

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

01673

N-2

2Ej.

UTILIZACION DE ACIDOS GRASOS SAPONIFICADOS  
EN LA ALIMENTACION DE OVINOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL  
NUTRICION ANIMAL

PRESENTA

Aurelio Guevara Escobar.

Asesores:

MVZ Pedro Ochoa Galván.

MVZ Francisco Castrejón Pineda.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **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 está 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.

**Si los animales están dando su vida por  
nosotros, lo menos que podemos hacer por  
ellos es evitarles el sufrimiento**

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a mis asesores y a los profesores que realmente se preocupan por la formación académica de sus alumnos.

A todo el personal que labora en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la F.M.V.Z., que me ha brindado su ayuda y amistad desinteresadamente todo este tiempo.

Al personal del Rancho San Francisco, a quienes debo parte de este trabajo

**UTILIZACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS SAPONIFICADOS EN LA  
ALIMENTACIÓN DE OVINOS.**

**INDICE**

INDICE DE CUADROS .....	2
INDICE DE GRAFICAS .....	3
RESUMEN .....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
HIPÓTESIS .....	14
OBJETIVOS .....	15
MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES.....	52
LITERATURA CITADA.....	53

## INDICE DE CUADROS

1. Características de las ovejas al inicio de la prueba, según la asignación de tratamientos	22
2. Contenido de nutrimentos de las materias primas utilizadas en las dietas.	22
3. Contenido calculado de nutrimentos de las dietas de los tratamientos, en base seca.	22
4. Análisis de Varianza para la FAD digerida in vitro	25
5. Efecto de los tratamientos sobre la FAD digerida <u>in vitro</u> g/100 g	25
6. Análisis de Varianza, para el consumo de alimento fresco por grupo de ovejas complementados con varios niveles de AGS en el alimento durante la lactancia, en Kg por grupo por día.	29
7. Efecto de la complementación alimenticia con ácidos grasos saponificados sobre el peso corporal de ovejas Pelibuey durante la lactancia.	32
8. Efecto de la complementación alimenticia con ácidos grasos saponificados sobre la medición para estimar la producción de leche de ovejas Pelibuey.	36
9. Coeficientes de correlación para el peso de los corderos contra la estimación para la producción láctea según: a) los días de lactancia en que se realizó la medición, b) el grupo de tratamiento.	37
10. Efecto de la complementación alimenticia con ácidos grasos saponificados durante la lactancia de ovejas sobre el peso vivo de sus crías.	40
11. Análisis de Varianza para niveles de grasa (g/Kg) presentes en la leche de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.	45
12. Análisis de Varianza para niveles de proteína (g/Kg) presentes en la leche de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.	47
13. Análisis de Varianza para niveles de grasa (g/Kg) excretados en heces de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.	50
14. Análisis de Varianza para niveles de Calcio (g/Kg) excretados en heces de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.	51
15. Costo de mantenimiento por oveja al día a partir del momento del destete y mientras no se manifieste gestación, bajo condiciones de un sistema de nacimientos acelerado.	55
16. Costo de los componentes principales de las dietas utilizadas, de acuerdo al consumo de alimento promedio observado durante la lactancia	56

## INDICE DE GRAFICAS

1. Efecto de diferentes tratamientos sobre la cantidad de FAD y FND digerida <u>in vitro</u> , promedio porcentual por tratamiento.	25
2. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre el consumo de alimento por grupo de ovejas durante la lactancia.	29
3. Efecto de los niveles de complementación con ácidos grasos saponificados sobre el peso corporal de las ovejas durante la lactancia, promedio por grupo de tratamiento.	32
4. Efecto de los niveles de complementación con ácidos grasos saponificados sobre la estimación de la producción láctea de las ovejas durante la lactancia.	37
5. Efecto de los niveles de complementación con ácidos grasos saponificados sobre el peso corporal de las crías de las ovejas durante el periodo de lactancia.	40
6. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de grasa presentes en la leche de ovejas.	45
7. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de proteína presentes en la leche de ovejas.	46
8. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de grasa excretados en heces de ovejas durante el periodo de lactancia.	50
9. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de calcio excretados en heces de ovejas durante el periodo de lactancia.	51
10. Punto de equilibrio para la utilización de AGS a razón de 160g/animal/día, de acuerdo a el resultado del tratamiento T3.	56

## RESUMEN

GUEVARA ESCOBAR AURELIO. Utilización de ácidos grasos saponificados en la alimentación de ovinos (bajo la dirección de: Francisco Castrejón Pineda y Pedro Ochoa Galván).

Con el fin de evaluar el efecto de ácidos grasos saponificados (AGS) en la alimentación de ovinos, el presente trabajo se efectuó en dos etapas: prueba *in vitro*, donde se comparó la digestión de la fibra ácido detergente (FAD) de una mezcla compuesta de 70% heno de avena y 30% grano de sorgo, como sustrato molido, y añadiendo uno de los siguientes tratamientos: 10% de aceite vegetal (G1), 10% de jabón de sodio (G2), dos compuestos saponificados con 3 o 6% de hidróxido de calcio (G3 y G4) respectivamente y un grupo control (G5); observándose diferencias ( $P<0.01$ ) entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento G4 fue similar en la FAD digerida (14.36 g/100g), con el grupo G5 (15.24 g/100g), de tal forma que el tratamiento G4 fue seleccionado como mejor opción. En una segunda etapa, se evaluó el efecto de los AGS utilizando el tratamiento G4 de la prueba anterior, sobre la producción láctea de ovejas y peso de las crías amamantadas durante la lactancia. Se administraron diferentes niveles de AGS en la dieta: 0 g, 80 g, 160 g y 240 g/animal/día mezclados en el concentrado de 20 ovejas Pelibuey de características similares (peso, 44.1 Kg y número de parto, 3.5), durante el periodo de lactancia de 60 días correspondiendo a los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente. Se observaron diferencias debidas al tratamiento en el consumo de alimento de las ovejas ( $P<0.01$ ), tendiendo a disminuir el consumo en los niveles más elevados. El peso de los corderos durante la lactancia ( $P<0.05$ ) fue diferente observándose el mayor peso al destete en el grupo T3 (20.43 Kg/cría destetada). También se encontró diferencia en el contenido de grasa en la leche ( $P<0.01$ ), extracto etéreo en las heces ( $P<0.01$ ) y calcio presente en las heces ( $P<0.01$ ) en proporción directa con la cantidad de AGS administrada. Por otra parte, no existió cambio en el peso de las ovejas durante la lactancia ( $P>0.05$ ), producción láctea ( $P>0.05$ ) o proteína presente en la leche ( $P>0.05$ ). El tratamiento que demostró mejor desempeño en este experimento fue el uso de 160 g/animal/día durante los 60 días de lactancia. La utilización de los AGS durante los 60 días de lactancia, no resulta ser económica, considerando la costo de producción del Kg de cordero criado. Sin embargo, hasta los 20 días de lactancia el nivel de 160g/cabeza/día resultó ser el más económico, por lo que su utilización se hace recomendable únicamente en la lactancia inicial. Por otra parte, el comportamiento reproductivo observado en el sistema de producción intensiva empleado sugiere un efecto residual posiblemente debido a la conservación del peso de la oveja durante la lactancia o de su condición corporal. La evidencia mostrada en este estudio permite concluir sobre un efecto positivo en el peso de los corderos durante la lactancia; sin embargo, el resultado obtenido sobre la producción láctea, indica la necesidad de desarrollar una técnica que permita efectuar la medición de la producción en ovejas amamantando a sus crías, procurando que la tensión ejercida sobre los individuos sea mínima o pueda ser cuantificable.

## INTRODUCCIÓN

### A. Exposición del problema.

En la actualidad, la producción ovina en México se ha reducido drásticamente, como consecuencia de cambios en el mercado, poco estímulo en la producción nacional y una competencia abrumadora por parte de otros países productores que han logrado acceso al mercado nacional por medio de las políticas gubernamentales (1,25, 66, 89). De hecho, Estados Unidos ha aumentado la explotación ovina a México en 950% desde 1987 (49). Esta situación se ha originado porque el precio local de la carne de ovino ha sido bastante atractivo (114), ya que la producción nacional no es suficiente para satisfacer la demanda, misma condición que favorece el resurgimiento de la producción ovina nacional. Pero para lograr el éxito sigue siendo prioritario el uso adecuado de los recursos, principalmente los destinados a la alimentación (29).

Por lo regular la energía es el componente más caro del alimento, y que debe estar presente en la dieta en elevada proporción, independientemente de su origen obliga a desarrollar esfuerzos que se deben dirigir en forma inicial hacia el uso más eficiente, para reducir el costo de producción. Por otra parte, se reconoce que una deficiencia en el aporte energético puede conducir a condiciones de cetosis en hembras gestantes, un bajo peso al nacimiento del producto o una producción láctea disminuida. Además este estado puede menguar el peso al destete del cordero, con lo que la efectividad en la producción se ve mermada, ya que en las primeras etapas de vida la velocidad de crecimiento es mayor. La situación puede ser agravada por el hecho que la gestación en los ovinos con frecuencia es múltiple, siendo mayor la necesidad de energía (71). Es así que la administración de niveles adecuados de energía, en la dieta de ovejas gestantes o en lactación significa una mayor productividad en el hato (18).

En el caso de los rumiantes, la energía puede ser aportada por forrajes, granos o subproductos agro industriales de diferente tipo. Estas materias primas presentan diversas concentraciones de energía, grados de digestibilidad y un costo variable, según la regulación de precios oficial o fluctuaciones estacionales en la oferta. En los últimos años el uso de subproductos ha tomado gran importancia en la producción pecuaria en México, sin embargo, la calidad nutritiva de estos no siempre está en relación con su costo, lo que significa que el uso de subproductos más baratos no representa un menor costo en la producción. En el caso de los subproductos disponibles en México que aportan energía, son de especial consideración los ácidos grasos (AG) saponificados, estos resultan de la refinación de los aceites vegetales polinsaturados y de la fabricación de jabones. A este subproducto se le conoce como soapstock o "jaboncillo".

Desde principio de siglo se ha especulado sobre la utilidad de las grasas en la alimentación de rumiantes, en particular, buscando un efecto favorable en la producción láctea o en la ganancia de peso. Desde entonces, se han obtenido resultados que permiten recomendar su uso bajo ciertas circunstancias. En especial, ha recibido atención

el uso de grasas "protegidas", que por medio de diferentes técnicas se disminuye su solubilidad en el medio ruminal, limitando su interacción en el metabolismo microbiano y al mismo tiempo constituyendo una fuente de energía que puede ser digerida en el intestino del rumiante. Una forma de limitar la solubilidad de los AG en el medio ruminal es por medio de su saponificación con metales alcalino térreos como el Calcio, Bario o Magnesio.

En este estudio se evaluará el efecto de un jabón de calcio como complemento energético con características de grasa protegida en la alimentación de ovejas en lactancia, sobre la ganancia de peso en sus crías.

El presente trabajo pretende mostrar la utilidad de los AG saponificados (jabón de calcio), como complemento energético en la alimentación de los rumiantes sin menoscabo de la digestibilidad del alimento a nivel ruminal. Con base en la información generada se evaluará la respuesta al tratamiento y su utilidad económica en la producción animal.

## B. Revisión de literatura.

### 1. Ácidos grasos de cadena larga en el alimento para rumiantes.

Los rumiantes han evolucionado consumiendo una dieta predominante en forraje, estos a su vez, presentan un contenido relativamente escaso de lípidos, especialmente triglicéridos (76). En promedio, los forrajes verdes contienen de 5 a 8% de extracto etéreo, pero no más de la mitad son AG, que desde el punto de vista nutricional, son el componente más relevante para el ganado (76).

Mucho del alimento destinado a los rumiantes domésticos criados de manera intensiva consiste de hojas de gramíneas y leguminosas obtenidas de pasturas de buena calidad, aunque en condiciones menos controladas, el tipo y calidad del tejido foliar será más variable. El contenido de lípidos del tejido foliar se encuentra concentrado en los cloroplastos, y puede variar entre 3 y 10% de la materia seca; mucha de esta variación se atribuye a la edad del tejido foliar. La principal proporción de lípidos del forraje se encuentra en forma de mono y digalactosil diglicéridos, sulfolípidos y fosfatidilglicerol, concentrados en los cloroplastos, mientras que en el citoplasma se encuentra principalmente fosfatidilcolina, fosfatidiletalonamina y fosfatidilinositol (42, 70)

La determinación clásica de lípidos en los alimentos se realiza por medio de la técnica Soxhlet (4), utilizando éter como solvente. En el caso de los forrajes, el extracto etéreo sobrestima la cantidad de energía disponible para el animal, ya que toma en consideración sustancias solubles en éter de escaso valor energético, como las ceras, pigmentos o vitaminas liposolubles, entre otros (76).

## 2. Metabolismo de lípidos en rumiantes.

En el caso de los rumiantes, un incremento moderado en el consumo de AG puede aumentar la eficiencia en la utilización de energía por dos vías: Primero, la deposición de AG preformados en los tejidos o productos disminuye procesos metabólicos de síntesis *de novo* y además, la pérdida de energía generada como calor al convertir glúcidos a lípidos se ve reducida. Segundo, el rendimiento de ATP a partir de la  $\beta$ -oxidación es aproximadamente 10% más eficiente que a partir de la oxidación de acetato. Esto puede tener alguna significación en los animales rumiantes donde la oxidación del acetato es una importante fuente de energía, y la energía obtenida a partir de AG de cadena larga es relativamente pequeña. Por otra parte, en animales no rumiantes la glucosa es la fuente de energía más importante que el acetato. De hecho, la generación de ATP a partir de glucosa es 5% más eficiente que a partir de AG de cadena larga. De esta forma, los AG de cadena larga tienen mayor potencial para incrementar la eficiencia del metabolismo oxidativo en rumiantes que en no rumiantes (5).

### a) Digestión y metabolismo ruminal.

#### (1) Lipólisis.

Los glicéridos y otros AG esterificados, se liberan por la actividad lipolítica de los microorganismos del rumen. El principal producto de la hidrólisis son AG insaturados de 18 carbonos (18C), que son los AG típicos en la dieta de los rumiantes (42, 81, 108). Aunque el proceso de lipólisis se efectúa rápidamente, puede ser que exista un paso limitante en la vía metabólica, ya que se ha observado diferencias en el producto de la biohidrogenación dependiendo si el precursor es un ácido graso libre (AGL) o no (81). El mecanismo de lipólisis es tan eficiente, que los glicéridos que llegan al duodeno son principalmente fosfolípidos pertenecientes a las membranas microbianas (42, 70).

#### (2) Biohidrogenación.

Una vez que los glicéridos se hidrolizan, estos son biohidrogenados en forma eficiente por microorganismos ruminales (14). El proceso de biohidrogenación produce una serie de isómeros de AG de 18C, que son intermediarios en el proceso, siendo los productos finales el ácido esteárico (80%) e isómeros del ácido trans, 11 octadecanóico (12%) (81). Solamente un 10-30% de los AGL escapa al proceso de biohidrogenación (76); esto puede explicarse por la existencia de fases que limitan la tasa de biohidrogenación que han sido identificadas en varias especies de bacterias ruminales (81). A pesar del proceso de biohidrogenación, no existen comunicaciones de deficiencia o disminución en la producción ocasionados por la falta de AG esenciales. La forma en que estos escapan el mecanismo de biohidrogenación ruminal no ha sido comprendida completamente. Hasta la fecha, no se ha establecido una ne-

cesidad de AG esenciales en animales rumiantes, inclusive, durante la lactación el aporte dietario es suficiente para satisfacer la necesidad, que se duplica durante esta fase (65).

### (3) Síntesis microbiana.

Los microorganismos de rumen también pueden aportar cierta cantidad de AG al total de lípidos que llega al intestino del rumiante, ya que son capaces de sintetizar de novo AG e incorporarlos a la estructura de sus membranas celulares (55). Sin embargo, los lípidos dietarios también son rápidamente incorporados a las membranas celulares de bacterias y protozoarios, por lo que la síntesis de novo de AG puede ser inhibida. Teóricamente, la incorporación de lípidos dietarios puede ahorrar ATP para la síntesis de otros componentes celulares, resultando en un mayor rendimiento de ATP ( $Y_{ATP}$ ) (81).

#### b) Digestión y absorción intestinal.

En los animales rumiantes, el pH de la mitad proximal del duodeno se caracteriza por ser ácido, debido al bajo contenido de bicarbonatos en la secreción pancreática, además de ocurrir esta secreción en forma continua. En el caso de los rumiantes, un incremento moderado en el consumo de AG puede aumentar la eficiencia en la utilización de energía de dos maneras: Primero, la deposición de AG preformados en los tejidos o productos disminuye procesos metabólicos de síntesis de novo y además, la pérdida de energía generada como calor al convertir glúcidos a lípidos se ve reducida. Segundo, el rendimiento de ATP a partir de la  $\beta$ -oxidación es aproximadamente 10% más eficiente que a partir de la oxidación de acetato. Esto puede tener alguna significación en los animales rumiantes donde la oxidación del acetato es una importante fuente de energía, y la energía obtenida a partir de AG de cadena larga es relativamente pequeña. Por otra parte, en animales no rumiantes la glucosa es la fuente de energía más importante que el acetato. De hecho, la generación de ATP a partir de glucosa es 5% más eficiente que a partir de AG de cadena larga. De esta forma, los AG de cadena larga tienen mayor potencial para incrementar la eficiencia del metabolismo oxidativo en rumiantes que en no rumiantes (5).

