

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**Colegio de Ciencias Agropecuarias**  
**Maestría en Ciencias Agropecuarias**



**TESIS:**

*“Efecto de la adición de diferentes fuentes de grasas en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo en finalización”*

**Que para obtener el grado de**  
**Maestro en Ciencias Agropecuarias**

**PRESENTA:**

**MVZ. Leticia Elena Gutiérrez Leyva**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez**

**CO-DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Alfredo Estrada Angulo**

**ASESORES:**

**Dr. Jesús David Urías Estrada**  
**Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón**  
**Dr. Jesús José Portillo Loera**

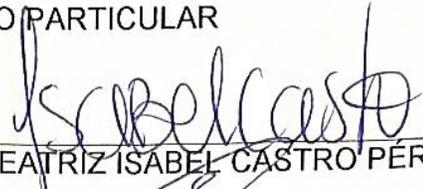
Culiacán, Sinaloa, México, marzo 2022.

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **LETICIA ELENA GUTIÉRREZ LEYVA**,  
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA  
SIDO APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

  
DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

CO-DIRECTOR

  
DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

ASESOR

  
DR. JESÚS DAVID URIÁS ESTRADA

ASESOR

  
DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN

ASESOR

DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA

Culiacán, Sinaloa, México, marzo 2022.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 22 de marzo del año 2022, la que suscribe Leticia Elena Gutiérrez Leyva, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 1146617-0, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez Y Dr. Alfredo Estrada Angulo y cede los derechos del trabajo titulado “Efecto de la adición de diferentes fuentes de grasas en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo en finalización”, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

---

Leticia Elena Gutiérrez Leyva

DOMICILIO: Calle Torres de Babel #7016, Fraccionamiento Las Torres, Culiacán, Sinaloa, México.  
TELÉFONO: 667-1-85-30-04  
CORREO ELECTRÓNICO: [leticiaegl@gmail.com](mailto:leticiaegl@gmail.com)  
CURP: GULL951128MSRITYT01



Dirección General de Bibliotecas



U n i v e r s i d a d   A u t ó n o m a   d e   S i n a l o a

## REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres; Sonia Leyva y Juan Gutiérrez, les dedico cada logro en mi vida, siempre serán la guía y el motor para lograr todo lo que me proponga. A mi hermano, Damián Gutiérrez, tu compañía a lo largo de mi vida me ayudo a formar la persona que soy. Los amo.

Al cuerpo académico; MVZ. Alma Beatriz Pérez Fernández, Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez, Dr. Alfredo Estrada Angulo y Dr. Jesús David Urías Estrada, gracias por darme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, por sus conocimientos y apoyo, les guardo un gran cariño.

A Conacyt, por la beca otorgada para poder llevar a cabo la realización de mi Maestría en Ciencias Agropecuarias.

A mis compañeros de la UEEPR; Esmeralda, Daniel, Roberto, Yesica y Jorge, el tiempo que compartimos juntos nos llevó a formar una gran amistad. Los quiero.

A Octavio Zapata, nino, gracias por convertirte en un gran apoyo y ejemplo en mi vida y convertirme en parte de tu familia.

A Saúl, mi esposo y compañero, nunca me van a alcanzar las palabras para agradecerte todo lo que haces por nosotros, por ser mi complemento, por formar este gran equipo, por los días buenos y malos, pero sobre todo por tu amor y paciencia. Pronto todo valdrá la pena. Te amo con el alma.

A cada una de las personas que formaron parte de este proceso, sin ustedes nada habría sido posible.

