terminaron su ciclo zootécnico.

Fuente: CEA (2000).

Cuadro 6. Producción de carne de ovino (ton) de los diez principales estados.

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Crecimiento (%)
México	3,806	4,371	4,678	4,793	5,017	4,764	5,404	4,980	5,181	5,286	0.7
Hidalgo	2,666	3,665	3,813	3,574	4,116	4,028	4,038	4,379	4,285	4,502	0.6
San Luis Potosí	3,287	3,092	3,551	3,623	3,926	4,055	2,998	3,320	2,735	2,077	1.6
Puebla	1,657	1,968	2,022	2,067	2,092	2,122	2,342	2,347	2,589	2,495	0.7
Veracruz	1,695	1,845	1,853	1,719	1,620	1,557	1,720	2,079	2,101	2,155	0.8
Zacatecas	1,224	1,520	1,429	1,345	1,418	1,618	1,587	1,632	1,833	1,889	0.6
Oaxaca	1,195	1,433	1,732	1,758	1,489	1,498	1,509	1,523	1,542	1,560	0.8
Chiapas	1,223	1,127	1,200	1,215	1,190	1,020	985	860	681	726	1.7
Guanajuato	930	962	985	975	920	912	927	967	979	987	0.9
Tlaxcala	807	835	1,018	1,050	1,284	1,085	826	787	784	920	0.9

Fuente: CEA (2000).

Además, es importante mejorar el método de matanza, la higiene y el procesamiento de las canales. Los otros sistemas de producción de carne ovina se pueden agrupar dentro de los denominados tecnificados, la mayoría pertenecen a productores que tienen el ciclo completo, la cría y el desarrollo de corderos para el abasto. Algunos productores que se dedican exclusivamente a engordar animales nacionales o importados. En estos establecimientos hay buena inversión de capital, trabajan con eficiencia altamente productiva y predominan las razas Suffolk, Hampshire, Pelibuey y Rambouillet. En general los animales se suplementan y tanto el peso al nacimiento como la velocidad de crecimiento son satisfactorios (Arbiza *et al.*, 1991).

2.2 Factores que afectan el consumo y digestibilidad

2.2.1 Niveles de grano en la ración

La región Norte de Tamaulipas en México es una de las zonas donde se cultiva la mayor superficie de sorgo, teniéndose una estimación de cien mil hectáreas en el ciclo de primavera. Otras regiones que han adquirido especial importancia por la superficie y los rendimientos logrados, es el Bajío (principalmente Guanajuato) con 300 mil hectáreas y la costa del pacífico (Sinaloa y Sonora) con 150 mil hectáreas, le siguen en importancia Michoacán y Jalisco, donde el cultivo adquirió importancia desde 1958.

Los rendimientos que se obtienen son muy variables, con un promedio nacional de aproximadamente 2.5 Ton de grano por hectárea. El principal uso del grano de sorgo es como alimento para ganado y aves, dependiendo de la zona de abastecimiento. El contenido de proteínas de las variedades cultivadas en México varía de 8.5 a 9% (Robles, 1985).

Los granos se suministran principalmente en la ración con el fin de incrementar el consumo energético o la densidad energética de la ración. En esta clase se incluyen los múltiples granos de cereales, algunos subproductos de su molienda y alimentos líquidos, principalmente, las melazas y las mezclas en las que predominan las grasas y los aceites. Los alimentos con alta densidad energética tienen generalmente niveles de proteína que van de moderado a bajo. Sin embargo, varios de los alimentos ricos en proteína podrían incluirse de acuerdo a su energía disponible en la ración. Además, se podrían incluir algunas de las raíces y tubérculos basándose en las cantidades de energía por unidad de materia seca, debido a su elevado contenido de agua. La energía que proviene de los alimentos altamente energéticos es suministrada principalmente por los carbohidratos (azúcares o almidones o ambos) que se encuentran en mayor cantidad, y en menor proporción de los lípidos (Church y Pond, 1987).

Para determinar el efecto del incremento del nivel de forraje sobre la suplementación con grano de maíz sobre el consumo y digestión de tres forrajes con diferente estado de madurez (variando en su contenido de proteína y fibra), se realizó un estudio cuyos tratamientos se presentan en el Cuadro 7. Los autores reportaron que los borregos que recibieron heno de forraje bajo en proteína y un suplemento proteico, consumieron más fibra ($P<0.04$) y tuvieron mayor ($P<0.001$) consumo de MS total en comparación con los que consumieron heno de forraje alto en proteína, pero con un suplemento proteico. La suplementación con grano de maíz disminuyó el consumo de forraje (efecto cuadrático; $P>0.05$) y el consumo total de alimento (efecto cuadrático; $P>0.05$). Esto fue aparentemente debido a un aumento en la digestibilidad de la MS (efecto lineal: $P<0.04$) en los borregos que recibieron heno de zacate bajo en proteína. La suplementación con proteína ($P>0.11$) no afectó el consumo de MS en dietas de heno

**Cuadro 7. Consumo (% del peso vivo) de borregos suplementados,
consumiendo tres calidades de heno¹.**

Variable	SP ¹	Grano de maíz (% del peso)		
		25	50	75
— Ingredientes, %				
Maíz	–	49.5	70.9	82.0
Harina de soya	55.4	32.8	23.1	18.0
Harina de gluten de maíz	44.6	17.7	6.0	–
----- Consumo (g/kg de peso corporal)-----				
Materia seca	2.6	5.0	7.1	9.1
Nutrientes digestibles totales"	2.3	3.9	5.6	7.1
Energía Digestible ^y	8.3	14.1	20.3	25.7
Proteína cruda	1.4	1.4	1.4	1.4
Maíz molido	0	0.2	0.5	0.7
Harina de soya	0.7	0.7	0.7	0.7
Harina de gluten de maíz	0.7	0.4	0.2	–

¹Base MS.

²Mcal/kg de MS.

³Calculado usando datos de las tablas de composición (NRC, 1984).

Fuente: Matejovsky y Sansón (1995).

de zacate con niveles medio o alto en proteína. El consumo de MS del forraje en los borregos alimentados con heno de zacate con nivel medio o alto en proteína disminuyó linealmente ($P<0.005$) cuando se incrementó la cantidad de maíz. Aparentemente, la digestibilidad de la MS se incrementó linealmente ($P<0.001$) cuando la suplementación se incrementó tanto en heno de zacate con proteína media como con heno de zacate alto en proteína, debido a la mayor digestión del almidón. Los consumos de FDN, FDA y almidón también fueron altos ($P<0.02$) en los borregos que recibieron heno de zacate con proteína media y un suplemento proteico, comparados con los borregos que no recibieron suplemento proteico. Estos autores concluyeron que la respuesta de los borregos al incremento en los niveles de suplementación con maíz es dependiente de la calidad del forraje (Matejovsky y Sansón, 1995).

2.2.2 Efecto de la cantidad y tipo de carbohidratos

Kawas *et al.* (1991b) realizaron dos estudios, uno para determinar el efecto de un aumento en la cantidad de grano en la ración de corderos, y otro para determinar la influencia de sustituir grano con melaza como fuente de carbohidratos solubles en agua, sobre el consumo y la digestibilidad de la MS, y las actividades de rumia y masticación total de corderos pelibuey alimentados a libre acceso. El consumo de MS disminuyó en los corderos cuando se redujo el grano y se aumentó el rastrojo en la ración. Los tiempos de rumia y masticación total aumentaron cuando el contenido de rastrojo se incrementó de 50 a 80%. La inclusión de cantidades pequeñas de melaza (4%) aumentó la digestibilidad de la materia seca de raciones altas en fibra (70% de rastrojo de sorgo). Una cantidad mayor de melaza (8 a 12%) redujo el consumo de MS y las digestibilidades aparentes de MS y FDN. En este último estudio, conforme aumentó la

melaza en la ración, aumentaron las actividades de rumia y masticación. Aparentemente, una rápida fermentación de carbohidratos solubles en agua en las raciones con mas melaza pudo haber reducido el pH del rumen y la actividad celulolítica de las bacterias, aumentando los residuos de fibra en el rumen y reduciendo posteriormente el consumo de MS de los corderos. Sin embargo, el pH del fluido ruminal aumentó con un incremento de melaza de 0 a 12% de la ración, que pudo deberse a un incremento en la rumia, necesaria para remover los residuos fibrosos del rumen (Kawas *et al.* 1991b).

2.2.3 Efecto del nivel de consumo

La digestibilidad de 12 henos de zacates y las diferencias en consumo y digestibilidad fueron evaluadas. En dos experimentos se usaron 24 borregos a los que se les ofreció uno de los doce henos con tres niveles consecutivos de consumo: (1) consumo a libre acceso, permitiendo hasta un 15% de rechazo; (2) consumo restringido, permitiendo un máximo del 100% del heno consumido por los carneros del primer tratamiento; y (3) consumo hasta el 1.8% del peso vivo. Los henos ofrecidos incluyeron dos henos de sorgo-sudan, cuatro henos de cebada, cuatro henos de avena y dos henos de mijo aperlado. Todos tuvieron una composición similar de FDN, pero fueron diferentes en su composición morfológica. El consumo de MO promedio fue de 1.99 % (± 0.04), 1.79% (± 0.04) y 1.52% (± 0.01), respectivamente. La digestibilidad de la MO promedio fue de 71.8% (± 0.55), 72.4% (± 0.60) y 72.3% (± 0.65), respectivamente. La composición morfológica de los forrajes y el nivel de alimentación influyó en el consumo y la digestibilidad, alterando el consumo al permitir una selección de la dieta de los cameros. Los cameros no consumieron la misma cantidad de FDN (0.95 a 1.47%

de su peso vivo), debido a que los henos fueron diferentes en su composición morfológica. Las cenizas solubles en detergente ácido y la lignina en ácido sulfúrico al 72% fueron mas altas en los tallos ($P < 0.01$) que en las hojas propiamente dicha, así como con la hoja que envuelve al tallo. Las digestibilidades *in vivo* se midieron bajo condiciones de consumo restringido pero estuvieron fuertemente relacionadas ($P > 0.05$) a las digestibilidades estimadas *in vitro* que fueron medidas bajo condiciones *ad libitum* ($r = 0.72, 0.79$ y 0.85 respectivamente). Este estudio demostró que la variación en las características morfológicas de los forrajes puede ser parte de las diferencias en el consumo voluntario de forrajes de composición química similar (Chemey *et al.*, 1990).

El consumo promedio de FDN fue de 1.33% del peso vivo en todo el estudio, pero el consumo de FDN individual para cada heno tuvo un rango de entre 0.95% para los del tratamiento 1, La variación en el consumo de FDN pudiera deberse a que los henos, aunque tuvieron cantidades similares de FDN la composición morfológica no lo fue (Laredo y Minson, 1973). Poppi *et al.* (1981a) y Hendricksen *et al.* (1981) observaron que los animales comían mas hojas que tallos aunque tuvieran digestibilidades similares. Además de los efectos de la composición morfológica, las diferencias en el consumo pueden ser debidas a la composición química del forraje total y a los componentes morfológicos.

Minson (1980) observó que el consumo de los animales fue más alto en las plantas con muchas hojas que el de las plantas talludas y que tenían digestibilidades similares. El porcentaje de hojas fue sin embargo correlacionado con la digestibilidad de la FDN. Los tallos tuvieron la tendencia de ser negativamente correlacionados con la digestibilidad de la materia orgánica (MO) y la FDN. Los tallos probablemente tuvieron un efecto cuadrático en el consumo. Conforme se incrementa la cantidad de tallos, la

cantidad de granos podría incrementarse para compensar la menor digestibilidad de los tallos (Cherney y Marten, 1982).

Generalmente los tallos son altos en celulosa y lignina comparado con las hojas. La vaina de las hojas tienen una composición intermedia (Caravetta *et al.*, 1990; Laredo y Minson, 1973; Poppi *et al.*, 1981 a,b; Twidwell *et al.*, 1988). Debido a estas diferencias en composición, se presentan cambios en el consumo y la digestibilidad de la MS. Las altas concentraciones de lignina en los tallos esta asociado con una disminución en la digestibilidad (Van Soest, 1982).

2.3 Factores que afectan el crecimiento y la composición de la canal

2.3.1 Crecimiento y desarrollo de ovinos

El crecimiento, atributo de todo ser viviente, es de vital importancia en los animales de carne. De su velocidad y eficiencia depende la rentabilidad del sistema de producción, ya que impacta directamente sobre la economía de la producción. También, el crecimiento del sistema de producción dependerá el costo de producción del cordero, la composición y calidad de la carne, y el mercado local y nacional. Durante el crecimiento se modifica el tamaño y la composición de la canal de los corderos.

El crecimiento se define como el aumento de tamaño y peso. Un aumento de tamaño posee muchas implicaciones. Por ejemplo, involucra un cambio en la forma y composición de los tejidos. El proceso de crecimiento va relacionado con un acumulación de tejido adiposo y una retención de nitrógeno y agua. Esta regido por un juego de fenómenos de multiplicación, engrandecimiento y diferenciación de los tejidos bajo el control de leyes fisiológicas precisas que varían por factores de orden genético o ambiental, como la alimentación, efecto materno y medio ambiente, entre otros factores.

El crecimiento representa un efecto de la diferencia entre lo que se construye (anabolismo) y lo que se destruye (catabolismo). Es un fenómeno complejo y todavía no bien entendido (Arbiza y Lucas, 1996). Los distintos grados de conversión del alimento ingerido en peso vivo, afectan sin duda la velocidad de crecimiento. La importancia de este parámetro es obvia, pues de él depende en gran parte la eficiencia económica y ecológica del sistema. Cuanto antes el cordero alcance peso de matanza, menos alimento requerirá y menor será el riesgo por pérdidas a causa de morbilidad o mortalidad (Greef *et al.* 1986).

2.3.2 El peso corporal

Esta es una determinación básica, pues es obvio que existe relación entre este parámetro y la cantidad de carne del animal. Es la base de la comercialización de los animales domésticos productores de carne de engorda en casi todo el mundo y a su vez base de una clasificación primaria de los futuros canales. Además, el peso esta relacionado con la cantidad y peso de los cortes. Peso y edad están generalmente relacionados, por lo menos hasta que el animal termine con su crecimiento, llegando a su peso de madurez (Black, 1974).

2.3.3 Crecimiento compensatorio

De los factores que afectan el crecimiento, sin duda los nutricionales son los más importantes. El crecimiento está en función de los niveles de alimentación del animal y la eficiencia con que este convierte este alimento en peso vivo. Aquellos corderos desnutridos desarrollan lentamente sus huesos y músculos. El efecto del crecimiento compensatorio es importante en el desarrollo de los corderos, principalmente en los

sistemas extensivos sujetos a grandes variaciones estacionales en calidad y cantidad de pastura. Se ha visto que después de un tiempo de restricción alimenticia, cuando los animales comen normalmente, estos exhiben una velocidad de crecimiento mayor que sus contemporáneos que no recibieron restricciones. A esto se le llama crecimiento compensatorio. Esto se debe a un aumento en la ganancia de peso y de la eficiencia alimenticia. Una mayor ganancia de peso es debida en parte a un mayor consumo de MS. La baja condición corporal de los animales permite que estos acumulen mas tejido muscular y consecuentemente utilicen mejor la energía consumida (Forbes *et al.*, 1981).

2.3.4 La canal de los ovinos

El crecimiento de los tejidos (músculo, hueso y grasa) que constituyen la canal varían dependiendo de varios factores. A medida que el animal crece, el cuerpo se incrementa en tamaño, aumentando la cantidad de grasa en casi todas las regiones del organismo. El tejido adiposo es el tejido más variable y su cantidad va a depender del genotipo del animal y su nutrición. La grasa se acumula dependiendo del peso corporal y madurez del animal.

2.3.4.1 Desarrollo del tejido adiposo

El desarrollo de este tejido es bastante variable según la raza y los individuos. La grasa está formada por un tipo especial de tejido conjuntivo formado por células adiposas. Existen dos tipos de este tejido: el común o amarillo formado por células que contienen una gota de grasa en el citoplasma y el multilocular o grasa marrón, con células que contienen varias gotas de grasa. El primer tipo se distribuye abundantemente en todo el organismo, mientras que el marrón, se localiza en partes muy limitadas. Se ha

observado que la grasa aparece en los ovinos antes del nacimiento, pero siempre en poca proporción, y a medida que el cordero crece, se van distinguiendo algunos tejidos grasos profundos o internos como los depósitos perirrenales, periestomacales, omentales, entre otros. También con el crecimiento se van acumulando otros tejidos adiposos superficiales como la grasa subcutánea y las últimas en aparecer son otras grasas dentro del músculo (intramuscular) y entre los músculos. De acuerdo con este crecimiento adiposo en el animal, el tejido graso se encuentra distribuido en las siguientes regiones del animal: (1) en el lado externo de la canal; (2) la grasa subcutánea; (3) dentro de la cavidad peritoneal; (4) la grasa pélvica y renal; y (5) la grasa marrón dentro de los huesos (Fourie *et al.*, 1970).

En algunas razas de ovinos, principalmente asiáticas y africanas, la grasa se va acumulando con rapidez en regiones como la base de la cola o en la región del anca, dando lugar a las razas de cola o grupa grasosa. En todas las razas de ovinos el tejido adiposo aparece más tardíamente que los tejidos nervioso, esquelético y muscular. La formación de la grasa en varios lugares del cuerpo sigue un modelo definido. El lugar de mayor depósito es la grasa subcutánea, con variaciones de 38% a 47% en animales Dorset, de 30 a 23% como intermuscular y cavitaria, y el remanente, como grasa renal. Dentro de la primera, la mayor parte se acumula en las regiones de los flancos y lomo y menos en las piernas, tórax y patas delanteras (Butterfield *et al.*, 1985).

La distribución de la grasa en la canal es de extrema importancia pues es uno de los factores que determina la calidad de la misma e influye en el precio de la carne. La grasa subcutánea es fácil de retirar, pero no así la intermuscular e imposible la intramuscular. Si bien no existen normas para graduar una estimación ideal de porcentajes de grasa en la canal, una aproximación se acerca entre un 3 a 5% de grasa

intramuscular y un espesor de 3 mm en la grasa subcutánea, muy poca grasa intermuscular y muy poca o nada de renal. Con estas proporciones de grasa una canal de cordero tendrá altas proporciones de músculos y alcanzara los más altos valores del mercado. Existen importantes diferencias raciales entre las proporciones de los depósitos grasos, así por ejemplo los *down o caras negras* presentan una mucho mayor adiposidad intramuscular que la *Finesa*, que posee muchos mas depósitos internos como el perirrenal, omental y mesentérico. El sexo influye en la formación y deposición de la grasa. En la raza merino se ha comprobado que al nacer, tanto machos como hembras, al nacer tenían de 2 a 4% de grasa respecto al peso vivo, pero a los 250 días de edad este porcentaje era de 13 y 18% para las hembras y machos, respectivamente. A los 25 días ya se empezaba a notar la diferencia, las hembras con un porcentaje mayor de grasa. En cuanto a precocidad en el desarrollo de las distintas grasas, se ha observado, en corderos merinos, que las grasas internas son las más precoces en depositarse y las subcutáneas las más tardías. Al nacer, la más alta proporción de grasa es intermuscular, para aumentar rápidamente la subcutánea. En el Cuadro 8, se presenta el efecto del sexo y hormonas sobre la ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia y peso de la canal. El crecimiento del tejido adiposo es causado principalmente por procesos hipertróficos. Los adipocitos aumentan 10 veces su diámetro durante el crecimiento. Las grasas tienen distinta composición química según los tipos de tejido del organismo, variando respecto a sus porcentajes de grasas saturadas frente a las insaturadas, siendo las mas frecuentes las primeras. Dominan las grasas que contienen los ácidos esteárico y palmítico y de las no saturadas, como el oleico (Fourie *et al.*, 1970).