En los animales rumiantes, el pH de la mitad proximal del duodeno se caracteriza por ser ácido, debido al bajo contenido de bicarbonatos en la secreción pancreática, que en contraste con los animales no rumiantes, además se distingue por ocurrir de manera continua. Aunque este pH bajo disminuye la solubilidad de los AG y sales biliares, puede ayudar a solubilizar AG saponificados con calcio, permitiendo una mayor absorción de AG y calcio, que no podría ser posible a un pH neutro o alcalino (36, 81). En los rumiantes, la solubilidad de los AG en un medio ácido se mejora por la alta relación taurina:glicina de los conjugados de las sales biliares y por la presencia de fosfatidil etanolamina, principalmente de origen microbiano, los cuales permanecen ionizados a un pH de 3 (47).

La digestión de los AG en el duodeno, se inicia con la disociación de ellos de las partículas de alimento por medio de la acción detergente de las sales biliares, en un medio relativamente ácido. En ausencia de la formación de mono-glicéridos, la lisolectina y el ácido oleico funcionan como sustancias anfipáticas que causan la formación de micelas solubles (42, 70). Por otra parte, se ha observado que la actividad lipolítica de la lipasa pancreática es suficiente, y no constituye un factor limitante en la digestión de triglicéridos que escapan del rumen (81).

Conforme aumenta el pH en el trayecto del intestino delgado, la parte proximal del intestino delgado permanece relativamente ácida; la actividad de la lipasa y fosfolipasa pancreática aumenta, mientras que el contenido de ácido oleico y lisolectina mejoran aún, el proceso de micelización y absorción de los AG (42, 70).

Generalmente, los rumiantes muestran una menor digestibilidad de los AG insaturados, en relación a los animales no rumiantes; mientras que en el caso de los AG saturados la situación es la opuesta (81). Aunque se ha observado que existe absorción de AG de cadena larga en el rumen, su importancia fisiológica en comparación con el grado de absorción que ocurre en el yeyuno, es muy limitada. A este respecto se ha identificado a la región intermedia y distal del yeyuno como el principal sitio de absorción de lípidos; no ocurriendo así en la porción proximal del yeyuno, debido al pH ácido existente (70).

Se ha observado que al introducir AG como el C18 y el C16 en el abomaso o duodeno, la absorción intestinal de ellos es muy eficiente (83-92%). La alta eficiencia en la absorción puede ser explicada, en parte, por el continuo paso al duodeno de pequeñas cantidades de alimento, lo que puede facilitar la incorporación de los AG en micelas y de aquí su absorción (70). Aunque en un principio se creía que la alta eficiencia de absorción era semejante para todos los AG, se ha encontrado que existe cierto grado de selectividad, en este orden: oleico> palmítico>esteárico (14, 70). En general es aceptado, para rumiantes y no rumiantes, que la eficiencia en la absorción de AG C16, C18 mejora con la introducción de una doble ligadura o con una reducción en la longitud de la cadena. Desgraciadamente la habilidad de los animales para absorber un AG en particular, se ve afectada por muchos factores, entre los que se encuentran las propiedades físicas y químicas de los componentes no grasos de la dieta, es así que no se puede generalizar, y la formulación de reglas rígidas debe ser tratada con cautela (70).

### c) Pared intestinal: síntesis de triglicéridos y lipoproteínas.

Una vez realizada la absorción de las micelas en las células del intestino, los AG son reesterificados, por la vía del \_glicerofosfato, siendo la glucosa el precursor del glicerol (70, 81). El transporte de los triglicéridos se inicia cuando pequeñas cantidades de mono y diglicéridos, fosfolípidos y colesterol se unen a apoproteínas y salen por la base y lados de la célula intestinal hacia la lámina propia y de aquí, a los conductos linfáticos o los vasos sanguí-

neos portales (70, 81). A diferencia de los animales no rumiantes, la concentración de lípidos en la linfa es muy constante y las fluctuaciones marcadas están ausentes (70).

Por su baja solubilidad en el agua los lípidos tienen que ser transportados en asociación a proteínas en el torrente sanguíneo, estos complejos son denominados lipoproteínas. Las lipoproteínas séricas tienen un núcleo de proteínas esféricas con lípidos neutros (triglicéridos y ésteres de colesterol), mientras que en la superficie existe una monocapa de colesterol asociado a apoproteínas (86). Las lipoproteínas se caracterizan según su densidad, al ser separadas por ultracentrifugación. En la medida que la lipoproteína disminuye de tamaño, la relación lípido - proteína también disminuye (86). Se ha observado que es baja la concentración de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), no obstante que sean el principal medio de transporte de triglicéridos en los rumiantes (75). A este respecto, al separar por ultracentrifugación la linfa del conducto torácico, se ha demostrado que un 73% de los lípidos presentes estaban asociados con VLDL y sólo un 27% a los quilomicrones. Así mismo, una proporción de los lípidos del plasma son transportados por lipoproteínas de alta densidad (HDL) (70). Por otra parte, los AG de menos de catorce carbonos entran directamente al torrente sanguíneo y son transportados en forma libre (70, 81).

#### d) Lipoproteínas en la síntesis láctea.

Aunque existen informes contradictorios sobre la síntesis de grasa de la leche (GL) realizados en diferente tipo de animal y con diferente alimentación, parece ser que son los quilomicrones y las VLDL los principales agentes transportadores de AG (75, 82). Aproximadamente un 50% de los AG son sintetizados *de novo* en la glándula mamaria; y de ellos, la sexta parte es a partir de  $\beta$ -hidroxibutirato, siendo la mayoría a partir del acetato (80). Por otra parte los AG C16 y C18 que constituyen la GL, se obtienen a partir de triglicéridos de la sangre por medio de la lipoprotein-lipasa, siendo hasta un 44% de la GL de origen directamente dietario (77).

### 3. Suplementación con grasas.

Dentro de los ingredientes disponibles para la alimentación animal, las grasas y los aceites tienen los valores más elevados de energía (59), y su inclusión en la dieta de rumiantes, en cantidades reducidas (4% o menos del alimento consumido), ha permitido aumentar la densidad energética de la dieta sin disminuir la digestibilidad del alimento y en algunos casos, inclusive aumentarla (31, 54, 76, 77, 81, 108). Sin embargo, existen muchos informes que indican que a cantidades mayores (5 a 8% o más) puede disminuir el consumo voluntario del alimento, causar cambios poco favorables en la digestión de fibra, producción de ácidos grasos volátiles (AGV), producción de amoníaco y metano, entre otros. Esta información es señal inequívoca de la perturbación del proceso básico de fermentación ruminal cuando se utilizan niveles elevados de grasa en el alimento (8, 20, 54, 76, 81, 108, 116).

Se postula que el efecto perjudicial de los AG en grandes cantidades, sobre las bacterias ruminales se refleja principalmente en la actividad celulolítica y metanogénica; y que puede aumentar en relación a la solubilidad del lípido (76). Una teoría que puede explicar el efecto de las grasas sobre la actividad microbiana hace referencia a la formación de una película que cubre a la fibra de los alimentos ingeridos, e impide el ataque microbiano. Otra teoría señala la posibilidad de una disminución de la actividad microbiana causada por un efecto activo en la pared bacteriana por parte de los AG, conduciendo en consecuencia, a una reducción en la digestibilidad de la fibra en el rumen (76, 81, 108).

Las interacciones de las grasas sobre la digestibilidad de la fibra se pueden reducir si existe una gran proporción de forraje en la dieta, ya que promueve la motilidad ruminal normal y la salivación con lo que se puede lograr una mejor biohidrogenación; además, puede existir un fenómeno de competencia entre las superficies de la fibra sumiñstrada y las membranas microbianas, como sitio de adsorción de los AG (8, 76).

En relación a la sensibilidad de los protozoarios hacia niveles elevados de grasa dietaria, se ha observado que el número de bacterias aumenta a expensas de la población de protozoarios, con lo que se piensa que los protozoarios son más afectados por los AG (81). Este efecto puede ser que tenga relevancia, ya que se ha observado que la defaunación ruminal ocasiona un aumento en la proteína digestible a nivel intestinal cuando el aporte de proteína dietaria es bajo (56).

Las consecuencias de la suplementación grasa no se limitan únicamente al medio ruminal, dado que la digestibilidad de los minerales como el calcio o el magnesio pueden ser modificadas por la presencia de cebo en forma de AG o en forma de jabón. Como explicación de este problema, se plantea que estos minerales reaccionan con los AG formando jabones insolubles (22, 23, 51).

La suplementación con grasas también tiene influencia sobre la síntesis láctea, como lo indican diferentes comunicaciones que señalan una disminución de la síntesis de novo de AG de cadena corta en la glándula mamaria (GM), al suplementar grasas (27, 77, 99, 105, 106, 107, 118, 119); en especial, el aceite de hígado de bacalao ocasiona, además del efecto mencionado, una inhibición de la lipoprotein-lipasa (75, 99), enzima clave para la captación de lípidos por parte de la GM. Considerando que la captación de AG de cadena larga inhibe la síntesis de novo de AG de cadena corta en la GM parece ser difícil aumentar la proporción de estos últimos en el contenido de GL.

Es así que la suplementación con grasas, queda limitada a pequeñas cantidades, dado que principalmente se presentan interacciones con las bacterias ruminales, lo cual puede causar la subutilización de la principal ventaja que tiene el rumiante: la conversión de alimentos fibrosos a energía.

#### 4. Suplementación con grasas protegidas.

Una opción para proporcionar energía y evitar efectos adversos sobre la digestión ruminal, es por medio de la protección de los lípidos; esto es, lograr que las grasas no tengan oportunidad de interactuar con las bacterias en el rumen y que al mismo tiempo, se logre una digestibilidad aceptable en el intestino. Sin embargo, la energía suministrada a través de la suplementación con grasas protegidas (SGP) puede modificar el metabolismo del animal en diferentes formas, y según lo revelan diferentes investigaciones, también es difícil de predecir con exactitud la naturaleza de la modificación. Es así que en algunas pruebas, no se ha demostrado claramente un incremento en el consumo de energía cuando se administra SGP a ovinos o bovinos de engorda (32, 33, 46, 108).

También en el caso de vacas lecheras existen resultados diversos, por ejemplo, con la administración restringida de SGP reemplazando parte del concentrado de vacas lecheras, se ha observado un incremento en el consumo de energía, pero cuando se ofrece *ad libitum*, el consumo de materia seca ha disminuido. (46, 76, 116). La explicación de este comportamiento puede estar dada por la cantidad de grasa protegida ofrecida, ya que con niveles conservadores de suplementación han conducido a poco cambio o a un incremento en el consumo de energía; mientras que una SGP elevada han resultado en disminución en el consumo de energía. Además es muy probable que los métodos usados para proteger la grasa sean imperfectos, dando pie a la posibilidad de interacción de AG no protegidos, manifestándose con más fuerza cuando se usan niveles altos de SGP (32, 33, 77, 81).

Administrando SGP a vacas lecheras, también se ha registrado un fenómeno de disminución en la síntesis de AG de cadena corta en la GM, similar al que produce la suplementación con grasas no protegidas; pero al mismo tiempo, ha sido consistente un aumento en el contenido de GL (27, 76, 77, 100, 108, 118, 119). Esta situación se explica por el incremento en la concentración de triglicéridos en la fase VLDL del plasma (77), lo que favorece la captación de AG de cadena larga por parte de la GM y aumenta la actividad de la lipoproteína-lipasa (28, 75). En este caso, la captación de AG de cadena larga supera la reducción en la síntesis de AG de cadena corta, explicándose entonces, el aumento de GL (116).

El éxito de la SGP depende principalmente, de la capacidad de la técnica utilizada para limitar la interacción de las grasas con los microorganismos del rumen, y aumentar la disponibilidad de grasa digestible a nivel intestinal. En la actualidad existen diferentes técnicas; la mayoría de estas, contempla un cambio en la solubilidad de los lípidos dietarios en el medio ruminal, característica que determina en gran medida la degradabilidad del sustrato (76). La disminución en la solubilidad de las grasas en el medio ruminal se puede lograr al ligar o envolver a la grasa en cuestión, con una sustancia proteica de baja solubilidad, como es la caseína, las proteínas de soya, sangre, algodón o girasol, entre otras (27, 32, 33, 46, 63, 100, 108, 116, 118).

Por otra parte, se ha observado que la adición de ciertos minerales contrarresta la depresión en la digestibilidad de la fibra causada por la adición de grasas al alimento de rumiantes (21, 22, 23, 41). En especial, se ha considerado la acción de cationes metálicos y alcalino térreos, resultando particularmente eficaz el calcio y el magnesio, capaces de conjugarse con los AG y formar AG saponificados o jabones de baja solubilidad en el medio ruminal y no afectar la digestibilidad de la fibra (50, 51, 53, 81). Sin embargo, varios factores pueden limitar la formación del jabón en el rumen cuando la grasa y los minerales se administran en forma separada. Estos incluyen el tipo y cantidad de suplemento mineral, tipo de grasa, pH ruminal y tasa de recambio ruminal de sólidos (51).

Una solución a este problema es la administración de jabones preformados en la ración. Este tipo de AG ligado a un catión no debe disociarse en el rumen, y lo debe hacer a nivel abomasal, de tal forma que los AG sean disponibles para su absorción en el yeyuno (51).

El jaboncillo, como subproducto de la refinación de aceites comestibles para consumo humano, es de hecho un AG ligado a un ion de sodio y aunque el sodio es un catión alcalino térreo, sus jabones son altamente solubles en agua, lo que ocasiona que los AG puedan afectar adversamente la fermentación ruminal. Este efecto puede ser eliminado si se reemplaza el catión de sodio por algún otro, como el calcio, dado que su jabón es menos soluble a un pH de 6.1 (51).

La utilización de AG saponificados tiene la ventaja de que este compuesto puede disociarse en un medio ácido, con lo que se ioniza a nivel abomaso-duodenal y hacer disponibles los AG para su digestión en el yeyuno. Otra ventaja que tienen los jabones de calcio es la forma sólida de administración, ya que permite una aplicación sencilla y un mezclado uniforme en el concentrado además de eliminar el peligro de enranciamiento (51).

La obtención de AG saponificados insolubles en el rumen a partir del jaboncillo industrial, puede representar otra alternativa para el aprovechamiento de este subproducto en la alimentación de rumiantes durante periodos energéticamente críticos.

## HIPÓTESIS

\* La digestibilidad in vitro de la fibra del alimento con la adición de ácidos grasos saponificados con calcio (AGS) es mejor a la del alimento adicionado con jabón de sodio.

\* La adición de AGS a la dieta de ovejas Pelibuey en lactancia aumenta la cantidad y contenido de grasa y proteína de leche producida, en comparación con ovejas sin AGS.

\* La complementación con AGS a las ovejas Pelibuey en lactancia tiene un efecto positivo sobre la ganancia de peso de las ovejas y sus corderos durante la lactancia, en comparación con ovejas Pelibuey no tratadas.

\* La adición de AGS en la dieta de ovejas Pelibuey en lactancia, representa un beneficio económico, en comparación con ovejas sin AGS, considerando el consumo de alimento y la actividad productiva.

## OBJETIVOS

- \* Evaluar la digestibilidad in vitro de la fibra y el efecto de la adición de Jaboncillo sólo y en combinaciones con iones de calcio.
- \* Evaluar el efecto en una prueba biológica, del mejor tratamiento con AGS que haya surgido de la prueba in vitro, considerando la producción láctea, la cantidad de alimento suministrado, rechazado, peso de las ovejas Pelibuey y sus crías durante la lactancia.
- \* Evaluar el efecto de los AGS sobre el contenido de proteína y grasa de la leche; calcio y extracto etéreo presente en las heces de las ovejas Pelibuey.
- \* Realizar la evaluación económica de la complementación con AGS para ovinos Pelibuey
- \* Determinar el nivel recomendable de AGS.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### A. Prueba in vitro

Se realizó en el departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M. Se utilizaron cinco tratamientos (T) con seis repeticiones. Los tratamientos tuvieron una base de heno de avena y grano de sorgo (70/30) conteniendo además: G1) 10% de aceite vegetal, G2) 10% de jaboncillo, G3) 10% jaboncillo + 3% hidróxido de calcio (en forma de AGS), G4) 10% de jaboncillo + 6% hidróxido de calcio (en forma de AGS), y G5) control, sólo heno de avena y grano de sorgo.

Para la obtención de la digestibilidad de la fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) de los tratamientos se efectuó una primera determinación de la fibra según Van Soest (112), después se sometió a una digestibilidad in vitro según Tilley y Terry (109), al remanente se volvió a determinar el contenido de FAD. La diferencia entre los valores de las dos determinaciones de FAD y FND se contabilizó como la porción digestible in vitro de la FAD y FND, respectivamente.

Se utilizó la FAD digestible como parámetro indicativo de la digestibilidad de la fibra. El tratamiento con AGS que presentó menor diferencia en relación al grupo testigo en el contenido de FAD digestible, se utilizó en la prueba B.

Para el análisis estadístico se usó un análisis de Varianza para un diseño completamente aleatorizado para un factor donde la variable dependiente fue la fibra ácido detergente digerida y la independiente, los tratamientos mencionados; se realizó el análisis de Varianza, y para determinar la diferencia entre medias se usó una prueba de Tukey, los procedimientos se efectuaron de acuerdo a lo indicado por Steel y Torrie (104). El nivel alfa se fijó a 0.05. El modelo utilizado fue:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:  $y$ = FAD digerida;  $\mu$ = promedio de la población;  $\tau_i$ = efecto del tratamiento;  $\varepsilon_{ij}$ = residual aleatorio asumiendo una distribución normal e independiente,  $i$ = i-ésimo tratamiento,  $j$ = j-ésima observación.

## B. Prueba biológica

Se efectuó de noviembre de 1991 a enero de 1992 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión de la Agricultura y Ganadería, sitio que se caracteriza por presentar un clima Cw<sub>1</sub> (39), una precipitación media anual de 650 mm, temperatura promedio anual de 15°C y localizado a 2200 m.s.n.m. en el Municipio de Chalco, Estado de México.