Gracias Dios por siempre llevarnos de la mano.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	1
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	2
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
<b>2.1. Situación actual del ovino en México</b> .....	6
<b>2.2. Situación actual del ovino en Sinaloa</b> .....	6
<b>2.3. Sistemas de producción de ovinos de engorda</b> .....	7
2.3.1. Sistemas extensivos .....	7
2.3.2. Sistemas semi-intensivos.....	7
2.3.3. Sistemas intensivos .....	7
<b>2.4. Generalidades de los lípidos</b> .....	7
<b>2.5. Clasificación de los lípidos</b> .....	8
2.5.1 Lípidos simples .....	8
2.5.2. Lípidos compuestos .....	8
2.5.3. Lípidos derivados .....	8
2.5.4. Esteroles .....	8
<b>2.6. Clasificación de los ácidos grasos: química y nutricional</b> .....	8
<b>2.7. Características químicas y nutrimentales de las grasas y aceites</b> .....	10
<b>2.8. Uso de grasa en la alimentación de animales monogástricos</b> .....	11
<b>2.9. Uso de grasas en la alimentación de rumiantes</b> .....	11
2.9.1. Sebo .....	12
2.9.2. Grasas mezcladas.....	13
2.9.3. Grasa amarilla.....	13
2.9.4. Grasa de trampa.....	13
2.9.5. Extractos de jabón y otras fuentes grasas altas en AGL .....	14
<b>2.10. Nivel de adición en las dietas</b> .....	14
<b>2.11. Digestión de grasas en rumiantes</b> .....	16

2.11.1. Digestión ruminal.....	16
2.11.2. Digestión y absorción intestinal.....	18
<b>2.12. Factores que inciden en la digestibilidad de las grasas en los rumiantes.....</b>	<b>20</b>
<b>2.13. Efectos de la adición de grasas al alimento de ovinos en engorda sobre indicadores productivos, características de la canal y de la carne.....</b>	<b>21</b>
<b>2.14. Normativa mexicana sobre el cuidado ambiental y uso de grasas de desecho.</b> .....	<b>22</b>
<b>III. HIPÓTESIS.....</b>	<b>24</b>
<b>IV. OBJETIVO.....</b>	<b>24</b>
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
5.1. Ubicación del sitio experimental.....	24
5.2. Animales y manejo .....	25
5.3. Alimentación con dietas experimentales.....	25
5.4. Asignación de tratamientos.....	25
5.5. Determinación del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.....	27
<b>5.6. Análisis estadístico.....</b>	<b>28</b>
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PAGINA
1	Ácidos grasos más comunes que se encuentran en los tejidos vegetales y animales.	9
2	Composición química promedio de las principales grasas comerciales utilizadas en engorda de ganado en confinamiento.	12
3	Comparación del contenido de energía neta* de mantenimiento y de ganancia de grasas alimenticias estimado por medio de la técnica de reemplazo en novillos con dietas de finalización	14
4	Composición química y perfil de ácidos grasos de la grasa amarilla convencional y grasa de trampa.	15
5	Digestibilidad intestinal para rumiantes de las distintas fuentes de grasa.	19
6	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.	23
7	Composición de dietas con diferentes fuentes de grasas.	26

8	Efecto de la suplementación de fuentes de grasa en dieta de finalización en 84-d sobre respuesta productiva y la energética de la dieta.	29
---	--	----

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Estructuras generales de mono-, di-, y triglicéridos.	10
2	Ruta y transformación de lípidos en el rumen.	17
3	Digestión intestinal de los ácidos grasos en los rumiantes.	18

## RESUMEN

### **Efecto de la adición de diferentes fuentes de grasas en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo en finalización**

**MVZ. LETICIA ELENA GUTIÉRREZ LEYVA**

Se utilizaron 24 ovinos machos enteros (27 kg de peso vivo promedio) con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de diferentes fuentes de grasas en la respuesta productiva y energética de la dieta. Los ovinos se asignaron individualmente a una de 24 corrales (6 corrales por tratamiento) bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar, tomando el peso inicial como criterio de bloqueo. Los tratamientos fueron: Los tratamientos consistieron en T1) Testigo, 0% de grasa, 8% de heno de Sudan, 67% de maíz roado, 10.5% de pasta de soya, 9% de melaza de caña, 3% Zeolita, 2.5% sal mineral traza, 0.4% de urea; T2) 4% de sebo, 8% de heno de Sudan, 63% de maíz roado, 10.5% de pasta de soya, 9% de melaza de caña, 3% Zeolita, 2.5% sal mineral traza, 0.4% de urea; T3) Dieta integral similar al T2 pero con 4% grasa amarilla; T4) Dieta integral similar al T1 pero con 4% de grasa de trampa. El periodo experimental duró 84 días. Los tratamientos no afectaron ( $p \geq 0.05$ ) las variables peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS), sin embargo, se observó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en las variables de Eficiencia Alimenticia (EA), Energía Neta metabolizable (ENm), Energía Neta de ganancia (ENg) y la Energía Neta (EN) observada/esperada. Se concluye que la adición de diferentes fuentes de grasas tiene un efecto diferente en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo en finalización.