Cuadro 8. Efectos del crecimiento y la composición de la ganancia en corderos al sacrificio.

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

Fuente: Beermann *et al.* (1995).

2.3.4.2 Crecimiento y desarrollo del tejido muscular

El desarrollo del tejido muscular sigue modelos distintos que el adiposo. El crecimiento esta determinado principalmente por su función, así el cordero al nacer posee unas piernas bien desarrolladas, que le permiten seguir a su madre y escapar de los predadores. Después del nacimiento los músculos de los miembros crecen relativamente menos que los del resto del cuerpo. Por el contrario existen otros músculos que se necesitan poco al nacer, como ejemplo, los que rodean al retículo-rumen, y varias semanas después, cuando el animal ya ingiere forraje, se presentan en ellos un rápido crecimiento.

El tejido muscular consiste en un tejido coloidal, formado aproximadamente de 70% de agua, 20% de proteína y 10% de lípidos carbohidratos y minerales. El estudio de los músculos, su crecimiento, desarrollo y proporción en el organismo es de extrema importancia para reducir el tejido adiposo frente al muscular. La rentabilidad de los animales de carne depende principalmente de su capacidad para formar músculos. El tejido muscular representa de 45 a 50% del peso de la canal y los distintos músculos varían en sus propiedades y en su composición. Por ejemplo, habrá importantes variaciones cuando los animales se someten al hambre, enfermedades, estrés, climáticos y fatiga. De los componentes de la masa muscular, el principal esta constituido por agua, representado mas del 70% de su peso. Los otros componentes son lípidos (de 0.5 a 2%) y proteínas, de las cuales las más importantes son la miosina (65 mg por gramo) y la actina (25 mg por gramo). Su estructura consiste en largas y delgadas fibras unidas por tejido conectivo, que a su vez forman las fibrillas. Estas están unidas en tiras que forman manojos, que se agrupan para formar el músculo. El tejido conectivo que rodea los varios grupos de fibras, se va uniendo en manojos para formar los tendones que rodean y

unen fuertemente al músculo con el hueso. Un cambio en la forma del músculo ya sea de contracción o descanso, conduce a una redistribución del tejido conectivo. En términos estructurales se puede considerar que los músculos tienen dos componentes, las proteínas contráctiles o fibras musculares que permiten al músculo realizar su trabajo y el tejido conectivo o estructural que forman el arco flexible que contiene a las proteínas que trabajan y fijan los músculos a estructuras esqueléticas (Wood *et al.* 1980).

2.3.5 Rendimiento y calidad de la carne

No es nada fácil definir las características de calidad de cualquier carne, ya que ello depende en gran parte de los gustos y tradiciones de los pueblos y de la forma de cocción. Incluso, los gustos o requerimientos de los pueblos van cambiando con el tiempo. Hoy se requiere producir un cordero mucho más magro que hace treinta años, generalmente con niveles tan bajos de grasa subcutánea menores de los 3 mm de espesor en el lomo. Los requerimientos en el peso de la canal se mantienen muy variables de acuerdo a los distintos mercados. La cantidad de carne que tiene una canal es una determinación objetiva y de extrema importancia. Se expresa en general, ya sea por la determinación del peso corporal, o el rendimiento de la canal, o por el porcentaje de cortes valiosos o comestibles (Alliston, 1983). El rendimiento de la canal es el peso de esta expresado como porciento del peso vivo. Los rendimientos pueden calcularse en base al peso caliente (peso del animal recién sacrificado) o al peso en frío (peso de la canal después de 24 horas en refrigeración de 3 a 5°C. Por otro lado, la calidad de la canal depende en gran medida del marmoleo, o acumulación de grasa intramuscular.

2.3.6 Factores que afectan el tamaño de los órganos viscerales en borregos

Varios trabajos de investigación han revisado el impacto de dietas altas en concentrado sobre el crecimiento y composición de la canal. Sin embargo, no hay información disponible que compare el crecimiento y composición de ganancia de animales consumiendo dietas a libre acceso y dietas restringidas al 85% del consumo según sus requerimiento para saber si consumen lo necesario o consumen alimento por encima de los requerimientos. Esto es recomendable para incrementar la porción magra comestible de las canales además de que el uso de la programas de alimentación restringida pueden incrementar el porcentaje de las canales magras y disminuir la grasa de las canales del ganado (Murphy y Loerch, 1994). Al alterar el consumo de alimento y la concentración de proteína en la dieta se puede alterar la masa de los órganos viscerales. Cambios en la masa de los órganos viscerales puede también cambiar la disponibilidad de la energía y proteína para ganancia y eficiencia alimenticia.

Fluharty y McClure (1997) trabajando con borregos cruza de Hampshire con Targhee, que consumieron el 100% (libre acceso) o el 85% (restringido) de la MS, y el 100% (nivel normal) o 125% (nivel alto) de PC de acuerdo a las recomendación del NRC (1985) y dividido en dos periodos, el primero de los 22 a los 36 kg y el segundo de los 36 a los 50 kg de peso vivo, reportaron que en ambos periodos, los borregos que consumieron a libre acceso tuvieron mayores ($P<0.05$) incrementos diarios de pesos, mayores ($P<0.05$) pesos del retículo-rumen, intestino grueso e hígado, y mayores ($P<0.05$) tasas de crecimiento, que de los borregos alimentados con 85%. Sin embargo, no hubo diferencia ($P>0.05$) en eficiencia alimenticia. Durante todo el periodo, los animales alimentados con la dieta alta en proteína tuvieron mayor ($P<0.01$) consumo de MS, ganancia diaria de peso, peso de hígado, riñones, tasa de crecimiento, y mayor

incremento en la eficiencia alimenticia, en comparación con los borregos alimentados con cantidades normales de proteína. Corderos que consumieron las dietas que contenían mas proteína consumieron mas MS y ganaron mas peso que con dietas formuladas según NRC (1985). Estos resultados nos muestran que las recomendaciones recomendadas por el NRC (1985) limitan el desarrollo de los ovinos. El alimento restringido da como resultado una reducción en la masa de los órganos de las visceras comparadas con el alimento ofrecido a libre acceso. El alimento restringido incrementa la eficiencia de la utilización del alimento para ganancia de peso, en parte, por la reducción en la masa de los órganos viscerales.

2.4 Factores que afectan el funcionamiento ruminal

2.4.1 Influencia del pH sobre el metabolismo ruminal

La regulación de la producción de metano y amoníaco por el pH es sugerida debido a los efectos del pH *in vitro*. Cuando las bacterias del rumen de ganado alimentado con concentrado o forraje permanecen en un medio ruminal que cambia de un valor de pEl de 6.5 a 5.7, la producción de metano disminuye (PO.OOI) de 48 a 7 nmol mg proteína⁻¹ min⁻¹ y de 14 a 2 nmol mg proteína⁻¹ min⁻¹, respectivamente. La reducción del pH *In vitro* (de 6.5 a 5.7) también disminuye (PO.OOI) la tasa de producción de amoníaco, pero solo de bacterias que han sido obtenidas de ganado alimentado con forraje (28 a 15 nmol mg proteína⁻¹ min⁻¹). Las bacterias de ganado que ha sido alimentado con un 90% de concentrado tienen tasas similares (P>0.05) de producción de amoníaco a pH de 6.5 a 5.7 (aproximadamente 12 nmol mg proteína⁻¹ min⁻¹). Estos resultados indican que el pH ruminal afecta la producción de metano en el

rumen, la proporción de acetato:propionato, la deaminación y la concentración de amoníaco (Lana *et al.*, 1998).

Los granos se utilizan en la ración porque ellos constituyen la fuente principal de energía para satisfacer las necesidades del animal. Muchas veces, cuando se consumen raciones ricas en concentrado, se producen grandes cantidades de ácido láctico (acidosis) y el pH del rumen desciende. Como la mayoría de las bacterias son sensibles a los cambios de pH en el rumen, cuando este baja bruscamente, el animal deja de comer, lo cual es síntoma de problemas digestivos agudos. Por lo tanto, cambios de los ingredientes, granos mal mezclados en la ración o alimentación insuficiente, pueden producir acidosis aguda. Los ovinos mastican bastante bien los granos y generalmente es menor la ventaja del procesamiento de estos, cuando han de suministrarse a los borregos. Sin embargo, esto aparentemente no es aplicable para el caso del sorgo. Las dietas a base de grano entero en ovinos, reducen la digestibilidad de la celulosa, con una consecuente disminución en el consumo de forraje y digestibilidad (Soto, 1992).

La disminución en la cantidad de forraje y el incremento en la cantidad de concentrado, incrementó (PO.OOI) la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y el pH ruminal, y la proporción acetato:propionato y disminuyó (PO.OOI) la disociación de amoníaco. La proporción de acetato:propionato y la disociación de amoníaco están altamente correlacionadas ($r^2 = 0.82$ y 0.65 , respectivamente) con el pH ruminal. La proporción acetato:propionato *in vivo* está altamente correlacionada ($r^2 = 0.78$) con la capacidad de las bacterias para producir metano a partir de LL y CO₂ *in vitro*. La disociación de amoníaco-pH *in vivo* está correlacionada ($r^2 = 0.59$) con la capacidad de las bacterias para producir amoníaco a partir de la hidrólisis de las proteínas (Lana *et al.*, 1998).

Por mucho tiempo se ha reconocido que los animales alimentados con dietas con concentrados generalmente tienen un pH ruminal bajo comparado con los animales que consumen forraje, pero la acidosis ruminal puede ser en ambos casos aguda o crónica (Slyter, 1976). Cuando los animales son abruptamente cambiados de consumir forraje a concentrado, grandes cantidades de ácido láctico pueden acumularse en el rumen, y el ácido láctico se encuentra en cantidades mucho mayores que los AGV. Los animales que son gradualmente adaptados a consumir concentrado generalmente no tienen cantidades significativas de ácido láctico, pero el pH ruminal puede permanecer bajo. El pH ruminal bajo también puede ser causado por una acumulación de AGV en el rumen (Burrin y Britton, 1986).

La causa de la acumulación ruminal de AGV no está completamente aclarada. Los AGV al parecer son absorbidos del rumen por difusión facilitada y no en forma disociada, y en algunas especies es claramente más permeable la membrana que permite una mayor absorción (Ash y Dobson, 1963). Debido a que una reducción en el pH incrementa las proporciones de ácido no disociado, uno podría esperar una tasa alta de absorción a pH bajo, estudios recientes indican que el pH bajo podría incrementar la absorción de AGV, pero la respuesta no es tan dramática cuando hay un incremento de un ácido no disociado (Tsuda, 1956).

Davis *et al.* (1964) explico que el pH bajo del ganado alimentado con concentrado se debe a la disminución en el flujo de saliva y a una caída en la capacidad de amortiguación ruminal. La concentración de sodio mas potasio del fluido ruminal es sorprendentemente constante (Johnson *et al.* 1989), y los microorganismos del rumen producen bióxido de carbono a una tasa rápida si el pH es bajo, con una mayor

probabilidad de cambios importantes en la capacidad de amortiguación ruminal (Russell y Chow, 1993).

La disminución crónica del pH ruminal es mas fácilmente explicada por una mayor concentración de AGV, una menor motilidad ruminal y mayor tasa de dilución de los fluidos. Los movimientos ruminales son disparados por la presencia de partículas de materiales en el rumen y el ganado alimentado con concentrados no rumia con la misma frecuencia con que lo hacen los alimentados con forrajes (Church, 1987). Debido a que la absorción de los AGV es un proceso pasivo (Ash y Dobson, 1963), la transferencia de los AGV del lumen a la superficie del epitelio vía movimientos ruminales puede incrementar la remoción de AGV del rumen.

La relación inversa entre la proporción de acetato :propionato y la cantidad de concentrado en la dieta es explicada por la tendencia de las bacterias fermentadoras de fibra para producir acetato y las bacterias fermentadoras de almidón para producir propionato (Blaxter, 1962). Esta generalización es, sin embargo, no apoyada característicamente en los cultivos puros de *Ruminococcus albus* que produce grandes cantidades de acetato, o como *Fibrobacter succinogenes* y *Ruminococcus flavefaciens* que produce principalmente succinato, un intermediario que es finalmente convertido a propionato. Algunas bacterias fermentadoras de almidón producen succinato o propionato pero más que todo producen principalmente grandes cantidades de acetato (Hugante, 1966).

En el rumen, las bacterias pueden usar el propionato como un medio para reducción de equivalentes y de esta manera tener una relación inversa entre metano y propionato (Wolin, 1960). Otros experimentos sostienen la idea de que la proporción ruminal de acetato:propionato *in vivo* está altamente influenciada por la capacidad de las

bacterias para producir metano *in vitro*, el ganado con una relación baja de acetato:propionato, también tienen valores bajos de pH ruminal. Experimentos *in vitro* han corroborado la idea de que el pH es el que principalmente impacta en la producción de metano y en la relación acetato:propionato.

Las concentraciones de medios *in vitro* que contienen bicarbonato de sodio tienen una alta capacidad como amortiguadores de acidez (buffers) con valores de pH mayores a 6.0, pero la capacidad de amortiguación disminuye ampliamente con valores de pH bajos. Grant y Mertens (1992), suplementaron sus medios con citrato para prevenir “la rápida caída del pH” pero este ácido orgánico es rápidamente fermentado por una variedad de bacterias ruminales (Russel y Van Soest, 1984). Para mezclas verificadas de fluido ruminal de ganado alimentado con heno y noventa porciento de concentrado, es posible que varíe el pH *in vitro*, y el pH no varia significativamente si otro hidrógeno o nitrógeno es agregado como sustrato de fermentación.

El efecto del alimento concentrado sobre la acumulación de amoníaco ruminal generalmente es explicado por un incremento en la síntesis de proteína microbial y un aumento en la asimilación de amoníaco, pero otros experimentos indican que la concentración de amoníaco puede también estar correlacionada con la tasa de deaminación de las bacterias. Las bacterias de vacas alimentadas con forraje tienen una alta tasa de deaminación comparado con las bacterias de ganado alimentado con 90% de concentrado, lo que indica que el pH tiene un efecto negativo sobre las bacterias del ganado alimentado con forraje. La inhabilidad del pH para afectar la tasa de deaminación de las bacterias del ganado alimentado con 90% de concentrado indican que el ganado alimentado con forraje o con concentrado tienen diferentes poblaciones de bacterias productoras de amoníaco.

Las bacterias fermentadoras de carbohidratos producen mucho del amoníaco ruminal, pero estas bacterias tienen una tasa mucho menor de deaminación que las bacterias de mezclas ruminales (Paster *et al.*, 1993). Bacterias obligadas fermentadoras de aminoácidos con muy altas tasas de deaminación han sido aisladas del rumen (Russell *et al.* 1988; Chen y Russell, 1989; Paster *et al.*, 1993). Las bacterias fermentadoras de aminoácidos obligadas fueron encontradas en pequeñas cantidades en el rumen, pero ellas tienen una actividad específica muy alta para la producción de amoníaco (Yang y Russell, 1993; Krause y Russell, 1996).

Los efectos del pH sobre la tasa de deaminación de mezclas de bacterias ruminales *in vitro* son consistentes con el efecto del pH sobre cultivos puros. Bacterias fermentadoras de almidón como *Provatella ruminicola* son altamente resistentes al pH y pueden crecer a valores de pH tan bajo como 5.1 (Russell y Dombrowsky, 1980). *Clostridium aminophilum* puede también crecer a pH bajo, pero *Peptostreptococcus anaerobius* y *Clostridium. aminophilum* son fuertemente inhibidas cuando el pH está por debajo de 6.0 (Chen y Russell, 1989).

Lana *et al.* (1998) concluyen que el valor de los concentrados como alimento para el ganado es generalmente explicado por su habilidad para proveer más energía para el crecimiento de los microbios y el metabolismo animal, pero altas cantidades de concentrado pueden disminuir el pH ruminal y un bajo pH ruminal disminuye el crecimiento de las bacterias inhibiendo la eficiencia para la fermentación de la fibra. Reducciones en el pH ruminal pueden disminuir la producción de metano y amoníaco, pero esos efectos tienen el potencial para mejorar la utilización del alimento en los rumiantes.

Lodge *et al.* (1997a) compararon el valor alimenticio de subproductos de destilería del sorgo en bovinos en finalización. Ellos compararon dietas de maíz rolado-seco con granos de destilería húmedos de sorgo, granos de destilería húmedos de sorgo más solubles y granos de destilería secos de sorgo más solubles, a un nivel de 40% de la materia seca de la dieta. Los granos de destilería húmedos tuvieron un valor energético igual al del maíz, mientras que los granos de destilería secos de sorgo más los solubles tenían solamente el 80% del valor energético del maíz. Huck *et al.* (1996) compararon varias combinaciones de granos, para lo cual emplearon combinaciones de sorgo hojueleado-vaporizado y maíz alto en humedad o rolado-seco, comparado con maíz hojueleado al vapor. El uso de combinaciones de grano mejoró la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia respecto al maíz rolado-seco, pero fue similar al maíz hojueleado-al vapor. Leventini *et al.* (1990) reportaron que el pH ruminal no respondió al incremento de cebada cuando los niveles fueron menores al 50% en dietas a base de heno. Poore *et al.* (1990) reportaron que el pH ruminal disminuía cuando se incrementaba el nivel de concentrado a 90% en la dieta. Kaufmann *et al.* (1980) también reportó que el pH ruminal disminuía cuando el consumo de almidón era alto, y el ácido propiónico se incrementaba y el ácido acético disminuía hasta que la proporción de aproximadamente 1:1 con un pH de 5.2

2.4.2 Tipo y composición de la ración, sobre consumo y rumia

La rumia esta relacionada con el consumo potencial de los alimentos, y es una de las importantes limitaciones en la productividad animal. Lina baja en el consumo esta asociada con la madurez y tosco de los forrajes altamente fibrosos. La rumia reduce el

tamaño de las partículas fibrosas indigestibles, permitiéndoles pasar al orificio retículo-omasal, y hacer espacio para más material fibroso ingerido (Welch y Smith, 1970).

Bae *et al.* (1979) analizaron la influencia del nivel de consumo sobre la actividad de rumia, utilizando cuatro borregos en bloques con cuatro niveles de consumo (400, 800, 1200 y 1600 g/d). Teniendo como resultados un incremento en el consumo, aumento en el tiempo de rumia. Sin embargo, en los niveles altos de consumo, el porcentaje de incremento se reflejó en una relación cuadrática ($P < 0.01$). Las medias de los tratamientos del tiempo de rumia (48 horas), para incrementos en el consumo, fueron de 450, 669, 826 y 855 minutos, respectivamente, después de ajustar por un efecto cuadrático residual ($P < 0.01$) (período extra en el diseño de cuadro latino). Conforme se incrementaba el consumo de heno, el número de masticaciones por minuto y por bolo, se incrementaba ($P < 0.01$), mientras que el número de bolos por minuto del tiempo de rumia fue menor. Resultados similares fueron reportados por Welch y Smith (1970), quienes observaron un incremento en la eficiencia de rumia (aumento en la cantidad de pared celular que el animal rumia por unidad de tiempo) conforme aumentaba el consumo total de heno por borregos. El nivel de consumo, se ha considerado como uno de los factores más importantes que afecta a ambos, el flujo de líquidos y la secreción de saliva (Poutionen, 1966).

Algunos factores que afectan el consumo de materia seca, son la calidad del forraje, el tamaño de partícula, la concentración de forraje en la ración y el tipo de concentrado. Una relación entre calidad de forraje y tiempo de rumia en ovinos (Welch y Smith, 1969) y bovinos (Welch y Smith, 1970), demostraron que con un aumento en el contenido de pared celular, el tiempo de rumia por gramo de materia seca aumentaba, pero el tiempo de rumia por unidad de contenido de la pared celular, se mantuvo

constante. Los forrajes de menor calidad, aparentemente requerían más tiempo de rumia por la reducción del tamaño de partícula.