Se usaron 20 ovejas, de características similares (peso, 44.1 Kg y número de parto, 3.5), y de raza Peli-buey, que estaban en el último tercio de gestación formándose cuatro grupos de cinco ovejas por tratamiento. Los machos utilizados para gestar a las ovejas fueron de la raza Suffolk. Cada grupo de ovejas se alojó en corrales colectivos con comederos de canoa, saladeros y bebederos de pileta suficientes. A cada grupo de animales se le proporcionó un nivel de complementación con AGS mezclados en el alimento concentrado, según fue el tratamiento: grupo T1, 0 g de AGS; grupo T2, 80g de AGS; grupo T3, 160 g de AGS y grupo T4 con 240 g de AGS por cabeza por día. El AGS que se usó en la dieta se fabricó de acuerdo a la metodología descrita por Palmquist y Jenkins (50, 51).

La asignación de los tratamientos se efectuó por medio de números aleatorios. El registro de identificación y pesaje de la oveja y crías se realizó a las 12 horas después del parto.

La alimentación fue con alfalfa fresca y ensilado de maíz a libre acceso en proporción 1:1; además de 700 g de una mezcla compuesta, en base húmeda de: grano de trigo molido, 35%; pollinaza, 30%; melaza, 13%; grano de sorgo molido, 10%; heno de avena molido, 10%; harina de carne, 1% y micro mezcla mineral, 1%, (cuadro 1). Los niveles de AGS se mezclaron con este concentrado base según cada tratamiento. La calidad del alimento se evaluó por medio de análisis químico proximal (3), verificándose el contenido de nutrimentos necesarios para satisfacer las necesidades de los animales (71), cuadro 2.

El alimento se ofreció una vez al día, se pesó el ofrecido y rechazado para determinar el consumo del mismo por cada grupo de tratamiento, y se ajustó de manera que existiera durante la prueba aproximadamente 10% de rechazo. 14 días antes de la fecha de parto prevista, se inició la adaptación al alimento de cada tratamiento, de tal forma que al iniciar la lactación el animal estuvo adaptado.

La producción láctea se estimó cada 10 días, de los 10 a los 60 días, por medio de una técnica indirecta; se separaron las madres de sus crías durante el día (12 horas), y sólo se permitió que los corderos permanecieran con sus madres en tres periodos de una hora cada uno. Antes de reunir a las crías con sus madres, se pesaron las crías; este mismo proceder se aplicó cuando se retiraron. La suma de las diferencias de peso de las crías al inicio y término de cada periodo de una hora se consideró un estimado de la producción láctea

de las ovejas. El peso de las madres y de los corderos se midió cada 10 días por la mañana, desde el día de parto y hasta los 60 días de lactancia por medio de una báscula con capacidad de 250 Kg. El periodo de prueba se dio por concluido cuando se alcanzó una edad de los corderos de 60 días.

Las variables dependientes fueron: producción láctea, peso de las crías y peso de las ovejas durante la lactancia por cada periodo de 10 días, desde el día 10 hasta el 60, en tanto que la variable independiente fue la cantidad de AGS administrada en el alimento.

Se determinó no incluir como variables en el modelo el número de parto, el número de crías nacidas, el peso de las crías al nacimiento y el sexo de la cría ya que no existió diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los grupos asignados para el promedio o su Varianza (cuadro 3), de acuerdo a el análisis de Varianza y prueba de Bartlett realizados (67).

Para el análisis estadístico del peso de las ovejas, peso de las crías y la estimación de producción láctea, se utilizó un análisis de Varianza multivariado y se empleó la Lambda de Wilks como estadístico de prueba (52); cuando se observó diferencia significativa en el análisis, se usó la prueba de Bounferroni (52) para determinar los intervalos de confianza para la media de los grupos de tratamiento. Se utilizó el modelo siguiente:

$$Y_{ijr} = \mu + \tau_{ir} + \epsilon_{ijr}$$

donde:  $y$ = variables dependientes presentadas;  $\mu$ = promedio de la población;  $\tau_{ir}$ = efecto del tratamiento;  $\epsilon_{ijr}$ = residual aleatorio asumiendo una distribución normal e independiente,  $i$ =  $i$ -ésimo tratamiento,  $j$ =  $j$ -ésima observación,  $r$ =  $r$ -ésimo periodo de observación.

En todos los casos el nivel alfa se fijó a 0.05. Los procedimientos fueron realizados mediante la rutina GLM del paquete S.A.S. (93).

También se midió el contenido de grasa y proteína en la leche, cantidad de lípidos y calcio excretados en las heces. Se obtuvieron 100 g de leche de las ovejas cada 10 días, almacenándose en recipientes de plástico, sometiéndose a refrigeración para evitar su alteración. De cada grupo y fecha de medición, se realizó una homogeneización de las muestras y se procedió a obtener una alícuota de 100 g que se analizó de acuerdo al AOAC (3), para determinar el contenido de grasa y proteína.

Cada 10 días se obtuvo una muestra de heces de las ovejas por medio de bolsas colectoras de lona (95), las muestras de cada grupo y día de muestreo se homogeneizaron y se obtuvo una alícuota de 50 g para determinar el contenido de calcio y lípidos excretados (3). En el caso de las mediciones realizadas en heces, se usó como covariable el nivel de calcio o grasa en el alimento según correspondiera, sin resultar significativa.

Para el análisis de consumo de alimento; niveles de calcio, grasa y proteína, en leche o en heces, se usó un análisis de Varianza de bloques al azar, utilizando como bloque los días de lactancia cuando se realizó la medición (cada 5 para el consumo de alimento y 10 días para calcio, grasa y proteína) y como tratamiento, los niveles de AGS administrados en el alimento de las ovejas. Para determinar la diferencia entre las medias observadas se utilizó la prueba de Tukey (67). El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:  $y$  = variables dependientes presentadas;  $\mu$  = promedio de la población;  $\tau_i$  = efecto del tratamiento;  $B_j$  = efecto del bloque;  $\varepsilon_{ij}$  = residual aleatorio asumiendo una distribución normal e independiente,  $i$  =  $i$ -ésimo tratamiento,  $j$  =  $j$ -ésimo bloque.

Para determinar la relación entre el consumo de alimento de las ovejas y el peso de las crías, se efectuó un análisis de correlación, donde los pares ordenados correspondieron a la medición a intervalos de 10 días durante la lactancia, del consumo de alimento en cada grupo de ovejas y el peso de los corderos correspondientes.

Cuando los grupos de tratamiento mostraron una Varianza elevada en el contenido de calcio en heces de acuerdo a la prueba de Bartlett (67), los valores involucrados fueron transformados a escala logarítmica antes del análisis estadístico, esto resultó en una distribución más simétrica de los datos, lo que significó una conformación más cercana a los supuestos relativos a las pruebas estadísticas. En todos los casos el nivel alfa se fijó a 0.05. Los procedimientos fueron realizados mediante los paquetes S.A.S. (93) y Statgraphics (103).

Cuadro 1. Características y contenido de nutrimentos de las materias primas utilizadas para elaborar las dietas de ovejas Pelibuey en lactancia.

Materia Prima	Precio N\$/Kg	Materia	Energía	Proteína	Extracto	Calcio %	Fósforo %
		Seca %	Metabolizable Mcal./Kg.	Cruda %	Etéreo %		
grano de trigo molido	0.35	88	3.2	13.5	2.0	0.04	0.42
grano de sorgo molido	0.38	87	3.0	8.5	3.4	0.04	0.34
pollinaza cerrida	0.08	86	1.8	23.2	2.3	3.62	1.28
melaza de caña	0.24	72	2.5	3.1	0.0	1.00	0.11
heno de avena molido	0.18	90	1.8	9.4	4.2	0.08	0.48
harina de carne	1.23	94	2.5	54.8	9.7	9.44	0.28
micro minerales	2.20	95	0.0	0.0	0.0	9.00	8.00
alfalfa verde	0.05	30	2.0	15.0	4.9	2.19	0.31
maíz ensilado	0.02	25	2.2	8.3	5.5	1.08	0.32
AGS	2.00	92	6.0	0.0	86.0	7.50	0.00

Cuadro 2. Necesidades y contenido calculado de nutrimentos de las dietas, en los diferentes niveles de complementación con AGS, a borregas Pelibuey en lactancia, datos en base seca.

	Unidad	Grupos de Tratamiento				
		Necesidad	0g	80g	160g	240g
			T1	T2	T3	T4
Energía Metabolizable	Mcal/Kg	2.2	2.19	2.32	2.44	2.55
Proteína Cruda	%	13.4	13.46	12.94	12.45	12.13
Calcio	%	0.47	1.02	1.25	1.46	1.66
Fósforo	%	0.26	0.43	0.42	0.40	0.39

Cuadro 3. Características de las ovejas Pelibuey al inicio de la lactancia, según la asignación de tratamientos \*.

Grupo	número de crías nacidas		peso de las crías nacidas		número de hembras nacidas		número de parto de la hembra	
	Prom.	s <sup>2</sup>	Prom.	s <sup>2</sup>	Prom.	s <sup>2</sup>	Prom.	s <sup>2</sup>
T1	1.4	0.3	4.68	1.24	0.57	0.29	3.4	0.8
T2	1.4	0.3	4.11	1.66	0.33	0.27	2.8	1.2
T3	1.6	0.3	4.46	1.7	0.57	0.29	3.4	0.3
T4	1.6	0.3	3.83	1.12	0.5	0.29	4.4	2.3
Promedio	1.5		4.27		.49		3.5	

\* diferencias no significativas (P>0.05)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Prueba A.

La diferencia entre los valores de las dos determinaciones de FAD antes y después de digerir, en los grupos de tratamiento fue significativa, ( $P < 0.01$ ). En el cuadro 4 se muestra el resultado del análisis de Varianza y en el cuadro 5 el resultado de la prueba de Tukey para establecer la diferencia entre las medias de los grupos, siendo el tratamiento con 6% de hidróxido de calcio (grupo G4), donde se observó mayor similitud en la FAD digerida (14.36 g/100g), en relación al grupo G5 (15.24 g/100g), gráfica 1. La mayor disminución en la digestibilidad de la fibra se observó en el G1, mientras que los grupos G2 y G3 no fueron distintos entre sí, pero difirieron del, G5 ( $P < 0.01$ ).

Los valores elevados de FND digerida en los grupos G2 y G3 en relación al G5 se atribuyen a que las sales de calcio saponificadas son solubles en detergente neutro, de manera que los valores de FND no representan un indicador confiable de la digestibilidad de la fibra (30).

En el grupo G3, los ácidos grasos insolubles representaron el 85.4% del peso del saponificado de calcio, de acuerdo a la recuperación en agua, y 85% en solución amortiguada a pH 4, lo cual indica un aceptable nivel de saponificación. El nivel de saponificación alcanzado fue posiblemente modificado por el contenido de ácidos grasos oxidados polimerizados, sustancias que no pueden ser saponificadas, así como impurezas residuales, como carbohidratos halogenados; si se tratara de grasas de origen animal, se debe considerar también el contenido de colesterol entre otras sustancias (76).

Al igual que en otros trabajos (50, 51, 76, 77, 79), la adición de aceite vegetal o sales esterificadas de sodio, disminuyó la digestibilidad de la fibra ( $P < 0.01$ ), debido a su solubilidad en condiciones similares al medio ruminal y la presentación del "efecto asociativo" (51). Teóricamente, este efecto se basa en que la superficie de la fibra es hidrofílica y los microorganismos se encuentran en un medio acuoso, de tal manera que la digestibilidad de la fibra es alta. Cuando se añaden AG, se ocasiona que las partículas de fibra queden cubiertas por los AG, y entonces la superficie se vuelve hidrofóbica. Esto a su vez, reduce el ángulo de contacto entre los microorganismos y la superficie de exposición de la fibra, lo que conlleva a la depresión en la digestibilidad. El grado de disminución en la digestibilidad depende entonces, de la cantidad de AG y fibra presentes en el medio, puesto que se tiene una mayor dispersión de los AG sobre la fibra (24).

Como se muestra en la gráfica 1, la digestibilidad de la FAD para los grupos G1, G2, G3, G4 y G5 fue de 41, 52, 50 53, 55 por ciento respectivamente, lo que demuestra la superioridad del efecto del jabón de calcio sobre la digestión de la fibra en comparación con el jabón de sodio o la adición de aceite vegetal. Este resultado es similar al obtenido en vacas en lactancia alimentadas con mezcla de concentrado, heno de alfalfa y

ensilado de maíz en una proporción de 41:41:18 y un nivel de suplementación de 13.6% de AG añadidos como jabón de calcio, donde la digestibilidad aparente para la FAD en el nivel control fue de 54.9% y en el nivel suplementado 59%, sin existir diferencias significativas (78).

El nivel de saponificación logrado en el G3 en relación a la digestibilidad de la FAD obtenida indican que se previno en forma eficaz el "efecto asociativo", en donde los AG juegan un papel al inhibir la actividad celolítica sobre algunas bacterias (76).

Aunque se supone que los AGS son inertes en el medio ruminal (78), investigaciones recientes demuestran que los jabones de AG poli insaturados no son protegidos completamente de los procesos de biohidrogenación ruminal (34).

En relación a los AG, se ha identificado un cierto nivel catabólico en el rumen. Se plantea que el fenómeno es producido por bacterias asociadas a la pared ruminal o por células de la pared ruminal, dado que los microorganismos anaeróbicos no son capaces de degradar los AG (34, 78). La importancia del hallazgo sobre la digestibilidad de la fibra es desconocido, pero sí es relevante el efecto sobre la digestibilidad de los AG suplementados, dado que esta condición no se encuentra con niveles bajos de grasa en la dieta de bovinos (34). Con el procedimiento utilizado en este estudio no fue posible evaluar esta situación.

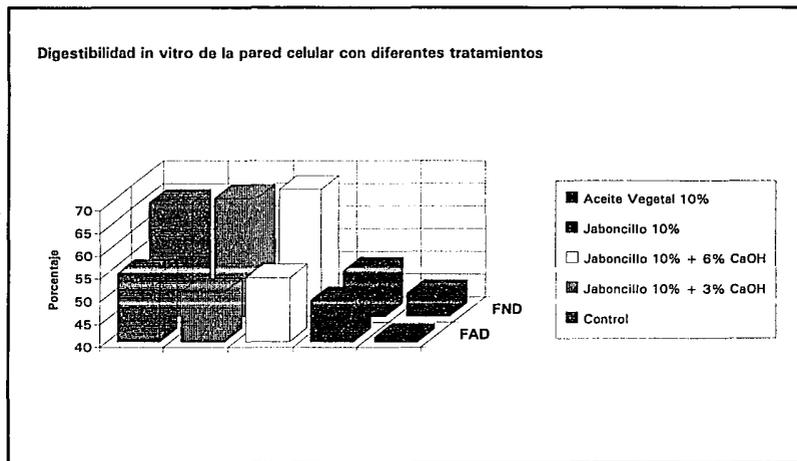
Cuadro 4. Análisis de Varianza para la FAD digerida *in vitro* de acuerdo a la adición de diferentes compuestos grasos.

Fuente	gl.	Cuadrado Medio	F
Entre grupos	4	15.05	88.53 **
Dentro de grupos	25	0.17	
Total	29		** (P<0.01)

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos con diferentes compuestos grasos sobre la FAD digerida *in vitro* g/100 g

Grupo	Tratamiento	n	Promedio FAD digerida	Desviación Estándar
G1	10% Aceite Vegetal	6	11.24 a	0.292
G2	10% Jaboncillo	6	12.36 b	0.121
G3	10% Jaboncillo 3% Ca OH	6	13.12 b	0.100
G4	10% Jaboncillo 6% Ca OH	6	14.36 c	0.102
G5	Control	6	15.24 c	0.160

\* Tratamientos con distinta literal, son diferentes (P<0.01).



Gráfica 1. Efecto del tratamiento con diferentes compuestos grasos sobre la cantidad de FAD y FND digerida *in vitro*, promedio porcentual por tratamiento.

## Prueba B.

De acuerdo a los resultados del experimento A, se utilizó el tratamiento con 10% de jaboncillo y 6% de Ca OH en forma saponificada para realizar la prueba de alimentación a ovejas durante la lactancia.

### Efecto de sobre el consumo de alimento

En el alimento rechazado durante la lactancia, principalmente se encontraron residuos de tallos del forraje ofrecido; sólo en los primeros días después del parto se localizaron residuos de alimento concentrado, exclusivamente en los grupos T3 y T4. Los animales pudieron seleccionar las porciones más apetecibles del forraje, debido a que se permitió un 10% de rechazo diario. Al contar con alimento de buena calidad nutritiva, no existió restricción sobre la producción de leche a este respecto (74).

El consumo de alimento fue modificado por la complementación ofrecida de acuerdo al análisis de Varianza efectuado. Se observaron diferencias entre los grupos de tratamiento, salvo el grupo de 80 g de AGS (5.83 Kg de alimento en BH/día), que resultó ser similar al grupo control (6.03 Kg BH/día), y al grupo de 160 g (5.67 Kg BH/día); (Cuadro 6, Gráfica 2). El mayor nivel de consumo se registró en el grupo T1, en comparación con los niveles complementados con AGS, que contenían una mayor densidad energética. En el grupo T4 con 240 g de AGS (4.97 Kg BH/día), se observó una depresión en el consumo de alimento a causa de la suplementación; esta misma situación se ha encontrado al compilar datos de varios estudios realizados con vacas lactantes donde es evidente el efecto a medida que los animales consumen mayores cantidades de materia seca (19). A pesar del menor consumo en el grupo T4, los animales consumieron la totalidad del concentrado ofrecido, observándose una reducción en la ingestión del forraje ensilado principalmente.

