



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD PRODUCTIVA Y ECONOMICA DE LA  
ALIMENTACIÓN DE CORDEROS CRIOLLOS CON RACIONES QUE  
CONTIENEN GRASA DE SOBREPASO EN UNA EXPLOTACIÓN COMERCIAL**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A:**

***JOSE GUADALUPE YÁÑEZ FERREIRA***

**ASESOR: Dr. GUILLERMO TÓMAS OVIEDO FERNÁNDEZ**

**COASESOR: Dra. V. CITLALI HERNANDEZ VALLE**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

MIS AGRADECIMIENTOS EMPIEZAN AL IGUAL QUE EL POEMA HECHO CANCIÓN, EL CUAL SE TITULA "GRACIAS A LA VIDA". SU PRIMERA ESTROFA EMPIEZA DE IGUAL FORMA QUE EL TITULO:

GRACIAS A LA VIDA  
QUE ME HA DADO TANTO  
ME DIO LA RISA  
Y ME DIO EL LLANTO...

### **A MI FAMILIA:**

GRACIAS POR SER PARTE DE MI.

PAPA: JUANITO, A MIS HERMANOS: LORE, TERE, JUAN, HUGO, ENRIQUE Y BENITO; CADA UNO DE USTEDES SON IMPORTANTES PARA MI, LOS QUIERO MUCHO AUNQUE NO LO MANIFIESTE; MAS SIN EMBARGO CADA UNO DEBE TOMAR SU PROPIO DESTINO, POR LO QUE YO, YA TOME EL MIO.

**A TODOS MIS SOBRINAS Y SOBRINOS:** ELIZABETH, BELEN Y DULCE, LUPITA, JOSE JUAN, VICTOR, ANTONIO, MIRIAM, DIEGO, OSCAR, LEONARDO, MIGUEL, SUSANA, HUGO, JOSE MARIA Y ALEJANDRO, ALEXIS Y AL NUEVO SOBRINO.

### **A LOS PROFESORES DE LA FESC:**

GRACIAS A TODOS AQUELLOS PROFESORES QUE DE ALGUNA MANERA HAN INFLUIDO DE MANERA IMPORTANTE EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

### **A MIS ASESORES:**

Dr. GUILLERMO, Dra. CITLALI: GRACIAS POR LAS INMENSAS FACILIDADES Y LA CONFIANZA QUE ME DIERON PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRESENTE TESIS, NO HALLO PALABRAS PARA AGRADECERLES, MUCHAS GRACIAS POR TODO.

Dra. PATY: MUCHAS GRACIAS POR TODA SU AYUDA Y TIEMPO QUE ME DEDICO Y POR TODOS LOS CONOCIMIENTOS QUE ME PROPORCIONO DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA PARTE PRACTICA DE LA PRESENTE TESIS.

### **A MIS AMIGOS DELA FESC:**

SERGIO, RICARDO, TOÑO, CARLOS, JACOME, LINO, ITZEL, HILDA, ILIANA, LAURA, GUSTAVO, PEPE, NETO, ALMA, KARINA, VICTOR, MARTÍN (CHAVO), MARTÍN, ANGELES, CLAUDIA Y A TODOS AQUELLOS CON LOS LLEGE A CONVIVIR, GRACIAS POR DEPARTIR MOMENTOS BUENOS Y MALOS. SUERTE ATODOS Y A CADA UNO DE USTEDES.

### **A LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL TABAJO:**

GRACIAS POR CONFIAR EN MI, EN ESPECIAL A TERE, ISMAEL, NATIVIDAD, MOTITA, JOSE JUAN, GIS, ROCIO Y DEMAS COMPAS NOS ESTAMOS VIENDO.

### **A ANA:**

GRACIAS POR OFRECERME TODO A CAMBIO DE NADA Y POR HABER LLEGADO EN LOS MOMENTOS UN TANTO DIFICILES, ERES MUY IMPORTANTE EN MI VIDA.

## INDICE

<b>I) Resumen.....</b>	<b>5</b>
<b>II) Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>III) Revisión de bibliografía</b>	
3.1. Alimentación y alimentos.....	10
3.2. Lípidos.....	12
3.2.1. Lípidos simples.....	12
3.2.2. Lípidos compuestos.....	12
3.2.3. Lípidos derivados.....	13
3.2.4. Esteroles.....	13
3.2.5. Terpenos.....	13
3.3. Estructura de las grasas de importancia en nutrición de animales.....	13
3.3.1. Ácidos grasos.....	14
3.3.1.1. Evaluación de los ácidos grasos.....	17
3.3.2. Glicerol.....	18
3.3.3. Monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos.....	18
3.3.4. Fosfolípidos.....	19
3.3.5. Esteroles.....	20
3.4. Suministro de energía de las grasas neutras.....	20
3.5. Morfología y fisiología digestiva de los rumiantes.....	21
3.5.1. Microbiota ruminal.....	21
3.5.1.1. Bacterias del rumen.....	22
3.5.1.2. Protozoarios ruminales.....	23
3.5.1.3. Hongos ruminales.....	23
3.6. Digestión de glúcidos en rumiantes.....	24
3.7. Degradación de los polisacáridos.....	25
3.8. Ácidos grasos volátiles.....	26
3.8.1. Síntesis del ácido acético.....	26

3.8.2. Síntesis del ácido propiónico.....	27
3.8.3. Síntesis del ácido butírico.....	27
3.9. Solubilidad del nitrógeno y de los glúcidos para rumiantes.....	28
3.10. Digestión ruminal.....	29
3.10. 1. Digestión de lípidos.....	30
3.10. 2. Hidrólisis ruminal de los lípidos.....	31
3.10. 3 Biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados.....	31
3.11. Digestión posruminal.....	34
3.11. 1. Digestión posruminal de los glúcidos.....	34
3.11. 2. Digestión posruminal de los lípidos.....	35
3.12. Uso de grasas y aceites en la formulación de dietas para rumiantes.....	35
3.13. Definición de grasa de sobrepaso.....	37
3.14. Sinonimias.....	37
3.15. Antecedentes de las grasas de sobrepaso.....	37
3.16. Modo de acción.....	40
3.17. Tipos de grasas de sobrepaso.....	41
3.17.1. Grasas endurecidas hidrogenadas.....	42
3.17.2. Sales cálcicas de ácidos grasos.....	43
3.18. Efectos de las grasas en el rumen.....	44
3.19. Absorción de los ácidos grasos en el intestino delgado.....	46
3.20. Principales usos de las grasas protegidas.....	47
3.20.1. Uso de grasas protegidas en ganado ovino.....	48
3.20.1.1. Uso de grasas protegidas en ovejas en lactancia.....	49
3.20.1.2. Uso de grasas de sobrepaso en ovinos de engorda.....	50

#### **IV) Objetivos**

##### **4.1. Objetivo general:**

Valorar la efectividad económica y productiva de dos alimentos concentrados, elaborados en granja, en donde se incluye el uso de grasa de sobrepaso para dos lotes de engorda de corderos criollos.....52

4.2. Objetivos específicos	
4.2.1. Medir el consumo de alimento durante la etapa de engorda (75 días).....	52
4.2.2. Evaluar la ganancia de peso.....	52
4.2.3. Determinar la conversión alimenticia.....	52
4.2.4. Determinar el costo de producción de un kilo de cordero con cada alimento.....	52

## **V) Materiales y métodos**

5.1. Localización.....	52
5.2. Animales.....	52
5.3. Dietas.....	53
5.4 Consumo.....	54
5.5. Instalaciones.....	55
5.6. Materiales.....	56

## **VI) Diseño experimental**

6.1. Manejo zootécnico.	
6.1.1. Lotificación.....	57
6.1.2. Manejo sanitario.....	57
6.1.3. Manejo nutricional.....	57
6.2. Variables a considerar	
6.2.1. Consumo de alimento.....	58
6.2.2. Ganancia de peso.....	59
6.2.3. Conversión alimenticia.....	59
6.2.4. Costo de producción de producto (kilogramo de cordero) con cada alimento.....	59
6.3. Análisis estadístico.....	59

## **VII) Resultados y Discusión**

7.1. Resultados químico proximales de los alimentos elaborados en granja.....	59
7.2. Ganancia de peso y conversión alimenticia.....	65

7.3. Consumo de alimento y costo de producción.....	70
<b>VIII) Conclusiones.....</b>	<b>72</b>
<b>IX) Índice de cuadros.....</b>	<b>73</b>
<b>X) Bibliografía.....</b>	<b>74</b>



## I) RESUMEN

Este trabajo se realizó en la explotación comercial de ovinos de engorda “El Durazno” ubicada en el municipio de Tlahuelilpan, perteneciente al Valle del Mezquital, al suroeste del estado de Hidalgo.

Con el objetivo de comparar económicamente dos dietas elaboradas en granja, en donde una de ellas incluía grasa protegida, en un porcentaje de 2%, se realizó la engorda intensiva de corderos. Los lotes agruparon corderos machos, no castrados, los lotes tuvieron un peso promedio de 26.75 y 26.95 Kg., respectivamente; los borregos fueron comprados en la región, presentando diferentes grados de encaste. El lapso de duración de la engorda fue de 75 días, incluyendo la etapa de adaptación que tuvo una duración de siete días.

La media de los pesos a la venta fue de 40.75 +/- 4.37 y de 41.20 +/- 5.58 con una conversión alimenticia de 8.7 y de 8.17 y una ganancia diaria de peso de 186.6g y de 190g para el lote testigo (Lote 1) y control (lote 2). El costo de producción de un kilogramo de cordero para los lotes fue de \$16.60 y de \$16.32; respectivamente.

Los análisis estadísticos realizados, indican que no hubo diferencia significativa entre lotes; por lo tanto, la inclusión de grasa de sobrepeso al 2% no presentó un efecto en las variables productivas evaluadas y los costos de producción de 1 Kg. de cordero fueron similares.

## II) INTRODUCCIÓN

En México la explotación de ovinos tiene como objetivo principal producir carne para consumo humano, no olvidando que también ofrece otros subproductos, en donde se incluye la lana y la piel, además de la leche que en nuestro país no se ha explotado de manera importante (De Lucas y Arbiza, 2000).

Los productos ovinos han tenido y tienen una alta demanda entre la población ya sea por los platillos tradicionales (barbacoa o mixiote) o por la artesanía lanera. Los ovinos son la especie mejor cotizada tanto en pie como en canal o como producto final. Las formas tradicionales de consumo de carne de ovino, no son platos que exijan tipos de animales especializados, se destinan lo mismo canales de jóvenes que de viejos, así como de cualquier sexo o edad, gordos o flacos. Aunque un cambio importante que se ha venido presentando en los últimos tiempos es la preferencia por corderos de 35 a 45 Kg. Se menciona que el 95% de la producción se consume en forma de barbacoa y el restante 5% se consume de una forma distinta (De Lucas y Arbiza, 2000; Trinidad *et al*, 2004).

La población ovina en México, no solo es de las especies domésticas la de menor número, sino que en los últimos 50 años se ha mantenido estática, mostrando en ocasiones tendencia decreciente. Debido a lo anterior y para llenar las demandas, las importaciones de carne, de animales en pie y canal han ido en aumento (De Lucas y Arbiza, 2000; sagarpa, 2005)

Tabla 1. Estimación del Consumo Nacional Aparente (CNA) 1990-2003

Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	CNA
1990	24,695.0	22,403.9	0.0	47,098.9
1991	26,262.0	33,963.3	0.0	60,225.3
1992	27,872.0	37,903.1	0.0	65,775.1
1993	28,672.0	38,553.6	0.0	67,225.6
1994	30,274.0	41,982.4	18.9	72,237.5
1995	29,887.0	21,098.9	150.4	50,835.5
1996	29,443.0	20,454.1	97.1	49,800.0
1997	30,161.0	28,663.1	96.8	58,727.2
1998	30,466.0	34,400.8	71.2	64,795.6
1999	30,785.0	41,814.1	71.8	72,527.2
2000	33,390.0	53,556.0	44.3	86,901.7
2001	36,221.0	58,398.8	24.1	94,595.7
2002	38,195.8	58,296.4	38.4	96,453.8
2003	42,166.0	43,736.9	1.0	85,901.9
2004*	42,140.0	44,000.0	1.0	86,139.0

Notas: El Consumo Nacional Aparente es una forma de medir la cantidad de producto de que dispone un país para su consumo. En esta estimación se considera la producción nacional, las importaciones de ganado para abasto (convertidas a carne en canal) y las de carnes en canal y cortes, así como las exportaciones de ganado para abasto y/o engorda (convertidas a carne en canal) y carne en canal y cortes. Composición en volumen (toneladas) \*Estimado. Última actualización: 16 de marzo de 2005.

Dentro de las explotaciones de ovinos en México nos encontramos con una gran diversidad de sistemas de producción. Éstos van desde los basados en el pastoreo con o sin suplementación donde no se lleva ningún control, que provoca baja o nula rentabilidad en la explotación de la especie, hasta las explotaciones más tecnificadas en las cuales los borregos son engordados bajo sistemas semiestabulados o estabulados (Shimada, 2003).

Cuando se alimenta correctamente a los ovinos, y a cualquier otra especie, se observa fácilmente el impacto ya que se tienen altos índices productivos al más bajo costo. Para lograr estos objetivos se deben considerar dos aspectos fundamentales: 1) dar a los animales los nutrientes que requieren de acuerdo a su etapa productiva (lactancia, destete, gestación, engorda, etc.) y 2) Seleccionar los ingredientes que aporten dichos nutrientes al costo más bajo (Soriano, 1984).

La energía y proteína son los nutrientes que más requieren los animales y son los que más comúnmente limitan la producción del hato. Otros nutrientes como el agua, minerales y vitaminas son igualmente importantes pero su adecuado suministro a través de bebederos (agua) o premezclas comerciales (minerales y vitaminas) es relativamente fácil y económico (Orcasberro, 1983; Ensminger, 1991; Pugh, 2002).

Los requerimientos nutricionales de los ovinos son presentados por el National Research Council 1985 (NRC, 1985), donde se proporciona información de las necesidades de nutrientes en la dieta para estados específicos de producción y diferentes niveles de productividad, así como para prevenir deficiencias.

La conversión alimenticia se entiende como los kilogramos de alimento requeridos para alcanzar un kilogramo de producto, que en nuestro caso sería un kilogramo de carne (Shimada, 2003). La ganancia de peso es la evaluación del crecimiento y se refiere a los gramos que aumenta diariamente en relación a su peso vivo día a día o semanalmente (Goodwin, 1975). Por último se entiende como costo de producción lo que cuesta producir un kilogramo de producto por concepto de alimento consumido (Shimada, 2003).

Con la finalidad de evaluar el efecto que tiene la adición de grasa de sobrepeso en el desarrollo corporal de los ovinos y con la finalidad de usarla como suplemento energético en la dieta, además de analizar la conveniencia económica, se incluyó en una de las dietas dicho ingrediente.

### III) REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Alimentos y alimentación

Los alimentos para ovinos son importantes desde el punto de vista económico porque representan cerca de las dos terceras partes del costo de los corderos terminados en corral, sin tener en cuenta el precio de compra inicial de los corderos para engorde (Ensminger y Olentine, 1983).

Los alimentos son sustancias que, tras ser ingeridas por los animales, pueden ser digeridas, absorbidas y utilizadas. En un sentido más amplio, se emplea la palabra “alimento” para denominar a todos los productos comestibles; por último, los nutrientes son los componentes del alimento que pueden ser utilizados por los animales (McDonald *et al*, 1999).

La clasificación química de los nutrientes se da en grandes grupos, los cuales representan en su totalidad a los componentes presentes en el alimento; así tenemos a: los carbohidratos, los lípidos, proteínas, vitaminas, minerales y el agua (McDonald *et al*, 1999).

En los ovinos adquieren la energía de diversas maneras las cuales son en forma de forrajes (bajo pastoreo, henificado o ensilado), en forma de concentrados (granos de cereales y/o tortas de oleaginosas) u otras fuentes (productos y subproductos de la industria y/o de la agricultura), (Orcasberro, 1983). La acción bacteriana del rumen del ovino convierte con mucha eficiencia a los forrajes en fuentes apropiadas de energía (Ensminger y Olentine, 1983).

Energía es el “nutriente limitante más común” en ovinos; la deficiencia puede presentarse por un bajo consumo de alimento o por una concentración muy baja en el mismo, esto debido a diversos errores de tipo técnico, tales como: sobrepastoreo; cuando los animales se ven obligados a consumir forrajes de mala

calidad con altos niveles de fibra o poco digestibles y/o en caso contrario, de alimentos succulentos pero muy acuosos; además de sequías prolongadas (Ensminger, 1976; Ensminger y Olentine, 1983; Orcasberro, 1983; Ensminger y Parker, 1986; Ensminger y Olfield, 1990; Ensminger, 1991; Pugh, 2002).