En varios estudios, se han reportado los efectos del procesamiento y tamaño de partícula sobre la masticación (Orskov *et al.* 1974). Los efectos del consumo y tamaño de partícula del forraje por vacas lecheras de alta producción sobre el tiempo de masticación fueron investigados por Santini *et al.* (1983). El tiempo total de masticación (min) por kilogramo de consumo de forraje, se incrementó linealmente con un aumento en el tamaño de partícula ($P<0.05$). Tiempos de masticación de 60, 67 y 77 min/g de materia seca para tamaños de partícula de 0.31, 0.43 y 0.51 cm, fueron obtenidos. El total de masticación se redujo ($P<0.05$) de 77 a 59 min/kg de forraje cuando el consumo se incrementó de 7.9 a 11.7 kg/día, obteniéndose dos relaciones independientes del tiempo de masticación, una con el tamaño de partícula, y otra con el consumo de materia seca. En este estudio, los autores concluyeron que el porcentaje molar de acetato y propionato fue afectado ($P<0.01$) por el nivel de concentrado y el tamaño de partícula del forraje. Un aumento en el ácido acético, acompañó a un incremento en el tiempo total de masticación.

2.4.3 Habilidad de absorción del tejido ruminal

La absorción de productos finales de la fermentación es un factor importante en el desarrollo ruminal. Los productos finales de la fermentación, particularmente los principales ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato) son absorbidos hacia el epitelio del rumen, donde el propionato y el butirato son metabolizados, en rumiantes maduros. Entonces, los AGV o los productos finales del metabolismo (lactato y (3-

hidroxibutirato) son transportados hacia la sangre para ser usados como sustratos de energía. Sin embargo, hay muy poca o nada de absorción o metabolismo de AGV en animales neonatos. Por lo tanto, el rumen debe presentar esta habilidad antes del destete.

Las paredes del rumen se encuentran constituidas por dos capas, epitelial y muscular. Cada capa tiene su propia función y se desarrolla como resultado de un estímulo diferente. La capa muscular se encuentra en el exterior del rumen y provee de soporte al interior (capa epitelial). Su papel primario es el de contraerse para mover el contenido ruminal alrededor del rumen y el alimento digerido hacia el omaso. La capa epitelial es la capa de tejido absorbente que está dentro del rumen y que está en contacto con el contenido ruminal. Tiene una composición de una capa fina de tejido que sostiene a muchos pequeños apéndices llamados papilas. Estas papilas proveen la superficie absorbente para el rumen. Cuando los rumiantes nacen, las papilas son pequeñas y no están funcionando. Estas estructuras absorben muy poco y no pueden metabolizar AGV (Quigley, 1998).

Quigley (1998) evaluó los efectos de varios compuestos sobre el desarrollo del tejido epitelial, en relación con el tamaño y el número de papilas y por su habilidad de absorber y metabolizar AGV. Los resultados indican que el estímulo primario para el desarrollo del epitelio son los AGV, particularmente el propionato y butirato. Leche, paja y grano, añadidos al rumen, son todos fermentados por bacterias presentes en estos organismos, por lo tanto, ellas contribuyen con AGV para el desarrollo epitelial. Esponjas plásticas y partículas inertes, no promovieron el desarrollo del epitelio. Estos objetos no pudieron ser fermentados a AGV y por lo tanto no contribuyeron con AGV al rumen.

El desarrollo del rumen (definido como el desarrollo del epitelio) es principalmente controlado químicamente, y no físicamente. Esto es fuertemente apoyado por la hipótesis de que el desarrollo ruminal es principalmente controlado por la disponibilidad de alimento seco, pero particularmente iniciador en el rumen (Annison y Lewis, 1986).

2.4.4 Efecto de la alimentación sobre el desarrollo ruminal

Las bacterias, líquido, motilidad del rumen, y la habilidad absorbente son establecidas antes del desarrollo del rumen, o se desarrollan rápido cuando los rumiantes empiezan a comer alimento seco. Por lo tanto, el factor primario que determina el desarrollo ruminal es la ingestión de alimento seco. Para promover el desarrollo temprano del rumen y permitir un destete temprano, la clave es un consumo temprano de una dieta, para promover el crecimiento del epitelio ruminal y la motilidad ruminal. Debido a que los granos proveen carbohidratos fermentables, que a su vez son fermentados a propionato y butirato, ellos son una buena elección para asegurarse de un desarrollo ruminal temprano. Por otro lado, los carbohidratos estructurales de los forrajes tienden a ser fermentados en su mayoría a acetatos, que son menos estimulantes para el desarrollo ruminal. Una agresiva ingestión de alimento iniciador para temeros, es la clave para un buen desarrollo ruminal (Quigley, 1998).

2.5 Ácidos Grasos Volátiles (AGV)

Los AGV, son productos de desecho de un metabolismo microbial anaeróbico. Estos proveen al animal de una mayor fuente de energía metabolizable (Van Soest,

1994). Durante varias décadas, los AGV encontrados en el rumen fueron considerados de poco significado nutritivo, y la digestión de la celulosa se supuso que no sería más que una despolimerización de la glucosa, que después era absorbida y metabolizada como en los animales monogástricos (Aguirre, 1998). Sin embargo hoy en día, está bien demostrado, que estos ácidos constituyen la mayor fuente de energía para los rumiantes, ya que los AGV encontrados en el rumen provienen en gran parte de la fermentación de los carbohidratos de los alimentos y solo una pequeña parte de estos carbohidratos ingeridos escapa a su degradación en el rumen. La remoción de estos productos ácidos es vital en el mantenimiento del medio ambiente ruminal, para un continuo crecimiento de organismos celulolíticos. En el Cuadro 9, observamos la estructura de los principales ácidos grasos volátiles en orden descendente de abundancia. Los ácidos son acético, propiónico, butírico y pequeñas cantidades de isobutírico, valérico e isovalérico, además de trazas de varios ácidos de cadena ramificada, como el ácido láctico, que solo aparece como un producto pasajero de 1 a 2 horas después de la fermentación y únicamente es importante cuando los almidones son parte de la dieta, siendo posteriormente fermentados a acetato, propionato y butirato (Maynard *et al.* 1992).

La producción de AGV es marcadamente influenciada por diversos factores, como la ración, el manejo, el estado fisiológico del animal y el estatus de la población metanogénica ruminal. Esto es debido a cambios en el equilibrio químico del medio ambiente ruminal (Kohn, 1994). Las concentraciones de AGV en el rumen son reguladas por un balance entre producción y absorción, donde el aumento en el grado de producción induce a altas concentraciones. Por lo tanto, las concentraciones de AGV y el pH del rumen varían, debido a que el grado de producción cambia a consecuencia de las normas de alimentación (Giesecke, 1970). Las proporciones relativas de los AGV

Cuadro 9. Ácidos grasos volátiles producidos por la fermentación ruminal.

Nombre	Estructura
Acetato	$\text{CH}_3\text{-COOH}$
Propionato	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$
Butirato	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
Fuente: Wattiaux y Armentano (1996).	

fluctúan con la dieta, encontrando que el ácido acético predomina en la mayoría de las condiciones, pero siempre se encuentran cantidades sustanciales de ácidos propiónico y butírico (Van Soest, 1994).

2.5.1 Absorción de los ácidos grasos volátiles

Los AGV son absorbidos a través de la pared ruminal en forma libre, aparentemente no por transporte activo, sino por transporte pasivo. En el epitelio ruminal se genera un considerable metabolismo de ácidos grasos, conduciendo a una declinación diferencial en concentración y una más rápida absorción. Con un pH normal del rumen, solamente pequeñas cantidades de AGV están en forma de ácidos grasos libres. Sin embargo, el cambio de ácido libre es balanceado por la formación de más ácidos libres a través del equilibrio de ionización. La presencia de altas concentraciones de ácidos libres esta favorecida por un pH bajo y una alta concentración de estos.

El mecanismo de absorción de los AGV depende del pH intracelular de la pared ruminal y el de la sangre, debido a que son ordinariamente más alcalinos que el del rumen, favoreciendo movimientos de los ácidos hacia la sangre a través de la energía libre de neutralización. Estos gradientes similares no fomentan el flujo de aniones de los AGV. El bicarbonato, iones de sodio y urea, fluyen en dirección en contraria al rumen. El mecanismo de absorción de AGV en el tracto digestivo bajo del rumiante y no rumiante es similar que la del rumen (Aguirre, 1998).

2.5.2 Metabolismo de los AGV

El metabolismo intermediario de rumiantes es básicamente el mismo que otros mamíferos, pero difiere principalmente en las cantidades de carbón a través de ciertas

vías metabólicas, las cuales son bajas con respecto a la absorción de glucosa y la absorción alta de los ácidos acético, propiónico y butírico del tracto gastrointestinal. En general, el acético y butírico son las mayores fuentes de energía (por oxidación), mientras que el propiónico es reservado para la gluconeogénesis. El acético es el componente más absorbido (90%) desde el retículo-rumen, además de ser el precursor lipogénico más importante (Bergman, 1990).

Los AGV son absorbidos en forma libre. En su metabolismo pasan a través de la pared ruminal hacia la sangre de la vena porta, pasando como aniones neutralizados por el pH sanguíneo. El epitelio del rumen metaboliza considerablemente los AGV, dando como resultado que las cantidades serán mayores para el butírico y menores para el acético. La sangre de la vena porta circula a través del hígado el cual toma casi todo el propionato y butirato, por lo que todo el ácido acético representa el 90% o más de los AGV que se encuentran en la circulación periférica.

2.5.2.1 Metabolismo del ácido acético

En los rumiantes, el principal producto de digestión de los carbohidratos es el ácido acético (Annison y Lewis, 1986). El acetato solo pasa por el hígado para integrarse a la corriente sanguínea, siendo el único AGV que se puede encontrar en cantidades apreciables en circulación periférica. Durante el metabolismo, este es fosforilado a Acetil CoA y entra al ciclo de Krebs. Requiere de dos enlaces de energía para ser activado, rindiendo 12 moles de ATP al ser oxidado. Así hay una ganancia neta de 10 ATP por mol de ácido acético absorbido (Me Donald *et al.*, 1988). El acetato también puede ser usado directamente para la síntesis de la grasa en la leche, especialmente para los ácidos de cadena corta (Maynard *et al.*, 1992).

2.5.2.2 Metabolismo del ácido propiónico

El ácido propiónico es el principal sustrato glucogénico, esto significa obtención de energía a partir de ácidos grasos volátiles (Abdul-Razzaq *et al.*, 1988). En los rumiantes se obtiene una gran cantidad de este ácido, como consecuencia de la degradación de los carbohidratos en el rumen (Me Donald *et al.*, 1988). La mayor parte de este ácido es removida de la sangre de la vena porta hacia el hígado, aquí es transformado en glucosa, siendo como consecuencia, la principal fuente de glucosa para los rumiantes (Van Soest, 1994).

Para la conversión de propionato a glucosa, se requiere que este entre primero al ciclo de Krebs, como Succinil CoA. Para estas reacciones se requieren 3 enlaces de alta energía y están involucradas las vitaminas biotina y cianocobalamina. En este proceso hay una ganancia neta de 17 ATP por mol o 34 ATP por cada equivalente de glucosa (a diferencia de 36 ATP con la glucosa sola).

En la sangre periférica existen pequeñas cantidades de propionato que pueden proceder de una captura insuficiente por el hígado o de la oxidación de ácidos grasos de número impar de átomos de carbono. Este propionato puede ser usado para la producción de energía directamente, con una ganancia neta de 18 ATP. Esta vía es más eficiente que la conversión a glucosa (Me Donald *et al.*, 1988).

2.5.2.3 Metabolismo del ácido butírico

El ácido butírico es particularmente metabolizado por el epitelio ruminal a cuerpos cetónicos, principalmente acetoacetato y β -hidroxibutirato. Este ácido puede ser utilizado como una fuente de energía por una serie de tejidos. Este ácido es

especialmente convertido a acetil CoA y posteriormente metabolizado en el ciclo de Krebs.

La producción neta de ATP por una mol de ácido butírico es de 25 (Maynard *et al.*, 1992). El acetoacetato también puede ser convertido en acetil CoA por una transferencia por el equivalente de un solo ATP, significando una producción de 26 ATP por mol de butirato oxidado (Lassiter y Edwards, 1982). El butirato absorbido como cuerpo cetónico, es fuente de energía para el animal, especialmente en crisis fisiológicas como el parto (Duncan y Garton, 1963).

2.5.3 Producción de AGV en el rumen

Durante la fermentación ruminal, la población de microorganismos, principalmente bacterias, fermentan los carbohidratos para producir energía, gases (CEL y CO₂), calor y ácidos. El ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico son ácidos grasos volátiles (AGV) y conforman la mayoría (>95%) de los ácidos producidos en el rumen. También la fermentación de aminoácidos generados en el rumen produce ácidos, llamados iso-ácidos. La energía y los iso-ácidos producidos durante la fermentación son utilizados por las bacterias para crecer (es decir principalmente para sintetizar proteína). El CO₂ y el CH₄ son eructados, y la energía todavía presente en el CH₄ se pierde, si no es necesaria para mantenimiento de la temperatura del cuerpo. Los AGV son productos finales de la fermentación microbial y son absorbidos a través de la pared del rumen. La mayoría del acetato y todo el propionato son transportados al hígado, pero la mayoría del butirato se convierte en la pared del rumen a una cetona que se llama /2-hidroxibutirato. Las cetonas son la fuente principal de energía (combustible) para la mayoría de tejidos

del cuerpo. Las cetonas provienen principalmente del butirato producido en el rumen, pero en las etapas iniciales de lactancia viene también la movilización de tejidos adiposos (Wattiaux y Armentano, 1996).

2.6 Factores que afectan la digestibilidad

2.6.1 Digestibilidad de la pared celular

Laredo y Minson, (1973), Poppi *et al.* (1981a), y Hendricksen *et al.* (1981) observaron que los animales que comían mas hojas que tallos cuando las digestibilidades eran similares. En adición los efectos de la composición morfológica influyen en el consumo. El consumo y la digestibilidad fueron negativamente correlacionado con FDN, FDA y lignina soluble, según el nivel de heno ofrecido en la ración.

2.6.3 Efecto del nivel de grano sobre la digestibilidad

La energía digestible de dietas altas en concentrado es usada mas eficientemente que la energía digestible de dietas con proporciones de 50% de heno y 50% de grano (Kozub y Hironaka, 1992). Las ineficiencias causadas por la inclusión de altas cantidades de cereales es el resultado una represión de catabolitos de la celulólisis debido a azúcares libres y al efecto inhibitorio del pH bajo sobre la digestión de la celulosa (Cheng, 1991). Por lo tanto, el uso eficiente de los nutrientes sean granos o forrajes par mantener el nivel ruminal se disminuye cuando estos son combinados particularmente en dietas para mantenimiento o menos energéticas (Joanning *et al.* 1981).

Los resultados de otros estudios, como los de Tucker (1975), Ross *et al.* (1985) y Grovum (1988) son contradictorios a la interpretación básica de la función ruminal

propuesto por Cheng (1991) y con Kozub e Hironaka (1992). La posible explicación a esta contradicción son: (1) Los borregos son mas susceptibles a la acidosis aguda que el ganado (Huntington, 1988); y (2) las dietas altas en concentrado pueden tener mejor desarrollo en corral de engorda bajo condiciones de menor estrés.

Gaebe *et al.* (1998) no encontró interacción entre el tipo de grano y procesamiento ($P>0.10$) para consumo de MS, eficiencia alimenticia, o características de la canal. Los novillos alimentados con grano extruido consumieron 31% menos alimento ($P<0.001$) que aquellos alimentados con dietas roladas en seco. Sin embargo, no hubo diferencia ($P>0.10$) en la eficiencia alimenticia entre los dos métodos de procesamiento. La eficiencia alimenticia de los novillos fue probablemente similar para los dos tratamientos. Los novillos alimentados con grano extruido consumieron menos alimento y ganaron menos que los novillos alimentados con grano rolado en seco. El consumo de materia seca fue mayor ($P<0.05$) para los novillos alimentados con dietas de grano de sorgo que para los que fueron alimentados con las dietas a base de maíz. Debido al bajo consumo y la alta ganancia de peso de los novillos alimentados con dietas de maíz, la eficiencia alimenticia de los novillos alimentados con dietas de maíz fue mejor ($P<0.05$) comparada con los novillos alimentados con dietas de grano de sorgo.

El tipo de grano no afectó ($P>0.16$) el consumo, digestibilidad en tracto total o pH ruminal. Los granos de sorgo o de maíz extruido disminuyeron el consumo ($P<.001$) pero incrementaron ($P<.074$) la digestibilidad de la MS y almidones comparados con el los granos rolados en seco. Los novillos alimentados con las dietas a base de grano extruido tuvieron una menor ($P<.032$) digestibilidad de FDA y FDN. La desaparición ruminal de la materia seca y los almidones *in situ* fue alta ($P<.03$) y el pH ruminal fue menor ($P<.052$) en los novillos alimentados con los granos eximidos que en aquellos

alimentados con grano rolado en seco. Los datos de este estudio indican que los granos de maíz y sorgo extraídos son altamente degradables, sin embargo, disminuyen el consumo de MS y bajan el nivel del pH ruminal, resultando en una disminución del desempeño.

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Instalaciones y equipo

Dos experimentos fueron llevados a cabo para evaluar la influencia de varios niveles de fibra (forraje) en la ración sobre el desempeño de corderos en corral. En el experimento 1, se determinó el efecto sobre el consumo, la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y las características de la canal. En el experimento 2, se midieron las actividades de masticación (consumo y rumia), las digestibilidades de la materia seca (MS), la fibra detergente neutro (FDN), los carbohidratos no estructurales (CNE), y el balance de nitrógeno (N). Además se midió el pH y se determinaron las concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen. Ambos experimentos se realizaron en las instalaciones de la Unidad Metabólica del Laboratorio de Nutrición y Metabolismo Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

3.2 Experimento 1 (Estudio de crecimiento)

3.2.1 Características de los animales

Se usaron veinte borregos pelibuey machos enteros en crecimiento, con un peso promedio de aproximadamente 24.8 kg, los cuales fueron asignados aleatoriamente a cuatro grupos en un diseño completamente al azar.

3.2.2 Tratamientos

Los grupos formados fueron asignados nuevamente al azar a cuatro raciones con incrementos graduados de heno. Los tratamientos fueron: (1) 0% heno picado; (2) 10% heno picado; (3) 20% heno picado y (4) 30% heno picado.

3.2.3 Alojamiento y manejo de los animales

Los borregos se confinaron individualmente en jaulas metabólicas (1.5 m²), con comedero y bebedero individual, el agua se ofreció a libre acceso. El estudio de crecimiento duró 75 días, 15 días para adaptación de los corderos a las jaulas y a los alimentos, y 60 días para obtención de datos sobre consumo de MS, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia. Los borregos fueron desparasitados con febendazol, vitaminados con A, D y E, y se vacunaron contra enfermedades bacterianas (*Clostridium septicum*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii* y *Clostridium perfringens* C y D).

3.2.4 Alimentos experimentales

La composición de las cuatro raciones experimentales se presenta en el Cuadro 10. Con niveles de paca de zacate Klein (*Panicum coloratum*) de buena calidad, que variaron de 0 a 30%, se formularon raciones con varias concentraciones de energía y el mismo contenido de proteína cruda (15%). La cantidad total de alimento que se ofreció se dividió en tres porciones durante el día (0800, 1300 y 1700 horas). La cantidad ofrecida se calculó considerando el consumo diario de alimento más un 5% adicional para reducir la selección de los componentes de las raciones, por los corderos.

Cuadro 10. Composición (kg/ton) de los alimentos para borregos con varios niveles de forraje henificado.