Si bien todavía es poco comprendido qué es lo que controla el consumo de alimento en los rumiantes, debido a que es un mecanismo extremadamente complejo y muy variable entre individuos, existe el concepto clásico de control múltiple, donde intervienen factores físicos que limitan la ingestión de forrajes por ejemplo; y factores fisiológicos o químicos, que condicionan el consumo de dietas con alto contenido de granos; en donde seguramente participan factores como la concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen, la osmolaridad del medio ruminal o diferentes hormonas como la insulina o el glucagón, entre otras. Aunque la energía en el alimento per se no limita el consumo, algunos componentes del alimento que contienen energía o metabolitos de ellos pueden constituirse en señales de saciedad (18). Este tipo de interacción, probablemente determinó el consumo voluntario de las ovejas en este experimento, no obstante existir preferencias por el alimento concentrado con AGS sobre el forraje ofrecido, lo que puede significar que a pesar que los AGS son inertes en el medio ruminal, indirectamente modifican el patrón de fermentación al existir una menor

cantidad de energía fermentable, y por otra parte condicionaron el consumo por algún mecanismo hormonal parecido al de no rumiantes (18).

Tampoco se debe descartar que algunos AG no saponificados presentes en la suplementación de alimento, probablemente tuvieron una participación en el medio ruminal, disminuyendo la producción de metano. Al respecto, Sommer (97) encontró que la producción de metano disminuye aún con cantidades tan pequeñas como 1% de grasa en la dieta.

La forma más fácil para que la oveja satisfaga las demandas de nutrimentos durante la lactación es manteniendo un consumo de alimento elevado (74). Al obtener la correlación entre el consumo de alimento de las ovejas y el peso de los corderos durante la lactancia se observó una elevada relación positiva dentro de cada grupo de tratamiento; para el grupo T1 una  $r=0.85$ , para T2,  $r=0.97$ ; para T3,  $r=0.90$  y en T4  $r=0.97$ . En general parece que las cantidades de alimento brindadas fueron suficientes para equilibrar las necesidades de nutrimentos.

En el grupo T4, se obtuvo el menor consumo de alimento, pero el peso promedio al destete de los corderos (18.5 Kg) y el sostenimiento del peso de la oveja durante la lactancia, indican que la inclusión de AGS provocó ahorros energéticos, tanto en la fermentación del alimento como en la partición de la energía para el mantenimiento y la producción, al no contribuir a la pérdida de energía por fermentación ruminal, proporcionando AG preformados para la lactogénesis y hacer innecesaria la clásica movilización de reservas corporales en la hembra recién parida.

El consumo de alimento en el grupo T3 fue mayor que en el T4, se conservó el peso de la oveja durante la lactancia y el peso promedio al destete de los corderos fue mayor (20.4 Kg); este comportamiento puede ser explicado por un ahorro energético, de manera similar al grupo T4, pero por la cantidad de AGS administrados la disparidad en el peso de los corderos entre estos grupos, puede ser descrita por la discrepancia en el consumo de alimento o por posibles diferencias en la digestibilidad de AGS o la capacidad de absorción, como es sugerido por los valores de calcio y grasa encontrados en las heces.

El consumo de alimento en el T2 representa un punto intermedio entre los T1 y T3 pues rindió un valor semejante a ambos grupos, ocurriendo lo mismo con el peso de los corderos al finalizar la prueba, a pesar de ser diferentes en mediciones anteriores. Sin embargo, la tendencia en el consumo de alimento de este grupo tendió a disminuir su magnitud hacia el final de la lactancia, en comparación con los grupos T1 y T3. Con el grupo T4, este comportamiento fue muy similar, aunque en este grupo es comprensible, ya que la cantidad de AGS ingerida era 300% superior al grupo T2.

Puesto que el aporte de proteína, y en especial de aminoácidos en el alimento para la lactogénesis, no fue proporcional a la energía ingerida, los niveles de proteína observados en la leche, probablemente no fueron fruto de un ahorro energético. Aún cuando la cantidad adicional de grasa observada en la leche, puede deberse a una mejor eficiencia en la producción láctea al aportarse ácidos grasos preformados. Una explicación puede ser la relación encontrada por Cant (10), quien examinó las diferencias arterio venosas en la glándula mamaria (GM) de vacas, con el fin de determinar los mecanismos que originan el cambio en la composición de la leche al incluir grasas en el alimento; encontrando que el aumento en el aporte energético a la GM, a causa de la alteración de las concentraciones de acetato y triglicéridos, estuvo implicado en la disminución de la tasa de flujo sanguíneo en la GM. Esta reducción en el flujo sanguíneo en la GM puede comprometer el aporte de otros nutrimentos a la GM y ocasionar disminución en los niveles presentes en la leche.

En general los ligeros aumentos en los componentes de la leche, junto con el mantenimiento del peso de las ovejas y los diferentes consumos de alimento, concuerdan con un efecto de los AGS, pero no fue posible determinar la partición energética de este compuesto, principalmente en deposición en tejidos, excreción en la leche o eficiencia en la utilización del alimento para el mantenimiento.

Posiblemente la capacidad de este tipo de ovejas para aprovechar los AGS se encuentre alrededor de los 160 g pero el aumento en la necesidad de otros nutrimentos también debe ser considerado.

Cuadro 6. Análisis de Varianza, para el consumo de alimento fresco por grupo de ovejas complementados con varios niveles de AGS en el alimento durante la lactancia, en Kg por grupo por día.

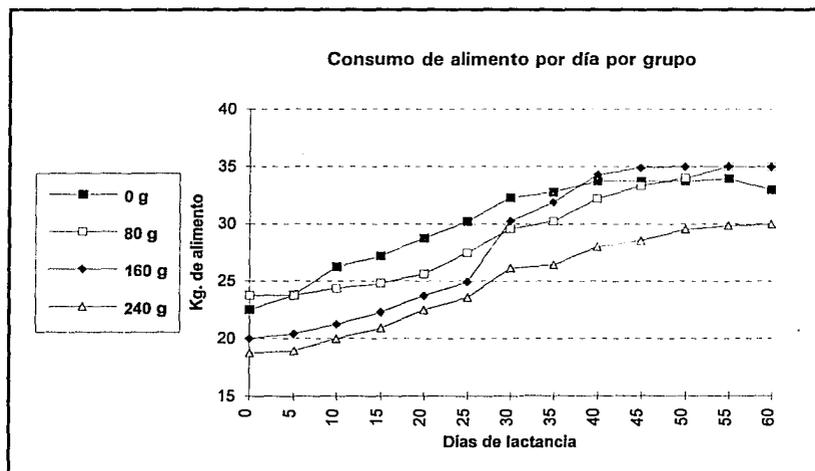
Fuente de variación		gl	CM	F
Tratamiento (nivel de AGS)		3	69.01	37.71 **
Bloque (días de lactancia)		12	88.87	48.56
Error		36	1.83	
Total		51		

\*\* (P<0.01)

Grupo	Nivel de AGS	n	Promedio	Varianza
T1	0 g	13	30.15 a**	16.48
T2	80 g	13	29.17 ab**	19.61
T3	160 g	13	28.39 bc**	40.01
T4	240 g	13	24.86 d**	18.26

La media de los tratamientos con distinta literal son diferentes \*\* (P<0.01)



2. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre el consumo de alimento por grupo de ovejas durante la lactancia.

## Efecto sobre el peso de las ovejas

El efecto de la complementación con los niveles de AGS establecidos sobre el peso corporal de las ovejas durante el periodo de prueba no fue diferente del nivel control, de acuerdo al análisis multivariado (Cuadro 7, Gráfica 3). Sin embargo, se observaron algunas tendencias que se describen a continuación: en el T4 se mantuvo el peso corporal, y en el T3 hubo un aumento ligero de 0.02 Kg por animal por día, del día 30 al 60 de la lactancia, en cambio, el T1 y el T2 tendió a disminuir el peso hasta los 30 días de lactancia a una tasa de -0.04 Kg por animal por día para recuperarse después, presentando al final de la prueba un valor similar de peso corporal que al inicio del experimento.

Las necesidades especificadas en el N.R.C. (71), señalan la pérdida aproximada de 0.02 a 0.06 Kg por animal por día durante las primeras ocho semanas de lactación; según se trate de amamantamiento simple o gemelar, respectivamente. Las pérdidas de peso que se observaron aunque no fueron tan fuertes como las indicadas en el N.R.C., si fueron consistentes hasta el tiempo en que debió alcanzarse el pico de lactación (74), y aproximadamente a partir de este momento se manifestó un aumento de peso, sobre todo en los grupos suplementados. Esto es posiblemente debido a que las cantidades crecientes de alimento consumido fueron destinadas a la deposición tisular una vez satisfecha la necesidad de la lactogénesis.

Este comportamiento es soportado por una investigación realizada con vacas Holstein en lactancia, donde a los animales se les brindó un nivel de energía metabolizable 15% inferior a la necesidad durante cuatro semanas, produciendo una depresión en la movilización de energía metabolizable tisular y reduciendo la cantidad de energía en la leche en 9%; aproximadamente la mitad del déficit energético para la producción de leche fue suplido por movilización tisular. En tanto, a otro grupo de animales se le ofreció 11% adicional a las necesidades de energía metabolizable; el principal efecto obtenido fue la deposición del 94% del exceso de energía como tejidos corporales y únicamente el seis por ciento reapareció como energía en la leche (54).

Las diferencias encontradas en el presente estudio, aunque no significativas, pueden atribuirse a un efecto de los AGS sobre la eficiencia en la utilización de la energía metabolizable para la ganancia de peso y producción láctea, teniendo en cuenta una superior pérdida fermentativa con las dietas sin, o con menor cantidad de AGS, en comparación con los niveles de 160 g y 240g (26); aunque en este último tratamiento, pudiera haberse esperado un incremento en el peso corporal, pero la densidad energética del alimento quizá limitó la ingestión provocando un resultado modesto (18).

Respecto de los resultados obtenidos, es necesario considerar que los animales estuvieron confinados en un área pequeña, así el gasto energético para el mantenimiento y en consecuencia las pérdidas de peso se mantuvieron en un nivel mínimo.

Resulta importante señalar que el comportamiento del grupo T1, eventualmente fue provocado por la capacidad de las ovejas utilizadas para consumir una mayor cantidad de alimento; en forma tal, que una gran proporción de las necesidades de lactancia fueron cubiertas sin tener que disponer de las reservas corporales. La calidad del alimento ofrecido debió ser determinante, sobre todo por la disponibilidad a libre acceso de alfalfa fresca.

Este resultado es similar al obtenido por West (115), donde el tratamiento con sales de calcio no alteró el peso corporal pero sí modificó la cantidad de grasa en la leche de vacas Jersey. En cambio, Hermansen observó una tendencia hacia el incremento en la ganancia de peso, junto con un aumento en la cantidad de grasa en la leche de vacas Danesas Blancas y Negras (43).

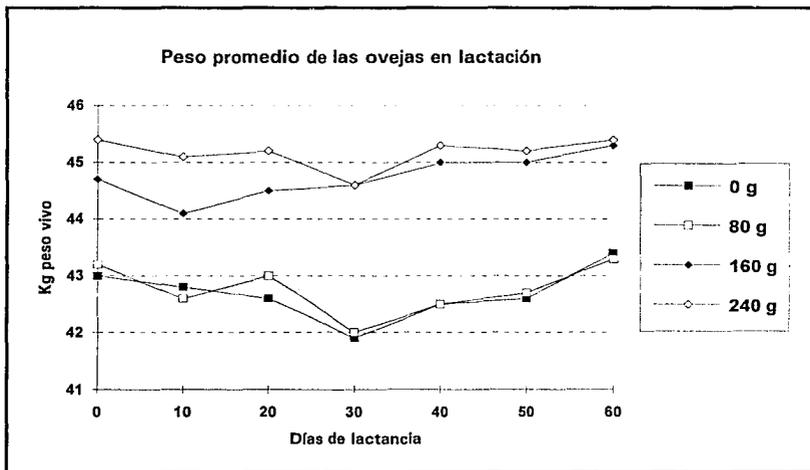
Por otra parte Sklan, trabajando con ovejas de raza Asaff, logró un aumento de peso después de 90 días de ordeño mecánico, acompañado de un incremento en la producción láctea y de los sólidos totales de la leche (102).

Desde el punto de vista energético, la producción de leche es un proceso más eficiente que el incremento en la deposición de tejido en el cuerpo (94). Al mantener el peso de las ovejas durante la lactancia se podría favorecer la eficiencia productiva, al existir teóricamente una mayor cantidad de energía disponible.

Cuadro 7. Efecto de la complementación alimenticia con ácidos grasos saponificados sobre el peso corporal de ovejas Pelibuey durante la lactancia \*.

días de lactancia	Niveles de ácidos grasos saponificados			
	T1	T2	T3	T4
	0 g	80 g	160 g	240 g
	peso de las ovejas Kg			
0	43.0	43.2	44.7	45.4
10	42.8	42.6	44.1	45.1
20	42.6	43.0	44.5	45.2
30	41.9	42.0	44.6	44.6
40	42.5	42.5	45.0	45.3
50	42.6	42.7	45.0	45.2
60	43.4	43.3	45.3	45.4

\* diferencias no significativas (P>0.05)



Gráfica 3. Efecto de los niveles de complementación con ácidos grasos saponificados sobre el peso corporal de las ovejas durante la lactancia, promedio por grupo de tratamiento.

## Efecto sobre la estimación de la producción de leche

La medición efectuada sobre los corderos para estimar la producción de leche de las ovejas, resultó no ser influenciada por los tratamientos aplicados, según mostró el análisis multivariado (Cuadro 8, Gráfica 4); pero se observaron algunas fluctuaciones, sobre todo en los tratamientos T1 y T2 donde a los 30 días disminuye la producción, al tiempo que en el T3 se mantiene y disminuye hasta los 40 días, en cambio en el T4 existe una caída a los 40 días, pero se recupera hacia los 50 días y disminuye otra vez a los 60 días. La producción de leche promedio global fue de 0.25, 0.26, 0.30, 0.33 Kg. por oveja por día, del tratamiento T1 al T4, respectivamente.

Al respecto, Sklan reporta que la cantidad de leche producida en ordeño mecánico con borregas de raza Asaff, aumenta con la adición de ácidos grasos saponificados de calcio ofrecidos en proporción de 5.6% del alimento ofrecido *ad libitum*, siendo el consumo promedio por oveja por día de 2.74 Kg de materia seca. (102). El periodo evaluado fue del día tres y hasta el noventa pos parto produciendo el grupo tratado 0.23 Kg/día/oveja de leche más que el grupo control (1.36 Kg), este efecto fue más marcado en los primeros días de la lactancia (102).

Por el contrario, trabajos realizados con vacas Danesas o Jersey a partir del día 72 de lactancia, no indican un efecto positivo en la producción de leche, aunque sí un incremento en el consumo de energía al substituir 2 Kg de cebada rolada por 500 a 1000 g de jabón de calcio y ensilado *ad libitum* (44)

Tampoco ha existido respuesta al compararse dietas isoenergéticas e isoprotéicas con la adición de 510 g de jabón de calcio o semillas de algodón completas como fuentes de grasas protegidas (101). Con cantidades moderadas de AGS, de 0.35 a 0.45 Kg por vaca por día a partir del día 95 de lactancia no se encontró respuesta en vacas Jersey o Holstein (96).

En condiciones de clima tropical, un grupo experimental de ovejas Pelibuey logró una producción láctea promedio de 1.44, 1.26, 1.18, 0.80 y 0.75 Kg/día en los días de lactación 10, 20, 30, 70 y 90 respectivamente; de acuerdo a mediciones obtenidas con base en el peso de los corderos (83). Sin embargo, el peso de los corderos al destete parece muy bajo (12.16 Kg), respecto de la producción láctea de las madres si se compara con los valores obtenidos en la presente investigación.

Utilizando el mismo método, Castellanos reporta que la producción láctea promedio de las ovejas Pelibuey en condiciones tropicales es de 0.53 Kg/día durante un periodo de lactancia de 84 días (13).

En una prueba con ovejas Manchegas, se utilizaron niveles de 0, 50, 100, 150 y 200 g/Kg de AGS en el concentrado ofrecido al ordeñar (2 veces al día). La cantidad ofrecida por oveja fue de 1 Kg en las primeras 7 semanas, 0.8 Kg hasta la semana 14 y 0.6 hasta la semana 21. La producción de leche, grasa y proteína no fue afectada por los AGS en ningún periodo. Los niveles dietarios de AGS aumentaron el porcentaje de grasa y sólidos en la leche en todos los periodos (12).

La información relacionada con ovejas sometidas a ordeño, difieren sobre todo por el tipo de manejo utilizado y la raza evaluada. Al examinar más de 57700 lactaciones, la producción láctea en ovejas lecheras de la raza Latxa promedio 0.82 Kg/día/oveja de los 30 a los 144 días en pos parto (38). En tanto que con ovejas Rouge de l'Ouest en un periodo de lactación de del día 50 al 140 pos parto el promedio fue de 1.17 Kg/día/oveja (61).

Los valores presentados por Pavón (83), parecen elevados al compararse con la producción lechera de algunas razas de ovejas especializadas (12, 38, 61). En tanto que en la información de Castellanos (13), también son mayores a las obtenidas en el presente estudio.

El resultado obtenido posiblemente está influenciado por la técnica utilizada, pues los datos obtenidos no tuvieron una correlación consistente con el peso de las crías. La correlación de las mediciones efectuadas a un mismo tiempo fue alta en un principio, pero al transcurrir la lactancia se fue perdiendo esta relación, (Cuadro 9a). El descenso entre el día 10 ( $r=0.99$ ) y el día 20 y 30 ( $r= 0.63$ ), puede explicarse en parte, por el inicio temprano en el consumo de alimento sólido, pero en las subsecuentes mediciones el coeficiente de correlación no guarda una tendencia que soporte a este factor como el único implicado.

Al examinar la correlación entre las mediciones realizadas dentro de cada grupo de tratamiento, se observó una fuerte relación negativa ( $r=-0.9$ ), debido al crecimiento de los corderos y el consecuente menor consumo de leche. Sin embargo, en el T4 con 240 g de AGS el coeficiente de correlación fue de  $-0.13$ , lo que indica una fuente de variación no controlada en este procedimiento de medición, (Cuadro 9b).