Todos los parámetros de producción (lactancia, crecimiento, preñez) requieren cantidades elevadas de energía. Para una producción máxima, el ganadero deberá emplear una ración “caliente” es decir una ración con muchas calorías. Cuando se emplean raciones pobres en energía, por ejemplo alimentos con mucho forraje, el animal físicamente no puede ingerir el alimento necesario para cubrir sus necesidades para la producción (Ensminger y Olentine, 1983).

Los requerimientos energéticos de los ovinos suelen acrecentarse a raíz de los siguientes factores:

- 1.- Ambiente: mayores a medida que la temperatura, la humedad y el viento se desvían de la zona de confort.
- 2.- Esquila: son mayores cuando se esquila a los animales en una época fría porque el cuerpo se desabriga.
- 3.- Preñez: son mayores en las últimas seis semanas de gestación porque se deben cubrir los mayores requerimientos para el crecimiento fetal y se desarrolla el potencial para una gran producción de leche.
- 4.- Lactancia: 1.7 a 1.9 veces más para animales que amamantan mellizos
- 5.- Tamaño del cordero, sexo y edad al servicio: en general; son mayores en las razas grandes que crecen más rápido que las razas pequeñas y medianas; corderos enteros que para corderas y capones y; borregas servidas para parir al año cumplido.
- 6.- Finalizado: mayores a medida que avanza éste.
- 7.- Destete temprano: mayores en corderos destetados a temprana edad porque los corderos de corta edad no pueden utilizar alimentos voluminosos (Ensminger y Olentine, 1983; Ensminger y Parker, 1986; Ensminger y Oldfield, 1990).

Los concentrados son alimentos con un contenido bajo en fibra cruda (menos del 18%) y elevado en extracto libre de nitrógeno y total de nutrientes digestibles; a estos se les puede dividir en dos clases: a) alimentos que contienen carbono y que tienen como función principal, la de suministrar energía; b) nitrogenados que proporcionan materiales para la formación de proteína o proteína preformada. Del primer grupo encontramos a los azúcares, varios tipos de polisacáridos, grasas y aceites (los cuales contienen en su composición: carbono, hidrogeno y oxígeno) que proporcionan los materiales necesarios para la producción de energía (Ensminger y Olentine, 1983).

### **3.2. Lípidos**

Los lípidos son compuestos orgánicos que son relativamente insolubles en agua, pero relativamente solubles en disolventes inorgánicos comunes, como bencol, éter y cloroformo (Ensminger y Parker, 1986).

Realizan importantes funciones bioquímicas y fisiológicas en los tejidos de los animales y vegetales; tales como: a) actúan como portadores de electrones; b) son transportadores de sustratos en las reacciones enzimáticas; c) son componentes de las membranas biológicas; d) actúan como reserva de energía (Pond *et al*, 2002).

A los lípidos de importancia en la nutrición de los seres humanos y de los animales se les clasifica de la siguiente manera:

**3.2.1. Lípidos simples:** Son ésteres de ácidos grasos con varios alcoholes. Las grasas, los aceites y las ceras son lípidos simples. Las grasas y los aceites son ésteres de ácidos grasos con el glicerol, y las ceras son ésteres de ácidos grasos con alcoholes distintos al glicerol.



**3.2.2. Lípidos compuestos:** Se trata de ésteres grasos que contienen sustancias no lipídicas como fósforo, carbohidratos y proteínas, además de un alcohol y un ácido graso. Incluyen fosfolípidos, glucolípidos y lipoproteínas. Los fosfolípidos (fosfátidos) son grasas que contienen ácido fosfórico y **N**. Los glucolípidos son grasas que contienen carbohidratos y, muchas veces, **N**; las lipoproteínas son lípidos ligados a proteínas que se encuentran en la sangre y otros tejidos.

**3.2.3. Lípidos derivados:** éstos incluyen sustancias derivadas por hidrólisis de lípidos simples o compuestos; por ejemplo: ácidos grasos, glicerol y otros alcoholes.

**3.2.4. Esteroles:** Estos compuestos son lípidos con estructuras anulares complejas del tipo del fenantreno.

**3.2.5. Terpenos:** Son compuestos que por regla general tienen estructuras del tipo del isopreno.

Desde el punto de vista cuantitativo, las grasas y los aceites constituyen la porción más grande de los lípidos de la mayoría de los materiales alimenticios y se caracterizan por su alto valor energético. Un gramo de una grasa típica produce alrededor de 9.45 Kcal. de calor cuando se quema por completo, en comparación con cerca de 4.1 Kcal. en el caso de un carbohidrato típico (Pond *et al*, 2002).

### **3.3. Estructura de las grasas de importancia en nutrición de animales**

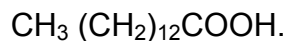
Los constituyentes lipídicos más importantes de la nutrición animal incluyen: **ácidos grasos, glicerol, monogliceroles, digliceroles y trigliceroles (también conocidos como triglicéridos); y fosfolípidos.** Los glucolípidos, las lipoproteínas y los esteroles son muy importantes en el metabolismo, pero están presentes en el cuerpo en cantidades mucho más bajas que los triglicéridos, la

principal forma de almacenamiento del cuerpo animal. Las lipoproteínas llevan a cabo una función muy importante en el transporte por medio de la sangre de triglicéridos, colesterol y otros lípidos de un sistema de órganos a otro para ser metabolizados y elaborados. Las ceras y los terpenos carecen de importancia desde los puntos de vista cuantitativo y nutricional (Pond *et al*, 2002).

### 3.3.1. Ácidos grasos

Los ácidos grasos consisten en cadenas de átomos de carbono que varían de 2 a 24 unidades o más de longitud; en el extremo de cada cadena hay un grupo carboxilo. La estructura general es RCOOH, donde R es una cadena de carbono de longitud variable. El ácido acético, un producto importante de la fermentación microbiana de la glucosa en rumiantes, tiene dos carbonos y su fórmula es CH<sub>3</sub>COOH.

El ácido mirístico, un constituyente de la grasa de leche, tiene 14 carbonos. Su fórmula es:



El ácido acético y mirístico son saturados. Esto es, cada átomo de carbono (C) de la cadena (excepto el grupo carboxilo) lleva dos átomos de hidrógeno adheridos a él (tres hidrógenos en el C terminal).

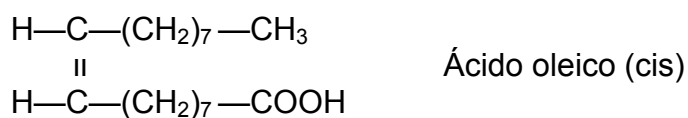
Algunos ácidos grasos son insaturados; uno o más pares de átomos de carbono de la cadena están unidos por un doble enlace, y el hidrogeno (H) ha sido eliminado.

El ácido linoleico, un constituyente del aceite de maíz y de otros aceites vegetales ricos en ácidos grasos poliinsaturados, tiene 18 carbonos y dos dobles enlaces. Su fórmula es:



La mayoría de los ácidos grasos que por regla general se encuentran en los tejidos de los animales son de cadenas rectas y contienen un número par de carbonos (Tabla 2 y 3). Los ácidos grasos de cadena ramificada y aquellos que tienen un número impar de carbonos son más comunes en los microorganismos, sin embargo, los tejidos de los animales rumiantes en particular, contienen cantidades relativamente grandes de estos ácidos grasos como resultado de la fermentación ruminal y la posterior absorción de estos ácidos derivados de la actividad de los microorganismos.

Los ácidos grasos que contienen dobles enlaces se presentan como el isómero cis o el isómero trans, lo que se ilustra enseguida:



Algunos ácidos grasos de los aceites de los peces permiten colocar a éstos en una categoría distinta de otras grasas que contienen cantidades altas de ácidos grasos poliinsaturados, son los llamados ácidos grasos omega-3, que consisten en ácido linolénico (18 carbonos, 3 dobles enlaces), ácido eicosapentanoico 20 carbonos, 5 dobles enlaces) y ácido docosahexaenoico (22 carbonos, 6 dobles enlaces).

Tabla 2: Ácidos grasos más comunes en tejidos vegetales y animales

Ácido	Número de carbonos	Número de dobles enlaces	Abreviatura
Butírico (butanoico)	4	0	C4:0
Caproico (hexanoico)	6	0	C6:0
Caprílico (octanoico)	8	0	C8:0
Capríco (decanoico)	10	0	C10:0
Láurico (dodecanoico)	12	0	C12:0
Mirístico (tetradecanoico)	14	0	C14:0
Palmítico (hexadecanoico)	16	0	C16:0
Palmitoleico (hexadecanoico)	16	1	C16:1
Estearico (octadecanoico)	18	0	C18:0
Oleico (octadecenoico)	18	1	C18:1
Linoleico (octadecadienoico)	18	2	C18:2
Linolénico (octadecadienoico)	18	3	C18:3
Araquídico (eicosanoico)	20	0	C20:0
Araquidónico (eicosatetraenoico)	20	4	C20:4
Lignocérico (tetracosanoico)	24	0	C24:0

Tabla 3. Posición de los dobles enlaces en los ácidos grasos insaturados.

Ácido	Posición de los dobles enlaces*	Precursor
Palmitoleico	9	Palmítico
Oleico	9	Esteárico
Linoleico	9, 12	Ninguno
Linolénico	9, 12, 15	Ninguno
Araquidónico	5, 8, 11, 14	Linoleico

\* Los átomos de carbono se numeran a partir del extremo carboxilo (Pond *et al*, 2002).

### 3.3.1.1. Evaluación de los ácidos grasos

Para caracterizar las propiedades químicas de las grasas se emplean habitualmente varias constantes. Cada una tiene alguna aplicación en la nutrición.

El **índice de saponificación** es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para la saponificación (hidrólisis) de 1g de grasa. Este índice de una grasa de bajo peso molecular (ácidos de cadena corta) es grande y disminuye conforme el peso molecular de la grasa aumenta. Así, el índice de saponificación da una medida de la longitud promedio de la cadena de los tres ácidos de la grasa.

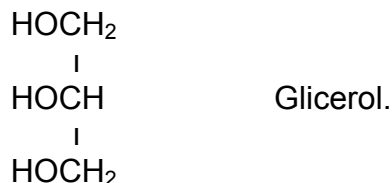
El **índice de Reichert-Meissl (RM)** es el número de ml de solución de KOH 0.1 N necesario para neutralizar los ácidos grasos hidrosolubles volátiles (cadena corta) obtenidos por la hidrólisis de 5g de grasa. El sebo de res y otras grasas de alto peso molecular prácticamente no contienen ácidos volátiles y por tanto tienen índices de RM casi cercanos a cero.

El **índice de Yodo** es el número de gramos de yodo que pueden ser agregados a los enlaces insaturados de 100 g de grasa. El índice de yodo es una medida del grado de hidrogenación (saturación) de los ácidos grasos de la grasa. Una grasa completamente saturada como la tristearina tiene un índice de yodo

igual a cero, en tanto que una grasa líquida como el aceite de linaza tiene un índice de yodo de 175 a 202 (Pond *et al*, 2002).

### 3.3.2. Glicerol

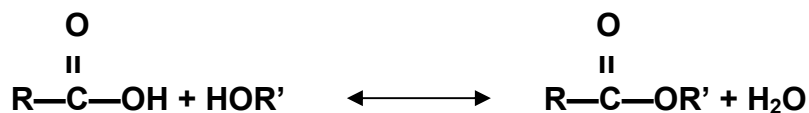
La fórmula del glicerol es:



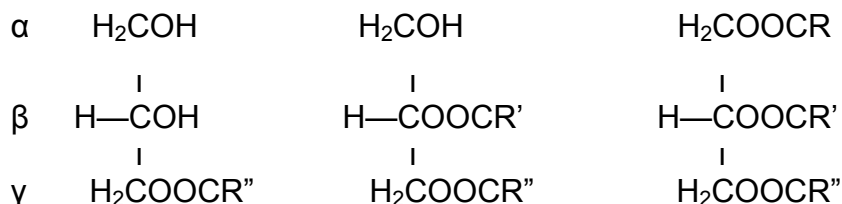
El glicerol es el componente alcohólico de todos los triglicéridos comunes en tejidos animales y vegetales, y es un componente de los fosfátidos: lecitina, cefalina y esfingomielina (Pond *et al*, 2002).

### 3.3.3. Monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos

Estos compuestos son ésteres de glicerol y ácidos grasos. Un éster se forma al reaccionar un alcohol con un ácido orgánico; la estructura de un éster y el enlace entre el glicerol y los ácidos grasos en los glicéridos se representan de la siguiente manera:



Un monoglicérido, un diglicérido y un triglicérido tienen las siguientes estructuras, donde R, R' y R'' representan tres distintos ácidos grasos:



La composición de los triglicéridos en cuanto a ácidos grasos es variable. El mismo o diferentes ácidos grasos pueden estar en las tres posiciones; por ejemplo, si el ácido esteárico ocupara las tres posiciones, el compuesto se denominaría tristearina (un triglicérido simple), mientras que si los ácidos butírico, láurico y palmítico ocuparan cada uno una posición, el compuesto se llamaría butirolauropalmitina (Gliceril butirolauropalmitato), un triglicérido mixto.

La longitud de la cadena y el grado de insaturación de los ácidos grasos individuales que constituyen el triglicérido (también llamado triacilglicerol, TAG) determina las propiedades físicas y químicas de éste. Los triglicéridos de ácidos grasos saturados que contienen 10 o más carbonos son sólidos a temperatura ambiente, en tanto que los que contienen una mayor parte de ácidos grasos insaturados son líquidos.

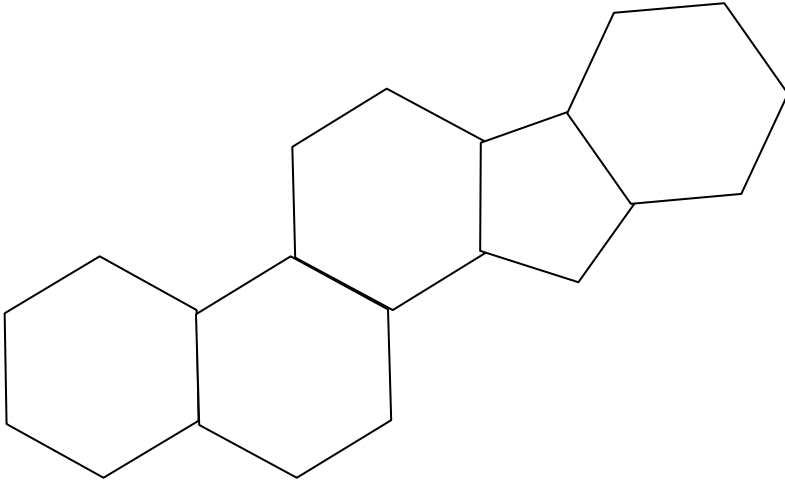
La mayor parte de la información que describe la composición del triacilglicerol de las grasas proporciona sólo la composición total en cuanto a ácidos grasos de la mezcla, más sin embargo no indica la posición de los ácidos grasos individuales en la porción de glicerol, un factor de importancia en la absorción y la utilización de las grasas (Pond *et al*, 2002).

#### **3.3.4. Fosfolípidos**

Los fosfolípidos (fosfátidos) al someterse a hidrólisis producen ácidos grasos, ácido fosfórico y por regla general glicerol y una base nitrogenada. Los fosfolípidos de los tejidos animales contienen una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados que los triglicéridos del tejido adiposo; los fosfolípidos están más ampliamente dispersos en los líquidos corporales que las grasas neutras y tienen propiedades que favorecen la emulsión, lo que les permite efectuar funciones importantes en el transporte de lípidos (Pond *et al*, 2002).

### 3.3.5. Esteroles

El esterol más abundante en los tejidos animales es el colesterol, cuya estructura se esquematiza a continuación:



Otros esteroles importantes de los animales son el ergosterol (origina vitamina D2 al ser irradiado), el 7-des-hidrocolesterol (produce vitamina D3 al ser irradiado), los ácidos biliares, los andrógenos, los estrógenos y la progesterona (Pond *et al*, 2002).

### 3.4. Suministro de energía de las grasas neutras

La hidrólisis de los triglicéridos (triacilgliceroles) produce glicerol y ácidos grasos, los cuales constituyen fuentes concentradas de energía. La mayor parte de la variación entre las fuentes de energía que contienen se relaciona con su digestibilidad, pero con excepción de condiciones anormales o especiales de absorción defectuosa, la digestibilidad real de las grasas es superior al 80%.