Ingrediente	Nivel de Forraje (%)			
	0	10	20	30
Zacate Klein, heno	–	100	200	300
Sorgo, grano ¹	833	728	623	518
Soya, harina	97	102	107	112
Melaza	50	50	50	50
Mezcla Base	20	20	20	20
Composición química				
EN _m , Mcal/kg ⁴	2.000	1.925	1.849	1.775
EN _g , Mcal/kg ¹	1.357	1.275	1.194	1.113
Proteína cruda, %	15.0	15.0	15.0	15.0
Proteína indegradable, %	7.3	6.9	6.5	6.1
Calcio, %	0.52	0.58	0.63	0.68
Fósforo, %	0.41	0.40	0.38	0.36
Potasio, %	0.72	0.85	0.98	1.10
Fibra cruda, %	2.9	6.3	9.7	13.1

¹Sorgo: 50% entero y 50% molido.

²Premezcla: minerales traza, vitaminas A y E, Lasalocid sódico (30 g/ton) y urea (20.9%).

³NRC (1985).

⁴EN_m, energía neta para mantenimiento; EN_g, energía neta para ganancia de peso.

3.2.5 Pesajes de los corderos

El peso inicial, a los 30 días y el peso final fueron obtenidos pesando a los corderos durante dos días consecutivos para obtener una media mas precisa del peso corporal. Los pesajes se llevaron a cabo a la misma hora y en ayunas (por la mañana antes de servir el primer alimento del día), iniciando a las 7:30 a.m., siempre con el mismo orden.

3.2.6 Análisis de muestras

Muestras de las raciones ofrecidas y del alimento rechazado muestreado diariamente, fueron secadas en un horno a 60 °C y molidas a través de una malla de 1 mm en un molino Wiley antes de los análisis. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105 °C, humedad y extracto etéreo (AOAC, 1997). El contenido de cenizas se determinó después de la combustión de las muestras en una mufla a 550°C por una hora (AOAC, 1997). Los constituyentes de la pared celular de las muestras se determinó según la técnica de Goering y Van Soest (1970). El contenido de proteína cruda fue determinado según el procedimiento Kjeldahl, como $N \times 6.25$ (AOAC, 1997). Los carbohidratos no estructurales (CNE) se calcularon con la siguiente ecuación (Van Soest, 1996): $CNE (\%) = \%MS - (\%PC + \%EE + \%Cenizas + \%FDN)$.

3.2.7 Sacrificio de los corderos

Al final de la toma de datos para la digestibilidad al finalizar el segundo experimento, los animales se trasladaron a un rastro particular para ser sacrificados a las 0500. Los animales pesaron antes del sacrificio. Medidas de altura del piso a la cruz

(cm), longitud de tuberosidades (cm) de la escápulahumeral a la coxofemoral, y la circunferencia torácica (cm) se obtuvieron.

El peso de la canal al sacrificio (caliente) y el rendimiento de la canal caliente (peso de la canal caliente como porciento del peso vivo) fueron obtenidas. Las canales fueron colgadas y refrigeradas por un periodo de 24 horas a una temperatura de 3-5°C, y posteriormente, pesadas para obtener el peso de la canal fría. El rendimiento de la canal fría (%) fue calculado (peso de la canal fría como porciento del peso al sacrificio).

Debido a que las diferencias en el contenido gastrointestinal puede influir en forma importante sobre las variaciones en los rendimientos de la canal al sacrificio y en frío, se obtuvieron los pesos de las vísceras con y sin digesta (contenido gastrointestinal). Los pesos del cuero, cabeza, hígado, pulmones, testículos y sangre también fueron registrados.

3.2.8 Procedimiento de clasificación de las canales

Los parámetros de calidad de la canal que se midieron fueron: (1) marmoleo; (2) madurez en hueso; (3) madurez de la carne; (4) madurez final; (5) color de la carne; (6) textura; (7) apariencia, y (8) grado final de clasificación (Superior, Selecta, Buena, Estándar, y Comercial), según el Meat Evaluation Elandbook (1992).

Otros parámetros que fueron medidos son: (1) tamaño del ojo de la costilla (área del ribeye), (2) grasa externa, (3) grasa del riñón, pelvis y corazón, (4) rendimiento en la tabla, y (5) grado de rendimiento preliminar. La medición del tamaño del área del ojo de la costilla se realizó entre la 12ª y la 13ª costillas. Además, se medieron los cortes primarios (como % de la canal fría): (1) piña (pierna), (2) sirloin, (3) t-bone, (4) chuleton, (5) paleta, (6) costilla, (7) pescuezo, y (8) falda.

Para determinar la calidad de la canal se utilizó el criterio de marmoleo en la región de la falda e hijar, utilizando las fotografías oficiales de marmoleo del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y de acuerdo a la tabla de doble entrada (Cuadro 11) de los estándares oficiales de este departamento, se les asignó su calidad final.

3.3 Experimento 2 (Estudio de Digestibilidad)

3.3.1 Determinación de digestibilidad

Al final del estudio de crecimiento, los corderos permanecieron en las jaulas metabólicas durante 7 días para la colección de muestras, para determinar la digestibilidad ofreciendo las raciones y agua, durante el mismo horario, a libre acceso. La colección total de heces y orina se llevó a cabo diariamente a las 1700 horas, congelándose el total hasta el análisis de estas.

3.3.2 Análisis de muestras

Después del periodo de 7 días, el total de alimento ofrecido y rechazado, heces y orina se descongelaron, tomándose una muestra representativa de 10%. Las muestras de alimento y heces fueron secadas a 55°C durante 96 h o más, hasta un peso constante. Posteriormente, las muestras de alimento y heces se molieron en un molino Wiley con una malla de 1 mm y se determinó MS en una estufa con aire forzado a 105°C. Las muestras molidas se guardaron en frascos con tapa para determinar la digestibilidad de la MS, FDN y CNE. Los análisis de PC, EE, cenizas y FDN fueron determinados como se describen el Experimento 1. El contenido de CNE fueron calculado según fórmula sugerida en el Experimento 1.

Cuadro 11. Tabla de doble entrada de los estándares oficiales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para determinar calidad de la canal en ovinos

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

Del total de orina una vez que se descongelaron se homogeneizo cada una de ellas y se filtro en un filtro de gasa con varios dobleces y se tomó el 10%, se guardo en refrigeración para determinar el contenido de N tomando un gramo de muestra según procedimiento para micro-Kjeldahl (AOAC, 1997).

Durante un período de 24 horas, se registraron cada 5 minutos, las actividades de consumo y rumia para calcular el tiempo total de masticación de los borregos. Para determinar el pH se obtuvo liquido ruminal mediante el uso de un tubo estomacal dos horas después de ofrecer la comida de la tarde. El pH se midió inmediatamente con un potenciómetro Beckman. Las muestras de liquido ruminal se enfriaron para detener la fermentación y se centrifugaron a 10,000 gv durante 10 minutos. Cinco ml del sobrenadante se mezclaron con 1 ml al 25% (peso/volumen) de ácido metafosfórico conteniendo aproximadamente 2 g de 2-etilbutírico (estándar interno) por litro, y nuevamente se centrifugaron a 10,000 gv por 10 minutos. La fracción sobrenadante que resultó fue analizada para obtener la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) por cromatografía de gases (Goetsch y Galyean, 1983). Los tubos blanco (fluido ruminal + buffer) fueron tratados de igual forma que los tubos con muestras de liquido ruminal. La concentración total (mM) y la proporción molar de AGV se calculó ajustando la concentración de AGV de cada muestra y restando la concentración de los tubos blanco.

3.4 Determinación de energía neta para mantenimiento y ganancia de peso

El contenido de energía bruta (EB) de las muestras de alimentos ofrecido y rechazado, heces y orina fue determinado usando una bomba calorimétrica adiabática Parr. El contenido de energía digestible (ED) se obtuvo de la diferencia de la EB consumida de los alimentos menos la EB contenida en las heces.

Los valores de la energía perdida por la producción de metano fue calculado según Orskov et al. (1968), con la siguiente ecuación: $Y = 0.498X - 20.6$; donde Y es la energía perdida como metano (Mj/40 moles de carbohidratos digestibles); y X es la concentración de ácido acético (por ciento molar) en el fluido ruminal.

Los carbohidratos digestibles (CD) incluyen la pared celular (FDN) y los carbohidratos no estructurales (CNE) del alimento, los cuales fueron determinados según la siguiente ecuación: $CD = (FDN \text{ digestible} + CNE \text{ digestibles}) - \text{lignina klason}$. La fibra en detergente neutro (FDN) se determinó según Goering y Van Soest (1970). Los moles de los CD fueron calculados asumiendo el peso molecular de una hexosa ($C_6H_{10}O_5$) de 162.

Los contenidos de energía neta para mantenimiento (ENm) y energía neta para ganancia (ENg) fueron calculados usando las siguientes ecuaciones reportadas por el NRC (1985):

$$ENm = 1.37EM - 0.138EM^2 + 0.0105EM^3 - 1.12$$

$$ENg = 1.42EM - 0.174EM^2 + 0.0122EM^3 - 1.65$$

3.5 Análisis estadísticos

Los resultados de ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia fueron sujetos a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 4 (2 periodos de alimentación y 4 niveles de heno en la ración). Los datos de digestibilidad aparente, balance de nitrógeno, actividades de masticación (tiempos de consumo y rumia) y parámetros ruminales (pH y concentraciones de AGV) fueron evaluados mediante un Análisis de Varianza. Contrastes ortogonales fueron usados para determinar los efectos lineal y cuadrático (Steel y Torrie, 1980). Los datos de peso corporal (kg), peso corporal libre de digesta (kg), consumo de MS ($g/kg^{0.75}$), ganancia diaria de peso (g/día), eficiencia

alimenticia (g/g), y contenido de ENm (Mcal/kg) fueron relacionadas mediante un análisis de regresión lineal.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Prueba de desempeño (Experimento 1)

4.1.1 Consumo de materia seca

En el Cuadro 12, se presentan las medias por período y nivel de heno en la ración para consumos de materia seca (MS), ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia (kg de alimento por kg de peso incrementado) de los corderos. El peso inicial de los corderos fue de aproximadamente 23.9 kg y no fue diferente ($P>0.05$) entre los tratamientos.

No se detectó un efecto del período ($P>0.05$) sobre el consumo de MS, sin embargo, si lo hubo ($P<0.01$) para nivel de heno en la ración (Cuadro 12). Considerando los 60 días del estudio, el consumo de MS aumentó en aproximadamente 48.9% en corderos que consumieron 30% de heno, en comparación con aquellos no tuvieron heno en su ración. Durante los primeros 30 días, los consumos de MS de los corderos aumentaron linealmente ($P<0.01$) en aproximadamente 56.6%, al aumentar el nivel de paca en la ración de 0 a 30%.

4.1.2 Ganancia diaria de peso

La ganancia de peso fue afectada ($P<0.01$) por el período y el nivel de heno en la ración, no habiendo una interacción entre el periodo y el nivel de heno (Cuadro 12). Se notó una relación inversa entre el nivel de heno en la ración y las ganancias de peso de los corderos. Entre mayor fue el nivel de paja en la ración, menor fue la ganancia de peso. En la primera etapa, la ganancia de peso fue de 268 g/día, la cual fue mucho menor

($P<0.01$) que en la segunda etapa, en la que los borregos ganaron solamente 149 g/día. Durante todo el estudio los borregos ganaron 208 g/día.

Entre mayor fueron los días de estancia de los corderos en la engorda, menor fue la ganancia de peso. La ganancia de peso de los corderos durante los primeros 30 días se redujo linealmente ($P<0.01$) en aproximadamente 56.6%, al aumentar el nivel de paca en la ración de 0 a 30%. Durante este período, las ganancias de peso fueron 0.332, 0.265, 0.263 y 0.212 kg/día para 0, 10, 20 y 30% de heno, respectivamente. Durante el segundo período (31 a 60 días), las ganancias de peso de los corderos también disminuyeron linealmente ($P<0.01$), pero en solamente 25.2%. Durante este período, las ganancias de peso fueron de 0.169, 0.150, 0.144, y 0.135 kg/día para 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente.

4.1.3 Eficiencia alimenticia

En el Cuadro 12, se observa un efecto ($P<0.01$) del período y del nivel de heno sobre la eficiencia alimenticia de los corderos. Durante los primeros 30 días, la eficiencia alimenticia (kg de alimento/kg de peso incrementado) fue mayor (5.0 kg/kg) que durante los últimos 30 días (10.1 kg). Esta diferencia quizás fue debida a que durante el primer periodo, la energía de la ración fue principalmente utilizada para formar músculo, mientras que durante el segundo periodo los borregos depositaron más grasa. La eficiencia alimenticia estuvo relacionada inversamente ($P<0.01$) con la cantidad de heno en las raciones.

4.1.4 Peso de las canales y los rendimientos de la canal, en caliente y en frío

**Cuadro 12. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de corderos consumiendo
varios niveles de heno en raciones de engorda.**

Variable	Periodo (días)				Heno(%)				P ¹			
	0-30	31-60	0-60	EE	0	10	20	30	EE	Periodo	Heno	P x H ²
Consumo de MS (kg)	1.227	1.257	1.242	0.038	0.960	1.200	1.377	1.429	0.044	0.855	0.001	0.508
Ganancia de peso (kg/d)	0.268	0.149	0.209	0.012	0.250	0.207	0.203	0.174	0.014	0.001	0.003	0.763
Eficiencia Alimenticia (kg/kg)	5.0	10.1	7.5	0.775	4.9	7.1	7.6	10.3	0.895	0.001	0.005	0.990

¹P, Probabilidad.

²P x H, Interacción periodo x heno.

**Cuadro 13. Peso y rendimiento de la canal en caliente y frío de corderos
alimentados con varios niveles de heno en raciones de engorda.**

Variable	Forraje (%)				EE ¹	P ²	
	0	10	20	30		L	Q
Peso al sacrificio (kg)	39.0	36.3	36.5	31.1	0.95	0.006	0.760
Peso de la canal caliente (kg)	21.5	19.6	19.2	18.5	0.80	0.017	0.490
Peso de la canal frío (kg)	21.1	19.3	18.9	18.1	0.79	0.017	0.490
Rendimiento de la canal caliente (%)	55.0	54.1	52.5	54.2	1.78	0.610	0.490
Rendimiento de la canal fría (%)	53.9	53.0	51.5	53.1	1.74	0.610	0.480

¹EE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

canales (kg), en caliente y en frío, se redujeron ($P < 0.05$) con un aumento en el contenido de heno en la ración de los corderos. El peso de la canal caliente fue de 21.5, 19.6, 19.2, y 18.5 kg para corderos que consumieron 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente. El peso de la canal fría fue de 21.1, 19.3, 18.9, y 18.1 kg para corderos para 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente. Varios estudios sobre el efecto de la ración sobre la composición de los canales son contradictorios, pero la ganancia diaria de peso no es el único factor que influye en el grado de rendimiento y en el tamaño de los cortes comestibles, ya que otros factores como la edad del animal, la raza, el tiempo de alimentación y las condiciones ambientales pueden todas ellas jugar un papel importante en las diferencias de las características de la canal con diferentes niveles de concentrado (Hatfield, 1997).

4.1.5 Tracto gastrointestinal lleno, vacío y peso libre de digesta

Aunque hubo una tendencia para que los pesos del tracto gastrointestinal (TGI) lleno (Cuadro 14) aumentaran con el nivel de heno en la ración, las diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$). Un mayor peso del TGI lleno se debe aparentemente a un mayor consumo de MS y fibra de corderos consumiendo más heno. La fibra, cuyo contenido es alto en raciones con mucho heno, tiene una mayor capacidad de retener agua. El peso (kg) del TGI vacío (libre de digesta) de los corderos no fue afectado ($P > 0.05$) por el nivel de heno en la ración.

4.1.6 Efecto sobre las características de la canal

En el Cuadro 15, se reporta el efecto del nivel de heno en la ración, sobre el marmoleo, grado de finalización, cobertura de grasa, área del ojo del lomo, grasa de riñón, pelvis y corazón

Cuadro 14. Peso (kg) de tracto gastrointestinal lleno, tracto gastrointestinal vacío, peso libre de digesta (PLD) y consumo de MS (g/kg de PLD).

Variable	Forraje (%)				EE ¹	P ² -----	
	0	10	20	30		L	Q
Tracto gastrointestinal lleno (kg)	6.60	7.10	7.40	7.90	0.62	0.150	1.000
Tracto gastrointestinal vacío (kg)	2.00	1.90	2.20	2.20	0.15	0.200	0.610
Peso libre de digesta (PLD) (kg)	31.90	31.80	31.50	30.50	2.25	0.670	0.850
Consumo de MS (g/kg PLD)	29.00	29.00	37.80	41.00	2.17	0.001	0.470

¹EE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

Cuadro 15. Efecto del nivel de forraje sobre las características de la canal en borregos consumiendo dietas para corral de engorda.

Variable	Forraje (%)				EE ¹	“F	
	0	10	20	30		L	Q
Marmoleo ³	4	4	3	5	0.67	0.470	0.120
Grado de finalización ^b	1	1	1	2	0.21	0.110	0.350
Cobertura de grasa (mm)	0.07	0.11	0.08	0.11	0.01	0.260	0.700
Ojo del lomo (cm ³)	1.9	1.8	2.0	2.0	0.11	0.270	0.850
Grasa de RPC (%)	3.3	3.5	2.9	2.5	0.39	1.100	0.450
^c Cortes de primer grado (%)	54.2	53.2	52.2	51.2	0.14	0.001	1.000
^d Cortes de segundo grado (%)	74.2	72.2	70.2	68.2	0.28	0.001	1.000

¹EE = Error experimental.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

^a1, Ligeramente Abundante; 2, Moderado; 3, Modesto; 4, Pequeño; 5, Ligero y 6, Trazas.

^b(1) Suprema; (2) Selecta.

^cCortes de primer grado, porciento de cortes esperados en cortes al detalle de la Piña, Costillas, Lomo y Pescuezo

^dCortes de segundo grado, porciento de cortes esperados en cortes al detalle, con Falda y Chamberete.

(RPC), cortes de primer y de segundo grado. Se observó que el nivel de heno en la ración no afectó ($P>0.05$) el marmoleo, grado de finalización, cobertura de grasa, o el área del ojo del lomo, quizás porque estos parámetros están más relacionados con el tipo de raza y grado de finalización de los animales. Aunque no hubo un efecto significativo ($P>0.05$) del nivel de heno en la ración sobre el grado de finalización de los corderos, hubo una tendencia para que mas canales de corderos consumiendo el más alto nivel de heno (30%), fueran clasificadas como selectas, mientras con menos heno, mas canales fueron clasificadas como supremas.

Además, el rendimiento de primer y segundo grado de las canales se redujo ($P<0.01$) al aumentar el nivel de heno en la ración. Los rendimientos para cortes de primer grado fueron de 54.2, 53.2, 52.2 y 51.2% para 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente. Los rendimientos de segundo grado fueron de 74.2, 72.2, 70.2 y 68.2%, respectivamente. Se obtuvieron 3 unidades porcentuales mas en los rendimientos de primer grado en canales de corderos alimentados sin heno, en comparación con 30% de heno. En rendimientos de segundo grado, la diferencia entre la ración sin heno y 30% de heno, fue de 6 unidades porcentuales.