Existen diversas técnicas para medir la producción láctea en ovinos (40, 88); la técnica empleada para evaluar la producción láctea en esta prueba, fue el método del cordero lactante, en donde el fundamento es permitir el amamantamiento normal y estimar la producción de leche durante periodos cortos de tiempo a lo largo de la lactancia. El rendimiento de leche es estimado en estas ocasiones al impedir que la cría mame, excepto cuando un operador puede pesar al cordero antes y después del amamantamiento. Otro método es el amantamiento controlado, donde se separa al cordero y se le permite mamar por periodos de 3 a 4 horas y a la oveja se coloca un protector sobre la ubre. También se ha probado la separación del cordero y la admi-

nistración de inyecciones de oxitocina para favorecer la evaluación de la producción láctea por medio de ordeño manual, (74).

Estas técnicas presentan inconvenientes en cuanto al comportamiento y estabilidad del vínculo maternal en relación a los procedimientos utilizados para obtener los datos a estudiar (6,15), provocando al mismo tiempo errores en la medición, en función de las alteraciones en el bienestar animal (57, 92). Esto puede resultar más grave cuando el número de procedimientos efectuados es elevado; por ejemplo, en el estudio realizado por Rhind *et al.* (88), al tratar de establecer el panorama hormonal involucrado en la secreción láctea en ovinos, no logró identificar una relación entre los niveles circulantes de cortisol y la ingesta de alimento, período de la lactancia o producción láctea, evaluados por ordeño manual auxiliado con administración de oxitocina; pero sí con el número de crías amamantadas, siendo superiores para las ovejas con dos crías que para las que poseían una sola cría. Sin embargo, los niveles de cortisol registrados en las lactancias gemelares son similares a los valores registrados por Cockram (15). En este caso, se utilizó el nivel de cortisol como indicador hormonal de la intensidad del estímulo aplicado al animal, cuando se evaluó en ovejas el efecto de la separación repetida de sus corderos antes del período natural de destete, encontrándose que después de proceder a la separación por tres horas, tres veces al día por 10 días se llegaba a acostumbrar a la oveja al procedimiento.

Resulta peculiar que el nivel de cortisol, aunque semejante en los dos estudios, se utiliza para identificar relaciones contrarias en condiciones experimentalmente normales. En ninguno de estos trabajos se evaluó la respuesta de los corderos hacia el estímulo de tensión, mismo que debe ser mayor que la encontrada en animales adultos, dada la fuerte dependencia maternal.

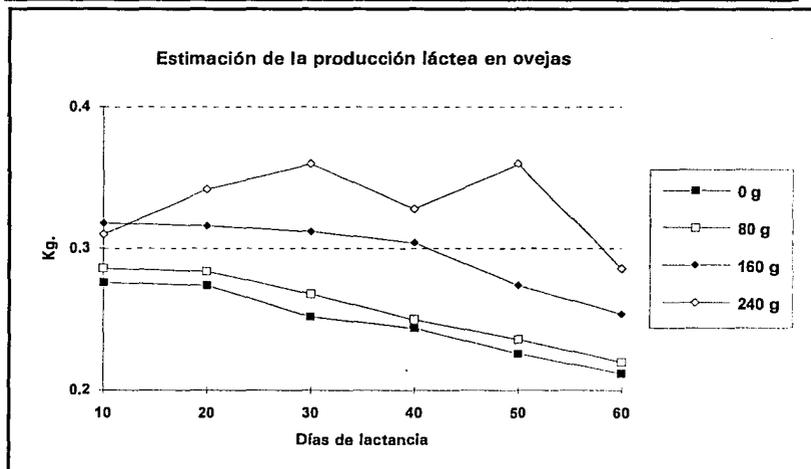
Los estudios realizados con corderas en crecimiento, al someterlas a aislamiento o contención física, han demostrado que pueden tener efectos adversos, sobre todo cuando el estímulo no es administrado en días consecutivos; pudiéndose presentar una mayor actividad del eje pituitario - adrenal, y una disminución sobre la respuesta inmunitaria de linfocitos T (16).

En los ovinos la presencia o ausencia de compañeros sociales tiene efectos importantes sobre reacciones fisiológicas tales como reducción en la digestión e ineficiencia en la utilización de energía (111). Estos factores pueden explicar el resultado obtenido en la prueba de complementación, así como lo obtenido en otros estudios (13, 83).

Cuadro 8. Efecto de la complementación alimenticia con ácidos grasos saponificados sobre la medición para estimar la producción de leche de ovejas Pelibuey\*.

días de lactancia	Niveles de ácidos grasos saponificados			
	0 g	80 g	160 g	240 g
	leche Kg/oveja/día			
10	0.27	0.28	0.31	0.31
20	0.27	0.28	0.31	0.34
30	0.25	0.26	0.31	0.36
40	0.24	0.25	0.30	0.32
50	0.22	0.23	0.27	0.36
60	0.21	0.22	0.25	0.28

\* diferencias no significativas (P>0.05)



Gráfica 4. Efecto de los niveles de complementación con ácidos grasos saponificados sobre la estimación de la producción láctea de las ovejas durante la lactancia.

Cuadro 9. Coeficientes de correlación para el peso de los corderos contra la estimación para la producción láctea según: a) los días de lactancia en que se realizó la medición, b) el grupo de tratamiento.

Correlación de peso del cordero vs estimación de la producción láctea					
a)	Días de lactancia	r	b)	Nivel de AGS	r
	10	0.99		0	-0.97
	20	0.63		80	-0.95
	30	0.64		160	-0.91
	40	0.74		240	-0.13
	50	-0.19			
	60	0.38			

## Efecto sobre el peso de los corderos

En todos los grupos de tratamiento (cuadro 3), las crías nacidas fueron semejantes en el peso al nacer (4.27 Kg), el número de crías nacidas (1.4) y el sexo de las crías (50% machos). El peso promedio al nacer de los machos fue 4.37 Kg, mientras que el de las hembras fue de 4.14 Kg no existiendo diferencia significativa entre estos valores ( $P>0.05$ ).

El peso al nacimiento de la raza Pelibuey señalado por diferentes autores varía entre los 2.1 y 3.35 Kg, dependiendo del sexo de la cría, número de crías nacidas y parto de la hembra, la disminución de peso entre crías producto de parto simple y las gemelares estriba en un 19% según estudios realizados en zonas tropicales y templadas de latino América (35, 45, 58, 68, 83, 85).

Según el análisis multivariado efectuado, el peso corporal de las crías de las ovejas sometidas a tratamiento durante la lactancia mostró diferencias entre los tratamientos administrados durante toda la prueba ( $P<0.05$ ), a excepción del grupo T4, donde las mediciones correspondientes a los días 30, 50 y 60 de el peso de los corderos fueron parecidas a las del tratamiento T2; así mismo, el grupo T2 fue semejante al grupo T1 en la medición correspondiente a los 60 días de lactancia (cuadro 10).

Es importante señalar que la ganancia de peso durante los primeros 30 días fue mayor para los corderos en los grupos complementados con AGS; ya que a los 30 días de lactancia, en el grupo T1 los corderos alcanzaron el 49.8% del peso al destete, mientras que para el grupo T2, T3 y T4 la proporción fue de 63.4%, 59.7% y 66.4%, respectivamente. Este comportamiento puede indicar que la utilidad de los AGS es dependiente de la etapa de lactancia de la hembra, puesto que estudios realizados con vacas en lactación, señalan un efecto positivo durante la lactancia temprana, pero según transcurre la lactación este resultado disminuye, hasta ser casi insignificante más allá de la segunda mitad de la lactancia (44, 48, 60, 78, 96, 98, 101, 115).

Al final de la prueba el tratamiento con mayor peso de los corderos fue el de 160 g de AGS (T3), con 20.43 Kg por animal; mientras que en el T1 fue de 17.93 Kg, el T2 de 18.08 Kg y el grupo T4 obtuvo 18.43 Kg por animal. Al pesaje de 60 días, no se detectó diferencia significativa entre el peso de los machos (19.01 Kg), y la hembras (18.4 Kg). Estos datos contrastan con los valores de 10 a 14 Kg registrados para ovinos Pelibuey al destete (17, 85, 87), aunque en este estudio se utilizaron crías F1 la diferencia al destete entre el tratamiento T3 y el T1 es de 2.5 Kg con 1.6 y 1.4 crías desletadas respectivamente.

En función a esta variable, el mejor nivel de AGS fue de 160 g por animal por día (T3), ya que, como puede observarse en la gráfica 5, el peso de los corderos fue superior en todos los intervalos de medición; en

cambio en los tratamientos con 80 y 240 g la ganancia de peso fue inferior, pero ligeramente mayor que en el grupo control.

Este hallazgo contradice las observaciones sobre la producción láctea de las ovejas complementadas; más aún cuando los pesos de los corderos demuestran animales sanos y vigorosos, misma condición que en gran medida determina la cantidad de leche producida (74).

Aunque genéticamente el animal Pelibuey no es reconocido por obtener ganancias de peso considerables, el efecto de la suplementación sobre el peso al destete de las crías F1, es comparable al mínimo de 18 a 20 Kg a los 60 días, establecido para corderos destinados a engorda en los Estados Unidos de Norteamérica (69).

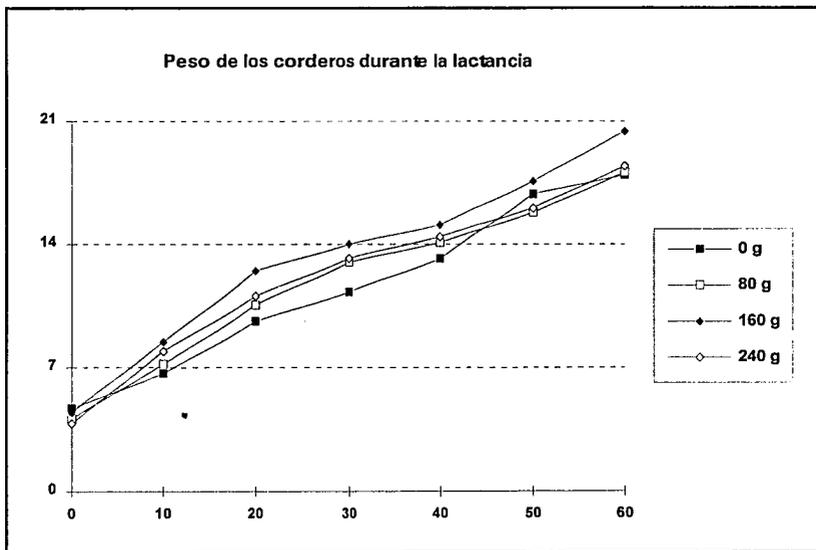
La ganancia de peso diaria (GPD) de los grupos T1, T2, T3 y T4 fue de  $221\pm 48$ ,  $233\pm 33$ ,  $266\pm 57$  y  $243\pm 37$  g respectivamente; siendo los valores del grupo T3 y T4 equiparables a lo señalado en el N.R.C., para corderos destetados precozmente de 10 a 20 Kg de peso (GPD de 250 g/día), (71).

El promedio de GPD predestete de más de 6600 animales de la raza Pelibuey sin suplementación de AG, en condiciones tropicales, fue de  $103\pm 1.17$  g/día, siendo afectado significativamente por sexo, tipo de nacimiento, fecha de nacimiento y año de nacimiento (87). Datos provenientes de 840 registros de corderos de la raza Pelibuey ubicados en el altiplano mexicano, mostraron una GPD predestete de 114.4 g/día y 89.2 g para corderos producto de parto único o gemelar respectivamente ( $P < 0.01$ ). El efecto de época de nacimiento sobre la ganancia de peso predestete mostró que los corderos nacidos en época de lluvias tuvieron las mejores ganancias de peso predestete (17)

Cuadro 10. Efecto del la complementación alimenticia con ácidos grasos saponificados durante la lactancia de ovejas sobre el peso vivo de sus crías.

días de lactancia	Niveles de ácidos grasos saponificados							
	T1 0 g	T2 80 g	T3 160 g	T4 240 g				
	peso de los corderos Kg							
10	6.66	a	7.18	b	8.47	c	7.94	d
20	9.63	a	10.57	b	12.49	c	11.05	d
30	11.29	a	12.97	b	14	c	13.2	b
40	13.17	a	14.1	b	15.1	c	14.44	d
50	16.86	a	15.8	b	17.57	c	16.06	b
60	17.93	a	18.08	ba	20.43	c	18.43	b

\* Columnas con distinta literal en la misma fila son diferentes P < 0.05.



Gráfica 5. Efecto de los niveles de complementación con ácidos grasos saponificados sobre el peso corporal de las crías de las ovejas durante el periodo de lactancia.

## Efecto sobre el contenido de grasa y proteína en la leche.

La cantidad de grasa en la leche fue modificada ( $P < 0.01$ ) por los AGS administrados (cuadro 11). El grupo T4 resultó similar al grupo de T2 y al de T3, el grupo T1 resultó ser diferente ( $P < 0.05$ ) a todos los tratamientos con administración de AG, presentando un promedio de 97.3 g/Kg. El grupo T3 obtuvo el mayor nivel promedio de grasa en la leche, 108.33 g/Kg.

Los valores observados presentan una tendencia a aumentar junto con la cantidad de AGS ofrecido (gráfica 6), existiendo una diferencia de 11 g/Kg de grasa en la leche entre el grupo control y el grupo con 160 g de AGS. El efecto de sales de calcio sobre la proporción de grasa en la leche de bovinos ha provocado diferentes reacciones: aumento (43, 44, 96, 101, 115), o disminución (60).

El contenido de proteína presente en la leche de las borregas complementadas con AGS fue semejante para todos los grupos (cuadro 12, gráfica 7), comparado con el nivel control (64.42 g/Kg). En general este valor se considera normal en comparación con otras determinaciones de proteína en ovinos, tanto en ordeño como en amamantamiento natural.

Según Sklan (102), la suplementación con jabón de calcio aumentó los niveles de grasa y proteína en la leche de ovejas Asaff sometidas a ordeño mecánico en una lactación de 100 días. Los niveles de grasa durante los primeros 50 días fluctuaron entre 120 y 140 g/Kg, y el contenido de proteína de 98 a 85 g/Kg; en ambos casos el nivel máximo coincidió con el pico de lactación. El valor promedio durante la lactancia para el contenido de proteína fue de 83.5 y el control 73.4 g/Kg; para la grasa se registraron valores de 114.6 y 95.6 para el nivel suplementado y control respectivamente (102). En menor escala, la misma tendencia se observó en este experimento, mostrándose en todos los tratamientos un aumento en el contenido de proteína hacia el día 20 y después un declive continuo hasta el final de la prueba.

Probablemente los resultados en proteína de la leche, son debidos a variaciones individuales o en el potencial genético. Los resultados obtenidos con las ovejas Pelibuey y las ovejas Asaff, ambas de tipo tropical, y valores encontrados en otras investigaciones, apoyan la suposición sobre la existencia de variaciones genéticas para los componentes de la leche en ovejas.

Varios autores han encontrado que las ovejas con un alto plano nutricional producen una leche con mayor contenido de sólidos no grasos; sin embargo, son diversos los resultados referentes al efecto de la alimentación sobre el contenido de grasa en la leche (74). El aumento de la grasa se puede atribuir a una mayor disponibilidad de AG preformados y mayor eficiencia para la lactogénesis, además de otros factores (102). Castellanos (13), reporta que el contenido promedio de grasa para la leche de ovejas Pelibuey es de 7% y el

de proteína de 5.6%; pero a partir de la cuarta semana en ordeño, el contenido de grasa aumento significativamente según avanzó la lactación, siendo mayor durante la mañana que durante la tarde en 2%, pero los niveles de proteína permanecieron sin cambio.

En un estudio realizado con ovejas Finn x Blackface se advirtió que los niveles de proteína en la leche tienden a aumentar de 50 g/Kg en las primeras semanas hasta 55 g/Kg en la décimo segunda semana de lactación, mientras que la grasa fluctúa alrededor de 70 g/Kg durante la lactancia (84), admitiéndose que este valor puede ser modificado por variaciones genéticas. De manera similar, trabajos realizados con borregas Manchegas sometidas a pastoreo en España, indican que el contenido promedio de proteína cruda es de 65 g/Kg, mientras que el de materia grasa es de 80 g/Kg cuando se evaluaron lactancias de 130 días aproximadamente (2).

En el caso de bovinos, también se observado que la adición de AGS a las dietas no tiene un efecto positivo sobre la cantidad de proteína en la leche. En un ensayo, se comparó el efecto de alimentar vacas con pequeñas cantidades de grasa en forma de AGS (2 a 4%), o semillas completas de algodón (15%), ya fuera con dietas con alto porcentaje de forraje o no; se encontró que el porcentaje de proteína fue menor en grupos con mucho forraje o con semilla de algodón, y no existió cambio para el jabón de calcio. Cuando se aumentó el nivel de proteína en el alimento no se notó mejoría (60). En un estudio de Hermanesen (44), con vacas lecheras en lactación temprana el efecto de jabones de calcio a 0.5 o 1.0 Kg en comparación con 2 Kg de cebada rolada como suplemento a una dieta basada en concentrado de pulpa de remolacha y melaza en cantidad fija, y forraje ensilado a libre acceso, se observó un mayor contenido de proteína en la leche del grupo que recibió la cebada, mientras que en los suplementados con AGS no existió modificación.

Los estudios efectuados para mejorar la disponibilidad del almidón del grano de sorgo (aumentando la degradabilidad de 50 a 80%), han incrementado el rendimiento de leche en 10% y la producción de proteína en la leche en 16%. Al determinar las posibles interacciones entre la alimentación con grano procesado y grasas, se observó que el grano rolado en seco junto con grasas, disminuyó el contenido de proteína, pero al utilizar grano hojueado al vapor este efecto se anuló; por otra parte, el uso de las grasas disminuyó la caída en el porcentaje de grasa ocasionado por el uso del hojueado de sorgo (48). La razón por la que se incrementó el contenido de proteína se atribuye a una mayor síntesis microbiana resultado de la mayor disponibilidad de almidón, efecto que repercute en los niveles de proteína bacteriana presentes en el duodeno y por lo tanto, absorbidos (48).