Toda la energía de la dieta, excepto la que se halla presente en los ácidos grasos esenciales, podría ser proporcionada por los carbohidratos. Por tanto, en sentido estricto no hay una necesidad dietética de lípidos, con excepción de los



ácidos grasos esenciales (AGE) que aquellos contienen y su importante papel en la absorción de vitaminas liposolubles (Pond *et al*, 2002).

### **3.5. Morfología y fisiología digestiva de los rumiantes**

Los mamíferos que se clasifican como rumiantes tienen ciertas características de morfología y fisiología digestivas que los diferencian de los demás animales de granja. Las principales diferencias están en la porción anterior del tubo digestivo (rumen, retículo, omaso), ya que los órganos responsables del proceso de degradación de los alimentos a partir del abomaso, son similares para todas las especies de abasto (Shimada, 2003).

#### **3.5.1. Microbiota ruminal**

El tubo digestivo del animal recién nacido es prácticamente estéril, pues a pesar de la ingestión de líquido amniótico en útero, éste se encuentra libre de microbios. En el animal lactante el rumen es pequeño en comparación con los demás órganos digestivos y el epitelio absortivo se encuentra poco desarrollado, dado que los únicos alimentos que ingiere en sus primeros días son calostro y leche, que llegan directamente de la boca al abomaso por conducto del canal esofágico. Sin embargo, la colonización microbiana del rumen se inicia inmediatamente después del nacimiento, a través de las dos principales fuentes de contaminación, la leche y los otros rumiantes.

La microbiota ruminal consiste en su mayoría en bacterias y protozoarios que tiene muchas características funcionales comunes, así como algunas diferencias notables. También hay hongos y levaduras, aunque su número es mucho menor y por tanto sus funciones menos trascendentes.

La presencia de microorganismos en el rumen confieren al animal sus características digestivas diferenciales con respecto a otros mamíferos

domésticos, como son las posibilidades de desdoblamiento de los glúcidos estructurales o complejos (celulosa, hemicelulosa, pectina), aprovechamiento de nitrógeno no proteico para su conversión en aminoácidos y proteínas microbianas, síntesis de la gran mayoría de las vitaminas hidrosolubles, producción y utilización de ácidos grasos de cadena corta como fuentes de energía metabólica, neutralización de compuestos químicos detrimentales presentes en el alimento (Shimada, 2003).

#### **3.5.1.1. Bacterias del rumen**

En el caso de las bacterias, su población es variable, se sabe que es de 5000 a 20000 millones por gramo de contenido ruminal; además de presentar especificidad según el huésped (las del líquido ruminal de bovinos no crecen en líquidos de ovinos).

Las bacterias muestran una gran diversidad de géneros y especies, lo que refleja la diversidad de alimentos existentes. Las bacterias se “seleccionan” con base en su capacidad de adaptación a los cambios ecológicos ruminales y a su capacidad de trabajo bioquímico, por lo que sobreviven sólo aquellas especies que pueden adaptarse más rápidamente y crecer al máximo en medio dado. De los sistemas de clasificación existentes, probablemente los más aceptados en microbiología ruminal son los que se basan en el tipo de sustrato sobre el que actúan las bacterias. De este modo, se dividen en celulolíticas, amilolíticas, sacarolíticas, utilizadoras de ácidos, proteolíticas, lipolíticas, hidrogenantes, metanogénicas, entre otras.

Las bacterias tienen requerimientos específicos de nutrientes para poder sobrevivir; entre los principales se encuentran ácidos de cadena corta ramificada como los ácidos isobutírico, 2-metil-butírico, isovalérico, fenilacético, indolacético, imidazolacético, también ácidos grasos volátiles y otros ácidos orgánicos, amonio,

magnesio, calcio, potasio, etc. En general los metabolitos de unas bacterias sirven como fuente de nutrimentos de otras y viceversa (Shimada, 2003).

#### **3.5.1.2. Protozoarios ruminales**

Estos microorganismos habitan en el retículo-rumen en asociación con las bacterias, por lo que comparten con ellas la tarea de fermentar los nutrimentos presentes en el medio. Su población en el rumen es muy variable, se sabe que hay desde sólo unos 100 mil, hasta dos millones por mililitro en los casos de mayor abundancia.

La gran mayoría de los protozoos presentes en el rumen pertenecen a la clase ciliados, aunque también se encuentran flagelados. Una característica peculiar de todos los protozoos es su capacidad de asimilar azúcares solubles y transformar 80% en un polisacárido de estructura similar al almidón. Este polisacárido puede utilizarse como sustrato de reserva en el caso de que el aporte de externo de glúcidos solubles sea insuficiente. La mayoría de protozoos son celulíticos y algunos de ellos producen más alfa amilasa y maltasa que las bacterias.

Uno de los principales sustratos que emplean los protozoos son las mismas bacterias, que aparentemente les sirven como fuente de proteína, energía y ácidos nucleicos. Se ha observado que al aumentar el número y la concentración de protozoarios disminuye la concentración de bacterias y aumenta la concentración de metabolitos de la degradación bacteriana (Shimada, 2003).

#### **3.5.1.3. Hongos ruminales**

El interés en su estudio aumentó en años recientes, por lo que se ha establecido, entre otras cosas, que su forma de atacar a las partículas alimenticias es de adentro hacia fuera (en contraste con las bacterias, que lo hacen en

dirección opuesta), tienden a hidrolizar las fracciones de fibra (aunque no digieren la lignina, contribuyen al rompimiento del complejo lignocelulósico de la pared celular) y aportan cerca de 5% de la proteína de origen microbiano (Shimada, 2003).

### **3.6. Digestión de glúcidos en rumiantes**

La principal diferencia del metabolismo de los animales rumiantes con respecto a las especies de monogástricos es la capacidad de utilizar los ácidos grasos volátiles como fuente de energía corporal. De hecho, en dichos animales entre 50 y 80% de la glucosa disponible a nivel celular proviene del metabolismo de los ácidos grasos volátiles, en contraste con un aporte menor del 10% en el caso de animales no rumiantes como el cerdo.

La degradación microbiana de los polisacáridos complejos y de los glúcidos simples que ocurre en el rumen pone a disposición una serie de metabolitos, que ya sea en forma directa o mediante transformaciones en el epitelio ruminal, sirven como energéticos a las células animales.

Al ser los rumiantes animales herbívoros, la composición de su ingesta varía de acuerdo con las especies vegetales que consumen y el estado de madurez de las plantas. Sin embargo, en términos generales, los glúcidos estructurales constituyen alrededor de 75% de la materia seca de los forrajes, su principal alimento.

Los componentes estructurales de mayor importancia son la celulosa (20-30%), las hemicelulosas (14-17%), pectinas (10%) y lignina (10%).

La relación existente de celulosa a lignina (2-3:1) se hace más estrecha en la medida que aumenta la madurez del forraje, o sea, se incrementa el contenido de lignina al envejecer la planta. A pesar de que la composición del contenido de

“fibra” de una misma planta es muy similar en estado verde que en estado maduro, la celulosa y lignina varían de acuerdo con su edad, lo que afecta la digestibilidad.

Es frecuente la práctica de complementar los forrajes con cantidades sustanciales de granos de cereales y melazas, ingredientes que proveen almidones y azúcares, respectivamente (Shimada, 2003).

### **3.7. Degradación de los polisacáridos**

Los glúcidos vegetales de reserva (fructosanos y almidones) son rápida y eficientemente digeridos por la microbiota del retículo-rumen. La celulosa se desdobla inicialmente por acción de celulasas a cadenas de anhidroglucosa, las que a su vez se hidrolizan para obtener celobiosa, la que se desdobla ya sea a glucosa por medio de una celobiasa, o a glucosa y glucosa-1-fosfato mediante una fosforilasa.

Las hemicelulosas están formadas por polímeros de pentosas, hexosas y ácidos urónicos. Su desdoblamiento por xilosidasas 1-4 produce xilooligosacáridos, xilobiosas y finalmente xilosas. Estas últimas son degradadas por transaldolasas transcetolasas para obtener fructuosa-6-fosfato y fosfotriosa, mismas que entran al proceso de glucólisis (ruta de Embden-Meyerhoff). Las pectinas se desdoblan por pectinesterasas a metanol (que posteriormente se convierte a metano) y ácido galacturónico, mismo que por descarboxilación produce pentosas, que se desdoblan como en las hemicelulosas.

Polisacaridasas 1-4 atacan a los almidones y los convierten en maltosas, las cuales se desdoblan a glucosa por medio de una maltasa, o a glucosa y glucosa-1-fosfato por medio de una fosforilasa. En cuanto a la lignina, aunque propiamente no es un glúcido, su presencia reduce la digestibilidad de las paredes de las plantas, porque protege sus glúcidos del ataque de las enzimas microbianas y

gastrointestinales. Sin embargo, se reconoce que la lignina contenida en plantas jóvenes o en algunas especies vegetales se fermenta moderadamente a su paso por el tubo digestivo del rumiante (Shimada, 2003).

### 3.8. Ácidos grasos volátiles (AGV)

Los ácidos grasos volátiles, acético, propiónico, butírico; también mencionados como acetato, propionato y butirato, pues en el rumen se encuentran en forma aniónica, son productos de desecho del metabolismo de la microbiota digestiva y constituyen 80% de la energía que desaparece del rumen, tanto por absorción (de 80% a 90%), como sobrepaso al omaso (de 10 a 20 %) el 20% restante se elimina en forma de calor y como metano. Estos ácidos aportan entre 50 y 70% de la energía digestible del rumiante. Son diversos los factores que regulan su síntesis (Shimada, 2003).

Algunos ácidos grasos insaturados, en cantidades suficientes, escapan a la biohidrogenación en el rumen para proporcionar al animal los ácidos grasos necesarios (Pond *et al*, 2002).

#### 3.8.1 Síntesis del ácido acético

La ruta para la producción de acetato dependerá del tipo de microorganismos que intervenga, pudiendo ser una de las siguientes maneras:

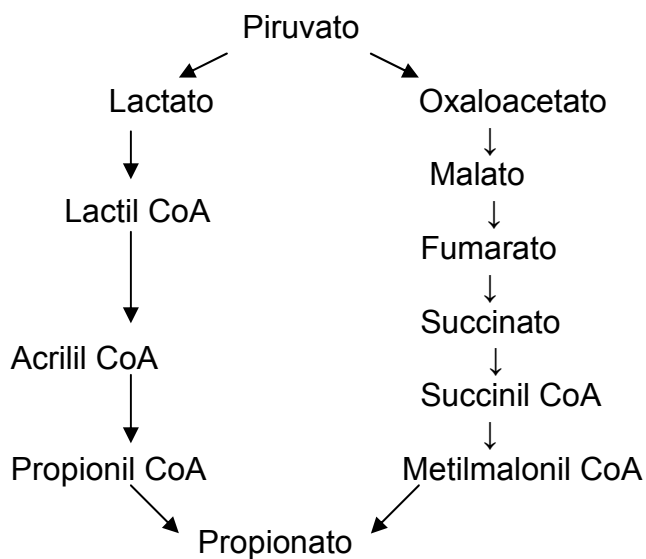
- Piruvato + CoASH → acetyl CoA + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>
- Piruvato + fosfato → fosfato de acetilo + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>
- Piruvato + CoASH → acetyl CoA + formate
- Piruvato + fosfato → fosfato de acetilo + formate

El hidrógeno que se desprende de la oxidación se utiliza como hidrógeno molecular y se transfiere al CO<sub>2</sub> produciendo ácido fórmico, o se emplea para el

proceso de hidrogenación de los ácidos grasos insaturados. El ácido fórmico puede deshidrogenarse y obtenerse H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a partir del mismo (Shimada, 2003).

### 3.8.2. Síntesis de ácido propiónico

El propionato puede obtenerse a partir de dos rutas principales, como se observa en la figura:

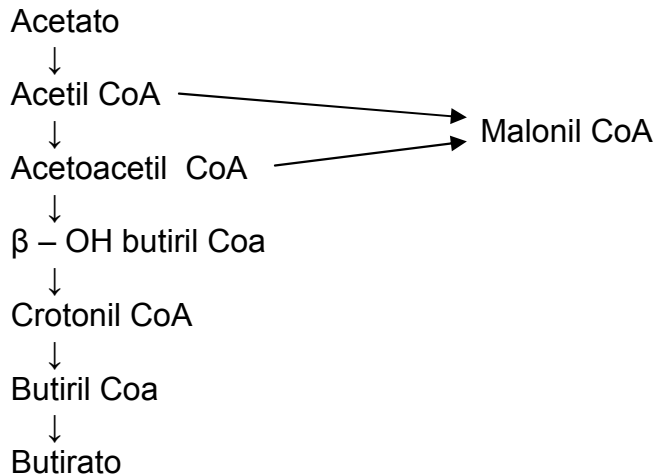


La ruta del succinato es la preferida, sin embargo, en caso de deficiencia de azufre y en raciones con niveles elevados de grano, es mayor la ruta del acrilato (Shimada, 2003).

### 3.8.3. Síntesis de ácido butírico

Se sintetiza a partir de ácido acético o de compuestos que producen acetil CoA, como los ácido piruvico y glutámico.

Son dos las posibles vías: reverso de la B –oxidación y síntesis de malonil CoA.



La vía del reverso de la B-oxidación es más eficiente, dado que consume una molécula de ATP en comparación de dos moléculas de ATP por la otra ruta. La vía del malonil CoA se emplea más para la síntesis de ácidos grasos de cadena larga y para ácidos grasos de cadena ramificada (Shimada, 2003).

### 3.9. Solubilidad del nitrógeno y de los glúcidos para el rumiante

La microbiota ruminal tiene capacidad para desdoblar moléculas de nitrógeno y de glúcidos de diversos orígenes y tipos, desde los más complejos como las proteínas y los componentes de las paredes celulares, hasta los más simples como la urea y los azúcares.

Al tomar como base el hecho de que la intensidad de la fermentación requiere la presencia simultánea de nitrógeno y carbono, se puede pensar entonces en la necesidad de proporcionar la ingesta según su solubilidad, es decir, de acuerdo con el tiempo que tardan sus componentes en hacerse disponibles para los microbios del rumen. Por tanto, los glúcidos pueden dividirse en muy solubles como los azúcares, moderadamente solubles como los almidones y pectinas y de solubilidad pequeña como la celulosa y las hemicelulosas. Las fuentes nitrogenadas solubles son la urea y las sales de amonio, las de solubilidad



moderada las pastas de oleaginosas y las poco solubles, las provenientes de los subproductos de origen animal y marino.

De acuerdo con esto, la fermentación máxima se lograría al combinar las fuentes de nitrógeno y de glúcidos según su solubilidad, por ejemplo urea y melaza.

Hay que considerar que el rumen no es un medio estático y por ende existe tanto acumulación de algunos nutrientes, como tránsito de microbios, metabolitos y alimentos a los compartimentos posteriores, entonces es conveniente pensar en el rumiante como en dos organismos (el rumen y el animal), con necesidades nutricionales específicas aunque complementarias.

Una hipótesis actual sobre nutrición de rumiantes menciona que “en medida que se llenan los requerimientos nutricionales de la microbiota ruminal, se satisfacen las condiciones de mantenimiento del animal, y la producción sólo podrá lograrse con base en la disponibilidad de nutrimentos sobrepasantes para el animal, es decir, proteína y almidones que escapen de la digestión del rumen (Shimada, 2003).

### **3.10. Digestión ruminal**

En ovejas como en otros rumiantes, la exposición de la comida ingerida a la actividad metabólica de las bacterias, protozoarios y hongos ruminales tienen profundas implicaciones para la digestión y metabolismo alimenticio. Los carbohidratos de las plantas, usualmente la mayor fuente de energía en dietas para rumiantes, son largamente fermentados a ácidos grasos de cadena corta.

El rumen es una gran cámara de fermentación, la cual permite aprovechar gran parte de los constituyentes estructurales de las plantas, esto los hace

diferentes a los no rumiantes y da cabida a que se realicen un gran número de reacciones químicas, que en general benefician al animal.

El manteniendo de la salud del ecosistema ruminal es un prerrequisito de la nutrición ruminal, debido a la digestión de celulosa y hemicelulosa, la mayor fuente de energía en las cuales se basan las dietas para rumiantes. La mayor amenaza a la estabilidad al ecosistema es el aumento en la acidez en el rumen, el pH ruminal tiene una mayor influencia sobre el tipo y número de microflora. En particular, pH por debajo de 6.0 inhiben el crecimiento de las bacterias celulolíticas y el rango de la digestión de la celulosa y hemicelulosa caen. En caso de cambiar de dieta, este debe ser gradualmente introducido entre 7-10 días, para permitir la adaptación de la microflora a la nueva dieta (Freer y Dove, 2002).