4.1.7 Efecto sobre el desarrollo corporal y el tamaño de los órganos

Mediciones como altura del piso a la cruz, longitud de tuberosidades y circunferencia torácica se presentan en el Cuadro 16. No se encontró un efecto ($P>0.05$) del nivel de heno en las raciones sobre alguna de estas variables u otras como los pesos de la piel, hígado, pulmones, testículos y sangre. En la presente investigación parece ser que el nivel de energía de la ración no afectó significativamente el peso de los órganos viscerales, probablemente por la corta estancia de los animales en las raciones de

**Cuadro 16. Desarrollo corporal y tamaño de los órganos de borregos
consumiendo varios niveles de forraje.**

Variable	Forraje (%)				EE ¹	P-	
	0	10	20	30		L	Q
Altura del piso a la cruz (cm)	61.2	60.4	66.8	63.0	3.18	0.420	0.640
Longitud de tuberosidades (cm)	62.6	58.6	59.7	63.2	1.86	0.730	0.060
Circunferencia torácica (cm)	78.7	80.9	81.8	79.8	2.64	0.720	0.430
Peso de órganos (g)							
Piel	3340	3940	3920	3460	421.4	0.850	0.220
Hígado	689.7	648.1	761.2	729.3	64.5	0.430	0.940
Pulmones	545.6	627.4	597.4	542.7	37.9	0.820	0.090
Testículos	478.5	544.4	523.4	554.9	66.9	0.490	0.800
Sangre	1587.0	1493.1	1576.8	1472.7	127.4	0.650	0.960

¹EE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

engorda, la cual fue más corta que en otros estudios reportados en la literatura. Por otro lado, otro factor a considerar fue que el peso final al sacrificio de los corderos de raza pelibuey usados en este estudio fue menor al de otros trabajos en los que usaron razas de mayor porte o peso maduro.

4.2 Prueba de digestibilidad (Experimento 2)

4.2.1 Efecto sobre el consumo de materia seca

En el Cuadro 17, se presentan los pesos y consumo de MS (g/día y $\text{g/kg}^{0.75}$), así como las actividades de masticación de borregos consumiendo raciones con diferentes niveles de heno. El consumo de MS aumentó linealmente ($P < 0.05$) conforme aumentó el nivel de forraje en la ración. Con un aumento de 0 a 30% de forraje en la ración, el consumo de MS aumento aproximadamente 38%. El consumo de MS aumentó de 61.1 $\text{g/kg}^{0.75}$ con la ración sin forraje a 84.8 $\text{g/kg}^{0.75}$ con 30% de forraje en la ración.

4.2.2 Efecto sobre los tiempos de consumo, rumia y masticación total

El tiempo de rumia fué mayor para la ración que contenía 30% de heno (Cuadro 17). El tiempo de rumia varió de 2.4 a 6.9 h/d. En corderos consumiendo la ración con más heno, el pH ruminal fué mayor. El tiempo de consumo de los ovinos varió de aproximadamente 1.5 a 2.9 horas. Con bajos niveles de forraje en la ración, los borregos mastican mucho menos, ya que no tardan mucho en consumir o rumiar el alimento ingerido. Los datos muestran que con un incremento en el consumo, se obtuvo un aumento en el tiempo de rumia. El tiempo total de masticación (la suma de los tiempos de rumia y consumo) que se observó con 30% de heno en la ración, fue mayor

Cuadro 17. Influencia del nivel de forraje sobre el consumo de materia seca (MS) y tiempos de masticación en ovinos de engorda en corral.

Variable	Forraje				EE ¹	F	
	0	10	20	30		L	Q
Peso (kg)	38.9	36.3	36.1	34.3	0.9	0.003	0.670
Consumo de MS (g/d)	907	921	1189	1249	94.2	0.007	0.800
Consumo de MS (g/kg ^{0.75})	61.1	61.0	80.7	84.8	4.4	0.001	0.640
Masticación (min/día)							
Rumia	143	308	317	413	23.7	0.001	0.160
Consumo	92	133	129	175	14.8	0.002	0.860
Masticación total	235	441	446	588	27.9	0.001	0.260

*EE, error estándar de la media.

²P, Probabilidad; L, efecto lineal; y Q, efecto cuadrático.

(588 min/día) que con otros tratamientos (de 235 a 446 min/d). Esto se debe probablemente a que el tiempo de rumia de los corderos se incremento por tener mayor cantidad de fibra la ración, además de tener un mayor consumo.

4.2.3 Efecto sobre la digestibilidad de la materia seca

En el Cuadro 18 y la Figura 1, se puede observar que la digestibilidad de la MS se redujo ($P<0.001$) a medida que se incrementaba el porcentaje de heno en la ración. Esto se debe a que la ración de borregos con mayor cantidad de heno, contiene mas fibra, la cual es mucho menos digestible que el almidón que proporciona el sorgo. Un incremento concomitante en el consumo de MS también se obtuvo conforme aumento el nivel de paca en la ración, lo que pudiera haber aumentado la tasa de paso del alimento y reducido su estancia en el tracto gastrointestinal, produciéndose una depresión en la digestibilidad de los componentes de la materia seca.

La materia seca (MS) consumida se incrementó linealmente ($P<0.01$) en aproximadamente 72.6% (Cuadro 18), entre el nivel más bajo y el más alto de heno en las raciones que recibieron los borregos. Como resultado, se observó también un incremento lineal ($P<0.01$) de la MS excretada. Una diferencia de 282.8 gramos fue obtenida entre los corderos que consumieron la ración sin heno y aquella con 30% de heno, respectivamente. La MS digerida (g/d) tendió a reducirse conforme aumentó el nivel de heno en la ración.

4.2.4 Efecto sobre la digestibilidad de la pared celular

El consumo de fibra detergente neutro (FDN) fue 28.9% mayor ($P<0.01$) en los borregos que consumieron la ración con 30% de heno, en comparación con borregos que consumieron la

Cuadro 18. Influencia del nivel de forraje sobre la digestibilidad de la materia seca (MS) en ovinos de engorda en corral.

Variable	Forraje				EE ¹	P ²	
	0	10	20	30		L	Q
MS consumida (g/d)	907	921	1189	1249	94.2	0.007	0.800
MS excretada (g/d)	134.8	192.0	383.6	417.6	36.9	0.001	0.750
MS digerida (g/d)	772.2	729.2	805.5	931.9	71.0	0.430	0.630
Digestibilidad de la MS (%)	85.5	79.9	67.5	66.6	2.4	0.001	0.340

¹EE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

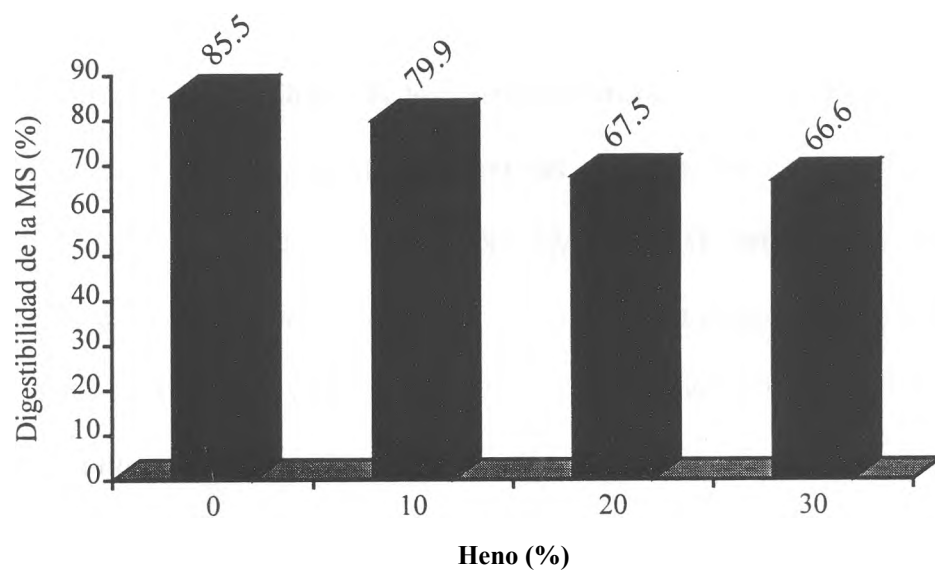


Figura 1. Efecto del nivel de heno sobre la digestibilidad de la materia seca (MS) en corderos con raciones de engorda.

ración sin de heno (Cuadro 19). Con 30% de heno en la ración, se observó un mayor consumo de MS y consecuentemente de FDN. La excreción de FDN (g/d) también fue mayor en corderos consumiendo la ración con mas heno. La FDN digerida (g/d) fue un 50.3% más alta en los corderos que consumieron la ración con 30% de heno que en aquellos que consumieron la ración sin heno. En la Figura 2, se presenta el coeficiente de digestibilidad (%) de la FDN, la cual disminuyó linealmente ($P<0.01$) al aumentar el contenido de paca en la ración.

4.2.5 Efecto sobre la digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales (CNE)

En el Cuadro 20, se observa el efecto del nivel de heno sobre el consumo, digestibilidad, excreción y digestión de CNE (g/d). No se detectó una diferencia ($P>0.05$) del nivel de heno sobre el consumo. Sin embargo, la digestibilidad de los CNE (Figura 3) se redujo significativamente ($P<0.05$) conforme aumento la cantidad de heno en la ración. La digestibilidad de los CNE se redujo linealmente de 94.2% con la ración sin heno a 86.6% con 30% de heno.

4.2.6 Efecto sobre la retención de nitrógeno

La influencia del nivel de heno sobre el balance del nitrógeno (N) se presenta en el Cuadro 21. El nivel de heno en la ración no afectó ($P>0.05$) el consumo de N, pero afectó ($P<0.01$) al balance (g/d) y la retención (%) de N en los corderos. Ambos, el N excretado en heces y orina aumentaron ($P<0.01$) con un incremento en el nivel de heno en la ración. La digestibilidad verdadera del N (%) se redujo ($P<0.01$) en 20 unidades porcentuales cuando el nivel de heno aumenta de 0 a 30%.

**Cuadro 19. Influencia del nivel de forraje sobre la digestibilidad de la fibra
detergente neutro (FDN) en ovinos de engorda en corral.**

Variable	Forraje				EE ¹	P ²	
	0	10	20	30		L	Q
FDN consumida (g/d)	100.5	148.3	220.1	346.8	24.4	0.001	0.125
FDN excretada (g/d)	40.8	62.5	124.1	227.7	17.6	0.001	0.332
FDN digerida (g/d)	59.8	85.8	96.0	119.0	13.3	0.006	0.912
Digestibilidad de la FDN (%)	59.4	58.2	42.5	35.0	4.8	0.001	0.523

*EE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

0 10 20 30
Heno(%)

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

Cuadro 20. Influencia del nivel de forraje sobre la digestibilidad de carbohidratos no estructurales (CNE) en ovinos de engorda en corral.

Variable	Forraje				EE ¹	F ^P -----	
	0	10	20	30		L	Q
CNE consumida (g/d)	592.7	540.6	661.8	570.4	51.8	0.810	0.700
CNE excretada (g/d)	36.6	55.9	75.9	77.0	15.4	0.050	0.560
CNE digeridos (g/d)	556.0	484.7	585.9	493.4	45.3	0.670	0.810
Digestibilidad de los CNE (%)	94.2	90.2	88.5	86.6	2.3	0.030	0.660

*EE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

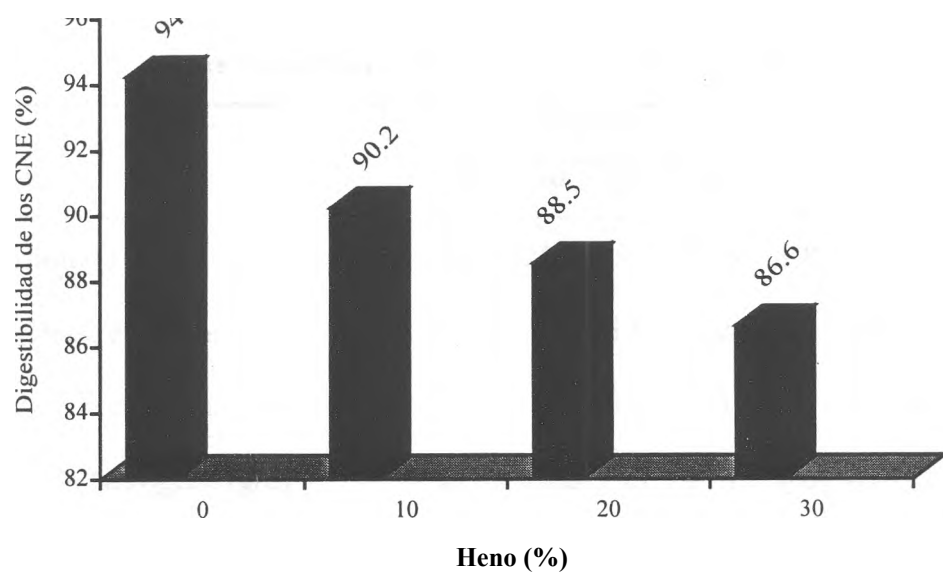


Figura 3. Efecto del nivel de heno sobre la digestibilidad de los carbohidratos no estructurales (CNE) en borregos consumiendo raciones de engorda.

**Cuadro 21. Influencia del nivel de forraje sobre el balance de nitrógeno (N) en
ovinos consumiendo dietas de corral de engorda.**

Variable	Forraje				EE ¹	P	
	0	10	20	30		L	Q
N Consumido (g/d)	24.5	25.1	25.7	27.6	1.8	0.255	0.740
N Excretado en heces (g/d)	2.0	2.8	3.8	4.2	0.5	0.005	0.714
N Excretado en orina (g/d)	5.2	6.1	6.9	9.3	0.9	0.008	0.444
Balance de Nitrógeno (g/d)	17.3	16.2	15.1	14.1	0.8	0.014	0.918
N Retenido (%)	71.4	66.1	58.7	51.4	2.8	0.001	0.720
Digestibilidad aparente del N (%)	92.1	89.1	85.4	85.0	1.7	0.005	0.459
Digestibilidad verdadera del N (%)	71.4	66.1	58.7	51.4	2.8	0.001	0.720

¹EE, error estándar de la media

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

En la Figura 4, observamos que el N retenido (%) se redujo linealmente ($P<0.01$) al reducirse la densidad energética con un aumento mas del nivel de heno en la ración.

4.2.7 Efecto sobre el pH y producción de ácidos grasos volátiles

En el Cuadro 22, se presenta el efecto del nivel de heno en la ración sobre el pH y la producción de ácidos grasos volátiles (AGV). El pH ruminal aumento (PO.OI) al aumentar el nivel de heno en la ración de los borregos. El pH ruminal fue de 5.9, 6.4, 6.5 y 6.7 para 0, 10, 20 y 30% de heno, respectivamente. El nivel de heno en la ración esta relacionado con un mayor tiempo de rumia, provocando una mayor secreción de saliva, lo que permite amortiguar (contiene bicarbonato) el pH del rumen de los corderos.

En el Cuadro 22, se presenta la influencia del nivel de heno en la ración sobre el pH y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen de ovinos en corral de engorda. Se observó un aumento lineal (PO.OI) en el pH conforme aumentó la cantidad de heno en la ración. El pH del rumen de los ovinos varió (PO.OOI) de 5.9 para la ración sin heno a 6.7 para la ración con 30% de heno. Esto parece deberse a que los ovinos que consumieron el más alto nivel de heno, tuvieron un mayor tiempo de rumia (413 min/día) y masticación total (588 min/día).

La concentración milimolar de acetato (Cuadro 22) aumentó linealmente (PO.OI) con una mayor cantidad de heno en la ración, mientras que la concentración de propionato se redujo (PO.OI). La relación acetato:propionato aumentó (PO.OI) de 1.16:1 a 2.68:1 conforme se incrementó el contenido de heno en la ración de 0 a 30%. Las concentraciones de ácido acético fueron mayores que las de los ácidos propiónico y butírico.

En la Figura 5, se presenta el porcentaje molar de ácido acético en liquido ruminal de corderos consumiendo varios niveles de heno en la ración. Una mayor relación molar de acetato

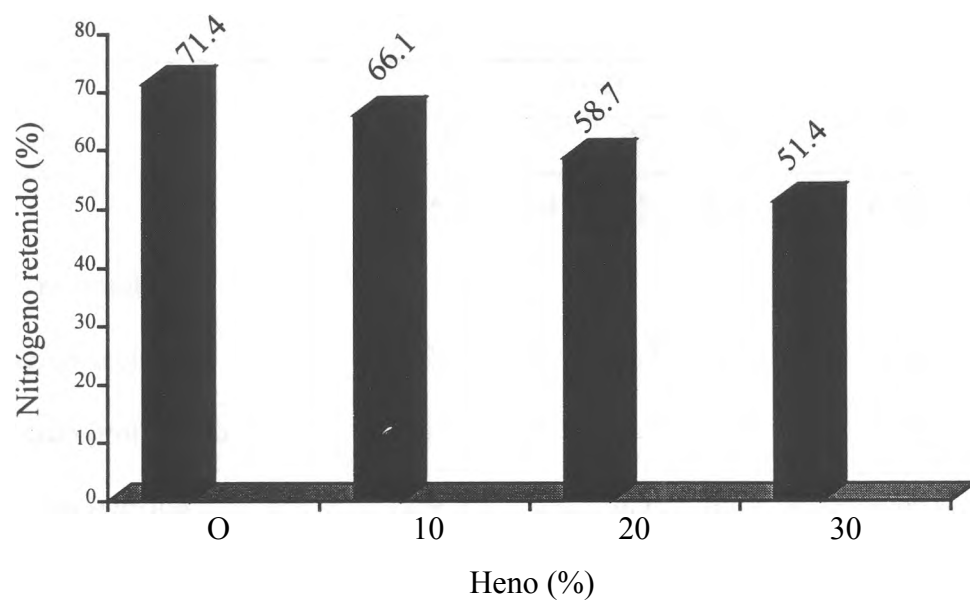


Figura 4. Efecto del nivel de heno sobre el nitrógeno retenido (%) en borregos consumiendo raciones de engorda.

Cuadro 22. Efecto del nivel de forraje en la ración de corderos de engorda, sobre el pH y la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen.

Variable	Forraje				EE ¹	P	
	0	10	20	30		L	Q
pH	5.9	6.4	6.5	6.7	0.08	0.001	0.060
AGV, milimoles							
Ácido acético	22.0	24.8	31.7	32.1	1.98	0.001	0.553
Ácido propiónico	18.9	15.9	12.7	12.0	1.18	0.001	0.360
Ácido butírico	4.5	5.3	6.9	6.8	0.33	0.001	0.130
Total	48.2	43.1	51.3	50.9	2.68	0.180	0.420
Acetato :propionato	1.20	1.58	2.52	2.66	0.13	0.001	0.396

¹FE, error estándar de la media.

²P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

se observó con las raciones que contenían una mayor cantidad de fibra. Esto puede deberse a que en la ración sin heno, se observó un menor CMS ($\text{g/kg}^{0.75}$), y posiblemente ocurrió una menor tasa de paso del alimento por el TGI.

En la Figura 6, se presenta el porcentaje molar de propionato en el rumen. El porcentaje molar de propionato fue menor en raciones con mayor porcentaje de heno. El porcentaje molar de propionato tuvo una relación inversa con el contenido de fibra en la ración. Con la ración sin heno, se obtuvo un mayor porcentaje molar de propionato. La tendencia lineal ($P < 0.05$) para el porcentaje molar de propionato parece tener una relación inversa con las actividades de consumo, rumia y masticación total.

En la Figura 7, se presenta la concentración de butirato (porcentaje molar) en el rumen de borregos consumiendo raciones con varios niveles de heno. Con un aumento en el nivel de heno en la ración, el porcentaje molar de butirato aumento linealmente ($P < 0.01$). El porcentaje molar de butirato del liquido ruminal parece aumentar hasta aproximadamente 20% de heno en la ración.

4.2.8 Efecto del nivel de energía

En la Figura 8, se presenta la relación entre el peso corporal (kg) y el peso libre de digesta (kg) de los corderos consumiendo las diferentes raciones. El peso libre de digesta se pudo predecir con precisión ($r^2 = 0.96$; $P < 0.001$) a partir del peso corporal, con la siguiente ecuación: $Y = 0.97 + 0.84 X$. El peso libre de digesta se incrementó conforme se aumentó el peso corporal.