**Palabras clave:** ovino, fuente de grasas, respuesta productiva, energética de la dieta.

## ABSTRACT

### **Effect of the addition of different fat sources on the productive and energetic response of the diet in finishing hair sheep.**

**MVZ. LETICIA ELENA GUTIÉRREZ LEYVA**

A total of 24 male lambs (27 kg of average live weight) were used in order to evaluate the effect of the addition of different sources of fat on the productive and energy response of the diet. The lambs were individually assigned to one of 24 pens (6 pens per treatment) under a Design of Random Complete Blocks, taking the initial weight as blocking criterion. The treatments consisted of T1) Control, 0% fat, 8% Sudan hay, 67% rolled corn, 10.5% soybean paste, 9% cane molasses, 3% Zeolite, 2.5% trace mineral salt, 0.4% urea; T2) 4% tallow, 8% Sudan hay, 63% rolled corn, 10.5% soybean paste, 9% cane molasses, 3% zeolite, 2.5% trace mineral salt, 0.4% urea; T3) Integral diet similar to T2 but with 4% yellow grease; T4) Comprehensive diet similar to T1 but with 4% griddle grease. The experimental period lasted 84 days. The treatments did not affect ( $p \geq 0.05$ ) the variables live weight initial (LWI), live weight final (LWF), average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI), however a significant effect ( $p < 0.05$ ) was felt in the variables of AD, net energy of maintenance (NEm), net energy of gain (NEg) and Observed to expected NE. It is concluded that the addition of different sources of fat has a different effect on the productive and energetic response of the diet in finishing hair sheep.

**Key words:** lambs, fat sources, response productive, dietary energy.

## I.INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico constante en la actualidad significa una mayor demanda y necesidad de abastecimiento alimenticio para la población. En el año 2020 según la FAO (2020), se tenía una población de 7.70 millones de habitantes y se estima que para el año 2050, la población alcance los 9.70 millones de personas, lo que representa un reto para garantizar la seguridad alimentaria de dicha población. La industria cárnica busca alternativas que aumente la eficiencia productiva por el necesario aumento del potencial productivo del sector, lo que ha estimulado a la investigación a la búsqueda de ingredientes alternativos que proporcionen energía en la alimentación de rumiantes.

Generalmente, la carne de borrego es un producto de bajo consumo en México, esa moderada demanda de la carne ovina en la canasta alimenticia de los mexicanos se debe a varios factores, entre ellos: su costo elevado con respecto a otras carnes, el 90 % del consumo de carne de borrego se basa en un solo platillo típico (barbacoa), la oferta de carne es cíclica a través del año (mayor demanda durante el último trimestre) y la importación (de carne congelada o animales en pie) sujeta a la paridad existente entre el peso y el dólar (Ríos *et al.*, 2016).

Los lípidos son un grupo diverso de compuestos orgánicos presentes en los tejidos vegetales y animales, insolubles en agua pero solubles en los solventes orgánicos comunes como el éter (Martínez *et al.*, 2010). Debido a su alto valor energético, las grasas y aceites a menudo se incluyen en las dietas para animales, debido a la propiedad que tienen de aumentar el contenido de energía metabolizable (EM) en la dieta. Así, cuando se consume EM es insuficiente para satisfacer las necesidades de energía de los animales, los lípidos a menudo se usan para suministrar más energía y ácidos grasos esenciales (Jenkins y Jenny, 1989). Otra ventaja de la inclusión de grasa en la alimentación integrada es minimizar el polvo durante la mezcla y manejo de la alimentación y reducir irritación del tracto respiratorio cuando es consumido por animales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Situación actual del ovino en México

Para el desarrollo de la ovinocultura, México posee una orografía muy diversa, con una climatología que cambia fuertemente de un lugar a otro y con múltiples recursos naturales que son aprovechados en distintos sistemas de producción, que difieren por su modalidad, por su grado de intensidad y por el nivel tecnológico que tienen (Ríos *et. al.*, 2016).