### **3.10.1. Digestión de lípidos**

El aporte de lípidos en el alimento de los rumiantes es moderado en comparación con la ingesta total, pero importante si se mide cuantitativamente, dicho en porcentaje correspondería de un 3 a 4% de la materia seca consumida (Shimada, 2003). Bayourthe y colaboradores (1993) mencionan que en los sistemas comunes de alimentación de rumiantes solo se agrega del 3 al 5% de grasa, debido a que es lo tolerado por los microorganismos ruminales.

Cuando la alimentación se basa principalmente en forrajes, los lípidos más abundantes son los glicolípidos, especialmente los mono y digalactoglicéridos. Los animales que consumen ensilajes como principal fuente de alimento reciben un porcentaje significativo de ácidos grasos volátiles en las ingesta.

Los ácidos grasos presentes en los triglicéridos alimenticios son en su mayoría insaturados (74.5%), principalmente el linoleico (56.8), y linolénico (12.2%); el ácido oleico constituye sólo 3.2 %. El ácido más abundante es el palmítico (14.7%); el ácido esteárico representa 1.9% del total. En contraste, los

ácidos grasos que componen el tejido adiposo de los rumiantes son insaturados en una menor proporción (58%), contienen cantidades elevadas de los ácidos oleico (50.5%), palmítico (23%) y esteárico (15%), además de isómeros trans y ácidos grasos de cadena ramificada (Shimada, 2003).

### **3.10.2. Hidrólisis ruminal de los lípidos**

En el rumen, los lípidos alimenticios se hidrolizan con eficiencia que varía entre 35% y 93%, de acuerdo con su composición. A mayor presencia de triglicéridos en la ingesta la hidrólisis será más eficiente (Shimada, 2003).

A los triglicéridos los atacan estereasas unidas a las membranas microbianas y lipasas bacterianas presentes en el líquido ruminal. Se hidrolizan en las tres uniones esteáricas, por lo que no existen diglicéridos ni monoglicéridos en el quimo del rumiante y la hidrólisis libera entonces ácidos grasos y glicerol (Freer y Dove, 2002; Shimada, 2003).

A los ácidos grasos libres de cadena corta (entre dos y seis carbonos), los emplea *in situ* la microbiota o se absorben a través de la pared del retículo-rumen; los de cadena media y larga (de ocho a más carbonos) los utilizan los microbios para la síntesis de sus lípidos estructurales, o bien, abandonan al rumen junto con el quimo; aquellos que son insaturados se hidrogenan y la totalidad del glicerol se metaboliza *in situ* por medio de una glicerolcinasas de origen microbiano, hasta formar ácido propiónico (Shimada, 2003).

### **3.10.3. Biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados**

Los ácidos grasos que componen el tejido adiposo de los rumiantes contiene un porcentaje mayor de moléculas saturadas, en comparación con las que tienen los alimentos que estos animales ingieren, hecho que se explica por el proceso de

hidrogenación de los ácidos grasos insaturados de las ingesta (Hafez y Dyer, 1984; Shimada, 2003).

McDonald y colaboradores (1999), definieron a la hidrogenación como el proceso por el cual se fija hidrógeno en los enlaces dobles de los ácidos insaturados de las grasas, convirtiéndolas en los análogos saturados. Por ejemplo, el ácido oleico da lugar al ácido esteárico.

Trinidad y colaboradores (2004) definen a la Biohidrogenación como la saturación de los enlaces de los ácidos grasos insaturados (hidrogenación) de las grasas por los microorganismos que habitan en el rumen.

Este fenómeno dificulta que en los rumiantes, a diferencia de los cerdos, pueda manipularse la composición de la grasa corporal a través de cambios en la formulación de la dieta (Hafez y Dyer, 1984; Shimada, 2003; Trinidad *et al*, 2004); aunque Church (1993) menciona que los depósitos grasos de los rumiantes pueden ser modificados si se evita la actividad de la microflora microbiana del rumen, mediante la ingestión de aceites poliinsaturados en niveles que superen los límites del rumen para la hidrólisis e hidrogenación, en complejos con formaldehído y proteína, o como jabones de ácidos grasos con calcio, lo que permite que escape gran parte de los lípidos del rumen y pasen a órganos posteriores para su absorción.

Las bacterias del rumen, que trabajan en un medio anaerobio, intentan reducir todos los componentes de los alimentos para obtener energía por medio de la oxidación del hidrógeno. La hidrogenación química y microbiana de los ácidos grasos determina un desplazamiento de los dobles enlaces y el cambio de la configuración natural cis a la no natural trans (Hafez y Dyer, 1984).

Los lípidos complejos de la dieta son rápidamente hidrolizados en el rumen, por las lipasas bacterianas, con la consecuente producción de ácidos grasos,

estos son largamente saturados bajo una extensa biohidrogenación (Freer y Dove, 2002)

La hidrogenación es más rápida en los ácidos grasos libres que en aquellos que están esterificados, lo que implica la acción inicial de las estereasas y las lipasas. La hidrogenación de los ácidos grasos monoinsaturados que ocurre en la mayoría de los microorganismos, es más lenta que la de los di y tri insaturados, los mecanismos de hidrogenación de los isómeros de los ácidos linoleico (18 C, di) y linolénico (18 C, tri) a ácido esteárico (18 C) no están bien definidos (Shimada, 2003).

El proceso requiere de fuentes de hidrógeno y aunque no se conocen los donadores específicos, se piensa que lo activan la glucosa y los ácidos pirúvico y fórmico. Como consecuencia de la hidrogenación, se facilita el crecimiento bacteriano, ya que los ácidos grasos insaturados provocan cambios en la permeabilidad de las membranas microbianas, lo que inhibe su desarrollo; se reduce la metanogénesis debido a la menor competencia por el hidrógeno aprovechándose mejor el CO<sub>2</sub>; se aumenta la energía disponible (los ácidos saturados liberan más energía); se reduce la incidencia de miopatías relacionadas con la autooxidación de los ácidos grasos no saturados en los tejidos (la mayoría de las miopatías se presentan entonces en animales jóvenes o los que no tienen rumen funcional); como beneficios adicionales hay desintoxicación de compuestos fenólicos de origen vegetal y reducción de la acción estrogénica de los isoflavinoideos (Shimada, 2003).

Trinidad y colaboradores (2004) mencionan que para lograr una disminución de la biohidrogenación en rumen se logra mediante la saponificación de las grasas. Dijkstra y colaboradores (tomado de McNamara *et al*, 2000) mencionan que la extensa biohidrogenación que ocurre en el rumen, puede ser reducida cuando la cantidad de fibra en la dieta es pequeña o la cantidad de ácidos de cadena larga es grande. Otra forma que es sugerida y mencionada por Arana y

colaboradores (2005), para eludir la biohidrogenación, es el uso en la alimentación animal, de ácidos grasos insaturados los cuales se encuentran en la linaza, semillas de cartamo, aceites de pescado o químicamente protegidos como los jabones cálcicos de ácidos grasos.

### **3.11. Digestión posruminal**

Algunos compuestos como los azúcares y algunos lípidos escapan intactos del rumen y de los demás compartimentos gástricos hasta pasar al duodeno, no sufren modificaciones en su estructura, por lo que son absorbidos en esta porción del intestino delgado (Shimada, 2003).

#### **3.11. 1. Digestión posruminal de los glúcidos**

Los pocos disacáridos y almidones que escapan de la digestión ruminal se desdoblán en el duodeno por acción de las enzimas pancreáticas e intestinales propias del rumiante. La hidrólisis enzimática ocurre por la presencia de la amilasa pancreática y las disacaridasas (maltasas y lactasas intestinales) obteniéndose monosacáridos que posteriormente se absorben a través de la mucosa intestinal. Una característica importante es que en los rumiantes no se ha detectado la presencia de sacarasa intestinal, factor que el aprovechamiento posruminal de la sacarosa a la digestión por parte de los microbios del intestino grueso. A este último llegan entonces las porciones no digeridas de alimento (principalmente paredes celulares) y de células bacterianas, ambas en forma de partículas pequeñas y expuestas de antemano al proceso digestivo abomaso-duodenal (Shimada, 2003).

Los almidones de la dieta pueden ser significativos para ovejas cuando son usados granos como suplemento. Variaciones sustanciales en la magnitud de la digestión en rumen depende del tipo de grano usado (Freer y Dove, 2002)

Aunque se pensaba que el desdoblamiento de los glúcidos estructurales (celulosa y hemicelulosa) en el intestino grueso de rumiante era en general moderado y de poca importancia cuantitativa, el hecho es que entre 15 y 60 % de los polisacáridos alimenticios en cuestión, sobrepasan al retículo-rumen, y a pesar del menor tiempo de retención (7 a 18 h), entre 20 y 65 % de ellos desaparece en el intestino grueso (lo que equivale a digerir entre 3 y 40% de los glúcidos estructurales del alimento en la porción posruminal). Las concentraciones de ácidos grasos volátiles por gramo de contenido intestinal están entre 60 y 90% de las encontradas en fluido ruminal (Shimada, 2003).

### **3.11. 2. Digestión posruminal de los lípidos**

Debido a la deficiente absorción ruminal de ácidos grasos no esterificados (AGNE) de cadena larga (16 a 18 carbonos), éstos, los glicerolípidos microbianos y cantidades pequeñas de ácidos grasos volátiles, son los principales lípidos presentes en el quimo que llega al duodeno procedente del abomaso. Ahí se lleva la mezcla de la digesta con las secreciones biliares y pancreáticas. En los rumiantes, al no existir monoglicéridos ni glicerol en el quimo, la micela se forma con lecitina o lisolecitina, siendo este último un ácido graso, y los productos del desdoblamiento de la lecitina por la lipasa y la fosforilasa pancreáticas.

En el rumiante, la micela se forma de sales biliares, ácidos grasos saturados esterificados a triacilglicerol y lecitina o lisolecitina. En esta forma se transporta hasta la mucosa del intestino delgado donde se empaqueta en los quilomicrones y las lipoproteínas de muy baja densidad, para su absorción y transporte a la linfa y la circulación venosa (Shimada, 2003).

### **3.12. Uso de grasas y aceites en la formulación de dietas para rumiantes**

La grasa aparece en cantidades relativamente pequeñas en los forrajes y cereales básicos que forman las raciones consumidas normalmente. La grasa

adicional se incorpora en forma de grasa de semillas oleaginosas en los suplementos o como alguna forma de grasa añadida directamente por razones de manejo y/o nutritivas (Church, 1993).

Tradicionalmente se ha aconsejado limitar las grasas a menos del 5% de la ración total en un intento de prevenir problemas de fermentación en el rumen (Church, 1993). Bayourthe y colaboradores (1993) mencionan que las grasas sólo se podían añadir de un 3 a un 5% debido a que es lo tolerado por los microorganismos ruminales. Espinoza y colaboradores (1997) agregan que la incorporación de estos niveles de grasas en el total de la ración para vacas lecheras aumenta la producción de leche.

El valor nutritivo de las grasas es muy diverso dependiendo del tipo y del origen. Entre las grasas animales distinguimos el sebo (grasa de vacuno), la manteca (grasa de cerdo) y las grasas de aves (Caravaca *et al*, 2003).

La Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA,2003), clasifica en base a su origen, las grasas se agrupan en: grasas animales, vegetales y mezclas. Dentro de las grasas de origen animal hay grasas poliinsaturadas (origen marino), grasas insaturadas (grasas de aves), moderadamente insaturadas (manteca porcina), saturadas (sebo vacuno) y mezclas de todas las anteriores. Dentro de las grasas vegetales se tienen unos aceites más insaturados (girasol, maíz y soja) que otros (oliva, palma o coco). Un tercer grupo de lípidos de interés creciente es el formado por mezclas de grasas y subproductos industriales cuya materia prima original es la grasa.

La elección de grasas animales y vegetales va a ser influida según su "calidad" y su precio, ya que de este último dependerá su inclusión o no en la dieta (Ensminger y Olentine, 1983).



En años recientes se ha puesto en práctica el empleo de grasas “protegidas” para la alimentación de rumiantes en sistemas intensivos de producción (Shimada, 2003; Caravaca *et al*, 2003).

### **3.13. Definición de grasas de sobrepaso**

También llamadas grasas protegidas, las cuales son grasas de origen vegetal y/o animal, no degradables en rumen, poliinsaturadas, encapsuladas y no biohidrogenadas (Monroy, 1999). Trinidad y colaboradores (2004) la definen como una grasa “inerte” a nivel de rumen en donde no afecta la fermentación, siendo a continuación muy bien digerido en cuajar.

### **3.14. Sinonimias**

Éstas han recibido diversos términos tales como rumen inert fat, rumen-protected fat, fat coated, rumen escape, by-pass, protetec fat, prilled fat, lípidos de baja hidrogenación, calcium soaps (FEDNA, 2003; Bayourte *et al*, 1993; Scott y Ashes, 1993; Rotunno *et al*, 1998; Espinoza *et al*, 1998; Lázaro y García, 1999; Monroy, 1999; Trinidad *et al*, 2004).

### **3.15. Antecedentes de la grasa de sobrepaso**

Los avances en la nutrición humana y los efectos de esta en la salud y basados en la productividad animal, ya que el grado de saturación de los ácidos grasos de cadena larga en leche y carne, tienen implicaciones en enfermedades como cáncer y enfermedades cardiovasculares (McNamara *et al*, 2000; Arana *et al*; 2005), donde el colesterol, es el componente lipídico que más se le atribuye como causante de enfermedad (Scott y Ashes, 1993; Arana *et al*, 2005); por lo que han ocasionado el desarrollo tecnológico de los alimentos destinados para el consumo de los animales de granja; por lo tanto, se ha tratado de imitar el principio de la semilla entera, desarrollando diferentes métodos tales como la

hidrogenación, conversión a sales de Calcio, prilado (pelets) y encapsulación en una matriz de proteína, esta última a su vez se ha protegido contra la deshidratación en el rumen por medio de un tratamiento con formaldehído, aunque éste último, no se ha autorizado para su uso, porque al parecer tiene efectos carcinogénicos (Lázaro y García, 1999). Actualmente existen productos basados en esta tecnología y son empleados con éxito en piensos compuestos para vacas lecheras y terneros, además de forma experimental en ganado ovino y caprino (Monroy, 1999; Lazaro y García, 1999).

Las primeras investigaciones se encaminaron hacia la utilización de niveles crecientes de grasa en la ración, sin embargo, pronto se reconoció que un exceso de grasa en la ración conlleva a efectos perjudiciales, tales como disminución de la digestibilidad de la fibra, recubrimiento de la paredes del rumen y toxicidad para la flora ruminal (Monroy, 1999).

Los primeros procesos para proteger las grasas de la dieta del metabolismo ruminal fue desarrollado por Scott y colaboradores en 1970, consistieron en: aceites vegetales emulsificados, los cuales fueron rociados con caseinato de sodio y secados, produciéndose partículas finas, las cuales fueron enlazadas a proteínas y tratadas con formaldehído para formar una matriz que secuestran y que al mismo tiempo protegen al aceite del ataque de los microbios ruminales (Scott y Ashes, 1993).

En la década de los ochentas, otro acercamiento a la protección de las grasas en las dietas fue desarrollado por Jenkins y Palmquist; esto incluía la producción de partículas conteniendo sales de calcio de ácidos grasos predominando los ácidos grasos saturados de 16 y 18 carbonos o ácidos grasos monoinsaturados. Con esta técnica se reducía su solubilidad en el rumen. Grummer aplicó una extensión posterior a este principio, que es la producción de suplementos grasos en pelets (prilled), los cuales son hechos primariamente de aceites hidrogenados (Scott y Ashes; 1993).

Palmquist, descubrió un revolucionario método de protección de grasas frente a la degradación en el rumen: el jabón cálcico. Este método de protección se basa en la propiedad de permanecer estable en las condiciones de pH habituales en el rumen y liberarse al llegar al medio ácido del abomaso, absorbiéndose posteriormente en intestino (Monroy, 1999).

Las grasas de sobrepaso fueron desarrolladas para evitar o disminuir la digestión ruminal, ya que las grasas tienen un efecto inhibitorio sobre las bacterias ruminales. La función de las grasas de sobrepaso, es para ser usadas para incrementar la densidad energética en dietas altas en fibra, con las cuales son alimentados generalmente, los rumiantes (Bayourte *et al*, 1993).

La forma original de grasas protegidas fueron semillas enteras tales como: soja, girasol o semilla de algodón (Church, 1993) debido a su constitución física, funcionan como grasas protegidas, porque probablemente no exista gran liberación de sus aceites en el medio ruminal. Las grasas no saturadas y las de cadena corta (Ej.: aceites láuricos) suelen ser muy activas en el rumen aunque pueden administrarse con éxito en grandes cantidades cuando son semillas enteras o se administran en cantidades muy pequeñas durante el día; estas semillas generalmente se utilizan como fuentes de energía para ganado lechero. Las semillas de algodón pueden aportar, con toda seguridad, hasta un 15 % de la dieta completa de un rumiante. Al procesarse dichas semillas pueden liberar aceite y hacer que los ingredientes sean menos adecuados, pero en la actualidad se dispone de productos de soja de grasa completa extruida por la acción del calor y se están empleando en dietas para vacas lecheras y terneros (Monroy, 1999).