En la Figura 9, se presenta la relación entre el contenido de energía neta para mantenimiento (Mcal ENm/kg) y el consumo de MS ($\text{g/kg}^{0.75}$) de corderos consumiendo

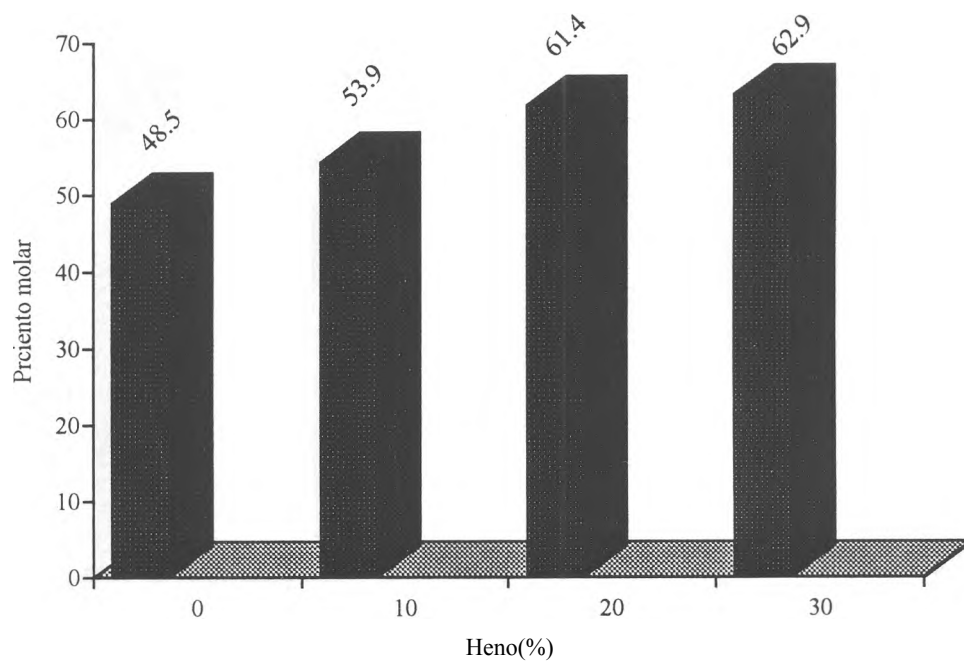


Figura 5. Influencia del nivel de heno sobre el porcentaje molar de acetato en dietas para ovinos en corral.

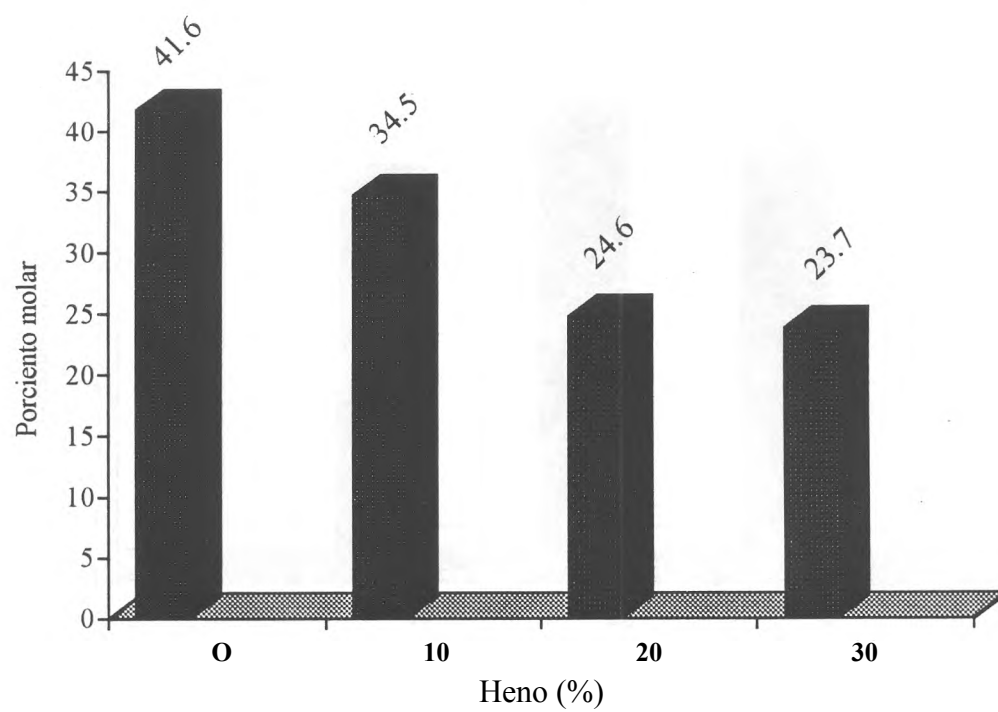


Figura 6. Influencia del nivel de heno sobre la concentración de propionato en porciento molar, en dietas para ovinos en corral.

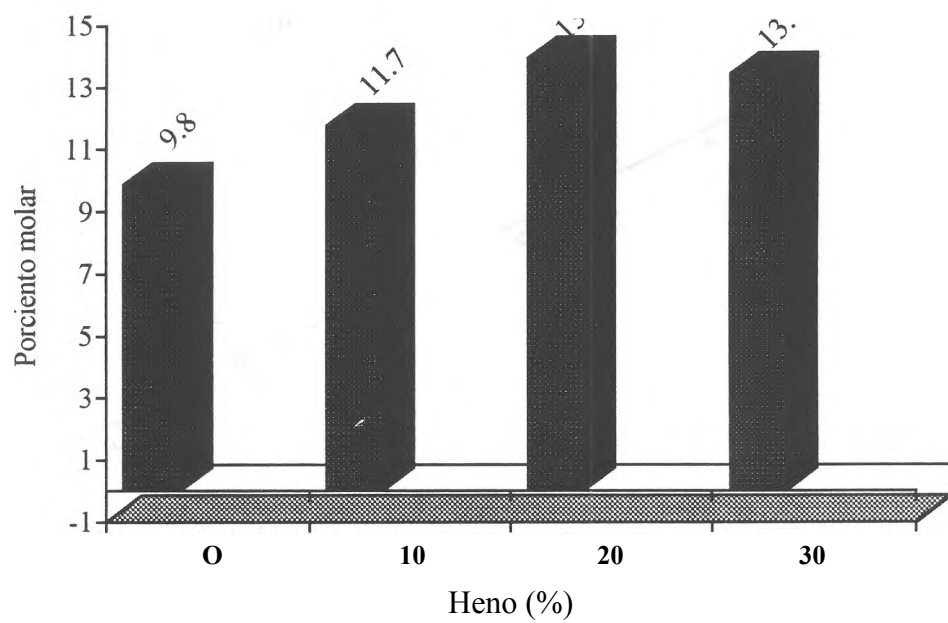


Figura 7. Influencia del nivel de heno sobre el porciento molar de butirato en dietas para ovinos en corral.

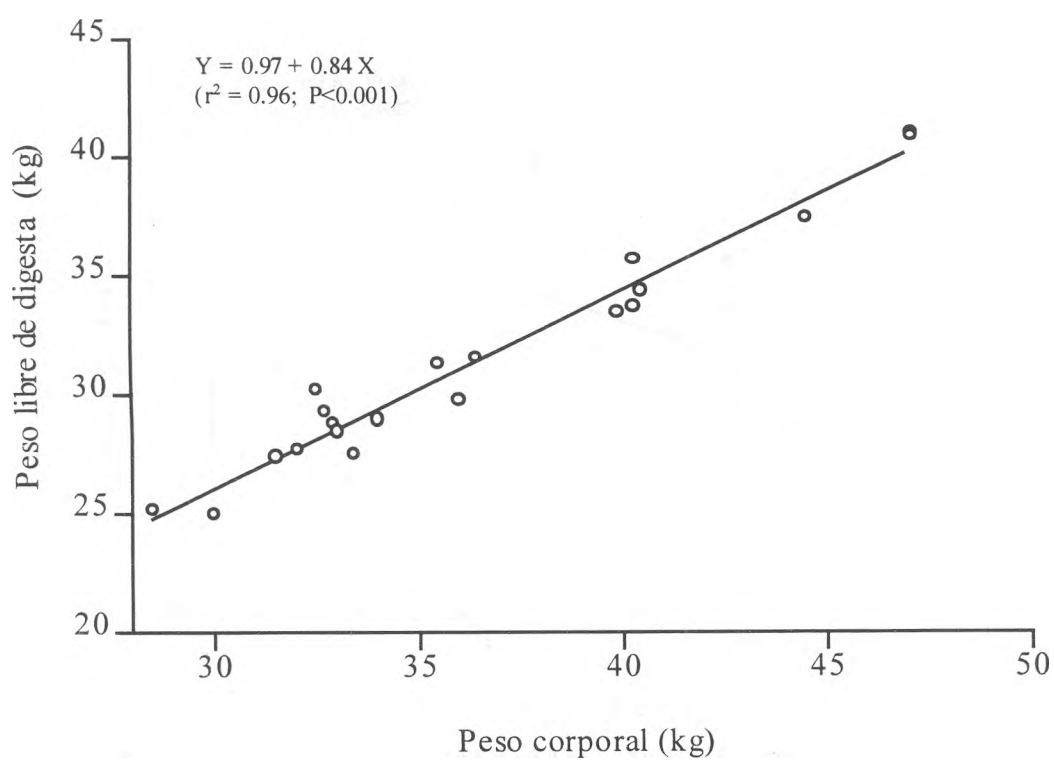


Figura 8. Relación del peso vivo (kg) y el peso libre de digesta (kg) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.

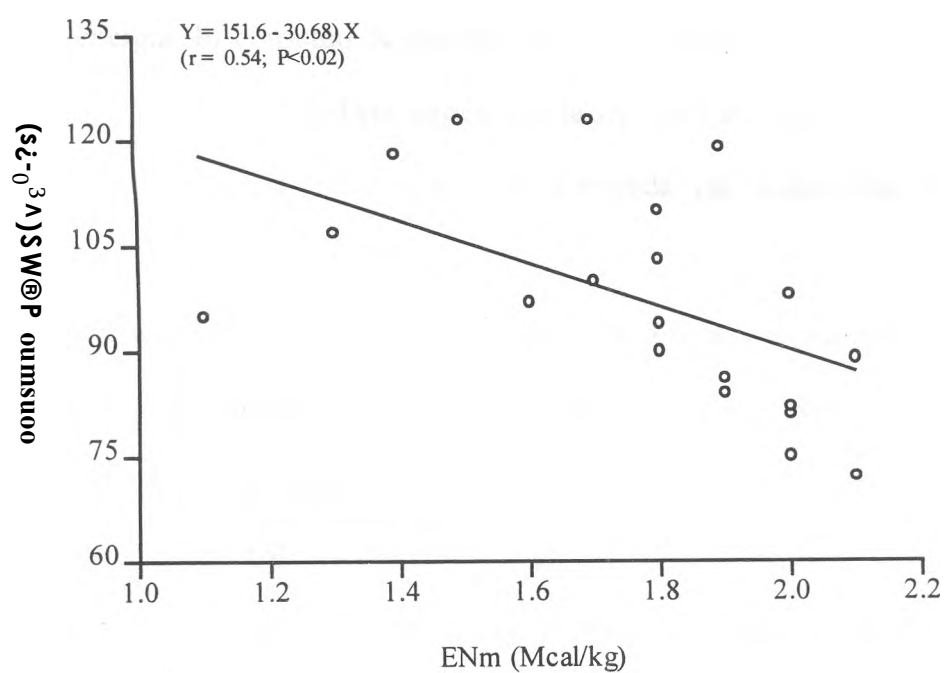


Figura 9. Relación del nivel de ENm (Mcal/kg) sobre el consumo de MS (g/kg^{0.75}) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.

varios niveles de energía. Con la siguiente ecuación se puede predecir ($r = 0.54$; $P < 0.02$) el consumo de MS (Y) a partir de la densidad energética de la ración (X): $Y = 151.6 - 30.68 X$. El consumo de MS ($\text{g/kg}^{0.75}$) disminuyó conforme aumentó la densidad energética de la ración (Mcal ENm/kg).

En la Figura 10, se presenta la relación entre la densidad energética (Mcal ENm/kg) y el consumo de energía (ENm/kg) de los corderos consumiendo varios niveles de energía. El consumo de energía, se pudo predecir con precisión ($r = 0.80$; $P < 0.001$) a partir de la densidad energética, con la siguiente ecuación: $Y = 0.0055 + 0.65 X$. El consumo de energía aumentó a medida que la densidad energética se incrementó.

Experimentalmente, el requerimiento de energía neta para mantenimiento (ENm) para borregos en crecimiento es la densidad energética (Mcal ENm/kg) requerida para mantener sin cambio el peso corporal (NRC, 1985). La relación de la densidad energética de la ración (Mcal ENm/kg) y la ganancia diaria de peso (g/d) de corderos pelibuey alimentados con varios niveles de energía se presenta en la Figura 11. La ganancia diaria de peso (Y) se pudo predecir ($r = 0.53$; $P < 0.02$) a partir de la densidad de energía (Mcal ENm/kg) en la ración (X), mediante la siguiente ecuación: $Y = 67.6 + 79.89X$. La ganancia diaria de peso (g/d) se incrementó linealmente conforme aumentó la concentración de ENm (Mcal/kg) de la dieta.

En la Figura 12, se presenta la relación entre la ganancia diaria de peso (g/d) de corderos pelibuey alimentados con varios niveles de energía y la eficiencia alimenticia (kg/kg). La eficiencia alimenticia (Y) puede predecirse ($r = 0.75$; $P < 0.001$) a partir de la ganancia diaria de peso (X) usando la siguiente ecuación: $Y = 19.12 - 0.06 X$.

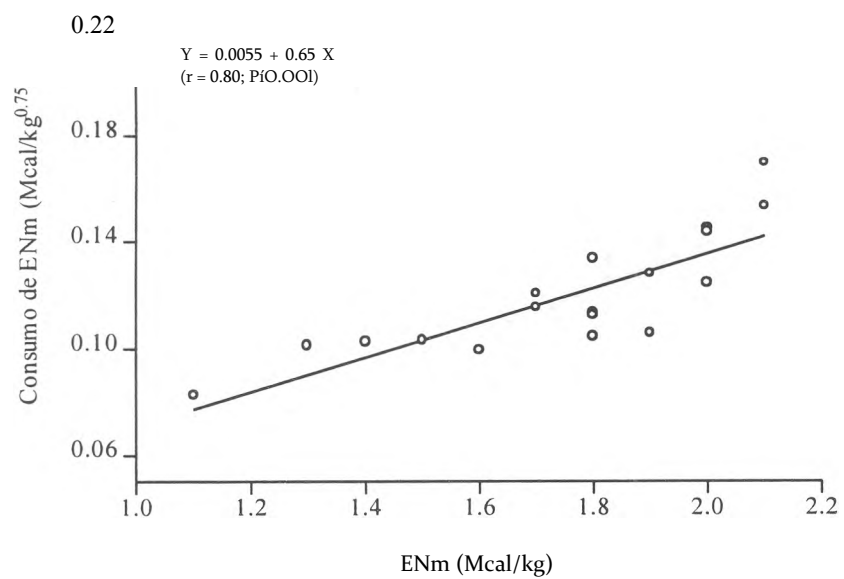


Figura 10. Relación entre la concentración de ENm (Mcal/kg) y el consumo de ENm (Mcal/kg^{0.75}) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.

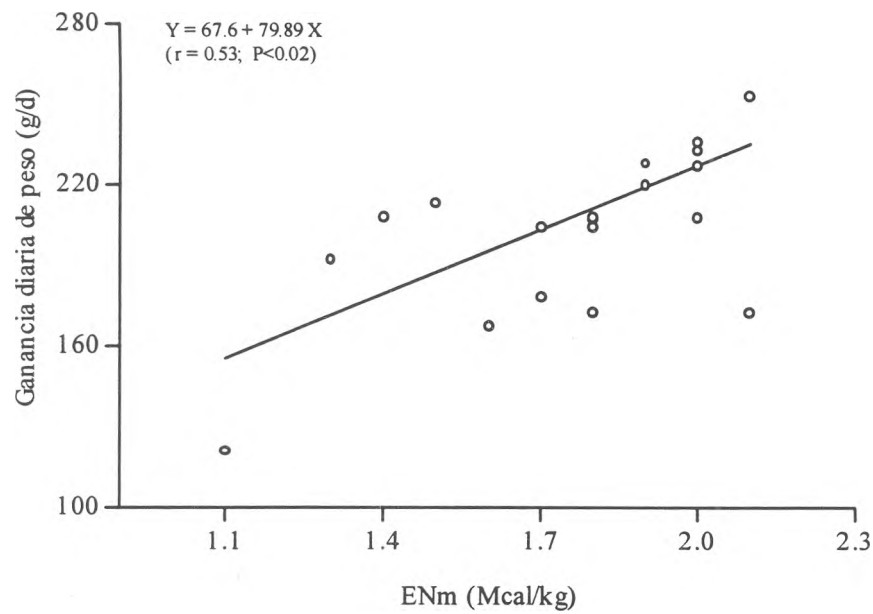


Figura 11. Relación entre la densidad energética (Mcal ENm/kg) y la ganancia diaria de peso (g/d) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.

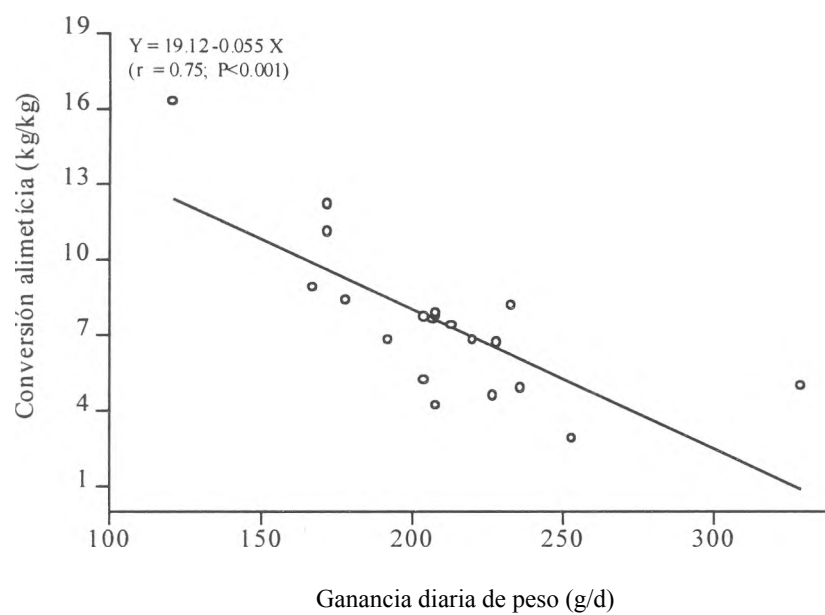


Figura 12. Relación de la ganancia diaria de peso (g/d) con la conversión alimenticia (kg/kg) de ovinos consumiendo raciones con diferentes niveles de energía.

Los kg de alimento necesarios para aumentar un kg de peso disminuyó conforme aumentó la ganancia diaria de peso.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Ganancia de peso

La ganancia de peso fue afectada ($P < 0.01$) por el período y el nivel de heno en la ración. Presente en la primera etapa, la ganancia de peso fue de 268 g/día, mientras que la segunda etapa en la que los corderos ganaron solamente 149 g/día. Estos datos coinciden con los reportados por Petit *et al.* (1997) reportaron que el incremento de peso fue mayor en los corderos que consumieron mayor cantidad de concentrado. Estos autores observaron un incremento en el consumo de MS al reducirse el consumo de forraje entero. Sin embargo, en la engorda en corral, generalmente el tamaño de partícula del forraje es suficientemente pequeño para evitar una restricción física del consumo de MS.