En nuestro país, existen sistemas de producción ovina muy variados, determinado por la disponibilidad de recursos y por las tradiciones en el consumo; su producción tiene buenas posibilidades de desarrollo, porque cuenta con buenos precios al productor, y al comerciante le da un valor agregado, generalmente, el ganado ovino es de tipo criollo, aunque también según reportes de SADER en 2020, se crían razas puras como: Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Corriedale de las que se aprovechan exclusivamente su carne, en cambio, para la producción de lana se crían las razas Debouillet, Merino australiano y Lincoln, y las razas de doble propósito (lana y carne) son Marsh y Rommey.

Entre el 2001 y 2017 la producción en el sector ovino ha registrado un crecimiento del 70 por ciento, al pasar de 36 mil a más de 61 mil toneladas de carne, con un inventario de alrededor de casi nueve millones de cabezas (SADER, 2018), y durante 2018 de la ovinocultura se obtuvo una producción de más de 122 mil toneladas de ganado en pie y más de 62 mil toneladas de carne de canal; mientras que la lana supera una producción de más de 4 mil toneladas anuales. Actualmente, es el Estado de México el líder productor de carne de ovino, con más de 9 mil toneladas (SADER, 2020).

Según el resumen comparativo elaborado por SIAP (2021), del mes de mayo del 2020 a mayo 2021 se produjeron 25,622 y 25,968 toneladas de carne en canal de ovino, respectivamente, siendo este un avance del 39.4%.

### 2.2. Situación actual del ovino en Sinaloa

La producción de canal de ovino en Sinaloa en el año 2021 tuvo un total de 1,208 toneladas. Respecto al primer semestre del año 2021 se reportan 507 toneladas de producción total (SIAP, 2021).

### **2.3. Sistemas de producción de ovinos de engorda**

El sistema de producción es un conjunto de técnicas relacionadas con el manejo, la alimentación, la selección y reproducción del rebaño, el cual se modifica por las condiciones de la región o área geográfica y las características socioeconómicas de los productores (Kawas y Houston, 1990).

Existen varios sistemas de producción ovina, que se desarrollan en pastoreo, en estabulación o en la combinación de estas dos modalidades. De acuerdo con su régimen de producción se dividen en: intensivo, semi-intensivo y extensivo, y según su propósito fundamental se dividen en comerciales y de autoconsumo. A su vez, los sistemas comerciales pueden ser intensivos, semi-intensivos o extensivos, y por lo general, los de autoconsumo son de traspatio y, en algunos casos muy limitados de trashumancia (SAGARPA, 2013).

#### **2.3.1. Sistemas extensivos**

Generalmente el pie de cría, reemplazos y corderos se mantiene en un solo rebaño, sin ningún control reproductivo, lo que propicia que se incremente la consanguinidad en el rebaño. El manejo lo realiza comúnmente un pastor, que lo mueve dentro de los potreros en libre pastoreo y sin restricción de áreas. Comúnmente los animales no reciben alimentación complementaria, sólo cuando se aprovechan productos o subproductos agrícolas de la región. Generalmente las prácticas de manejo son mínimas y carecen de control sanitario (Bores y Vega, 2003).

#### **2.3.2. Sistemas semi-intensivos**

Los animales pastorean en potreros durante la mañana y regresan al corral por la tarde. Reciben alimentación balanceada complementaria, los cercos y algunas prácticas de manejo permiten un mejor pastoreo de los animales (Cano *et al.*, 2001).