Sukhija y Palmquist (1989), al trabajar con jabones de calcio que contenían ácidos grasos de cadena larga de distintas fuentes entre las que se encontraban: la soya, en el sebo, en algunos destilados de palmas y el mismo ácido esteárico, encontraron que se disociaban al máximo en un pH de 5 y como mínimo a un pH

de 6.5 y, que dependía del grado de instauración de los ácidos grasos. También mencionaban que aquellos jabones que contenían mayor cantidad de ácidos grasos insaturados eran menos satisfactorios para el mantenimiento de la función normal del rumen, debido a la disociación relativamente grande; siendo los jabones cálcicos de ácidos grasos de aceite destilados de palma los más satisfactoriamente estables, incluso a pH de 5.5 .

Kowalski (1997) al citar a Ferlay y colaboradores, menciona que durante el proceso de saponificación al secuestrar los ácidos grasos de semillas no protege a los ácidos grasos poliinsaturados contra la biohidrogenación ruminal, desde los jabones cálcicos de ácidos grasos hasta los ácidos grasos de aceites son fácilmente biohidrogenados en el rumen.

El uso de estas grasas sugiere el empleo potencial por arriba de los porcentajes recomendados (8 a 9%) base seca en la dieta para rumiantes (Bayourte *et al*, 1993), otros autores, tal es el caso de Scott *et al* ( 1993) afirman que en dietas de ganado para carne se pueden utilizar hasta el 15% de grasas protegidas en la dieta.

### **3.16. Modo de acción**

Las grasas protegidas se caracterizan por la carencia de efectos inhibitorios sobre el metabolismo de diversos protozoarios y bacterias (sobre todo Gram +) ruminales, con lo cual no conlleva a consecuencias desfavorables en la ecología ruminal, siendo totalmente digeribles en el tracto inferior, más específicamente en el cuajar o abomaso, debido a que estas grasas se disocian a pH ácido (Lázaro y García, 1999).

A pH normales del rumen (6.6-6.3) estos jabones permanecen sin disociar, son insolubles en el líquido ruminal y por tanto inertes. En abomaso, sin embargo,

el pH disminuye, se disocian y dejan libres a los ácidos grasos que serán digeridos (FEDNA, 2003; Sukhija y Palmquist; 1990).

Las grasas protegidas son un medio para incrementar el consumo diario de grasas por parte del rumiante (Monroy, 1999).

### **3.17. Tipos de grasas de sobrepaso**

Actualmente engloban a un grupo de productos que resultan de la saponificación de los ácidos grasos libres por iones calcio formando jabones y por hidrogenación parcial de diversas fuentes lipídicas lo que eleva su punto de fusión y reduce su actividad en el rumen (Tabla 4). Actualmente se fabrican jabones cálcicos de ácidos grasos de aceite de palma destilada, además de otros orígenes, como de aceite de oliva, de soya, de sebo, del mismo ácido esteárico (FEDNA, 2003; Sukhija y Palmquist, 1990; Arana *et al*, 2005).

Tabla 4. Tipos de grasas de sobrepaso

Producto	Composición	Grasa (%)	Calcio (%)
Megalac	Sales de calcio de AG de aceite de palma	80	8-10
Energy booster	AG libres de cadena larga relativamente saturados-grasa prilada *	99	--
Booster fat	Sebo más harina de soya tratada con alginato de Na	90	--
Alifet	Sebo hidrogenado** mezclado con almidón de trigo	92	--
Dairy 80	Sebo hidrogenado-prilado conteniendo algunos fosfolípidos, saborizantes y agentes colorantes	80	--
Carolac	Sebo hidrogenado y prilado	98	--

Fuente: Lázaro y García, 1999

\*Grasa procesada en pequeños pellets esféricos

\*\*Sebo que ha sido químicamente hidrogenado

### 3.17. 1. Grasas endurecidas hidrogenadas

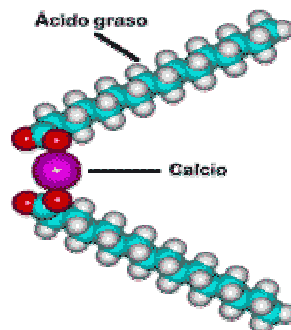
Las características físicas y biológicas de los ácidos grasos saturados en el rumen (alto punto de fusión, baja inhibición microbiana) han sido el punto de partida para la comercialización de productos a base de grasas endurecidas o hidrogenadas (alto porcentaje de ácidos palmítico y esteárico). Aunque los resultados obtenidos con este tipo de grasa han sido positivos en cuanto a la

producción láctea y porcentaje de grasa de la leche, su nivel de inclusión en la ración ha de mantenerse bajo debido a su pobre poder de granulación y a la digestibilidad pobre de la grasa cuando se administra en mezclas sueltas (FEDNA, 2003).

### 3.17. 2. Sales cálcicas de ácidos grasos

Este tipo de grasa, en la que se produce una saponificación con calcio de los ácidos grasos, fue ensayado experimentalmente en la década de los 80's por investigadores americanos en la Universidad de Ohio. Considerando como el representante de una "nueva generación de grasas protegidas", este producto es en realidad una grasa "inerte" a nivel de rumen en donde no afecta la fermentación, siendo a continuación muy bien digerido en cuajar. Además, posee las ventajas adicionales de tener un alto grado de palatabilidad, unas buenas características de fluidez con los restantes componentes del pienso gracias a su presentación en forma de granos de fino tamaño y de comportarse como un aglomerante, lo que facilita la producción de gránulos de excelente dureza (Monroy, 1999; Trinidad *et al*, 2004).

Los jabones cálcicos de ácidos grasos de aceite de palma son una fuente totalmente fiable de grasa protegida en la fabricación de raciones para rumiantes. Son una combinación de ácidos grasos y calcio que se encuentran unidos entre sí mediante enlace químico para formar una sal (Monroy, 1999; Trinidad *et al*, 2004).



A diferencia de las grasas oleínas (triglicéridos, ácidos grasos libres) los jabones cálcicos no interfieren en el metabolismo del rumen. El jabón calcico de ácidos grasos es insoluble en el rumen y resiste el ataque microbiano, no recubre la fibra en el rumen ni inhibe la acción de los microorganismos del rumen. Tampoco reduce la digestión de la fibra (Monroy, 1999; Trinidad *et al*, 2004).

La sal cálcica de ácidos grasos se disocia en el medio ácido del cuajar (abomaso). Una vez hidrolizados, los ácidos grasos y el calcio pasan en forma libre al duodeno en donde se realiza su digestión y absorción. El coeficiente de digestibilidad de lo ácidos grasos de los jabones cálcicos de aceite de palma son del 93-96% (Monroy, 1999).

### **3.18. Efectos de las grasas en el rumen**

La ingestión de forrajes y su utilización por ovejas y ganado vacuno frecuentemente ha sido reportado como disminuido por la adición de grasas en la dieta. Consecuentemente, muchos ganaderos son renuentes al uso convencional y/o a la suplementación de productos grasos en dietas basadas en forraje (Hightshoe *et al*, 1991).

La inclusión por arriba del 3-4% de grasas en las dietas de rumiantes reduce la actividad microbiana en el rumen y da como resultado una disminución en la digestibilidad de celulosa, supresión de formación de metano y una disminución de los rangos de acetato y propionato en el fluido ruminal (Scott y Ashes, 1993).

Los ácidos grasos de cadena larga son potencialmente útiles como fuente de energía para ganado; más sin embargo, no deben ser incluidos en niveles altos en la dieta, ya que niveles en gran proporción pueden afectar adversamente la actividad microbiana y la degradación de nutrientes en el rumen. La magnitud de este efecto depende, entre otras cosas del grado de instauración de los ácidos grasos de cadena larga, ya que a éstos se les considera un inhibidor de la



fermentación más que los ácidos grasos saturados de cadena larga (McNamara *et al*, 2000).

Las bacterias ruminales hidrogenan a los ácidos grasos, alterando la composición de las grasas de la dieta. Mas sin embargo, los microorganismos requieren de un grupo carboxilo libre para la remoción del doble enlace de los ácidos grasos insaturados; por lo tanto, los lípidos que permanecen esterificados en el rumen escapan a la hidrogenación. Por lo tanto, aquellos alimentos que contienen ácidos grasos en forma de sales cálcicas son menos hidrogenados por los microorganismos ruminales que aquellos que contienen ácidos grasos libres o aceites emulsificados (Enjalbert *et al*, 1994).

En un estudio realizado en ganado vacuno de carne, en donde la mayoría de los animales alimentados con dietas altas en concentrados (en los que se incluye grasa), los protozoarios ciliados son completamente defaunados, y los que sobreviven son de la especie *Entodinium* (Towne *et al*, 1990).

El beneficio de los protozoarios en el rumen sigue siendo controvertido. Algunos estudios han demostrado que mejora la digestibilidad y las ganancias de peso son más rápidas cuando el rumen contiene protozoos. En un estudio donde ovejas desprovistas de protozoos fueron inoculados con géneros individuales de estos microbios demostró que cada género desempeña una influencia específica sobre la fermentación en el rumen. *Polyplastron multivesiculatum* mejoró significativamente la digestibilidad de la sustancia seca y de la materia orgánica cuando se inoculó en el rumen, mientras que *Isotrichia prostoma* redujo apreciablemente dichos parámetros (Churh, 1993).

Como se ha mencionado anteriormente, la idea generalizada que se tiene con respecto a la adición de grasas en las dietas, es que recubre las partículas alimenticias de origen fibroso, impidiendo su acceso a las bacterias fibrolíticas, trayendo como consecuencia la disminución de la digestibilidad de la fibra;

además de recubrir las paredes del rumen y producir toxicidad para la flora ruminal (Monroy, 1999). Scott y Ashes (1993) al citar a Henderson menciona que los ácidos grasos envuelven a la pared celular bacteriana, produce un efecto surfactante en ella, con la consiguiente reducción de transferencia de nutrientes.

### **3.19. Absorción de los ácidos grasos en el intestino delgado**

El porcentaje de sales de calcio que no es disociado en rumen es hidrolizado en abomaso a un pH de 2.5 a 3 quedando así disponibles los ácidos grasos para ser absorbidos en el intestino (Monroy, 1999).

Al disociarse las jabones de calcio de ácidos grasos en el abomaso, y que llegan al duodeno lo hacen en diferentes porcentajes a los consumidos en las dietas, esto dependiendo de la presentación de los ácidos grasos en la dieta, siendo menos extensa la biohidrogenación en dietas en donde la presentación de los ácidos grasos era en forma de jabones de calcio, tal es el caso de los jabones cálcicos de ácidos grasos de aceite de palma (Enjalbert *et al*, 1994).

Enjalbert *et al* (1994), en su trabajo de investigación en el cual utilizaron cuatro dietas donde incluían aceite de soya (SO), sales cálcicas de ácidos grasos de soya (CaSSO), ácidos grasos emulsificados de soya (ESO), sales cálcicas de ácidos grasos de palma (CaSP), mencionan que los perfiles de ácidos grasos del quimo duodenal difieren del total en la dieta; por lo que las proporciones de los ácidos oleico, linoleico y linolénico fueron bajos comparados con los consumidos (Tabla 5).

Tabla 5. Contenido de ácidos grasos en dieta y en Quimo duodenal

	Dietas con SO; ESO; CaSSO	Dieta con CaSP	Quimo duodenal en dietas con SO; ESO	Quimo duodenal en dieta con CaSSO	Quimo duodenal en dieta con CaSP
Oleico	31.3	72.9	6.1	15.3	30.9
Linoleico	55.6	11.1	3.0	16.2	5.5
Linolénico	9.8	6.5	0.5	1.8	0.6

También mencionan que el alcance de la biohidrogenación ruminal es menor en las dietas que contenían sales cálcicas de ácidos grasos que en los aceites de soya no emulsificados y emulsificados. El contenido total de ácidos grasos en suero fue mayor para dietas en donde se utilizaron SO o CaSP que para las dietas con CaSSO y ESO. Los perfiles serológicos posteriores a la absorción intestinal, difieren de la digesta duodenal, presentando mayores porcentajes de ácidos grasos insaturados.

### 3.20. Principales usos de las grasas protegidas

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la suplementación con grasas protegidas, tiene como objetivo, incrementar la densidad energética (Sukhija y Palmquist, 1990; Bayourthe *et al*, 1993 ) y el consumo de energía (Santos *et al*, 2004), además que no produce alteraciones en el medio ruminal (Kowalski, 1997). Otro punto importante, es el hecho que, debido a los problemas que se han presentado en la utilización de alimentos de origen animal en las dietas para ruminantes y la tendencia en los mercados europeos, tal es el caso de España, en donde, la carne de cordero tiende a ser “Light”, cuidando el balance entre el grosor mínimo de grasa que satisfaga los gustos del consumidor y que al mismo tiempo garantice la conservación de la canal (Castro *et al*, 2004).

### **3.20. 1. Uso de grasas protegidas en ganado ovino**

Algunas razones que se enlistan para la inclusión de grasas protegidas en las dietas para ganado vacuno, pueden ser también aplicadas en ganado ovino, es decir; los efectos de la inclusión de grasas protegidas en la dieta de ovinos puede ser discutida en relación a sus roles en la lactación, en el perfeccionamiento y eficiencia en el crecimiento y engorda, y la composición de ácidos grasos en los lípidos de membrana (Scott y Ashes, 1993).

Scout y Ashes (1993) argumentan que las razones para incluir grasas protegidas en la dieta de vacas lecheras son:

- a) el incremento de la densidad energética de las dietas, particularmente durante las etapas primarias de lactación.
- b) el mejorar la eficiencia de la utilización de la grasa para lactación (los ácidos grasos de 16 a 22 carbonos pueden ser transferidos directamente a la grasa de la leche).
- c) el mejorar la persistencia en la producción de leche y reducir la incidencia de cetosis; y
- d) el manipular la composición de ácidos grasos de la leche y sus productos.

Santos y colaboradores (2004) lo resumen de la siguiente manera: las grasas protegidas además de incrementar la densidad energética y el consumo de energía, al mejorar el balance energético de los animales pueden mejorar la reproducción, la producción de leche o ambas. Scott y Ashes (1993) mencionan que en ganado destinado para carne, la manipulación de tejido graso puede lograrse mediante el uso de este tipo de suplementos. Un ejemplo del impacto de la protección de diferentes fuentes de grasas sobre los perfiles de los ácidos grasos en los tejidos de terneros se logra por medio de la inclusión de semillas conteniendo cantidades apreciables de C18:2 o C18:1 en la dieta, lo cual incrementa la proporción de esos ácidos en el tejido adiposo, mientras que la

alimentación con sebo protegido resulta solo en un pequeño cambio en los perfiles de ácidos grasos. La magnitud de los cambios inducidos en los perfiles de C18:2 del tejido adiposo puede influenciar las propiedades organolépticas de la carne, siendo más aparente este efecto en ovejas (Scott y Ashes, 1993).

### **3.20. 1. 1. Uso de grasas protegidas en ovejas en lactancia**

Los requerimientos nutricionales de la oveja se incrementan dramáticamente posteriores al parto, particularmente para aquellas que amamantan gemelos en casi tres veces más que durante el último tercio de gestación. En algunos casos se dificulta el suplementar los suficientes nutrientes para la oveja en lactación, con lo cual da como resultado, experiencias negativas en el balance energético, lo cual puede afectar negativamente tanto la producción de leche como el crecimiento del cordero, subsecuentemente acelera los programas de destete. Las sales de calcio al ser inertes en el rumen, aportan valores de energía neta tres veces más que el maíz (Horton *et al*, 1992).

Horton *et al* (1992) en sus trabajos de investigación, alimentaron ovejas amantando gemelos, donde incluyeron grasas protegidas a niveles de 0g, 75g, 150g y 300g por kilogramo de concentrado más heno de alfalfa y pasto ryegrass a saciedad; no encontraron resultados favorables, en la producción y en la composición de la leche, en ganancia de peso corporal de las ovejas o de sus corderos; aún a pesar del incremento de densidad energética en la dieta. El mismo autor lo atribuye a que las grasas protegidas disminuyen el consumo de heno y la absorción de grasa.

Los resultados obtenidos por Rotunno y colaboradores (1998), indican que el agregar grasas protegidas en la dieta es efectivo en la mejoría de la composición de ácidos grasos de la leche de oveja, aunque la mejoría de las características nutricionales de la grasa de la leche depende fuertemente de la naturaleza de la grasa suplementada.