Fluharty y MacClure (1997) comparó dos regímenes de alimentación en corderos con consumo a libre acceso y restringido (85% del consumo a libre acceso), durante dos periodos. Durante el primer período, los animales que consumieron raciones a libre acceso tuvieron diferencias significativas en consumo de MS y ganancia diaria de peso, y alcanzaron el peso deseado en un menor período de tiempo. Estos autores concluyeron que durante el segundo periodo, los corderos que consumieron alimento a libre acceso ganaron menos peso porque gran cantidad de la energía de la dieta la utilizaron para depositar grasa corporal, un proceso metabólico menos eficiente que la formación de músculo. Durante el primer período, los corderos aún están formando hueso y músculo.

5.2 Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia fue de 4.9, 7.1, 7.6 y 10.3 kg de alimento por kg de peso incrementado para 0, 10, 20 y 30% de heno en la ración, respectivamente. Entre mayor fue el contenido de heno en la ración, mayor es el contenido de fibra y menor es la densidad energética. Ofreciendo un alimento con una alta cantidad de concentrado, se incrementa la ganancia diaria de peso de los corderos en crecimiento (Petit y Castonguay, 1994), como se observó en el presente experimento. Petit *et al.* (1997) reportaron que la eficiencia alimenticia fue mayor ($P=0.05$) en corderos alimentados con dietas altas en concentrados comparados con los que consumieron una dieta baja en concentrado. Los corderos alimentados con dietas altas en concentrado fueron más eficientes debido a una mejor ganancia diaria de peso.

5.3 Peso de las canales y los rendimientos de la canal, en caliente y en frío

En este estudio no se detectó un efecto ($P>0.05$) del nivel de heno en la ración sobre los rendimientos de las canales en caliente o en frío. Estos resultados coinciden con los reportados por Petit *et al.* (1997), quienes no encontraron un efecto de la ración sobre características de la canal. Sin embargo, estos autores utilizaron cantidades más bajas de energía en comparación con las utilizadas en el presente estudio. Estos autores no encontraron diferencias en el marmoléo, cantidad de músculo y conformación muscular, aunque sí una tendencia ($P=0.09$) a mejorar la conformación del lomo de los corderos que consumieron una ración alta en energía.

5.4 Tracto gastrointestinal lleno, vacío y peso libre de digesta

El consumo de MS por kg de peso libre de digesta (PLD) fue 41.4% mayor en corderos que consumieron la ración con 30% de heno, que en aquellos que consumieron la ración sin heno. Burrin *et al.* (1992) reportó que el nivel de alimento consumido afecta la masa de los órganos viscerales y concluyeron que los cambios en el incremento de la masa de los órganos viscerales fue debido al nivel de alimento consumido, que da como resultado cambios de hipertrofia celular y cambios en el número de células de estos órganos.

5.5 Efecto sobre el tamaño de los órganos

No se encontró un efecto ($P>0.05$) del nivel de heno en las raciones sobre los pesos de la piel, hígado, pulmones, testículos y sangre. Estos datos coinciden con los reportados por Fluharty y McClure (1997) quienes no encontraron diferencias en el peso vivo, peso de la canal caliente o peso de la canal fría, concluyendo que estos están más relacionados con el tamaño de los animales, y que el crecimiento y el peso de los órganos viscerales fácilmente se alteran con el crecimiento de los animales. En los últimos años, se ha tenido evidencia considerable sobre la gran proporción de energía de mantenimiento que los animales destinan a los órganos viscerales, especialmente al hígado y tracto gastrointestinal, la cual está asociada con las altas tasas de síntesis de proteínas en los tejidos, según un reporte de Ferrel y Jenkins (1985). Estos autores reportaron que una gran proporción de la síntesis total de proteína ocurre en el tracto gastrointestinal, (19% a 23%) y órganos como hígado, riñón y páncreas (16% a 17%), en comparación con el músculo estriado (24% a 28%). La actividad metabólica de los órganos viscerales esta en función de la actividad y el tamaño del órgano. El

requerimiento de energía de mantenimiento cambia con relación al peso de los órganos y se afecta por el nivel de nutrición (Ferrel *et al.*, 1986).

5.6 Efecto sobre el consumo de materia seca

El consumo de MS disminuyó linealmente ($P < 0.05$) conforme aumentó el nivel de grano en la ración. En raciones con forrajes finamente molidos, conforme aumenta la cantidad de grano; el consumo de MS se regula fisiológicamente al satisfacer el requerimiento de energía. Estos resultados son diferentes a los reportados por Kawa *et al.* (1991 b), quienes encontraron que con un mayor contenido de concentrado en la ración, mayor fue el consumo de MS. Esto parece ser debido a que en ese estudio, el nivel de forraje era mucho mayor y más tosco al del presente estudio. En ese estudio, se observó un aumento en el consumo de MS hasta 60% de rastrojo, mientras que se redujo con mayores cantidades del esquilmo, aparentemente por una restricción física del consumo. Además, en otro experimento, los mismos autores concluyeron que la rápida fermentación de carbohidratos solubles, al incrementar la melaza en la dieta, puede reducir el pH ruminal y la actividad celulolítica, incrementando la cantidad de residuos de fibra en el rumen consecuentemente, reduciendo el consumo de MS y de ese modo reducir el consumo de MS. Esto concuerda con lo reportado por Welch y Smith (1970), quienes mencionan una diferencia en el consumo de MS debido a factores como calidad del forraje, el tamaño de partícula, contenido de forraje en la ración y tipo de concentrado. Además, Hejazi *et al.* (1999) reportaron que el consumo de MS fue mayor en raciones que contenían fuentes de fibra como cascarilla de soya y cáscara de cacahuete, en comparación con animales que consumieron raciones sin estos productos. Estos autores concluyeron que la digestibilidad de MS, MO y FDN fueron mayores

($P < 0.001$) en los corderos que consumieron raciones con grano entero, que los que consumieron grano molido y peletizado.

5.7 Efecto sobre los tiempos de consumo, rumia y masticación total

El tiempo de rumia aumentó en corderos con un incremento en el contenido de heno en la ración. El tiempo de rumia varió de 2.4 a 6.9 h/d. El tiempo de rumia con raciones de finalización es bajo debido a la poca fibra que contienen. Galyean *et al.* (1979) reportó que el ganado necesita masticar bien el grano de maíz para una eficiente digestión de almidón. En contraste, los corderos mastican más completamente el alimento que el ganado, lo que resulta en un menor beneficio del procesamiento de los granos (Hale, 1973).

En el estudio de Kawas *et al.* (1991 b), donde se usaron altos niveles de rastrojo de sorgo (70%), los tiempos de rumia fueron mucho mayores (de 8.1 h/d para 50% de rastrojo a 9.3 h/d para 80% de rastrojo). En corderos consumiendo la ración con más heno, el pH ruminal fue mayor. Esto puede deberse, según Bailey (1961), a que existe una amplia relación entre el tiempo de rumia y el flujo de saliva. Welch y Smith (1970) reportaron que la calidad y la presentación de los alimentos, también afecta el tiempo de rumia de los ovinos, esto concuerda con lo reportado en la presente investigación, ya que los tiempos de rumia aumentaron con la cantidad de forraje en la ración.

El tiempo de consumo de los ovinos varió de aproximadamente 1.5 a 2.9 horas. Aparentemente, raciones con bajo contenido de forraje permiten un rápido consumo de alimento hasta satisfacer el requerimiento de energía. Kawas *et al.* (1991 b) reportó tiempos de consumo de 5.4 horas por día para corderos consumiendo 50% de rastrojo y 6.2 h para corderos consumiendo 80% de rastrojo. En uno de los experimentos de Kawas

(1991b), donde se ofrecieron raciones con 70% de rastrojo de sorgo y varios niveles de melaza, se reportaron tiempos de consumo que varían de 5.9 a 6.3 h/d.

5.8 Efecto sobre la digestibilidad de la materia seca

La digestibilidad de MS se redujo (PO.OOI) a medida que se incrementó el porcentaje de heno en la ración. Estos datos coinciden con los reportados por Hejazi *et al.* (1991) quienes observaron que la digestibilidad de la MS fue mayor (PO.OOI) en corderos que consumieron raciones con un mayor contenido de maíz y menos forraje.

5.9 Efecto sobre la digestibilidad de la pared celular

La digestibilidad de la pared celular (FDN) se redujo linealmente ($P<0.01$) conforme aumentó el nivel de forraje en la ración. Una determinación en la digestión de la fibra con raciones de finalización en corral, finalmente procesadas, puede ser explicada por un mayor consumo de MS y consecuentemente, una mayor tasa de paso por el TGI. Leventini *et. al* (1990) reportó que cuando el contenido de cebada aumentó de 10 al 50 %, se observó una disminución en la digestibilidad de la MS y la FDN.

La menor retención de fibra en rumen con raciones altas en heno finamente procesadas, 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.

5.10 Efecto sobre la digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales

La digestibilidad de los carbohidratos no estructurales (CNE) se redujo linealmente de 94.2% con la ración sin heno a 86.6% con 30% de heno. Estos datos son

contrarios a los reportados por Hart y Glimp (1991) quienes no encontraron diferencias en la digestibilidad de la MS, almidón o PC con raciones ofrecidas a libre acceso o restringidas hasta en un 85% del consumo voluntario. Murphy *et al.* (1994) alimentó a novillos con raciones altas en grano usando dos métodos de procesamiento (entero y rolado) ofreciéndolas a libre acceso o restringiendo al 70% del consumo voluntario. A libre acceso, la digestibilidad de la MS fue mejor con raciones a base de grano entero en comparación con grano hojueleado. Sin embargo, cuando el consumo fue restringido al 70%, una mejor digestibilidad de la MS, almidón y PC se obtuvo con grano hojueleado, en comparación con grano entero.

5.11 Efecto sobre la retención de nitrógeno

El N retenido (%) aumentó linealmente ($P<0.01$) en las raciones más energéticas y disminuyó conforme se incrementó el nivel de fibra. Anderson *et al.* (1998) sugirieron que el tamaño de partícula de los alimentos molidos, por su mayor superficie de área, tiene una potencialmente mayor digestibilidad en comparación con alimentos sin procesar. Hejazi *et al.* (1999) concluyeron que un medio ambiente ruminal más estable puede aumentar la fermentación bacteriana en el rumen de corderos consumiendo maíz entero comparado con corderos que consumen maíz molido, lo que hace aumentar la digestibilidad del N. El grano entero parece producir un efecto similar a la fibra sobre las papilas ruminales con lo que puede incrementarse la absorción de AGV.

5.12 Efecto sobre el pH y producción de ácidos grasos volátiles

El pH ruminal fue diferente ($P<0.01$) entre los corderos que consumieron diferentes niveles de heno siendo mayor en los animales con dietas altas en fibra, El pH

del fluido ruminal aumentó con un incremento de fibra en la ración, que pudo deberse a un mayor tiempo de rumia, necesario para remover los residuos del rumen. Lana *et al.* (1998) concluyen que el valor de los concentrados como alimento para el ganado es generalmente explicado por su habilidad para proveer más energía para el crecimiento de los microbios y el metabolismo animal, Sin embargo raciones altas en concentrado pueden disminuir el pH ruminal y el crecimiento microbiano, inhibiendo la fermentación de la fibra.

Algunos autores indican que la rumia es muy importante en cuanto a la remoción de residuos de fibra indigestible del rumen, mediante una reducción en el tamaño de partícula. Mould y Orskov (1983) observaron que en animales en los que el pH ruminal alcanzaba valores muy bajos como consecuencia del consumo de alimentos concentrados, la recuperación de valores óptimos de pH, no logró incrementar ni la flora celulolítica, ni la degradación ruminal del alimento ingerido.

Kawas *et al.* (1991) reportó que una rápida fermentación de carbohidratos solubles en agua en las raciones, puede reducir el pH del rumen y la actividad celulolítica de las bacterias, aumentando los residuos de fibra en el rumen y reduciendo posteriormente el consumo de MS de los corderos. Bailey (1961), reportó que existe una amplia relación entre el tiempo de rumia y el flujo de saliva. Este autor menciona que durante la rumia, el flujo de saliva es 2.5 veces mayor, que durante el tiempo en que el animal no mastica.

Las concentraciones milimolares de acetato y butirato fueron mayores con la raciones que contenían una mayor cantidad de heno. En un estudio realizado por Kohn (1994), se menciona que la producción de AGV es marcadamente influenciada por diversos factores como la ración, el manejo, el estado fisiológico del animal y el estatus

de la población metanogénica ruminal. Esto es debido a cambios en la fermentación del medio ruminal. Giesecke (1970) concluyó que las concentraciones de AGV en el rumen son reguladas por un balance entre producción y absorción, donde un aumento en el grado de producción induce a altas concentraciones de AGV. Por lo tanto, las concentraciones de AGV y pH del rumen varían, debido a que el grado de producción se modifica a consecuencia de las normas de alimentación.

Las concentraciones de ácido acético fueron mayores que la de los ácidos propiónico y butírico. Van Soest (1994) menciona que las proporciones relativas de los AGV varían con la dieta, encontrando que el ácido acético predomina en la mayoría de las condiciones, aunque siempre se encuentran cantidades sustanciales de los ácidos propiónico y butírico. Maynard *et al.* (1992), menciona que los principales AGV en orden descendiente de abundancia son: acético, propiónico, butírico y pequeñas cantidades de isobutírico, valérico e isovalérico, además de trazas de varios ácidos de cadena ramificada, como el ácido láctico, que solo aparece como un producto pasajero de una a dos horas después de la fermentación y únicamente es importante cuando los almidones son parte de la dieta.

Una menor concentración de acetato se observó con las raciones que contenían menor cantidad de heno. En un estudio realizado por Santini *et al.* (1983), donde se evaluaron los efectos del consumo y tamaño de partícula, sobre el tiempo de masticación, se reporta que el porcentaje molar de acetato y propionato, fueron afectados ($P < 0.01$) por el nivel de concentrado y el tamaño de partícula del forraje. En este estudio, se reporta que un aumento en el ácido acético se acompaña de un incremento en el tiempo total de masticación. Esto coincide con lo observado en la presente investigación, donde la mayor concentración de ácido acético (porcentaje molar) se

obtuvo con el mayor tiempo de masticación total (min/día). Esto puede deberse a que en la ración sin heno, se observó un menor CMS ($\text{g/kg}^{0.75}$), sugiriendo posiblemente una menor tasa de paso del alimento por el TGI.

Se observó una reducción ($P < 0.05$) en la concentración de propionato conforme aumentó el contenido de heno en la ración en contraste con el acetato, parece deberse a menores actividades de consumo, rumia y masticación total. Entre mayor es la masticación, mayor es el flujo de saliva y la capacidad de amortiguación Poutioinen, (1966) menciona que el nivel de consumo ha sido considerado como uno de los factores que más directamente afecta al flujo de líquidos y a la secreción de saliva en los rumiantes.

El nivel de heno en la ración afectó linealmente ($P < 0.01$) la concentración de butirato, siendo las raciones con mayor contenido de forraje las que tuvieron una mayor concentración. Estos resultados difieren con los reportados por (Nagajara y Taylor, (1987); y Mortenson *et al.*, (1991).

5.13 Relación de la densidad energética con el consumo y ganancia de peso

Una relación lineal ($Y = 0.97 + 0.84 X$; $r^2 = 0.96$; $P < 0.001$) se obtuvo entre el peso corporal (X) y peso libre de digesta (Y) de corderos de raza Pelibuey, la cual fue muy similar a la reportada por Barros *et al.* (1990) para corderos deslanados de la raza Brasileña, Somalí ($Y = -1.677 + 0.834 X$; $r^2 = 0.96$; $P < 0.01$) La variación en los pesos individuales de los borregos se puede deber, según la NRC, (1985), al peso de la ingesta el cual pueden variar de 60 a 540 g/kg de peso corporal libre de digesta.

Con los datos de este estudio se obtuvo una relación entre la densidad de energía (Mcal ENm/kg) y el consumo de MS ($\text{g/kg}^{0.75}$). El consumo de MS disminuyó conforme

aumento la densidad energética, coincidiendo con lo reportado por el ARC, (1980), en lo que parece deberse a una regulación fisiológica o control metabólico del consumo de MS. El NRC (1996) reportó una relación muy similar a la curva reportada en este estudio.

En contraste, conforme aumentó la densidad de energía (Mcal ENm/kg), el consumo de energía (ENm/kg^{0,75}) se incrementó. El contenido de energía de la ración aumenta conforme se incrementa el contenido de grano y grasas de origen animal ó vegetal en la ración (NRC, 1987). Al aumentar la densidad energética de la ración, el cordero satisface su requerimiento de energía con menos alimento. Entre más energía tenga una ración, una mayor concentración de proteína debe incluirse debido a una reducción en el consumo de MS y de otros nutrientes.

Un aumento en la ganancia de peso se observó, con un aumento en la densidad energética de la ración. Una relación similar a sido reportada por el NRC (1996) para bovinos de carne. Esto significa que entre mayor sea la densidad energética de la ración, mejor es la utilización de la energía por los corderos. Además, una relación entre la ganancia de peso (g/d) y la eficiencia alimenticia (kg/kg) que se obtuvo con datos de este estudio, sugiere que hay una mejor utilización del alimento (menos alimento requerido por unidad de peso incrementado) conforme aumenta la densidad energética y la ganancia de peso de los corderos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio, no se observó un efecto del periodo de engorda (0-30 días vs. 30-60) sobre el consumo de MS, sin embargo, si lo hubo para nivel de heno (0-30%) en la ración. El consumo de MS aumentó conforme se incrementó el nivel de heno en la ración. Entre mayor fue el nivel de heno en la ración, menor fue la ganancia de peso y mejor fue la eficiencia alimenticia. Durante los primeros 30 días, la ganancia de peso fue de 80% mayor que durante los últimos 30 días. Entre mayor es la estancia de los corderos en el corral de engorda, menor fue la ganancia de peso, aparentemente debido a que la composición de la ganancia es de mas grasa y menos proteína. La deposición de grasa es menos eficiente en la síntesis de proteína. Los corderos tuvieron una eficiencia alimenticia 2 veces mejor durante los primeros 30 días que durante los últimos 30 días. El consumo de MS ($\text{g/kg}^{0.75}$) se redujo conforme aumentó la densidad energética de la ración, mientras que el consumo de ENm ($\text{Mcal Enm/kg}^{0.75}$) aumentó aparentemente reflejando una mejor utilización de la energía consumida. Los tiempos de masticación total (consumo y rumia) en este estudio (9.8 h/d) parecen no haber sido una limitante del consumo de MS, debido a que un cordero puede llegar a masticar hasta mas de 12 horas diarias. Con un aumento en el nivel de heno en la ración, las digestibilidades de MS, FDN y CNE se reducen significativamente ($P < 0.01$). Una menor digestibilidad de la materia seca parece ser parcialmente debida a un mayor contenido de fibra indigestible, al incrementarse el nivel de heno en la ración. Una menor digestibilidad de FDN y de CNE parece ser el resultado de un mayor consumo de MS y consecuentemente un paso

más rápido de estos componentes por el tracto digestivo. Aunque el consumo de N aumentó al incrementarse el nivel de heno en la ración, la retención de N fue menor, posiblemente debido a una menor ganancia de peso. Con mayores cantidades de heno, la fermentación se dirige a producir menos acetato y más propionato, este último requerido para la síntesis de glucosa en el organismo. La fermentación de los forrajes aumenta el desperdicio energético al producirse más metano, en comparación con los granos haciéndose más ineficiente la engorda de corderos en corral. El nivel de heno en la ración no afectó marmoleo, grado de finalización, cobertura de grasa o área del ojo de la costilla. El rendimiento de primer y segundo grado de las canales se redujo al aumentar el nivel de heno en la ración. Considerando los resultados de éste estudio, se puede concluir que niveles de heno menores al 10% son requeridos para maximizar la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. Raciones sin forraje pudieran usarse, sin embargo, amortiguadores y aditivos para reducir la acidosis láctica son necesarios. La inclusión de cuando menos 25% de grano entero del total de grano en la ración, ayudaría por su efecto sobre la función ruminal.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Razzaq, H. A., R. Bickerstaffe and G. P. Savage. 1988. The influence of rumen volatile fatty acid on blood metabolites and body composition of growing lambs. Aust. J. Agric. Res. 39:505.
- Agricultural Research Council. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Farnham Royal, Slough England: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Aguirre, G. 1998. Dinámica estacional de la concentración *in vitro* de los ácidos grasos volátiles de la planta completa, hojas y tallos de los zacates bermuda, buffel, klein y pretoria. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, Nuevo León.
- Alliston, J. C. 1983. Evaluation of carcass quality in the Uve animal. Sheep Production. Ed. By Haresign W. Butterwood. pp. 75-95.
- Anderson, S. J., J. K. Merrill and T. J. Klopfenstein. 1988. Soybean hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. J. Anim. Sci. 66:2959.
- Annison, E. F. and J. Lewis. 1986. Metabolismo del rumen Iª Ed. UTEHA. México, pp. 51-89.
- AOAC, 1997. Official methods of analysis (16th Edition). Association of Official Analytical Chemicals. Washington, D.C.
- Arbiza A. S., J. T. Lucas de, A. Mejía y R. J. Rosas. 1991. Caracterización de los sistemas ovinos en Xalatlaco, Estado de México. Memorias del IV Congreso Nacional de Producción ovina p. 222. México.