West (115), encontró que niveles de proteína en el alimento semejantes e incluyendo o no sales de calcio saponificadas, existió una influencia negativa sobre el contenido de proteína en la leche de vacas Jersey. Sin

embargo, Ashes (3), con niveles de proteína en el alimento mayores que el control y utilizando grasas encapsuladas en proteína tratada con aldehído, logró aumentar la producción de leche, la cantidad de grasa, pero no la de proteína en la leche de vacas Holstein. De acuerdo con Ollier (73), la incapacidad de los niveles de AGS ofrecidos para elevar el contenido de proteína puede deberse a la menor concentración de este nutriente en el alimento, o a ciertos cofactores o metabolitos intermedarios.

Se ha demostrado que la complementación con ácido nicotínico aumenta el contenido de grasa y proteína en presencia de sales de calcio saponificadas. Este efecto se atribuye a que el ácido nicotínico mejora la síntesis bacteriana de proteína y la mayor disponibilidad de proteína bacteriana provee al animal de una fuente de proteína adicional para una mayor síntesis de lipoproteínas (30).

El efecto observado en la proporción de grasa y proteína en la leche es un patrón similar encontrado en otros estudios; sin embargo, los niveles de proteína no aumentaron de tal manera que se demuestre también alguna consecuencia por ahorro metabólico de vías metabólicas intermedarias. La falta de respuesta en los niveles más altos de suplementación (160 g y 240 g), puede ser porque están involucrados elementos físicos o de concentración que limitan la absorción intestinal, incluso pueden estar relacionados aminoácidos limitantes que se encuentran en cantidad inferior a la necesaria para absorber, transportar y metabolizar la cantidad adicional de AG.

Algunos investigadores encontraron efectos positivos sobre el contenido de proteína en leche de vacas con la suplementación pos ruminal de metionina y lisina (9, 90, 91). Al incluir en la dieta diaria de vacas 15 y 25 g de metionina y lisina respectivamente, junto con 0.32 Kg de mezcla de grasa animal - vegetal 60:40 y 0.36 Kg en forma de jabón de calcio en el alimento, se logró mejorar la producción láctea, el contenido de grasa y proteína (9). Por otra parte, se ha percibido que el linoleato de metionina no es biohidrogenado a nivel ruminal, a diferencia de las sales de calcio, de manera que una mayor proporción de AG poli insaturados llega al intestino y se logra una mejor absorción de AG (37).

La metionina puede jugar un papel importante en el metabolismo intermedario de las grasas como donador de grupos metilo y mejorar el metabolismo hepático, mismo que en las condiciones de suplementación grasa resulta crítico.

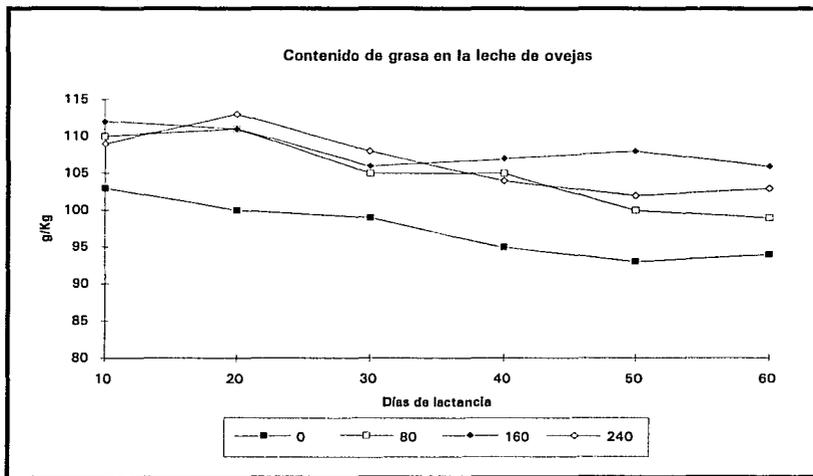
Cuadro 11. Análisis de Varianza para niveles de grasa (g/Kg) presentes en la leche de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.

Fuente de Variación	gl	CM	F	
Tratamiento (Nivel de AGS)	3	140.264	38.6343	**
Bloque (días de lactancia)	5	53.5417		
Error	15	3.63056		
Total	23			

Grupo	Nivel de AGS	n	Promedio	Varianza
T1	0 g	6	97.33 a*	15.47
T2	80 g	6	105.00 b*	24.4
T3	160 g	6	108.33 c*	6.67
T4	240 g	6	106.50 bc*	17.9

La media de los tratamientos con distinta literal son diferentes \* (P<0.05) \*\* (P<0.01)



Gráfica 6. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de grasa presentes en la leche de ovejas.

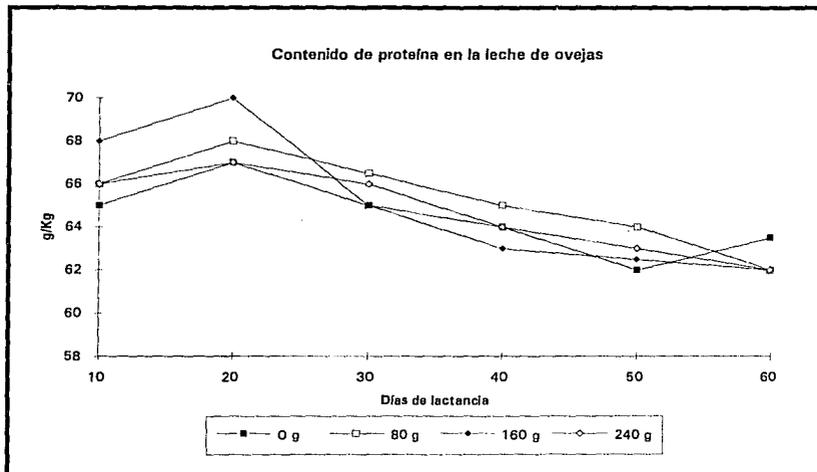
Cuadro 12. Análisis de Varianza para niveles de proteína (g/Kg) presentes en la leche de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.

Fuente de Variación		gl	CM	F
Tratamiento (Nivel de AG)		3	0.87	0.74
Bloque (días de lactancia)		5	27.39	
Error		15	1.18	
Total		23		

Grupo	Nivel de AGS	n	Promedio	Varianza
T1	0 g	6	64.42	7.24
T2	80 g	6	65.25	4.38
T3	160 g	6	65.08	10.84
T4	240 g	6	64.67	8.67

Las medias de los tratamientos no fueron diferentes ( $P>0.05$ )



Gráfica 7. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de proteína presentes en la leche de ovejas.

Contenido de extracto etéreo y calcio en heces

El contenido de extracto etéreo en las heces de ovejas alimentadas con AGS en la dieta resultó ser diferente en todos los tratamientos (cuadro 13), el grupo T4 presentó el valor más alto con un valor promedio de 60.74 g/Kg de MS ( $P < 0.01$ ). Mientras que en el grupo T1 se encontró 3.08 g/Kg de MS, (gráfica 8); en los grupos T2 y T3 los valores fueron de 10.7 y 21.4 g/Kg de MS respectivamente.

En cuanto a los valores de calcio registrados, también existió disparidad entre todos los grupos, el mayor valor promedio correspondió al grupo T4, con 6.53 g/Kg de MS ( $P < 0.01$ ); T3 y T2 presentaron un contenido promedio de 5.47 y 4.46 g/Kg de MS, en tanto que en el control se observaron 3.44 g/Kg de MS; (cuadro 14, gráfica 9).

Las heces contienen cantidades apreciables de sustancias solubles en éter que son de origen metabólico: así mismo, algunos minerales pueden ser excretados en el tracto gastro intestinal, en particular el calcio (64). En el grupo T1 los niveles de grasa y calcio parecen ser elevados considerando la proporción de EE y calcio presentes en el alimento. Un factor que pudo influir fue el forraje ofrecido a libre acceso, pues el contenido en base seca de extracto etéreo fue de 5.47% y 4.88% para el ensilado de maíz y alfalfa verde; en tanto que el contenido de calcio registrado fue de 1.08% y 2.19% respectivamente.

El fundamento para la utilización de los AGS radica en su capacidad de permanecer en forma inerte en el rumen, mientras que en duodeno se hidroliza el enlace covalente debido al pH presente, liberándose el AG y el ion de calcio. Sin embargo, en el yeyuno pueden conjugarse de nuevo los iones de calcio y los AG no absorbidos, formando nuevamente jabones de calcio. Es muy posible que se haya producido en grado importante este fenómeno, puesto que el coeficiente de correlación entre la grasa y calcio presentes en las heces fue de 0.93.

En el mismo sentido, la relación molar del jabón de calcio de 18 carbonos (1:7) es muy parecida a la cantidad de calcio y grasa excretada en el grupo T4 (1:9.3), mientras que en los grupos T3 y T2 fue de 1:3.9 y 1:2.4, pudiéndose pensar que la excreción fue en gran medida conjugada.

Se ha encontrado que la digestibilidad de los AG en general disminuye cuando se suplementa con grasa, sin diferir entre distintas fuentes de grasa (117). Por otra parte se ha reportado que la adición de pequeñas cantidades de grasa, aumenta la digestibilidad del extracto etéreo, debido al efecto de dilución de los componentes indigestibles presentes en el extracto etéreo (48). Según Wu (117), un estimado de la digestibilidad verdadera de los AGS es 71% cuando se administran entre 1000 y 2000 g por vaca por día.

Tomando en cuenta el valor de digestibilidad reportado por Wu (117), el contenido de grasa residual en las heces calculado, es discrepante a lo encontrado en el experimento, ya que para el grupo T4 el valor ob-

servado fue de 60.7 g/día y el calculado de 48; en el grupo T3, 21.4 y 32.0; en el T2, 21 y 10.7 mientras que para el T1, fue de 3.08 y de 11 g/día respectivamente. Esto parece indicar que la digestibilidad de los AG fue menor en el T4 y mayor en los demás grupos.

El nivel de suplementación grasa en la ración afecta la digestibilidad verdadera de la grasa (78), se menciona que la digestibilidad disminuye dos por ciento por cada cien gramos de AG añadidos a la dieta de vacas lactantes, esto puede ser similar para el caso de AGS puesto que no se han encontrado diferencias en la digestión intestinal entre AG y sus sales de calcio (34).

Considerando lo anterior, es probable que el nivel de AGS en el grupo T4 sobrepasara la capacidad de absorción intestinal de lípidos, al presentarse más de tres veces la cantidad de grasa en heces que en el régimen T3.

En dietas para vacas lecheras, se han utilizado niveles de suplementación de AG tan altos como 120 g/Kg de materia seca, usando diferentes fuentes de grasa para procurar el menor trastorno en la fermentación ruminal, incluidos los jabones de calcio (117). El contenido de grasa estimado en la dieta completa del grupo T4 fue de 165 g/Kg de materia seca y el del T3 de 110 g; de lo anterior resulta claro que el nivel en el tratamiento T4 es excesivo, mientras que puede inferirse que de manera similar a los bovinos, el nivel máximo de aprovechamiento es alrededor de 110 g /Kg de materia seca.

Dado que los AG no se degradan en el rumen y ni se excretan en la orina, el valor de energía metabolizable (EM) para la grasa es el mismo que el de energía digestible (DE), (71). Es así que la digestibilidad de la grasa es la parte más crítica para arribar al valor de energía neta (EN) de la grasa. En la mayoría de los casos la dieta basal es la mayor fuente de AG, así que la digestibilidad de los AG suplementarios se calcula por diferencia. Este tipo de determinación está sujeta a una alta variación no sólo para la grasa, sino para cualquier nutrimento. En la medida que se obtengan más determinaciones para la digestibilidad de un producto graso, también el valor de energía será más exacto. En muchas ocasiones sólo se tiene uno o dos valores de digestibilidad para estos productos, de manera que los valores calculados para EN son bastante débiles (19), sobre todo si es posible rebasar la capacidad de absorción como sugieren indicar los valores obtenidos. Probablemente los valor de EM utilizado para calcular el contenido energético para las dietas, fue diferente al contenido de EM en los grupos de tratamiento, debido a esta condición.

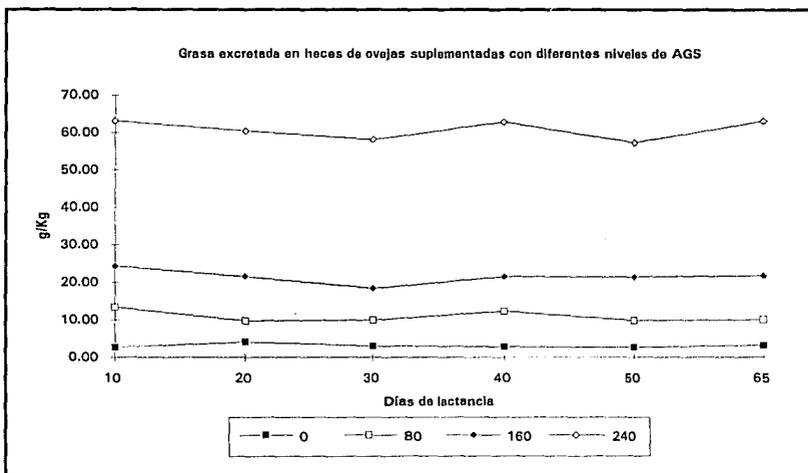
Cuadro 13. Análisis de Varianza para niveles de grasa (g/Kg) excretados en heces de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.

Fuente de Variación		gl	CM	F
Tratamiento (Nivel de AG)		3	1.76974	678.061 **
Bloque (días de lactancia)		5	0.00249	0.95402
Error		15	0.00261	
Total		23		

Grupo	Nivel de AGS	n	Promedio	Varianza
T1	0 g	6	3.08 a**	0.011
T2	80 g	6	10.78 b**	0.008
T3	160 g	6	21.40 c**	0.003
T4	240 g	6	60.74 d**	0.0008

La media de los tratamientos con distinta literal son diferentes \*\*(P<0.01)



Gráfica 8. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de grasa excretados en heces de ovejas durante el periodo de lactancia.

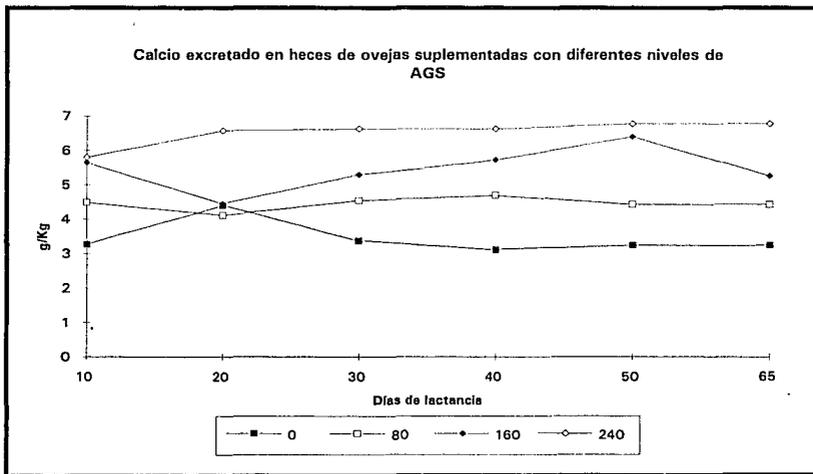
Cuadro 14. Análisis de Varianza para niveles de Calcio (g/Kg) excretados en heces de borregas complementadas con varios niveles de AGS en el alimento.

Fuente de Variación		gl	CM	F
Tratamiento (nivel de AG)		3	10.59	44.13 **
Bloque (días de lactancia)		5	0.08	
Error		15	0.24	
Total		23		

Grupo	Nivel de AGS	n	Promedio	Varianza
T1	0 g	6	3.44 a**	0.23
T2	80 g	6	4.46 b**	0.04
T3	160 g	6	5.47 c**	0.42
T4	240 g	6	6.53 d**	0.14

La media de los tratamientos con distinta literal son diferentes \*\* (P<0.01)



Gráfica 9. Efecto de la complementación con ácidos grasos saponificados sobre los niveles de calcio excretados en heces de ovejas durante el periodo de lactancia.

## Efecto sobre la actividad reproductiva

El intervalo entre partos promedio, en el siguiente ciclo reproductivo de las ovejas de este experimento, fue de  $223 \pm 8.5$  días para el grupo T3, en el grupo T2 fue un poco más largo  $234 \pm 3.4$  días y en el T1 fue todavía mayor:  $253 \pm 8.6$  días. En el grupo T4 se perdió el seguimiento de tres ovejas del grupo de cinco, pero el promedio fue de  $234 \pm 17$ . En la misma explotación bajo condiciones semejantes, excepto por el uso de AGS, el promedio de los mismos animales en el ciclo inmediato anterior al estudio fue de  $249 \pm 8.7$  días.

El comportamiento de los grupos T3 y T2 parece ser mejor que el grupo T1 y al ciclo anterior también, indicando algún efecto de la complementación con AGS a largo plazo, basado en la conservación del peso o condición corporal durante la lactancia anterior. Al respecto, Trejo (110) indica que el intervalo entre partos de ovejas Pelibuey en el alliplano mexicano varía en función de la fecha de parto siendo menor en los meses de febrero a abril con 236-262 días, y mayor en el mes de noviembre con 317 días (110). La relevancia de este dato es mayor, si se considera que las ovejas del presente experimento parieron durante el mes de noviembre.