### 3.20. 1. 2. Uso de grasas de sobrepaso en ovinos de engorda

Los resultados obtenidos por Castro y colaboradores (2004) indican que es posible la inclusión de aceite de palma (tal cual) o en forma de jabones cálcicos, a niveles de 6.5% de la materia seca del concentrado, en raciones de engorda para corderos alimentados bajo condiciones intensivas sin alterar la composición grasa de la canal; aunque la adición de aceite de palma reduce el contenido de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en algunos de los depósitos grasos. Añade que la suplementación con jabones cálcicos hechos de ácidos grasos de aceite de palma no afecta la composición de grasa intramuscular, pero reduce el contenido de ciertos ácidos grasos saturados en algunos de los depósitos grasos.

En otro trabajo experimental realizado por Espinoza y colaboradores (1998), en donde alimentaron ovejas, previamente (8 días) y después del parto (75 días), con dietas las cuales contenían 14 y 16% de proteína cruda (PC) además siendo isoenergéticas (ME= 2.5 Mcal/kg.), obtuvieron como resultados:

a) Los pesos promedio de los corderos, a su nacimiento, de sus pesos al destete y ganancia diaria previa al destete fueron similares entre tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Promedios para pesos al nacimiento, peso al destete, ganancia diaria promedio. Valores expresados en Kilogramos.

Nivel de proteína	Inclusión de CSFA	Peso al nacimiento	Peso al destete	Ganancia diaria
14%	+	3.8	23	0.25
	-	3.7	20	0.23
16%	+	3.1	20	0.23
	-	3.7	20	0.20

- b) La alimentación de ovejas Pelibuey con jabones cálcicos de ácidos grasos de cadena larga durante los períodos pre y post-parto incrementa la grasa de la leche cuando se alimentaron con dietas que contenían 16% de PC.
- c) Las dietas conteniendo 16% PC incrementa el peso corporal de las ovejas después de treinta días posteriores al parto.
- d) Las grasas también incrementaron algunos metabolitos lipídicos y reduce el intervalo a la concepción sin afectar las concentraciones de progesterona durante el primer ciclo estral post-parto.

Arana y colaboradores (2005) obtuvieron resultados similares a los de Espinoza; ellos trabajaron inmediatamente al destete, con corderos machos, con un peso promedio de 15Kg, los cuales en su alimento se incluyó, en una de dos dietas, jabones cálcicos, en un 5% de la dieta, durante 35 días (Tabla 7). Ellos dedujeron que los jabones cálcicos de ácidos grasos no pueden ofrecer una completa protección a los ácidos grasos insaturados y poliinsaturados. Concluyen que la inclusión de grasas debe ser por arriba de 5% o en su defecto aumentar el número de días por arriba de 35 días.

Tabla 7. Parámetros de crecimiento de corderos alimentados con dietas, sin y con suplementación de jabones cálcicos de Oliva.

	Control	Oliva
Numero de animales	9	9
Peso inicial	17.3 Kg.	17.0 Kg.
Edad inicial	53 días	51 días
Período de engorda	36 días	33 días
Peso final	29 Kg.	28.4 Kg.
Ganancia diaria de peso	342.8g	345.5g

## **IV) OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General.**

Valorar la efectividad económica y productiva de dos alimentos concentrados, elaborados en granja, en donde se incluye el uso de grasa de sobrepaso para dos lotes de engorda de corderos criollos.

### **4.2. Objetivos Específicos**

**4.2.1.** Evaluación de la dieta ofrecida y rechazada en el lote testigo y control (Lote 1 y 2).

**4.2.2.** Medir el consumo de alimento durante la etapa de engorda (75 días).

**4.2.3.** Evaluar la ganancia de peso.

**4.2.4.** Determinar la conversión alimenticia.

**4.2.5.** Determinar el costo de producción de un kilo de cordero con cada alimento.



## V) MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización

La realización del presente trabajo experimental tuvo lugar en la explotación comercial de ovinos “El Durazno”, ubicada en el municipio de Tlahuelilpan, en el Estado de Hidalgo. Se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 20°07’47” Latitud Norte y 99°13’43” longitud Oeste, con una altura sobre el nivel de mar de 2,040 metros.

### 5.2. Animales

Los animales que se utilizaron son borregos criollos comprados en la región, con diferentes grados de encaste, menores a 1 año, cada lote tuvo un peso promedio de 26.75 Kg y 26.95 Kg respectivamente. Los lotes estuvieron conformados por veinte borregos cada uno, el total de animales utilizados fue de 40.

### 5.3. Dietas

Los alimentos se elaboraron en la granja; primero moliendo la paja de avena (el molino contaba con una criba de pulgada de diámetro), posteriormente se procedió a mezclar todos y cada uno de los ingredientes (Tablas 9 y 10), para posteriormente almacenarlos en costales. Se utilizaron los mismos ingredientes en diferentes proporciones entre dietas, excepto en la dieta para el lote experimental, en donde se incluyó grasa de sobrepeso. Esta operación se repitió cada 14 días.

Las dietas utilizadas fueron:

Tabla 8. Dieta Lote 1: Contenido de nutrientes según tabla del NRC del alimento elaborado.

Ingrediente	%	% de PC por ingrediente	% de PC por Kilogramo	EM/ Kcal./Kg. de ingrediente	EM/ Kcal./Kg. de Materia seca
Sales y vitaminas*	2	-----	-----	-----	-----

Carbonato de calcio	3	----	----	----	----
Urea 46% N	1.5	287.5	4.31	----	----
Paja de avena	10	4	0.40	1478	147.8
Pasta de soya	5	46	2.30	2733	136.7
Grasa de sobrepaso	0	----	----	----	----
Salvado	40	15	6.00	2225	890
Maíz entero	20	9	1.80	3348	670
Maíz molido	18.5	8	1.48	2500	462.5
Total	100		16.29		2307.0

P.C.= Proteína cruda; EM Kcal./Kg. =Energía metabolizable en kilocalorías por kilogramo  
 \*NUTRIPLAN (manganeso 21.6 g; Zinc 54 g; Cobalto 2.5 g; Selenio 0.01 g; Yodo 0.8 g; Carbonato de Calcio 5320 g; Magnesio 103 g; Vitamina A 5,500,000 UI; Vitamina D3 1,000,000 UI; Vitamina E 20,000 UI; Sal común 5,000 g; Subproducto de maíz 20,000 g).  
 Tabla 9. Dieta Lote 2: Contenido de nutrientes según tabla del NRC del alimento elaborado.

Ingrediente	%	% de PC por ingrediente	% de PC por Kilogramo	EM/ Kcal./Kg. de ingrediente	EM/ Kcal./Kg. de Materia seca
Sales y vitaminas*	2	----	----	----	----
Carbonato de calcio	3	----	----	----	----
Urea 46% N	1.5	287.5	4.31	----	----
Paja de avena	10	4	0.40	1478	147.8
Pasta de soya	5	46	2.30	2733	136.7
Grasa de	2	----	----	5200	104

sobrepaso					
Salvado	38	15	5.70	2225	845.5
Maíz entero	20	9	1.80	3348	670
Maíz molido	18.5	8	1.48	2500	462.5
Total	100		16.00		2366

P.C.= Proteína cruda; EM Kcal./Kg. =Energía metabolizable en kilocalorías por kilogramo  
 \*NUTRIPLAN (manganeso 21.6 g; Zinc 54 g; Cobalto 2.5 g; Selenio 0.01 g; Yodo 0.8 g; Carbonato de Calcio 5320 g; Magnesio 103 g; Vitamina A 5,500,000 UI; Vitamina D3 1,000,000 UI; Vitamina E 20,000 UI; Sal común 5,000 g; Subproducto de maíz 20,000 g).

#### 5.4. Consumo

Para medir el consumo se utilizará la siguiente fórmula:

$$C (MS) = C(O) X MS - R X MS$$

C = Consumo; O = Ofrecido; R = Rechazo; MS = Materia seca

De las muestras que se obtuvieron cada siete días, tanto de lo ofrecido como de lo rechazado, se mezclaron homogéneamente, para tomar una sola muestra de lo rechazado y de lo ofrecido de cada uno de los lotes; esto, como ya se mencionó, para poder realizar un Análisis Químico Proximal (AQP) de cada muestra (cuatro en total).

#### 5.5. Instalaciones

Los corrales donde se alojaron los animales están contruidos con paredes laterales de tabicón y con pisos de cemento y empedrado, además de contar con sombreaderos de lámina y puertas tubulares.

El suministro de agua se realizó mediante un bebedero automático, el cual funciona a base de un pequeño flotador y de un contenedor con capacidad de 35 a

40 litros. El bebedero cuenta con una pequeña manguera protegida por poliducto de 1.5 pulgada, la cual se conecta a las tomas de agua existentes en los corrales.

## **5.6. Materiales**

1 molino de martillos con motor de energía trifásica con criba de pulgada de diámetro y 99 martillos.

Costales para envasar el alimento.

2 palas y 2 escobas.

Cuerdas para cerrar la boca de los costales.

2 cubetas con capacidad de 20 Kg.

1 bandeja con capacidad de 1 Kg.

1 báscula de reloj con precisión de 250 g.

2 maneas de algodón

Desparasitantes: Albendazol al 10%; Closantil al 15%; Flumetrina con ciflutrina pour-on.

Politoxoide - Bacterina clostridial.

Crayones para marcar ganado.

Pinza aretadora, aretes de metal enumerados

3 comederos tipo tolva con capacidad máxima de 250 Kg.

3 contenedores con capacidad de 35 a 40 litros.

3 bebederos automáticos.

3 pedazos de poliducto de 1.5 de pulgada de ancho con 50 cm. de largo

## **V) MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Localización**

La realización del presente trabajo experimental tuvo lugar en la explotación comercial de ovinos “El Durazno”, ubicada en el municipio de Tlahuelilpan, en el Estado de Hidalgo. Se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 20°07'47” Latitud Norte y 99°13'43” longitud Oeste, con una altura sobre el nivel de mar de 2,040 metros.

### **5.2. Animales**

Los animales que se utilizaron son borregos criollos comprados en la región, con diferentes grados de encaste, menores a 1 año, cada lote tuvo un peso promedio de 26.75 Kg y 26.95 Kg respectivamente. Los lotes estuvieron conformados por veinte borregos cada uno, el total de animales utilizados fue de 40.

### **5.3. Dietas**

Los alimentos se elaboraron en la granja; primero moliendo la paja de avena (el molino contaba con una criba de pulgada de diámetro), posteriormente se procedió a mezclar todos y cada uno de los ingredientes (Tablas 9 y 10), para posteriormente almacenarlos en costales. Se utilizaron los mismos ingredientes en

diferentes proporciones entre dietas, excepto en la dieta para el lote experimental, en donde se incluyo grasa de sobrepaso. Esta operación se repitió cada 14 días.

Las dietas utilizadas fueron:

Tabla 8. Dieta Lote 1: Contenido de nutrientes según tabla del NRC del alimento elaborado.

Ingrediente	%	% de PC por ingrediente	% de PC por Kilogramo	EM/ Kcal./Kg. de ingrediente	EM/ Kcal./Kg. de Materia seca
Sales y vitaminas*	2	-----	-----	-----	-----
Carbonato de calcio	3	-----	-----	-----	-----
Urea 46% N	1.5	287.5	4.31	-----	-----
Paja de avena	10	4	0.40	1478	147.8
Pasta de soya	5	46	2.30	2733	136.7
Grasa de sobrepaso	0	-----	-----	-----	-----
Salvado	40	15	6.00	2225	890
Maíz entero	20	9	1.80	3348	670
Maíz molido	18.5	8	1.48	2500	462.5
Total	100		16.29		2307.0

P.C.= Proteína cruda; EM Kcal./Kg. =Energía metabolizable en kilocalorías por kilogramo

\*NUTRIPLAN (manganeso 21.6 g; Zinc 54 g; Cobalto 2.5 g; Selenio 0.01 g; Yodo 0.8 g; Carbonato de Calcio 5320 g; Magnesio 103 g; Vitamina A 5,500,000 UI; Vitamina D3 1,000,000 UI; Vitamina E 20,000 UI; Sal común 5,000 g; Subproducto de maíz 20,000 g).

Tabla 9. Dieta Lote 2: Contenido de nutrientes según tabla del NRC del alimento elaborado.

Ingrediente	%	% de PC por ingrediente	% de PC por Kilogramo	EM/ Kcal./Kg. de ingrediente	EM/ Kcal./Kg. de Materia seca
-------------	---	-------------------------	-----------------------	------------------------------	-------------------------------

Sales y vitaminas*	2	-----	-----	-----	-----
Carbonato de calcio	3	-----	-----	-----	-----
Urea 46% N	1.5	287.5	4.31	-----	-----
Paja de avena	10	4	0.40	1478	147.8
Pasta de soya	5	46	2.30	2733	136.7
Grasa de sobrepaso	2	-----	-----	5200	104
Salvado	38	15	5.70	2225	845.5
Maíz entero	20	9	1.80	3348	670
Maíz molido	18.5	8	1.48	2500	462.5
Total	100		16.00		2366

P.C.= Proteína cruda; EM Kcal./Kg. =Energía metabolizable en kilocalorías por kilogramo

\*NUTRIPLAN (manganeso 21.6 g; Zinc 54 g; Cobalto 2.5 g; Selenio 0.01 g; Yodo 0.8 g; Carbonato de Calcio 5320 g; Magnesio 103 g; Vitamina A 5,500,000 UI; Vitamina D3 1,000,000 UI; Vitamina E 20,000 UI; Sal común 5,000 g; Subproducto de maíz 20,000 g).

#### 5.4. Consumo

Para medir el consumo se utilizará la siguiente fórmula:

$$C (MS) = C(O) X MS - R X MS$$

C = Consumo; O = Ofrecido; R = Rechazo; MS = Materia seca

De las muestras que se obtuvieron cada siete días, tanto de lo ofrecido como de lo rechazado, se mezclaron homogéneamente, para tomar una sola muestra de lo rechazado y de lo ofrecido de cada uno de los lotes; esto, como ya se

mencionó, para poder realizar un Análisis Químico Proximal (AQP) de cada muestra (cuatro en total).

## **5.5. Instalaciones**

Los corrales donde se alojaron los animales están contruidos con paredes laterales de tabicón y con pisos de cemento y empedrado, además de contar con sombreaderos de lámina y puertas tubulares.

El suministro de agua se realizó mediante un bebedero automático, el cual funciona a base de un pequeño flotador y de un contenedor con capacidad de 35 a 40 litros. El bebedero cuenta con una pequeña manguera protegida por poliducto de 1.5 pulgada, la cual se conecta a las tomas de agua existentes en los corrales.

## **5.6. Materiales**

1 molino de martillos con motor de energía trifásica con criba de pulgada de diámetro y 99 martillos.

Costales para envasar el alimento.

2 palas y 2 escobas.

Cuerdas para cerrar la boca de los costales.

2 cubetas con capacidad de 20 Kg.

1 bandeja con capacidad de 1 Kg.

1 báscula de reloj con precisión de 250 g.

2 maneas de algodón

Desparasitantes: Albendazol al 10%; Closantil al 15%; Flumetrina con ciflutrina pour-on.

Politoxoide - Bacterina clostridial.

Crayones para marcar ganado.

Pinza aretadora, aretes de metal enumerados

3 comederos tipo tolva con capacidad máxima de 250 Kg.



3 contenedores con capacidad de 35 a 40 litros.

3 bebederos automáticos.

3 pedazos de poliducto de 1.5 de pulgada de ancho con 50 cm. de largo

## **VI) DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **6.1. Manejo zootécnico**

#### **6.1.1. Lotificación**

Ésta se llevó de la siguiente manera:

Se hicieron dos lotes de 20 animales cada uno (lote 1 y lote 2), los cuales tuvieron un peso promedio de 26.75 Kg. y de 26.95 Kg. respectivamente. Cada animal se identificó por medio de un arete metálico con numeración ascendente que va desde el 800 al 840.

Cada 14 días se procedió a pesar a los animales de cada uno de los 2 lotes, para poder así evaluar la ganancia de peso diaria, la conversión alimenticia, el consumo promedio de alimento durante la fase de engorda y, por último, evaluar el costo de producción por kilogramo de cordero.

#### **6.1.2. Manejo sanitario**

Se desparasitaron por vía oral con albendazol al 10% (dosis de 10 mg/Kg. de peso), Closantil al 15% (10 mg/Kg de peso) y externamente con Flumetrina y ciflutrina pour-on (1 mg/Kg de peso), por último se aplicó un politoxoide bacterina clostridial a nivel de axila por vía subcutánea.