#### **2.3.3. Sistemas intensivos**

En estos sistemas pretenden hacer más eficiente la producción de carne y mejorar su calidad, enviando los animales al mercado en el menor tiempo posible. Los animales permanecen confinados todo el tiempo, la alimentación se brinda en los comederos y es adecuada para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal, tanto en calidad como en cantidad. Las instalaciones son funcionales y prácticas (Villalobos, 2001).

### **2.4. Generalidades de los lípidos**

Los lípidos considerados cuantitativamente más importantes en la alimentación de los rumiantes son aquellos que contienen ácidos grasos (AG) unidos a glicerol: triglicéridos, glicolípidos y

fosfolípidos. Los triglicéridos son denominados de forma genérica como grasas, aunque normalmente se distinguen dos tipos: aceites y grasas (Fuller, 2008).

Los aceites que tienen ácidos grasos de menos de diez carbonos o con uno o más enlaces dobles, son líquidos a temperatura ambiente, y son normalmente de origen vegetal, aunque existen excepciones como los aceites marinos. Las grasas que tienen ácidos grasos saturados de diez o más carbonos, son sólidas a temperatura ambiente, y son de origen animal como la manteca (procedente del ganado porcino) y el sebo (procedente del ganado vacuno, ovino y equino) (Martínez *et al.*, 2010).

## **2.5. Clasificación de los lípidos**

Según describen Church y Pond (2004), los lípidos llevan a cabo importantes funciones bioquímicas y fisiológicas en los tejidos vegetales y animales, los más importantes dentro de la nutrición son clasificados de la siguiente manera:

### **2.5.1 Lípidos simples**

Son éteres de ácidos grasos con varios alcoholes. Las grasas, aceites y ceras son lípidos simples. Las grasas y los aceites son ésteres de ácidos grasos con el glicerol y las ceras son ésteres de ácidos grasos con alcoholes diferentes al glicerol.

### **2.5.2. Lípidos compuestos**

Son ésteres de ácidos grasos que contienen otros grupos además de un alcohol y un ácido graso. Estos incluyen los fosfolípidos, los glucolípidos y las lipoproteínas. Los fosfolípidos son grasas que contienen ácido fosfórico y N. Los glucolípidos son grasas que contienen glúcidos y con frecuencia N, y las lipoproteínas son lípidos ligados a las proteínas que se encuentran en la sangre y en otros tejidos.

### **2.5.3. Lípidos derivados**

Contienen sustancias que se derivan de los grupos mencionados anteriormente a través de una hidrólisis; como ácidos grasos, glicerol y otros alcoholes.

### **2.5.4. Esteroles**

Son lípidos con estructuras complejas con anillos parecidos a los del fenantrenos, mientras que los terpenos son compuestos que generalmente tienen una estructura de la clase del isopreno.

## **2.6. Clasificación de los ácidos grasos: química y nutricional**

Los ácidos grasos están constituidos por cadenas de átomos de C, que contienen desde 2 hasta 24 o más átomos de C de longitud y se caracterizan por tener en su extremidad un grupo

carboxilo. La estructura general es RCOOH, donde la R equivale a una cadena de C de diversa longitud.

La mayoría de los ácidos grasos que se encuentran en los tejidos animales están constituidos por cadenas rectas y contienen un número par de átomos de C, como se muestra en el cuadro 1. Los que contienen cadena ramificadas y número impar de átomos de C se encuentran comúnmente en microorganismos; sin embargo, los tejidos de los rumiantes en particular, contiene cantidades relativamente grandes de estos ácidos como resultado de la fermentación del rumen (Church y Pond, 2004).