Durante la lactancia la demanda por nutrimentos es alta, particularmente la de energía; necesaria para las funciones de mantenimiento y producción de leche, quedando relegada a segundo plano la actividad reproductiva. El balance energético negativo que se produce en las vacas lecheras y la tasa de movilización de las reservas corporales durante la lactancia temprana, se ha vinculado directamente con el intervalo entre el momento del parto, a la primera ovulación y también con la tasa de concepción (7).

Los problemas de fertilidad relacionados con el balance energético parecen ser resultado del severo déficit energético, que puede ocurrir durante las dos a tres primeras semanas después del parto (98). Se sugiere que existe un retraso de varias semanas a partir del momento en que se experimenta el balance negativo, y el instante de mayor impacto sobre la fertilidad. Este periodo corresponde al tiempo que necesita un folículo primordial estático, para que se active y empiece su desarrollo hasta el momento de la ovulación. Sin embargo, si el medio metabólico no es apto, cuando madure producirá óvulos menos fértiles y en el cuerpo lúteo habrá una disminución de la progesterona producida (98).

El modelo anterior sugiere que los primeros folículos que ovulen después del parto, empiezan su crecimiento durante la lactación tardía o durante el periodo seco; mientras que del tercer al quinto folículo, comienzan su desarrollo en torno al parto o durante las primeras cinco semanas de lactación, cuando el balance energético es más severo. Esto concuerda con las observaciones prácticas donde las vacas muestran una buena presentación de calor 40 a 50 días pos parto, pero no se vuelve a observar sino hasta 100 días pos parto (98).

La actividad reproductiva y el alto rendimiento en vacas lecheras no son mutuamente excluyentes, pero si se ha observado que la vaca alta productora es más susceptible a presentar problemas de índole reproductiva, a menudo originados por errores humanos en la alimentación animal (113).

En la revisión realizada por Carroll (11), se encuentran resultados donde en ocasiones se produce mejora sobre la actividad reproductiva de vacas suplementadas con grasas; posiblemente debido a que no sólo el balance energético pos parto sea el responsable de regular la respuesta reproductiva de la suplementación con grasas. Aunque la suplementación con AG tiene un efecto sobre precursores y favorece un aumento en la concentración de progesterona y prostaglandinas, los niveles registrados no siempre han coincidido con un mejor comportamiento reproductivo (11).

La pérdida de peso permitida para una vaca de 700 Kg de peso vivo consumiendo el 85% de materia seca, con una producción de leche de 40 Kg y 3% de grasa es de 1.08 Kg por día (72), esto significa 0.15% del peso vivo, en tanto para una oveja de 40 Kg, de peso vivo, amamantando gemelos en las primeras cuatro semanas de lactancia, la pérdida de peso estimada es de 0.06 Kg, equivalente a 0.13% del peso vivo (71); considerando esta comparación se puede observar que el desempeño de una oveja puede ser semejante al de una vaca con alta producción. La información relativa a bovinos aunque difícil de extrapolar, puede ser que tenga alguna significancia para la producción ovina, a la luz de datos concernientes al posterior comportamiento reproductivo de las ovejas utilizadas en este experimento.

Si se considera que el primer estro pos parto se registra entre los 45 a 55 días en el ganado Pelibuey (85), la buena nutrición parece haber sido definitiva para el comportamiento del grupo T3 pues el promedio de días abiertos fue de 76, significando que las ovejas gestaron un nuevo producto en el primer ciclo pos destete.

Desafortunadamente en este trabajo no fue considerada la condición corporal de las ovejas, siendo posible que las ovejas del grupo T1, aunque de peso similar durante el estudio, presentaran una condición inferior a la de los grupos T2, T3 y T4; lo que pudiera haber ocasionado un retardo o disfunción de la actividad ovárica pos parto. Esta observación por sí misma, no implica que los grupos T2, T3 o T4 efectivamente presentaran una óptima condición corporal.

## Aspecto económico

De acuerdo con los resultados del presente estudio, el costo por Kg de cordero criado durante la lactancia más económico es cuando no son utilizados los AGS; a medida que se incrementa el nivel de inclusión de los AGS, también lo hace el costo de producción por Kg de cordero, como puede observarse en el cuadro 15. Sin embargo, al analizar el costo por Kg de cordero para los intervalos de tiempo evaluados durante la lactancia, se observó que durante los primeros 20 días de lactancia, el costo por Kg en el grupo T3 fue de N\$1.07 en tanto que en el T1 fue de N\$1.04, para una ganancia de peso de 6.93 y 9.04 Kg para los mencionados tratamientos, respectivamente (cuadro 15). Este resultado es consecuencia de la tasa de crecimiento observada durante la primera parte de la lactancia, que resultó ser mayor para las crías de las ovejas complementadas, en especial el grupo T3.

Pro otra parte, la utilización de AGS tiene relevancia principalmente en aquellos sistemas de producción donde la hembra se somete a un esfuerzo productivo extra, como son los sistemas donde se obtienen tres partos en dos años o inclusive, cinco partos en tres años. El fundamento de estos sistemas radica en disminuir en la mayor medida posible, el número de días abiertos. En el caso de un sistema de nacimientos acelerado, el número de días abiertos normalmente se encuentra entre los 60 y 85 días, sin necesidad de mantener a las crías con alimentación artificial.

Si se considera 76 días pos parto, como periodo razonable para que la oveja logre concebir, entonces el número de días adicionales para que se logre este objetivo representa un costo de oportunidad. En el experimento realizado y en las condiciones de la explotación, cada día adicional a 76 días abiertos costó aproximadamente N\$ 0.95 por animal para el grupo T1, tomando en cuenta los gastos de alimentación, alojamiento, médicos, reproducción y administración entre otros (cuadro 16).

Con base en el valor comercial de los AGS preparados de N\$ 2.0/Kg y considerando el resultado obtenido en el grupo T3, se necesita una reducción en número de días abiertos de 24 días para alcanzar el punto de equilibrio (gráfica 10). El costo por concepto de AGS en la dieta durante la lactancia y el costo total de las dietas se puede observar en el cuadro 17.

La disminución en el intervalo entre partos promedio en un hato es suficiente para sufragar el costo de los AGS utilizados; además, la optimización del parámetro trae como consecuencia una mayor eficiencia en el uso de las instalaciones, mano de obra, uso de sementales y disminución en la proporción de desechos voluntarios.

La consecuencia que tenga la administración de los AGS sobre la tasa de crecimiento pos destete de los corderos debido a un mayor peso al destete; aumento en la longevidad de las hembras, mejoría en las tasas de ovulación y concepción, o superior producción láctea en el siguiente lactación a causa del refuerzo de la condición corporal, son aspectos que merecen un mayor estudio, y que pueden tener un valor definitivo en el apoyo económico a largo plazo de este tipo de alimentación para ovejas con buena prolificidad en sistemas intensivos.

En la realización de este trabajo se utilizó como única fuente de grasa complementaria los AGS, pero en condiciones prácticas, no es recomendable utilizar los AGS como único ingrediente para proporcionar altos niveles de grasa en la dieta. Una alternativa redituable para alcanzar el mismo nivel de grasa en la dieta es añadiendo al alimento normal (que puede contener de 3 a 4% de grasa), cuatro por ciento de grasa en forma de semilla de algodón u otra semilla oleaginosa y el resto en forma de AGS (3-4%), tomando en cuenta que la dieta puede contener hasta 6-8% de grasa sin causar perjuicios en la fermentación ruminal.

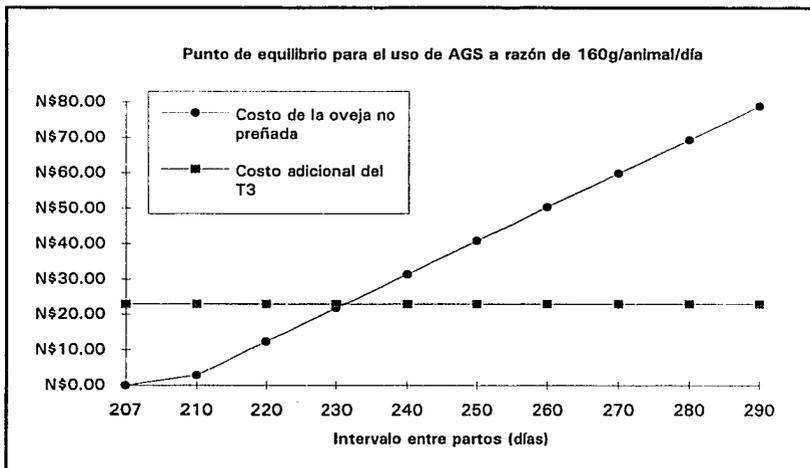
En la medida que el precio de los AGS sea más competitivo o se mejoren las características de digestibilidad del producto, su uso será más interesante.

Cuadro 15. Costo de producción por Kg de cordero criado por oveja Pelibuey complementada con AGS durante la lactancia, valorado a los 60 y 20 días de lactancia.

Tratamiento	Número de Crías	Peso al Nacer	Peso a 60 días	Kg criados a 60 días	Costo de Kg criado
t1	1.4	4.68	17.93	18.55	N\$1.20
t2	1.4	4.11	18.08	19.56	N\$1.60
t3	1.6	4.46	20.43	25.55	N\$1.57
t4	1.6	2.83	17.43	23.36	N\$2.05
	Número de Crías	Peso al Nacer	Peso a 20 días	Kg criados a 20 días	
t1	1.4	4.68	9.63	6.93	N\$1.07
t2	1.4	4.11	10.57	9.04	N\$1.15
t3	1.6	4.46	12.49	12.85	N\$1.04
t4	1.6	2.83	11.05	13.15	N\$1.22

Cuadro 15. Costo de mantenimiento por oveja al día a partir del momento del destete y mientras no se manifieste la gestación, bajo condiciones de un sistema de nacimientos acelerado.

Rubro	unidad	cantidad	costo
Alimento (a base de forraje únicamente)	Kg. B.H.	6.25	N\$0.21
Semental (amortización y alimentación)	Servicios	1	N\$0.63
Alojamiento (amortización y mant. )			N\$0.07
Cuidado animal			N\$0.03
Administración			N\$0.01
<b>TOTAL</b>			<b>N\$0.95</b>



Gráfica 10. Punto de equilibrio para la utilización de AGS a razón de 160g/animal/día, de acuerdo a el resultado del tratamiento T3.

Cuadro 16. Costo de los componentes principales de las dietas utilizadas, de acuerdo al consumo de alimento promedio observado durante la lactancia, valores por animal por día.

		T1	T2	T3	T4
Concentrado básico	cantidad	0.70 Kg	0.70 Kg	0.70 Kg	0.70 Kg
	costo parcial	N\$0.18	N\$0.18	N\$0.18	N\$0.18
AGS	cantidad	0.00 Kg	0.08 Kg	0.16 Kg	0.24 Kg
	costo parcial	N\$0.00	N\$0.16	N\$0.32	N\$0.48
Maíz/ Alfalfa	cantidad	5.33 Kg	5.05 Kg	4.82 Kg	4.03 Kg
	costo parcial	N\$0.19	N\$0.18	N\$0.17	N\$0.14
Total	cantidad	6.03 Kg	5.83 Kg	5.68 Kg	4.97 Kg
	costo	N\$0.37	N\$0.52	N\$0.67	N\$0.80

## CONCLUSIONES

El AGS elaborado con hidróxido de calcio no afectó la digestibilidad de la FAD en comparación con el jabón de sodio utilizado.

La administración de AGS en el alimento de ovejas a razón de 160g/cabeza/día durante lactancia tiene como efecto a corto plazo, el incremento en el peso de los corderos, aunque sin cambios significativos en el peso corporal o producción láctea de las ovejas, en relación a los animales control. El tratamiento con AGS incrementó la cantidad de grasa en la leche, pero no los niveles de proteína. El consumo de alimento fue menor en los grupos que recibieron AGS en el alimento, aunque con mayor densidad energética. Las cantidades de calcio y grasa observadas en las heces suponen una disminución en la digestibilidad de los AGS en función de la cantidad alimentada. Aunque durante el periodo de 60 días evaluado, la utilización de los AGS no es recomendable, por significar un incremento el costo de producción del Kg de cordero, sí constituye una práctica económica durante los primeros 20 días de lactancia en cantidad de 160 g/animal/día. El efecto residual sobre el intervalo entre partos y el incremento de peso de los corderos hacen de la inclusión de AGS en la dieta de ovejas prolíficas una opción redituable en sistemas de producción no estacionales.

La evidencia presentada no es suficiente para demostrar que los niveles utilizados en el alimento de ovejas lactantes tiene un efecto de los AGS sobre la producción de leche, posiblemente por los problemas encontrados para determinar la producción láctea en las ovejas. Es importante señalar que la falta de énfasis en reconocer las dificultades en la interpretación y obtención de datos fisiológicos en condiciones normales, y en especial aquellos relacionados con la actividad del eje pituitario adrenocortical, es la principal causa de variación en este trabajo.

Es necesaria mayor información sobre la digestibilidad de los AGS para establecer el contenido de EM a diferentes niveles de complementación.

## LITERATURA CITADA

- 1) American Sheep Industry Association.: Mexico a promising market for U.S. seedstock. The Shepherd 38:7 22 (1993).
- 2) Arroyo, M.G y García, C.C.: Quesos de España. Espasa Calpe. Madrid, España., 1988.
- 3) Ashes, J.R.; St Vincent W.P.; Gulati, S.K.; Scott, T.W. and Brown, G.H.: Manipulation of the fatty acid composition of milk by feeding protected canola seeds. J. Dairy Sci. 75:1090-1096 (1992).
- 4) Association of Official Analytical Chemists.: Official Methods of Analysis. 12th ed. Ass. Offic. Anal. Chem., Washington D.C., 1988.
- 5) Baldwin, R.L.; Smith, N.E.; Taylor, J. and Sharp M.: Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. J. Anim. Sci. 51:1416-1428 (1980).
- 6) Bowers, C.L.; Friend, T.H.; Grissom, K.K. and Donald, C.L.: Confinement of lambs (*Ovis aries*) in metabolism stalls increased adrenal function, tyroxine and motivation for movement. Appl. Anim. Beha. Sci. 36 149-158 (1993)
- 7) Buttler, W.R. and Smith R.D.: Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. J. Dairy Sci. 72: 767-783 (1989)
- 8) Cameron, C.W. and Hogue, D.E.: Effect of varying dietary corn oil and hay-grain ratio on lamb growth and fat characteristics. J. Anim. Sci. 27:553-556 (1968).
- 9) Canale, C.J.; Muller, H.A.; Mc Cahon, T.J.; Whitsel, GA.; Varga and Lormore M.J: Dietary fat and ruminally protected amino acids for high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 73:135-141 (1990).
- 10) Cant, J.P.; DePeters, E.J. and Baldwin, R.L.: Mammary uptake of energy metabolites on dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. J. Dairy Sci. 76: 2254-2265 (1993).
- 11) Carroll, D.J.; Jarred, M.J.; Grummer, R.R.; Combs, D.K.; Pierson, R.A. and Hauser, E.R.: Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on plasma progesterone, energy balance, and reproductive traits of dairy cattle.: J. Dairy Sci. 73:2855-2863 (1990).
- 12) Casals, R.; Caja, G; Guillou, D.; Torre, C. y Such, X.: Influence of dietary levels of calcium soaps of long chain fatty acids on lactational performance of dairy ewes. J. Dairy Sci. 75:3 Supplement 1 174 (1992).
- 13) Castellanos R.A. and Zarazúa M.V.: Quantitative and qualitative study of milk production of the Pelibuey sheep. Trop. Anim. Prod. 7: 232-240 (1982).
- 14) Clarke, R.A. and Roberts, W.K.: Ruminal and fecal fatty acids and apparent ration digestibility in lambs as affected by dietary fatty acids. Can. J. Anim. Sci. 47:31-38 (1967).
- 15) Cockram, P. I.; Goddard, P.J.; Harkiss, G.D. & Waran, N.K.: The behavioural, endocrine and leucocyte response of ewes to repeated removal of lambs before the age of natural weaning Appl. Anim. Beha. Sci. 38 127-142 (1993).
- 16) Coppinger, T.R.; Minton, J.E.; Reddy, P.G and Blecha, F.: Repeated restraint and isolation stress in lambs increases pituitary-adrenal secretions and reduces cell-mediated immunity. J. Anim. Sci. 69: 2808-2814 (1991).
- 17) Cuarón, O. C.; Castro, G.H.; Avendaño, R.L. y López G.C.: Factores ambientales que afectan la ganancia de peso predestete en ovinos de la raza tabasco. Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zool. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 1990.
- 18) Church, D.C. The Ruminant Animal, digestive physiology and nutrition. Prentice Hall. Englenwood cliffs, New Jersey 1988.
- 19) Davis, C.: A comparative evaluation of several speciality fat supplements for lactating dairy cows. In: Proceedings of fat supplementation for the superior dairy symposium. New Orleans, (1993). pp. 1-31.
- 20) Davison, K.L. and Woods, W.: Influence of fatty acids upon digestibility of ration components by lambs and upon cellulose digestion *in vitro*. J. Anim. Sci. 19:54-59 (1960).
- 21) Davison, K.L. and Woods, W.: Effect of calcium and magnesium upon digestibility of a ration containing corn oil by lambs. J. Anim. Sci. 22:27-29 (1963).
- 22) Davison, K.L. and Woods, W.: Calcium and corn oil interrelationships as influencing ration utilization by lambs. J. Anim. Sci. 22:532-536 (1963).