- Arbiza, A. S. I. y T. J. Lucas de. 1996. Producción de carne ovina. Editores Mexicanos Unidos, S. A. pp. 1-19.
- Ash, R. W. and A. Dopson. 1963. The effect of absorption on the acidity of ruminal content. *J. Physiol. (Lond.)* 169:39.
- Bae, D. H., J. G. Welch and A. M. Smith. 1979. Forage intake and rumination by sheep. *J. Animal Sci.* 49:1292.
- Bailey, C. B. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. *Brit. J. Nutr.* 15:443.
- Barros, N. N., J. R. Kawas, W. L. Johnson and J. M. Shelton. 1990. Energy utilization by somali lambs fed napiergrass “ad libitum” and an energy supplement at incremental levels. *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia*, 25(9):1283.
- Bartle, S. J. and R. L. Preston. 1991. Dietary roughage regimen for feedlot steers: reduced roughage level (2%) during the midfemishing period. *J. Anim. Sci.* 69:3461.
- Beermann, D. H., T. F. Robinson and D. E. Hogue. 1995. Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. *J. Anim. Sci.* 73:2493.
- Bergman, E. N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiology Rev.* 70:567.
- Black, J. I. 1974. Manipulation of body composition through nutrition. *Proc. of the Australian Soc. of Animal Production* 10:211.
- Blaxter, K. 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge University Press. Cambridge.

- Blaxter, K. L. 1962. The energy metabolism of ruminants. Charles C. Thomas, Springfield, IL.
- Burrin, D. G. and R. A. Britton. 1986. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. *J. Anim. Sci.* 63:888.
- Burrin, D. G., R. A. Britton, C. L. Ferrel and M. L. Bauer. 1992. Level of nutrition and visceral organ protein synthetic capacity and nucleic acid content in sheep. *J. Anim. Sci.* 70:1137.
- Burrin, D. G., R. A. Stock and R. A. Britton. 1988. Monensin level during grain adaptation and finishing performance in cattle. *J. Anim. Sci.* 66:513.
- Butterfield, R. M., J. M. Thompson and K. J. Redcliff. 1985. Changes in body composition relative to weight and maturity of Australian Dorset Horn rams and wethers. 3. Fat partitioning. *Animal Prod.* 40:129.
- Caravetta, G. J., J. H. Chemey and K. D. Johnson. 1990. Influence of within-row spacing on diverse sorghum genotypes; II. Dry matter yield and forage quality. *Agron. J.* 82:210.
- Chen, G. and J. B. Russell. 1989. More monensin-sensitive, ammonia producing bacteria from the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:1052.
- Cheng, K. J., C. W. Forsberg, H. Minato and J.W. Costerton. 1991. In: T. Tsuda, Y. Sasaki, R. Kawashima (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants.* pp. 596-624. *Proc. 7th Int. Symp. Ruminant Physiol.*, Academic Press, New York.
- Chemey, D. J. R., D. R. Mertens and J. E. Moore. 1990. Intake and digestibility by wethers as influenced by forage morphology at three levels of forage offering. *J. Anim. Sci.* 68:4387.

- Chemey, J. H. and G. C. Merten. 1982. Small grain crop forage potential: I. Biological and Chemical determinants of quality and yield. *Crop Sci.* 22:227.
- Church, D. C. and W. G. Pond. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa. México, D. F. pp. 324-325.
- Davis, C. L., R. E. Brown and D. C. Beitz. 1964. Effect of feeding high-grain restricted-roughage rations with and without bicarbonates on the fat content of milk produced and proportions of volatile fatty acids in the rumen. *J. Dairy Sci.* 47:1217.
- Duncan, W. R. H., and G. A. Garton. 1963. Blood lipids. Plasma lipids of the cow during pregnancy and lactation. *Biochem. J.* 89:414.
- FAO. 1992. Compendio estadístico mundial. Agrostat software. Organización de las Naciones Unidas. Roma. Italia.
- Ferrel C. L., L. J. Koong and J. A. Nienaber. 1986. Effects of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. *Br. J. Nutr.* 56:595.
- Ferrel, C. L. and T, J. Jenkins. 1985. Cow type and the nutritional environment: Nutritional aspects. *J. Anim. Sci.* 61:725.
- Fluharty, F. L. and K. E. McClure. 1997. Effects of dietary energy intake and protein concentration on performance and visceral organ mass in lambs. *J. Anim. Sci.* 75:604.
- Forbes, J. M., W. Brown, A. G. M. Albana and R. Jones. 1981. The effect of daylength on the growth of lambs. *Anim. Prod.* 32:23.

- Fourie, P. D., A. H. Kirton and K. E. Jury. 1970. Growth and development of sheep. II Effect of breed and sex on the growth and carcass composition of Southdown and Romney and their cross. N. Z. J. Agric. Res. 13:753.
- Gaebe, R. J. , D. W. Sansón, I. G. Rush, M. L. Riley, D. L. Hixon and S. I. Paisley. 1998. Effects of extruded com or grain sorghum on intake, digestibilidad, weight gain, and carcasses of finishing steers. J. Anim. Sci. 76:2001.
- Galyean, M. L., D. G. Wagner and F. N. Owens. 1979. Com particle size and site and extent of digestión by steers. J. Anim. Sci. 49:204.
- Giesecke, D. 1970. In Physiology of Digestión and Metabolism in the Ruminant. P. 306 A. T. Phillipson, de oriel press, Newcastle upon tiñe, England.
- Gilí, D. R., F. N. Owens, R. W. Fent and R. K. Fulton. 1979. Thiopeptin and roughage level for feedlot steers. J. Anim. Sci. 49:1145.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest 1970. Forage fiber analyses. Agric. Handbook No. 379. ARS, US DA, Washington, DC.
- Goetsch, A. L. and M. L. Galyean. 1983. Influence of feeding frequency on passage of fluid and particulate markers in steers fed a concéntrate diet. Canadian J. of Anim. Sci. 63:727.
- Grant, R. J. and D. R. Mertens. 1992. Development of buffer systems for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestión in vitro. J. Dairy Sci. 75:1581.
- Greef, J. C., H. H. Meissner, C. Z. Roux and V. R. Janse. 1986. The effect of compensatory growth on feed intake, growth rate and efficiency of feed utilization in sheep. J. Anim. Sci. 16:155.

- Grovum, W. L. 1988. Appetite palatability and control of feed intake. In: D. C. Church (Ed.) The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. pp 202-216. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hale, W. H. 1973. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. J. Anim. Sci. 37:1075.
- Hart, S. P. and H. A. Glimp. 1991. Effect of diet composition and feed intake level on diet digestibility and ruminal metabolism in growing lambs. J. Anim. Sci. 69:1636.
- Hatfield, P. G., Hopkins, J. A. Pritchard, G. T. and Hunt, C. W. 1997. The effects of amount of whole barley, barley bulk density, and form of roughage on feedlot lamb performance, carcass characteristics, and digesta kinetics. J. Anim. Sci. 75:3353.
- 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.
- Hendricksen, R. E., D. P. Poppi and D. J. Minson. 1981. The voluntary intake, digestibility and retention time by cattle and sheep of stem and leaf fractions of a tropical legume (*Lablabpurpureos*). Aus. J. Agric. Res. 32:389.
- Huck, G. L., K. K. Kreikemeier, G. L. Kuhl and K. K. Bolsen. 1996. Effects of feeding combinations of steam-flaked sorghum and high-moisture corn on dry-rolled corn on finishing steer performance and carcass characteristics. Kansas State University, Southwest Research-Extension Center, report of progress. No. 773. p. 11.

- Hugante, R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press. New York.
- Huntington, G. B. 1988. Acidosis. In: D. C. Church (Ed.). The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition. pp 470-480. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Joanning, S. W., D. E. Johnson and B. P. Barry. 1981. Nutrient digestibility depressions in com silage-com grain mixtures fed to steers. J. Anim. Sci. 53:1095.
- Johnson, D. E., H. P. Phetteplace and W. V. Rumpler. 1989. Rumen cation and methane responses to diet additions of Na, K and/or lasalocid. Proc. of 20th bienn. Conf. Rumen funct. Chicago, IL. Abstr. 38.
- Kaufmann, W., J. Hagemeister and G. Dirksen. 1980. Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. In Y. Ruckebusch and P. Thivend (Ed.) Digestive Physiology and metabolism in ruminants. pp. 587-602. AVI Publishing Co., Westport, CT.
- Kawas, J. R., J. Lopes, D. L. Danelon and C.D. Lu. 1991a. Influence of forage-to-concentrate ratios on intake, digestibility, chewing and milk production of dairy goats. Small Ruminant Research 4:11.
- Kawas, J. R., J. L. Luevano and R. de la Cruz. 1991b. Effect of varying structural and nonstructural carbohydrate components in diets of pelibuey sheep on intake, digestión and rumination. Hair Sheep Research Symposium, University of the Virgin Islands, St. Croix, U.S. Virgin Islands.
- Kawas, J. R., W. Guimaraes, J. M. Shelton and C. D. Lu. 1991a. Effect of varying concentrations of energy and protein in pelleted rations of Santa Ines and Morada Nova hair sheep on intake, digestión and growth. Hair Sheep Research Symposium, University of the Virgin Islands, St. Croix, U.S. Virgin Islands.

- Kohn, R. A. 1994. Equilibrium concentrations of volatile fatty acids in the rumen. National conf. on forage quality, evaluation and utilization. University of Nebraska-Lincoln. p. 51
- Kozub, G. C. and R. Hironaka. 1992. Digestible energy requirements for growth in hereford and charoláis x hereford steers. *Can. J. Anim. Sci.* 64:59.
- Krause, D. O. and J. B. Russell. 1996. An rRNA approach for assessing the role of obligate amino acid-fermenting bacteria in ruminal amino acid degradation. *Appl. Environ. Microbiol.* 62:815.
- Lana, R. P., J. B. Russell and M. E. Van Amburgh. 1998. The role of pH in regulating methane and ammonia production. *J. Anim. Sci.* 76:2190.
- Laredo, M. A. and D. J. Minson. 1973. The voluntary intake, digestibility, and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. *Aus. J. Agric. Res.* 24:875.
- Lassiter, J. W. and H. M. Edwards. 1982. *Animal Nutrition*. Resion Books. A División of Simón and Schuster, Inglewood Cliffs, New Jersey.
- Leventini, M. W., C. W. Hunt, R. E. Roffler and D. G. Casebolt. 1990. Effect of dietary level of barley-based supplements and ruminal buffer on digestión and growth by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:4334.
- Lodge, S. L., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, D. H. Shain, and D. W. Herold. 1997. Evaluation of com and sorghum distillers by producís. *J. Anim. Sci.* 75:37.
- Lúe vano, J. L. 1993. Influencia de la substitución del sorgo por melaza sobre la utilización de rastrojo por ovinos pelibuey. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

- Matejovsky, K. M. and D. W. Sansón. 1995. Intake and digestión of low-, médium-, and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of com supplementation. *J. Anim. Sci.* 73:2156.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz and R. G. Warner. 1992. *Nutrición Animal*. Séptima edición en Español de Me Graw Hill, México.
- Me Donald, P., R. A. Edwards And J. F. Greenholgh. 1988. *Animal Nutrition*. 4th Ed. Logman Scientific and Technical. pp. 132-135.
- McClure, K. E., R. W. Van Keuren and P. G. Althouse. 1994. Performance and carcass characteristics of weaned lambs either grazed on orchardgrass, ryegrass, or alfalfa or fed all concéntrate diets in drylot. *J. Anim. Sci.* 72:3230.
- Meat Evaluation Handbook. 1992. United States Standards for grades of lamb, yearling mutton, and mutton carcasses. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service. Livestock and seed División pp. 1-14.
- Minson, D. J. 1980. Nutritional differences between tropical and températe pastures. In: F.H.W. Morley (Ed.) *Grazing Animáis*, pp. 143-157. Elsevier Scientific Published Co. Amsterdam.
- Mortenson, P. B., H. Hove, M. R. Clausen, and T. K. Holtug. 1991. Fermentation to short-chain fatty acids and lactate in human fecal batch cultures. *Scand. J. Gastroenterol.* 26:1285.
- Mould, F. L. and E. R. Orskov. 1983. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis *in sacco*, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concéntrate. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 10:1.
- Murphy, T. A. and S. C. Loerch. 1994. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass characteristics, and composition. *J. Anim. Sci.* 72:2497.

- Murphy, T. A., F. L. Fluharty and S. C. Loerch. 1994. The influence of intake level and com processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72:1608.
- Nagajara, T. G., and M. B. Taylor. 1987. Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1620.
- NRBC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research Council. National Academy Press. Washington, D. C.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements of Sheep. National Research Council. National Academy Press. Sixth Revised Edition, Washington, D.C.
- NRC. 1985. Nutrient requirements of sheep (6th Ed.). National Academy Press, Washington D. C.
- NRC. 1987. Predicting feed intake of food-producing animais. Subcommittee on feed intake. Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research council, National Academy Press. Washington, D.C.
- Orskov, E. R., C. Frazer and J. G. Gordon. 1974. Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time and firmness of subcutaneous fat in lambs. *Br. J. Nutr.* 32:59.
- Paster, B. J., J. B. Russell, C. M. J. Yang, J. M. Chow, C. R. Woese and R. Tanner. 1993. Phylogeny of the ammonia-producing ruminal bacteria, *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii* and *Clostridium aminophilum* sp. Nov. *Int. J. Sys. Bacteriol.* 43:107.

- Petit, H. V., and F. Castonguay. 1994. Growth and carcass quality of prolific crossbred lambs fed silage with fish meal or different amounts of concentr  . J. Anim. Sci. 72:1849.
- Petit, H. V., G. F. Tremblay and P. Savoie. 1997. Performance of growing lambs fed two levels of concentr   with conventional or macerated timothy hay. J. Anim. Sci. 75:598.
- Poore, M. H., 3. A. Moore and R. S. Swingle. 1990. Differential passage rates and digestion of neutral detergent fiber from grain and forages in 30, 60 and 90% concentr   diets fed to steers. J. Anim. Sci. 68:2965.
- Poppi, D. P., D. J. Minson and J. H. Temouth. 1981a. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. I. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. Aus. J. Agric. Res. 32:99.
- Poppi, D. P., D. J. Minson and J. H. Temouth. 1981b. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. III. The retention time in the rumen of large feed particles. Aus. J. Agric. Res. 32:123.
- Poutonen, E. 1966. The production of saliva in the fluid flowing through the reticulo-rumen of the cow. Ann Agric. Fenn 5:342.
- Quigley, J. 1998. Microbial strategies for improving the efficiency of ruminant production by enhancing. American Protein Corporation. Iowa, USA.
- Ratnay, P. V. 1973. Energy metabolism in the pregnant and non-pregnant ovine. Ph.D. Dissertation. University of California, Davis.
- Ratnay, P. V., W. N. Garret, H. H. Meyer, G. E. Bradford, N. Hinman and N. E. East. 1978. Net energy requirements for growth of lambs age three to five months. J. Anim. Sci. 37:6.

- Rattray, P. V., W. N. Garret, N. E. East and N. Hinman. 1973b. Net energy requirements of ewe lambs for maintenance, gain and pregnancy and the net energy value of foodstuffs for lambs. *J. Anim. Sci.* 37:892.
- Rattray, P. V., W. N. Garret, N. Hinman, I. García and J. Castillo. 1973a. A system for expressing the net energy requirements and net energy content of feeds for young sheep. *J. Anim. Sci.* 36:115.
- Robles, R. S. 1985. Cultivo del sorgo (grano y/o forraje). Producción de granos y forrajes. Ed. Sevilla, pp. 141-145.
- Ross, T. T., M. L. Galyean, J. D. Thomas and D. M. Ruppe. 1985. Feedlot performance and nutrient digestibility in lambs fed diets with alternating high and low concentrate levels. *SID Res. Dig.* 2:15.
- Russel, J. B. and P. J. Van Soest. 1984. In vitro ruminal fermentation of organic acids common in forage. *Appl. Environ. Microbiol.* 47:155.
- Russell, J. B. and D. B. Dombrowsky. 1980. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.* 39:604.
- Russell, J. B. and J. M. Chow. 1993. Another theory for the action of ruminal buffer salts: Decreased starch fermentation and propionate production. *J. Dairy Sci.* 76:826.
- Russell, J. B., H. J. Strobel and G. Chen. 1988. The enrichment and isolation of a ruminal bacterium with a very high specific activity of ammonia production. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 872.

- Russell, J. B., H. J. Strober and G. Chen. 1988. The enrichment and isolation of a ruminal bacterium with a very high specific activity of ammonia production. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:872.
- Santini, E. J., A. R. Elardie, N. A. Jorgensen and M. F. Finner. 1983. Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. *J. Dairy Sci.* 66:811.
- Slyter, L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43:910.
- Soto, G. J. 1992. Grado y tasa de utilización ruminal de cuatro variedades de sorgo en ovinos. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Steel, R. G. D., and J. H. Torrie 1980. Principles and procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.) McGraw-Hill Publishing Co., New York.
- Thomas, V. M. and J. J. Dahmen. 1986. Influence of roughage to concentrate rations, bovine, and feed processing on lamb feedlot performance and carcass characteristics. *SID Res. Dig.* 2:11.
- Tsuda, T. 1956. Studies on the absorption from the rumen. II. Absorption of several organic substances from the miniature rumen of the goat. *Tohoku. J. Agric. Res.* 7:241.
- Tucker, H. 1975. Intake and digestibility by sheep of diets containing different proportions and forms of barley and dried grass. *Firat Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi* 2:147.
- Twidwell, E. K., K. D. Johnson, J. H. Chemey and J. J. Volenec. 1988. Forage quality and digestion kinetics of switchgrass herbage and morphological components. *Crop. Sci.* 28:778.

- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O &B Books, Corvallis, OR.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Cornell University. Cornell University Press.
- Wattiaux, A. M. and L. E. Armentano. 1996. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Resumen 3. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin-Madison, USA.
- Welch, J. G. and A. M. Smith. 1969. Influence of forage quality on rumination time in sheep. J. Anim. Sci. 28:813.
- Welch, J. G. and A. M. Smith. 1970. Forage quality and rumination time in cattle. J. Dairy Sci. 53:797.
- Wolin, M. J. 1960. A the critical rumen fermentation balance. J. Dairy Sci. 43:1452.
- Wood, J. D., J. H. MacFie, R. W. Pomeroy and D. J. Twinn. 1980. Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. Animal Prod. 30:135.
- Yang, C. M. J. and J. B. Russell. 1993. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the numbers of amino acid-fermenting bacteria. J. Anim. Sci. 71:3470.