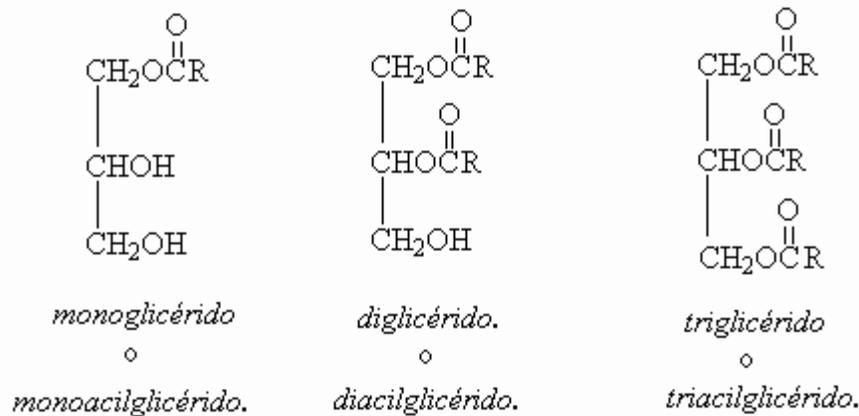
**Cuadro 1.** Ácidos grasos más comunes que se encuentran en los tejidos vegetales y animales.

<b>Ácido</b>	<b>No. de carbono</b>	<b>No. de enlaces</b>	<b>Denominación abreviada</b>
<b>Butírico (butanico)</b>	4	0	C 4:0
<b>Caproico (hexanoico)</b>	6	0	C 6:0
<b>Caprílico (octanico)</b>	8	0	C 8:0
<b>Capríco (decanoico)</b>	10	0	C 10:0
<b>Láurico (dodecanico)</b>	12	0	C 12:0
<b>Mirístico (tetradecanocio)</b>	14	0	C 14:0
<b>Palmítico (hexadecanocio)</b>	16	0	C 16:0
<b>Palmitoleico (hexadecenoico)</b>	16	1	C 16:1
<b>Esteárico (octadecanoico)</b>	18	0	C 18:0
<b>Oleico (octadecanoico)</b>	18	1	C 18:1
<b>Linoleico (octadecatrienoico)</b>	18	2	C 18:2
<b>Linolénico (octadecatrienoico)</b>	18	3	C 18:3
<b>Araquídico (eicosanoico)</b>	20	0	C 20:0
<b>Araquidónico (eicosatetraenoico)</b>	20	4	C 20:4

<b>Lignocérico (tetracosanoico)</b>	24	0	C 24:0
---	----	---	--------

Fuente: Church D. C y Pond W.G. 2004. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de animales.

Los monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos son ésteres de glicerol y ácidos grasos, un éster se forma por la reacción de un alcohol con un ácido orgánico (representados en la figura 1). La longitud de la cadena y el grado de insaturación de los ácidos grasos individuales que constituyen el triglicérido determinan sus propiedades físicas y químicas. Los triglicéridos simples de los ácidos grasos saturados que contienen diez o más carbonos son sólidos a temperaturas ambientes, mientras que aquellos que tienen menos de diez carbonos generalmente son líquidos. Los triglicéridos que contienen únicamente ácidos grasos saturados de cadena larga son sólidos, mientras que aquellos que contienen una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados son líquidos.



**Figura 1.** Estructuras generales de mono-, di-, y triglicéridos.

## 2.7. Características químicas y nutrimentales de las grasas y aceites

El conjunto de los lípidos presentes en los alimentos consumidos recibe comúnmente el nombre de grasa de la dieta (Martínez *et al.*, 2010), las grasas y los aceites constituyen cuantitativamente la fracción más numerosa de los lípidos en la mayoría de las sustancias comestibles y se caracterizan por su elevado valor energético. Un gramo de grasa común produce aproximadamente 9.45 Kcal de calor cuando se somete a una combustión total, comparado con 4.1 Kcal que produce un glúcido común (Church y Pond, 2004).

Los lípidos de los forrajes se encuentran principalmente en forma de ácidos grasos poliinsaturados esterificados como galactosilglicéridos. La concentración de ácidos grasos en esta forma rara vez supera el 1,5% de la materia seca de la dieta. En cambio, los ácidos grasos contenidos en cereales, semillas oleaginosas y grasas libres son variable, más elevado y en forma de triglicéridos (Plascencia *et al.*, 2006).

## **2.8. Uso de grasa en la alimentación de animales monogástricos**

Las grasas de origen animal y aceites son de uso común en alimentación animal para las diversas especies de animales monogástricos para aumentar la concentración energética de los piensos (Polin, 1980; Jones *et al.*, 1992; Holland *et al.*, 1998; Schothorst Feed Research, 2011; Marchesini *et al.*, 2012). A efectos prácticos, el valor nutricional de las oleínas va a depender fundamentalmente de las condiciones del proceso de refinado del aceite original y de la limpieza posterior del producto para limitar la acidez mineral y el contenido en agua.