- 23) Davison, K.L. and Woods, W.: Calcium and fat interrelationships as influences of performance of fattening lambs. *J. Anim. Sci.*, **22**:919-924 (1963).
- 24) Devendra, C. & Lewis D.: The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. *Anim. Prod.* **19**: 67-76 (1974).
- 25) Doane, T.: Where do we go from here. *The Shepherd* **39**:8 27-28 (1994).
- 26) Dukes, H.H. and Swenson M.J.: Fisiología de los Animales Domésticos. *Aguilar* 4 ed. México 1981.
- 27) Dunkley, W.L.; Smith, N.E. and Franke, A.A.: Effects of feeding protected tallow on composition of milk and milk fat. *J. Dairy Sci.*, **60**:1863-1869 (1977).
- 28) Emery, R.S.: Deposition, secretion, transport and oxidation of fat in ruminants. *J. Anim. Sci.*, **48**:1530-1537 (1979).
- 29) Engle, C.: Sheep farming without subsidies. *The Shepherd* **39**:6 36-37 (1994).
- 30) Ericson, P.S.; Murphy, M.R. and Clark, J.H.: Supplementation of dairy cow diets with calcium salts of long chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. *J. Dairy Sci.*, **75**:1078-1089 (1992).
- 31) Esplin, G, Hale, W.H.; Hubbert, F. Jr. and Taylor, B.: Effect of animal tallow and hydrolyzed vegetable and animal fat on ration utilization and rumen volatile fatty acid production with fattening steers. *J. Anim. Sci.*, **22**:695-698 (1963).
- 32) Falchney, G.J.; Davies, H.L.; Scott, T.W. & Cook, L.J.: The incorporation of linoleic acid into the tissues of growing steers offered a dietary supplement of formaldehyde-treated casein-safflower oil. *Aust. J. biol. Sci.*, **25**:205-212 (1972).
- 33) Falchney, G.J.; Scott, T.W. and Cook, L.J.: The utilization by growing lambs of a casein-safflower oil supplement treated with formaldehyde. *Aust. J. Biol. Sci.*, **26**:1179-1188 (1973).
- 34) Ferlay, A.; Chabrot, J.; Elmeddah Y. and Doreau M. Ruminant lipid balance and intestinal digestion by dairy cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty acids or rapeseed oil. *J. Anim. Sci.*, **71**: 2237-2245 (1991).
- 35) Fuentes, J.L.; Perón, N. y Lima T.: Efecto del tipo de parto y destete en la edad y peso a la pubertad en corderas Pelibuey. *Rev. Cubana de Reprod. Anim.* **13**:2 15-25 (1987).
- 36) Freeman, C.P.: Properties of fatty acids in dispersion of emulsified lipid and bile salt and the significance of these properties in fat absorption in the pig and the sheep. *Br. J. Nutr.*, **23**:249-263 (1969).
- 37) Fotouhi, N. and Jenkins, T.C.: Ruminant biohydrogenation of calcium linoleate and linoleoyl methionine in sheep. *J. Dairy Sci.*, **75**: Supplement 1 170 (1992).
- 38) Gabiña, D.; Arrese, F.; Arranz J. y Beltran de H.I.: Average milk yields and environmental effects on Latxa sheep. *J. Dairy Sci.*, **76**:1191-1198 (1993).
- 39) García, M.E.: Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen para Adaptarlo a las Condiciones Particulares de la República Mexicana. *Larín*. México, 1964.
- 40) Gardner, R.W. and Hogue, D.E.: Effects of energy intake and number of lambs suckled on milk yield composition and energetic efficiency of lactating ewes. *J. Anim. Sci.*, **23**:935-942 (1964).
- 41) Grainger, R.B.; Bell, M.C.; Stroud, J.W. and Baker, F.H.: Effect of various cations and corn oil on crude cellulose digestibility by sheep. *J. Anim. Sci.*, **20**:319-322 (1961).
- 42) Harfoot, C.G: Lipid metabolism in the rumen. In: *Lipid Metabolism in Ruminant Animals*. Christie, W.W. 21-56. *Pergamon Press*, Oxford, 1981.
- 43) Hermansen, J. E.: Feed intake, milk yield and milk composition by replacing unprotected fat by Ca-soaps for dairy cows. *Anim. Feed Sci. and Tech.* **22**: 193-202 (1989).
- 44) Hermansen, J. E.: Food intake, milk yield and live weight gain of dairy cows given increased amount of calcium-saponified fatty acids of palm acid oil. *Anim. Prod.* **50**: 11-18 (1990).
- 45) Hermosillo, GG; Castañeda, M.J. y Bañuelos D.G: Establecimiento de un módulo de mejoramiento genético de ovinos tropicales, en el sur de Jalisco, resultados iniciales, peso al nacimiento, en: Memoria III Congreso Nacional de Producción Ovina. Tlaxcala, México, 1990. pp. 66-69.
- 46) Hogan, J.P. and Hogan, R.M.: The evaluation of formaldehyde-treated safflower seed-casein supplement as a source of linoleic acid for ruminant lipids. *Aust. J. Agric. Res.*, **27**:129-138 (1976).
- 47) Harrison, F.A. and Leat, W.M.F.: Digestion and absorption of lipids in non-ruminant and ruminant animals: a comparison. Symposium on 'Lipid metabolism and its control'. *Proc. Nutr. Soc.*, **34**:203-210 (1975).

- 48) Huber, J.T.; Wu, Z. and Chan, S.C. Feeding of fat during heat stress conditions and combinations of fat sources. In: Proceedings of fat supplementation for the superior dairy symposium. New Orleans, (1993). pp 32-37.
- 49) Industry News.: U.S. meat groups avert disruption in Mexican trade. National Lamb & Wool grower 84:7 29 (1994).
- 50) Jenkins, T.C. and Palmquist, D.L.: Effect of added fat and calcium on *in vitro* formation of insoluble fatty acid soaps and cell wall digestibility. J. Anim. Sci., 55:957-963 (1982).
- 51) Jenkins, T.C. and Palmquist, D.L.: Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. J. Dairy Sci., 67:978-986 (1984).
- 52) Johnson, R.A. and Wichern, D.W.: Applied Multivariate Statistical Analysis. 2nd edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs New Jersey 1990.
- 53) Johnson, R.R. and McClure, K.E.: High fat rations for ruminants. II. Effects of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. J. Anim. Sci., 36:397-406 (1973).
- 54) Kirchgerner, M. and Müller, H.L.: Effects of deficient or excessive energy supply and subsequent realimentation on energy metabolism of lactating cows. in: Energy metabolism of farm animals, proceeding of the 11th symposium, Pudoc Wageningen Netherlands (1989). pp 56-59.
- 55) Knight, R.; Sutton, J.D.; McAllan, A.B. and Smith, R.H.: The effect of dietary lipid supplementation on digestion and synthesis in the stomach of sheep. Proc. Nutr. Soc., 37:14A (1978).
- 56) Leng, R.A. and Nolan, J.V.: Symposium: Protein nutrition of the lactating dairy cow. Nitrogen Metabolism in the rumen. J. Dairy Sci., 67:1072-1088 (1984).
- 57) Lévy, F.; Gervais, R.; Kindermann, U.; Litterio, M.; Poindron, P. and Porter, R.: Effects of early post partum separation on maintenance of maternal reinosuveness and selectivity in parturient ewes. Appl. Anim. Behav. Sci. 31 101-110 (1991).
- 58) Lima, T.; Fuentes, J.L.; Pavón M. y Perón N.: Influencia de varios factores en el peso al nacimiento y mortalidad de corderos Pelibuey. Rev. Cubana de Reprod. Anim. 13:1 55-62 (1987).
- 59) Lofgreen, G.P.: Net energy of fat and molasses for beef heifers with observations on the method for net energy determination. J. Anim. Sci., 24:480-487 (1965).
- 60) Lubis D.; Van Horn, H.H.; Harris, B.; Bachman, K.C.; and Emanuele, S.M.: Responses of lactating dairy cows to protected fats or whole cottonseed in low or high forage diets. J. Dairy Sci., 73:3512-3525 (1990).
- 61) Malher, X.: Aptitude laitière de la race ovine 'Rouge de l'Ouest' soumise a la traite mecanique: premiers resultants. In: Proceedings of the 4th international symposium on machine milking of small ruminants, Kibbutz Shefayin. Israel (1989). pp 13-19.
- 62) Maqueda, S.J.; Guevara, E.A.: Evaluación productiva de ovejas múltiparas Suffolk X Pelibuey y Dorset X Pelibuey En: Memoria de XV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. pp. 76 Guadalajara, México Septiembre 1993. pp 27-30.
- 63) Mata, H.A.; Dryden, F.D.; Marchello, J.A. and Shell, L.A.: Protein protected fat for ruminants. IV. Plasma lipid, insulin and depot fat composition of lambs. J. Anim. Sci., 46:1336-1345 (1978).
- 64) McDonald, P.; Edwards, R.A. & Greenhalgh, J.F.D.: Animal Nutrition. 4th ed. Longmann Scientific & Technical. New York U.S.A. 1988.
- 65) Mattos, W. and Palmquist, D.L.: Biohydrogenation and availability of linoleic acid in lactating cows. J. Nutr., 107:1755-1761 (1977).
- 66) Miller, P.: Lamb imports: Will they eat out our lunch. National Lamb & Wool grower 84:7 5 (1994).
- 67) Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, New York U.S.A. 1976.
- 68) Muñoz de C.G.S.; Castro, G.H. y Navarro, F.R. Evaluación de la producción de las ovejas del centro ovino del programa de extensión agropecuaria. Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 1986.
- 69) Neary, M.: Management of ewes and lambs at weaning The Shepherd 39:4 36 (1994).
- 70) Noble, R.C.: Digestion, absorption and transport of lipids in Ruminant animals. In: Lipid Metabolism in Ruminant Animals. Christie, W.W. 57-94. Pergamon Press, Oxford, 1981.

- 71) National Research Council: Nutrient requirements of sheep. 6th ed. National Academic Press, 1985.
- 72) National Research Council: Nutrient requirements of dayri cattle. 6th ed. National Academic Press, 1988.
- 73) Ollier, A.; Doreau, M.; Rémond, B. Effet de l'addition de matières grasses à la ration de vaches laitières en période estivale. Ann. Zootech. **40**: 209-212 (1991).
- 74) Owen J.B.: Sheep Production. Baillière Tindall, London, 1976.
- 75) Palmquist, D.L.: A kinetic concept of lipid transport in ruminants: Review. J. Dairy Sci., **59**:355-363 (1976).
- 76) Palmquist, D.L.: The feeding value of fats. In: Feed Science. Orskov, E.R. 293-310. Elsevier Science Publishers B.V., New York, 1988.
- 77) Palmquist, D.L. and Conrad, H.R.: High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. J. Dairy Sci., **61**:890-901 (1978).
- 78) Palmquist, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. J. Dairy Sci., **74**:1354-1360 (1991).
- 79) Palmquist, D.L. and Conrad, H.R.: High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. J. Dairy Sci., **63**:391-395 (1980).
- 80) Palmquist, D.L.; Davis, C.L.; Brown, R.E. and Sachan D.S.: Availability and metabolism of various substrates in ruminants. V. Entry rate into the body and incorporation into milk fat of D(-)β-Hydroxybutyrate. J. Dairy Sci., **52**:633-638 (1969).
- 81) Palmquist, D.L. and Jenkins, T.C.: Fat in lactation rations: Review. J. Dairy Sci., **63**:1-14 (1980).
- 82) Palmquist, D.L. and Mattos, W.: Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat of dietary (1,Carbon,14) linoleic acid in lactating cows. J. Dairy Sci., **61**:561-565 (1978).
- 83) Pavón, M.; Fuentes, J.L.; Lima, T.; Albuernes, R.; Efremov, A y Perón, N.: Estudio de la producción de leche en la oveja Pelibuey, Pelibuey x Suffolk y Pelibuey x Corriedale y el crecimiento del nacimiento al destete en sus crías. Rev. Cubana de Reprod. Anim. **13**:1 39-53 (1987).
- 84) Peart, J.N.: Effect of stage of lactation on milk composition of finnish landrace x blackface ewes. J. Agric. Sci. Camb., **79**: 303-313 (1972).
- 85) Pern, N; Limas, T. y Fuentes, J.L.: El ovino Pelibuey en Cuba: revisión bibliográfica de algunas características productivas. World Animal Review. **6**: 32-39 (1991).
- 86) Puppione, D.L.: Implications of unique features of blood lipid transport in the lactating cow. J. Dairy Sci., **61**: 651-659 (1978).
- 87) Ramírez-Baffi, A.; Guerra, D.; Garces, N. y González, G.: Estudio de los razgos de crecimiento pre destete de los ovinos Pelibuey. I factores ambientales. Rev. Cubana de Rep. Anim., **17-18**: 67-76 (1992).
- 88) Rhind, S.M; Bass, J.; Doney, J.M. and Hunter, E.A. Effect of litter size on the milk production, blood metabolite profiles and endocrine status of ewes lambing in January and April. Anim. Prod., **53**: 71-80 (1991).
- 89) Richards, S.: American Sheep Industry Association resolutions of 1994. The Shepherd **39**:3 18-19 (1994).
- 90) Rutquin, H.: Intérêts et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. Productions Animales. **5**:1 29-36 (1992).
- 91) Rutquin, H.; Pisulewski, P.M.; Vérité R. and Guinard J. : Milk production and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply: a nutrient-response approach. Livestock Prod. Sci. **37**: 69-90 (1993).
- 92) Rushen J.: Problems associated with the interpretation of physiological data in the assessment of animal welfare. Appl. Anim. Beha. Sci. **28** 381-386 (1991).
- 93) SAS User's guide: statistics, version 5. Edition 1882. SAS Inst Inc. Cary N.C.
- 94) Schingoethe D.J.; Byers, F.M. and Schelling, GT. Nutrient needs during critical periods of the life cycle. In: The Ruminant Animal, digestive physiology and nutrition. D.C. Church. 2nd edition. Prentice Hall, Englenwoods Clifts, New Jersey. (1988).
- 95) Schneider, B.H and Flatt W.P.: The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press. USA. 1975.

- 96) Schneider, P; Sklan, D.; Chalupa, W. and D.S. Kronfeld. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. J. Dairy Sci., 71:2143-2147 (1988).
- 97) Sommer A.: Non conventional feeds in cattle nutrition. In: Non Conventional Feedstuffs in the Nutrition of Farm Animals. Koloman Bod'a 186-204. Elsevier, Amsterdam, 1990.
- 98) Shaver R.D.: Effects and economics of fat supplementation on reproductive performance in high producing dairy cows. In: Proceedings of fat supplementation for the superior dairy symposium. New Orleans, 1993. pp 42-46.
- 99) Shaw, J.C. and Ensor, W.C.: Effect of feeding cod liver oil and unsaturated fatty acids on rumen VFA and milk fat content. J. Dairy Sci., 42:1238-1240 (1959).
- 100) Shell, L.A.; Dryden, F.D.; Mata,Hernandez, A. and Hale, W.H.: Protein protected fat for ruminants: III digestion and performance of lambs. J. Anim. Sci., 46:1332-1337 (1978).
- 101) Sklan D.; Ashkenazi, R.; Braun, A.; Devorin, A. and Tabori, K.: Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. J. Dairy Sci., 75:2463-2472 (1992).
- 102) Sklan D.: A note on production responses of lactating ewes to calcium soaps of fatty acids. Anim. Prod., 55: 288-291 (1992).
- 103) Statgraphics. Statistical graphics system, version 2.6 Edition 1987.
- 104) Steel, R.G.D. and Torrie, J.H: Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 2nd ed. McGraw Hill International Book Company. Tokio Japan. 1981.
- 105) Storry, J.E.; Hall, A.J. and Johnson, V.W.: The effects of increasing amounts of dietary red palm oil on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res., 22:609-614 (1968).
- 106) Storry, J.E.; Hall, A.J. and Johnson, V.W.: The effects of increasing amounts of dietary coconut oil on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res., 38:73-77 (1971).
- 107) Storry, J.E.; Hall, A.J. and Johnson, V.W.: The effects of increasing amounts of dietary tallow on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res., 40:2093-2099 (1973).
- 108) Storry, J.E.: The effect of dietary fat on milk composition. In: Recent Developments in Ruminant Nutrition, 2. Haresign W., Cole D.J.A. 111-141. Butterworths. London, 1988.
- 109) Tilley, J.M. and Terry R.A.: A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassld. Soc. 18: 104-111 (1963).
- 110) Trejo, G.A.; Pérez, R.Y.; González, D.F. y Frey, S.E.: Algunos parámetros productivos y reproductivos en ovinos Pelibuey en un rebaño comercial de Chalma, Estado de México. en: Memoria III Congreso Nacional de Producción Ovina. Tlaxcala México,1990. pp 117-120.
- 111) Van Adrichem, P.W.M. and Vogt, J.E.: The effect of isolation and separation on the metabolism of sheep. Livestock Prod. Sci. 33: 151-159 (1993).
- 112) Van Soest, P.J.: The use of detergents in the analysis of fibrous feeds: II A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assoc. Off. Agr. Chem. 46:825 (1963).
- 113) Wanner, N.: Fütterung un fruchtbarkeit der mickuh. Simmentaler Fleckvieh. 3: 26-32 (1991).
- 114) Ward, C.E.: Slaughter lamb marketing & pricing alternatives. The Shepherd 39:5 18-21 (1994).
- 115) West, J.W. and Hill, G.M.: Effect of a protected fat product on productivity of lactating Holstein and Jersey cows. J. Dairy Sci., 73: 3200-3207 (1990).
- 116) Wrenn, T.R.; Bitman, J.; Waterman, R.A.; Weyant, J.R.; Wood, D.L. Strozinski, L.L. and Hooven, N.W. Jr.: Feeding protected and unprotected tallow to lactating cows. J. Dairy Sci., 61:49-58 (1978).
- 117) Wu, Z.; Huber, J.T.; Chen, K.H.; Simas, J.; Chan, S.C. and Theurer C.B.: Effect of supplemental fat source on lactation performance of Holstein cows. J. Dairy Sci., 75 (Suppl. 1): 172 (1992).
- 118) Yang, Y.T.; Baldwin R.L. and Russell J.: Effects of long supplementation with lipids on lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 61:180-188 (1978).
- 119) Yang, Y.T., Rohde, J.M. and Baldwin, R.L.: Dietary lipid metabolism in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 61:1400-1406 (1978).