#### **6.1.3. Manejo nutricional**

A los dos lotes se les aplicó un sistema de adaptación (Tabla 11), tomando como consumo de alimento el 5% del peso vivo; teniendo un periodo de tiempo de siete días, en donde se evaluó la aceptación al concentrado. El forraje que se utilizó para la adaptación fue alfalfa achicalada.

Tabla 10. Plan de adaptación de los corderos a la dieta concentrada.

Días	Forraje (%)	Concentrado (%)
1	100	0
2	80	20
3	80	20
4	60	40
5	40	60
6	20	80
7	0	100

Los alimentos, ya terminados, se pesaron antes de ofrecerse y se administraron a libre acceso en comederos tipo tolva con una capacidad máxima de 250 Kg., además se tomaron muestras representativas de cada uno.

A los 7 días se pesó el rechazo de cada lote, además de llenar nuevamente los comederos. También se tomaron muestras significativas de cada uno de los rechazos. Se repitió la operación de toma de muestras representativas de lo ofrecido y de lo rechazado cada 7 días de cada uno de los lotes. Estas muestras tuvieron como finalidad (al término del proceso experimental) el realizar un Análisis Químico Proximal (AQP).

## **6.2. Variables a considerar**

**6.2.1. Consumo de alimento:** Esta variable comprende el consumo tanto en base húmeda como en base seca, siendo calculada esta última mediante la fórmula citada en el párrafo de correspondiente a consumo.

**6.2.2. Ganancia de peso:** Para determinarla se pesaron a los animales al inicio del trabajo, con un primer pesaje a los 7 días y posteriormente cada 14 días, hasta el final del período de 75 días; obteniendo 7 pesos grupales de cada lote, con los cuales, se graficará la ganancia de peso. La diferencia entre los pesos grupales inmediatos, es decir; el 3º pesaje menos el 2º pesaje entre 14 días se considero como la ganancia de diaria de peso y así sucesivamente, excepto en la primera ganancia de peso, ya que el número de días fue de 7.

**6.2.3. Conversión alimenticia:** Fue determinada, dividiendo el consumo de alimento entre los kilogramos ganados grupalmente.

**6.2.4. Costo de producción de producto (kilogramo de cordero):** Se determinó el costo mediante la suma de los costos de alimentación entre los kilogramos ganados por lote.

### **6.3. Análisis estadístico.**

Se realizó mediante el procedimiento de comparación de medias con la T de Student.

## **VII) Resultados y Discusión**

### **7.1. Resultados químico proximales de los alimentos elaborados.**

Los análisis químicos proximales se realizaron en la Universidad Autónoma Chapingo, a cargo del Departamento de Zootecnia, sección Nutrición Animal, arrojando los siguientes resultados; los cuales se analizaron y compararon con los calculados según tablas NRC (tablas 9, 10, 12, 13, 14 15). Para fines prácticos se manejarán como lote 1 y lote 2, ofrecido 1 y rechazado 2.

Tabla 11. Análisis químico proximal del alimento ofrecido lote 1.

Fracción alimenticia	Base húmeda o tal como se ofrece	Base seca
Humedad (H), %	10.28	0
Materia Seca (MS)	89.72	100
Cenizas (C), %	7.75	8.63
Materia Orgánica (MO), %	82.01	82.01
Proteína Cruda (PC), %	19.77	22.03
Extracto Etéreo (EE), %	4.43	4.94
Fibra Cruda (FC), %	7.22	8.05
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), %	50.55	56.34
*Total de Nutrientes Digeribles (TNDc), %	72.90	81.25
*Energía Digestible en Kcal/ Kg (EDc Mcal/kg).	3207.74	3575.30
*Energía Metabolizable en Kcal/ Kg. (EMc Mcal/Kg).	2630.35	2931.75

\* Formulas tomadas de Shimada (2003) para calcular TND, ED y EM.

\*Total de Nutrientes Digeribles calculados expresado en % (TNDc %)= PC (0.9) + FC (0.5) + (EE (0.9) (2.25)) + ELN (0.9)

\*Energía Digestible Calculada (Kcal/Kg.) = %TND X 4.4 X 10

\*Energía Metabólica (Kcal/Kg.) para rumiantes calculada= ED (Kcal.) X 0.82

Tabla 12. Análisis químico proximal del alimento ofrecido lote 2.

Fracción alimenticia	Base húmeda o tal como se ofrece	Base seca
Humedad (H), %	10.59	00.00
Materia seca (MS)	89.41	100.00
Cenizas (C), %	7.96	8.90
Materia orgánica (MO), %	81.39	81.39
Proteína Cruda (PC), %	19.49	21.80
Extracto Etéreo (EE), %	5.78	6.46
Fibra Cruda (FC), %	6.80	7.61
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), %	49.38	55.23
*Total de Nutrientes Digeribles calculado (TNDc), %	74.16	82.94
*Energía Digestible en Kcal/ Kg (ED Mcal/kg).	3263.31	3649.51
*Energía Metabólica en Kcal/ Kg. (EM Mcal/Kg).	2675.91	2992.60

\* Formulas tomadas de Shimada (2003) para calcular TND, ED y EM.

\*Total de Nutrientes Digeribles calculados expresado en % (TNDc %)= PC (0.9) + FC (0.5) + (EE (0.9) (2.25)) + ELN (0.9)

\*Energía Digestible Calculada (Kcal./Kg.) = %TND X 4.4 X 10

\*Energía Metabólica (Kcal./Kg.) para rumiantes calculada= ED (Kcal.) X 0.82

Tabla 13. Análisis químico proximal del alimento rechazado lote 1.

Fracción alimenticia	Base húmeda o tal como se ofrece	Base seca
Humedad (H), %	9.84	00.00
Materia seca (MS)	90.16	100.00
Cenizas (12.10), %	12.10	13.42
Materia orgánica (MO), %	77.99	77.99
Proteína cruda (PC), %	17.56	19.48
Extracto Etéreo (EE), %	3.89	4.32
Fibra Cruda (FC), %	6.22	6.90
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), %	50.39	55.89
*Total de Nutrientes Digeribles calculado (TNDc), %	69.50	77.10
*Energía Digestible en Kcal/ Kg (ED Mcal/kg).	3058.36	3392.79
*Energía Metabólica en Kcal/ Kg. (EM Mcal/Kg).	2507.85	2782.1

\* Formulas tomadas de Shimada (2003) para calcular TND, ED y EM.

\*Total de Nutrientes Digeribles calculados expresado en % (TNDc %)= PC (0.9) + FC (0.5) + (EE (0.9) (2.25)) + ELN (0.9)

\*Energía Digestible Calculada (Kcal./Kg.) = %TND X 4.4 X 10

\*Energía Metabólica (Kcal./Kg.) para rumiantes calculada= ED (Kcal.) X 0.82

Tabla 14. Análisis químico proximal del alimento rechazado lote 2

Fracción alimenticia	Base húmeda o tal como se ofrece	Base seca
Humedad (H), %	10.37	00.00
Materia Seca (MS)	89.63	100.00
Cenizas (C), %	11.95	13.34
Materia Orgánica (MO), %	77.54	77.54
Proteína Cruda (PC), %	16.04	17.90
Extracto Etéreo (EE), %	4.06	4.53
Fibra Cruda (FC), %	5.59	6.24
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), %	51.98	58.00
*Total de Nutrientes Digeribles calculado (TNDc), %	69.82	77.91
*Energía Digerible en Kcal/ Kg (ED Mcal/kg).	3072.45	3428.40
*Energía Metabólica en Kcal/ Kg. (EM Mcal/Kg).	2519.41	2811.29

\* Formulas tomadas de Shimada (2003) para calcular TND, ED y EM.

\*Total de Nutrientes Digeribles calculados expresado en % (TNDc %)= PC (0.9) + FC (0.5) + (EE (0.9) (2.25)) + ELN (0.9)

\*Energía Digerible Calculada (Kcal./Kg.) = %TND X 4.4 X 10

\*Energía Metabólica (Kcal./Kg.) para rumiantes calculada= ED (Kcal.) X 0.82

Al analizar la proteína cruda y la energía metabolizable de lo ofrecido para el lote 1, se observa que los valores obtenidos mediante el análisis proximal del lote 1 fueron mayores, tanto para la proteína como para la energía (inclusive en base húmeda), expresado en porcentajes son de 21.36% BH y 35.23% BS para



proteína; y para energía los porcentajes correspondientes son de 14.01% BH y de 27.0% BS.

Para el lote 2, de igual manera, los valores de proteína y energía fueron mayores a los calculados según las tablas del NRC (1985), estos, expresados en porcentajes, son de 21.81% BH y 36.25% BS para proteína; y de 13% BH y de 26.48 BS para energía. El mayor aporte nutricional del alimento a lo calculado, lo más probable es que se deba a los diversos estándares existentes para la obtención de subproductos de la molienda (trigo), de la extracción de aceites (soya) entre el país vecino y México, por mencionar algunas diferencias.

El alimento rechazado de ambos lotes, también tuvieron valores mayores que los calculados en tablas; pero inferiores tanto en PC como en EM a los valores del alimento ofrecido. Esto se puede justificar mediante el consumo selectivo que tienden a tener los ovinos en alimentos no peletizados y su preferencia hacia los granos, que en nuestro caso corresponderían a la soya y al maíz, los cuales corresponden a los grupos proteico y energético.

Se podría pensar que existe una pérdida del excedente de EM, más sin embargo ésta no sería tanta o tan grande si tomamos en cuenta lo reportado por Huerta en su trabajo que consistió en recopilar datos de 18 trabajos en borregos Pelibuey y de 47 de lana; en donde según estimaciones realizadas para borregos de lana y de pelo, requieren 2% y 26% más energía metabolizable que la sugerida por el NRC.

El mismo autor mismo cita que el potencial genético de borregos de lana evaluados se sitúa entre los 280 g para hembras y machos; sin embargo, existen borregos de lana en México que tienen alto potencial genético pero cuya expresión de ese potencial puede limitarse por la calidad de las dietas. La dieta de estos genotipos debe contener más proteínas y minerales.

## 7.2. Ganancia de peso y conversión alimenticia

Los pesos promedio al final de la engorda (75 días) fueron para el lote 1 de 40.75+/- 4.37 Kg., con una ganancia diaria de peso de 186.6g y una conversión alimenticia de 8.7; para el lote 2, fue de 41.20+/- 5.58 Kg., con una ganancia diaria de peso de 190.0 g. y una conversión alimenticia de 8.17.

Tabla 15: Promedio de cada pesaje realizado cada 14 días (expresado en kilogramos), incluyendo el período de adaptación de 7 días.

Lote	Peso 1 inicio de engorda	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	Peso 6	Peso 7
L1 (0% de grasa)	26.75 +/- 2.37 a	27.05+/ - 2.59 a	29.87+/ - 2.94 a	32.6+/- 3.00 a	35+/- 3.66 a	37.5+/- 4.05 a	40.75+/ -4.37 a
L2 (2% de grasa)	26.95+/ -3.64 a	26.97+/ -3.81 a	29.75+/ -4.53 a	32.27+/ -4.41 a	34.80+/ -5.13 a	37.95+/ -5.14 a	41.20+/ -5.58

\*Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística significativa (P<0.05).

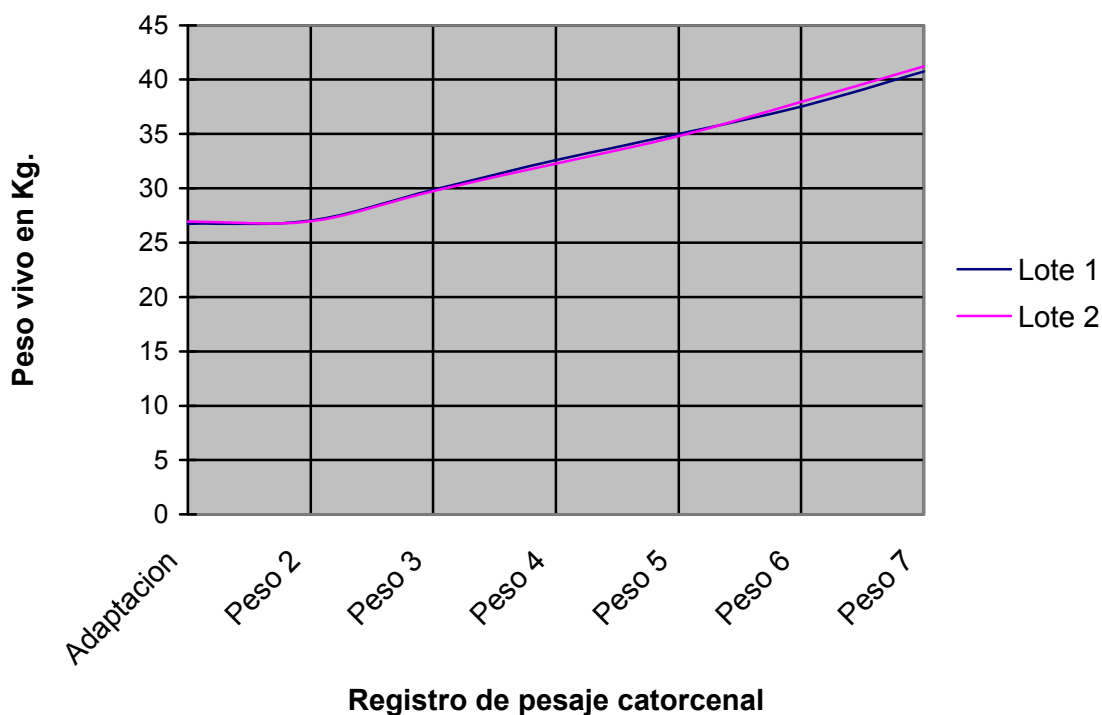
Tabla 16: Ganancia diaria de peso (GDP) de ambos lotes expresada en gramos

Lote	*GDP 1	GDP 2	GDP 3	GDP4	GDP 5	GDP 6
L1 (0% de grasa)	42.85+/- 72	202+/-77	195+/-65	171+/- 105	179+/- 106	232+/- 122
L2 (2% de grasa)	3.5 +/-68	198+/-95	180+/- 100	180+/-95	225+/-70	232+/-91

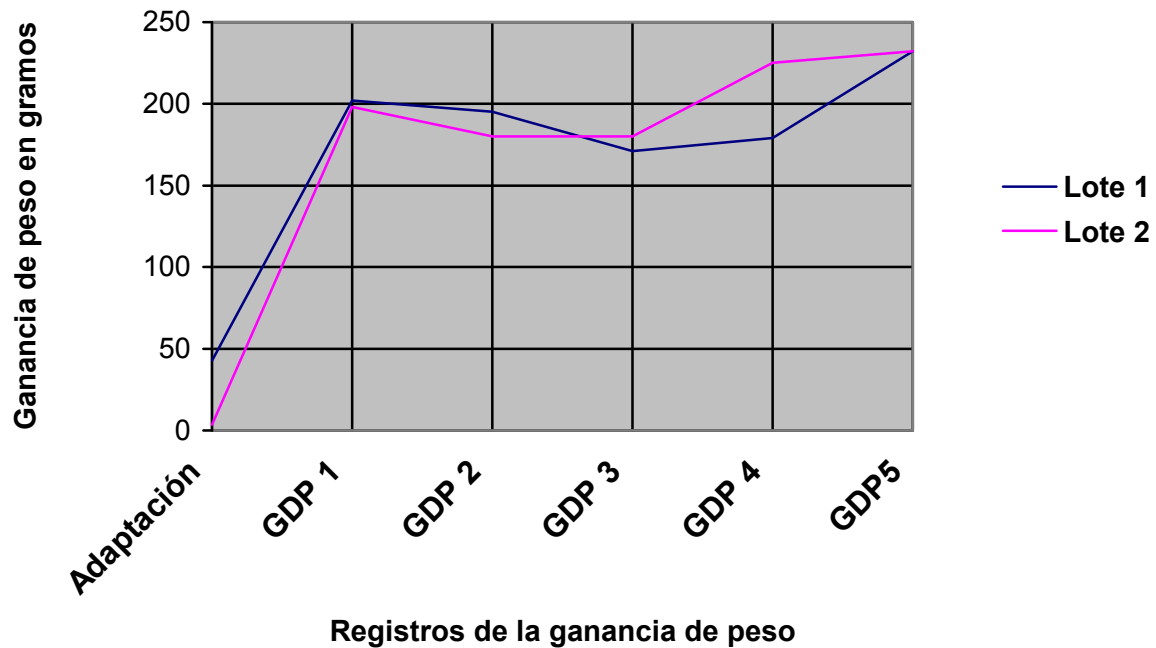
\*GDP: Ganancia diaria de peso en el período de adaptación.

Como se observa en la tabla número 16, los promedios de los diferentes pesos obtenidos cada 14 días, el lote 1 (con 0% de grasa de sobrepeso) obtuvo más altas las medias hasta el peso #5, pero en los pesos 6 y 7 hubo un ligero repunte del lote 2 (con 2% de grasa de sobrepeso). Para el caso de la ganancia diaria de peso el periodo de adaptación muestra una pobre o casi nula ganancia, pero pasado este, la ganancia se tiende a mostrar más uniformemente en la gráfica.

**Gráfica 1: Comparación de medias de los registros de peso obtenidos catorcenalmente**



**Gráfica 2: Comparación de medias de la ganancia diaria de peso**



Como ya se mencionó, las ganancias esperadas reportados por Huerta para ovinos de lana presentes en México, son de 280 gramos por día, más sin embargo estas ganancias esperadas se verán influidas por diferentes factores, entre los cuales podemos destacar: raza, edad, calidad de la dieta, peso de inicio de la engorda, genotipo de complejión del borrego (pequeña, mediana y grande).

Estos resultados no pueden sustentarse ampliamente con argumentos del todo sólidos, sino mediante lo hasta ahora revisado y observado, las cuales podrían ser los siguientes:

a) El hecho de ofrecer en el lote 1, un alimento concentrado con ingredientes de alta gustosidad o palatabilidad, como el maíz, provocó un consumo mayor de alimento con lo cual, durante el 1<sup>er</sup> tercio de la engorda se presento el fenómeno del crecimiento compensatorio, lo que origino una ganancia de peso inmediata, mostrando después un crecimiento normal.

b) El hecho de ser una raza criolla, con diferentes grados de encaste, puede influir en las diferentes manifestaciones de desarrollo corporal y por lo tanto, en la ganancia de peso.

c) Otra posible causa y que tal vez sea la más acertada; Maximino B: Huerta en su tabla de predicciones de consumo de alimento según presentación de alimento, los alimentos molidos tienen una gran aceptación al inicio de la engorda para después ir disminuyendo en su consumo.

La conversión obtenida en el presente trabajo no es la óptima, pues requerimos 8 kilogramos de alimento para producir un kilogramo de producto (carne de ovino), aun a pesar del excedente en energía metabolizable y proteína cruda.

A continuación se ejemplifican algunos de los datos recabados por Huerta, presentados en el “II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños rumiantes y Camélidos sudamericanos” y “XI Congreso Nacional de Producción Ovina”. Se seleccionaron reportes en donde trabajaron con borregos machos, con diferentes porcentajes de forraje.

Tabla 17: Resultados de trabajos de ovinos en engorda\*\*.

*EM	*PC	Forraje %	Peso inicial	Peso final	*GDP en gramos	Conversión alimenticia	Adaptación	Duración
2.42	14.68	15	24.60	38.42	246	4.98		56
2.42	14.68	15	26.04	38.50	222	5.58		56
2.35	14.96	21	25.00	37.00	142	8.06	7	77
2.88	15.95	25	21.90	40.60	267	4.75	8	70
2.59	14.82	29	25.50	44.66	296	4.17		65
2.27	14.27	31	22.20	39.80	210	6.03	7	77
2.30	14.33	31	23.30	35.70	147	7.30	7	77
2.25	14.20	31	23.60	37.30	169	7.21	7	77
2.61	15.31	31	23.43	39.30	245	4.83		65
2.60	14.98	31	22.90	38.30	235	5.26		65
2.70	14.50	31	28.25	41.06	241	6.33	7	60
2.70	14.63	31	28.58	40.81	234	5.91	7	60
2.69	14.87	31	28.98	42.66	258	6.17	7	60
2.69	15.06	31	27.85	39.61	219	6.16	7	60
2.69	15.21	31	28.06	38.45	197	6.49	7	60
2.56	13.59	39	21.97	33.87	198	5.45	20	60
2.20	13.57	41	23	33.30	123	8.36	7	77
2.57	15.20	42	23.40	35.50	201	4.89		60
2.60	14.38	42	23.10	32.90	164	4.55		60
2.62	13.57	42	23.00	32.60	160	4.51		60
2.65	12.76	42	23.70	32.50	146	4.92		60
2.71	16.15	50	22.30	40.70	263	5.31	8	70

\*EM: Energía metabolizable; PC: Proteína Cruda; GDP: Ganancia diaria de peso en gramos \*\*Fuente: Huerta

### 7.3. Consumo de alimento y costo de producción

El calculo del consumo de alimento se hará de dos maneras, tanto en base húmeda o tal como se ofrece (esto para fines del costo de alimento) y como alimento consumido base seca.

Tabla 18: Consumo de alimento base húmeda (BH).

Periodo	Consumo BH Lote 1	Consumo BH Lote 2
Adaptación	95.88 Kg. de alfalfa	92.69 Kg. de alfalfa
Adaptación	68.37 Kg. de concentrado.	68.79 Kg. de concentrado.
1ª catorcena	396.00 Kg. de concentrado.	405.25Kg: de concentrado.
2ª catorcena	470.00 Kg. de concentrado.	436.00Kg. de concentrado.
3ª catorcena	449.00 Kg. de concentrado.	417.50 Kg. de concentrado
4ª catorcena	473.00 Kg. de concentrado	448.00 Kg. de concentrado
5ª catorcena	479.50 Kg. de concentrado	462.00 Kg. de concentrado
Total: Alfalfa y concentrado	2431.75 Kg. de alimento	2330.23 de alimento

El consumo de alimento base seca se realizó mediante la fórmula:

Consumo de alimento base seca (CBS) = Consumo de lo Ofrecido (CO) X Materia seca según análisis químico (MS).

Tabla 19: Consumo de alimento base seca

Lote 1 CBS = $2431.75 \times 0.8972 = 2181.76$ Kg. de alimento base seca
Lote 2 CBS = $2330.23 \times 0.8941 = 2083.45$ Kg. de alimento base seca

El costo de alimentación se calculó tomando en cuenta el costo de la alfalfa y el costo del alimento elaborado. El costo de producción de producto (kilogramo de de cordero) se evaluó dividiendo el costo de alimentación de los veinte animales de cada lote, entre el total de kilogramos ganados de cada lote; obteniendo estos valores:

Tabla 20: Costo de alimentación y costo de producto.

	Lote 1	Lote 2
Concentrado \$/Kg.	1.94	2.03
Alfalfa \$/Kg.	1.20	1.20
Consumo total de concentrado	2335.87 Kg.	2237.54 Kg.
Consumo total de alfalfa	95.88 Kg.	92.69 Kg.
Costo total de concentrado	\$ 4531.58	\$ 4542.21
Costo de forraje	\$ 115.05	\$ 111.22
Costo total de alimentación	\$4646.64	\$ 4653.43
Kg. totales ganados	280	285
Costo de producción de 1 Kg. de Cordero por alimentación	\$16.60	16.32



## VIII) Conclusiones

Para que las explotaciones dedicadas a la engorda de borregos sean económicamente rentables deben obtener la máxima ganancia y para obtenerla se deberá reducir al máximo el costo de alimentación, pues esta significa entre el 60 al 70% del costo de los insumos de la explotación.

El costo de alimentación entre ambos lotes fue similar, por lo que el uso de suplementos esta en relación de su costo-beneficio, por lo tanto se afirma, que el agregar grasas protegidas en un 2% de la ración del lote 2, no fue económicamente mejor, ni presentó un efecto sobre las variables productivas evaluadas.

La conversión alimenticia y la ganancia de peso no fueron las optimas, puesto que se obtuvieron valores de 8.7 y 8.17 kilogramos de alimento por kilogramo de producto (carne de ovino) y ganancias de 186g y 190g para cada lote; debido a factores fuera de control en el presente trabajo, tales como la raza o su grado de encaste y a la idiosincrasia de los animales.

Los avances en la nutrición han permitido manipular la dieta de los animales, algunos artículos publicados afirman que al agregar grasas de sobrepaso a la alimentación de borregos, modifica los depósitos internos de grasa en su composición de ácidos grasos, aumentando el nivel de ácidos grasos insaturados, principalmente los ácidos monoinsaturados. Aunque falta mucha información al respecto, habría que recabar más información y de ser posible, realizar más trabajos al respecto; sobre el tipo de grasas (saturadas o insaturadas) depositadas en los animales alimentados con grasas protegidas y; en consiguiente, en este mundo de constantes cambios, en donde el consumidor tiende a demandar carne con menor cantidad de grasas saturadas; este producto (carne de carnero) tendería a ser uno de los productos que a un futuro tendrían una alta demanda.

## IX) Índice de cuadros

Tabla 1: Consumo nacional aparente.....	7
Tabla 2: Ácidos grasos más comunes en tejidos vegetales y animales.....	16
Tabla 3: Posición de los dobles enlaces en los ácidos grasos insaturados.....	17
Tabla 4: Tipos de grasa de sobrepeso.....	42
Tabla 5: Contenido de ácidos grasos en dieta y en quimo duodenal.....	47
Tabla 6: Promedios para pesos al nacimiento, peso al destete, ganancia de peso diaria promedio expresado en kilogramos.....	50
Tabla 7: Parámetros de crecimiento de corderos alimentados con dietas, sin y con suplementación de jabones cálcicos de oliva.....	51
Tabla 8: Dieta lote 1.....	53
Tabla 9: Dieta lote 2.....	54
Tabla 10: Plan de adaptación.....	58
Tabla 11: Análisis químico proximal del alimento ofrecido lote 1.....	60
Tabla 12: Análisis químico proximal del alimento ofrecido lote 2.....	61
Tabla 13: Análisis químico proximal del alimento rechazado lote 1.....	62
Tabla 14: Análisis químico proximal del alimento rechazado lote 2.....	63
Tabla 15: Promedio de cada pesaje realizado cada 14 días, incluyendo el período de adaptación de 7 días.....	65
Tabla 16: Ganancia diaria de peso de ambos lotes expresado en gramos.....	65
Gráfica 1: Comparación de medias de los registros de peso obtenidos catorcenasalmente.....	66
Gráfica 2: Comparación de medias de la ganancia diaria de peso.....	67
Tabla 17: Resultados de trabajos de ovinos en engorda.....	69
Tabla 18: Consumo de alimento base húmeda.....	70
Tabla 19: Consumo de alimento base seca.....	70
Tabla 20: Costo de alimentación.....	70

## X) BIBLIOGRAFIA

- Arana A, Mendizábal JA, Alzón M, Eguinoa P, Beriain MJ, Purroy A. Effect of feeding lambs oleic acid calcium soaps on growth, adipose tissue development and composition. Small Ruminant Research (Available online) April 2004, accessed February 2005, 10 (1016). Available From: URL: <http://www.elsevier.com/locate/smallrumres>.
- Bayourte C, Moncoulon R, Vernay M. Effect of protein-protected fat on ruminal total nutrient digestibility of sheep diets. Journal Animal Science 1993; 71: 1026-1031
- Caravaca RFP, Castel GJM, Guzmán GJL, Delgado MM, Mena GY, Alcalde AMJ, González RP. Bases de la reproducción animal; Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2003.
- Castro T, Manso T, Mantecón AR, Guirao J, Jimeno V. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. Meat Science (available online) 2004 April-October (cited 2004 November 15). Available from: URL: <http://www.elsevier.com/locate/meatsci>
- Church CD. El rumiante fisiología digestiva y nutrición, Editorial Acribia España, 1993.
- De Lucas TJ, Arbiza AS; Producción ovina en el mundo y México, Editores Mexicanos Unidos S. A. 1ª edición, Julio del 2000.
- Enjalbert F, Nicot MC, Vernay M, Moncoulon R, GriessD. Effect of different forms of polyunsaturated fatty acids on duodenal and serum fatty acid profiles in sheep. Canadian Journal of Animal Science 1994; 74: 595-600.
- Ensminger ME. Producción ovina. Editorial El Ateneo, 1976
- Ensminger ME, Animal Science Digest (Animal agricultura series); Ed. Interstate Publishers, Inc; First edition 1991
- Ensminger ME, Parker RO, Sheep & Goat Science (Animal agricultura series); Ed. The Interstate Printers & Publishers, Inc, Fifth Edition, 1986.

- Ensminger ME, Oldfield JE; Feeds and nutrition, The Ensminger Publishing Company, Second edition, 1990.
- Ensminger ME, Olentine CG, Alimentación y nutrición de los animales, 1ª edición, Versión al castellano 1983.
- Espinoza JL, López-Molina O, Ramírez-Godínez JA, Jiménez J, Flores A. Milk composition, postpartum reproductive and growth of lambs in Pelibuey ewes fed calcium soaps of long chain fatty acids. Small Ruminant Research 1998; 27:119-124
- Freer M, Dove H. Sheep nutrition. Cabi publishing in association with CSIRO publishing, 2002.
- Fundación Española para el Desarrollo de a Nutrición Animal; FEDNA, Tablas 2003.
- Goodwin DH; Producción y manejo del ganado ovino, Editorial Acribia España, 1975.
- Hafez ESE, Dyer IA. Desarrollo y nutrición animal, Editorial Acribia España, 1984
- Hightshoe RB, Cochran RC, Corah LR, Harmon DL, Vanzant ES. Influence of source and level of ruminal –escape lipid in supplements on forage intake, digestibility, digesta flow, and fermentation characteristics in beef cattle. Journal Animal Science 1991; 69: 4974-4982.
- Horton GMJ, Wohlt JE, Palatini DD, Baldwin JA. Rumen-protected lipid for lactating ewes and their nursing lambs. Small Ruminant Research 1992, 9 (1): 27-36.
- Huerta, MB; Requerimientos nutricionales de ovinos pelibuey y de lana; II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos; XI Congreso Nacional de Producción Ovina, 2000
- Kowalski ZM. Rumen fermentation, nutrient flow to the duodenum and digestibility in bulls fed calcium soaps rapeseed fatty acids and soya bean meal coated with calcium soaps. Animal Feed Science technology 1997, 69 289-303

- Lazaro CPR, García RMS. Efecto de la grasas de sobrepaso sobre la producción de leche y peso vivo de cabras lecheras en lactancia temprana 5 meses. (Tesis Ing. Agr. Esp. en Zootecnia, Departamento de zootecnia). Chapingo (México) México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1999.
- McDonald P, Edwards RA, GreenhalghJFD, Morgan CA. Nutrición animal, 5a edición, Editorial Acribia España, 1999.
- McNamara JP, France J, Beever D. Modelling nutrient utilization in farm animals. Cabi publishing, 2000.
- Monroy JMH. Uso de grasa de sobrepaso en la lactación de cabras en lactación avanzada (Tesis Ing. Agr. Esp. en Zootecnia, Departamento de zootecnia). Chapingo (México) México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1999.
- National Research Council. Nutrient requirements of sheep, sixth revised edition. National Academy Press, Washington, D. C., 1985.
- Orcasberro R; Apuntes sobre nutrición de ovinos, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Zootecnia, Chapingo México, Abril de 1983.
- Pond WG, Church CD, Pond KR. Fundamentos y alimentos de animales. Ed. Uteha Wiley – Limusa; Segunda Edición, 2002
- Pugh DG. Sheep and goat medicine, Ed. W.B Saunders Company, 2002.
- Rotunno T, Sevi A, Di Caterina R, Muscio A. Effects of graded levels of dietary rumen-protected fat on milk characteristics of Comisana ewes. Small Ruminant Research 1998, 30: 137-145.
- <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/indexovino.htm>
- Santos ER, Ortiz SF, Santiago PC, Estrada CE, Villagómez AME. Grasa de sobrepaso y el amamantamiento sobre la eficiencia reproductiva y productiva en las vacas de doble propósito. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, XXVIII Congreso de Buiatria 2004.
- Scott TW, Ashes JR. Dietary lipids for ruminants: protection, utilization and effects on remodeling of skeletal muscle phospholipids. Australian Journal of Agricultural research 1993; 44(3): 495-508.

- Shimada MA; Nutrición animal, Editorial Trillas 1ª edición, Enero del 2003.
- Soriano TJ, Alimentación intensiva de borregos y temas de producción, Memorias del II Curso Nacional de Actualización en Nutrición y alimentación de rumiantes, Organizado por la asociación de personal académico del Instituto Nacional de investigaciones Pecuarias A. C. , pp 92-99. Toluca, México. Junio de 1984.
- Sukhija PS, Palmquist DL. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. Journal of dairy science 1990; 73: 1784-1787
- Trinidad LN, Salinas ChJ, Domínguez MM. Efecto en características de la canal (medida con ultrasonido) de distintos niveles de lípidos de baja biohidrogenación ruminal para ovinos en engorda. Asociación Mexicana de Médicos Especialistas en Bovinos; XXVIII Congreso Buiatria 2004
- Towne G, Nagaraja TG, Brandt RT, Kemp KE. Ruminant ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. Journal Animal Science 1990; 68: 2150- 2155.