La utilización de grasas en la industria de la producción de piensos se ha visto incrementada paralelamente con las mejoras en el potencial productivo de las diferentes especies. Las grasas son fuente de ácidos grasos esenciales. Generalmente los monogástricos son capaces de sintetizar ácidos grasos poliinsaturados de las familias n-7 y n-9 pero no de la familia n-6 (linoleico, araquidónico) que se consideran esenciales y por tanto deben proporcionarse en la ración. Los ácidos grasos de otras familias no son esenciales, excepto el grupo n-3 (linolénico) que puede tener alguna actividad esencial (Wiseman, 1991), de ahí su importancia en la alimentación de animales monogástricos.

## **2.9. Uso de grasas en la alimentación de rumiantes**

Las grasas y aceites son una fuente alimenticia para rumiantes de alta densidad energética y de bajo costo (Plascencia, *et al.*, 2005). Las grasas funcionan como aglutinante y gracias a eso reducen la cantidad de polvo tanto en las plantas de alimentos como en el comedero de los animales (Zinn y Plascencia, 2007). Los lípidos de los forrajes se encuentran principalmente en forma de ácidos grasos poliinsaturado esterificados como galactosilglicéridos. La concentración de ácidos grasos en esta forma rara vez supera el 1.5% de la materia seca de la dieta. En cambio, los AG contenidos en cereales, semillas oleaginosas y grasas libres son variables, más elevado y en forma de triglicéridos (Plascencia, *et al.*, 2005). En el cuadro 2 se describen las fuentes de grasas más comúnmente utilizadas:

**Cuadro 2.** Composición química promedio de las principales grasas comerciales utilizadas en engorda de ganado en confinamiento.

Concepto	Grasa amarilla <sup>1</sup>	Sebo de res <sup>1</sup>	Mezcla animal-vegetal <sup>2</sup>	Extractos de jabón <sup>3</sup>	Sales de Calcio <sup>4</sup>
Composición química					
Humedad	0.40	0.12	0.88	1.4	-
Impurezas	0.22	0.08	0.56	4.9	-
Materia insaponificable	0.71	0.31	3.88	3.46	-
Valor de yodo	82.06	54.04	67.16	102.6	81.3
Ac. Grasos totales	92.6	92.5	92.9	85.7	-
Ac. Grasos libres	13.9	7.8	51.0	54.8	-
Perfil de ácidos					
C <sub>16:0</sub> (Esteárico)	18.0	25.2	22.3	21.5	49.8
C <sub>18:0</sub> (Palmítico)	10.3	15.7	13.7	6.0	4.0
C <sub>18:1</sub> (Oleico) <sup>5</sup>	46.9	42.2	35.5	26.5	36.3
C <sub>18:2</sub> (Linoleico)	17.2	5.3	18.7	40.2	7.5
C <sub>18:3</sub> (Linolénico)	1.4	0.5	1.55	3.1	0.3

<sup>1</sup> Ramírez y Zinn, 2000; <sup>2</sup> Zinn, 1989; <sup>3</sup> AFOA, 1999; <sup>4</sup> Wu *et al.*, 1993.

Dentro de la producción de rumiantes son utilizados diferentes tipos de grasas, como los que se desarrollan a continuación.

### 2.9.1. Sebo

El sebo o grasa animal es un subproducto derivado principalmente de desperdicios de carne y vísceras, mayormente de ganado vacuno. Este tipo de grasa se caracteriza por una mayor uniformidad, además de presentar un alto punto de fusión (>40°C) y un menor contenido de humedad e impurezas (<1,5%) así como de ácidos grasos libres (AGL), en comparación con otras fuentes de grasas (Brandt y Anderson, 1990; Zinn y Plascencia, 2004b).

### 2.9.2. Grasas mezcladas

Las grasas mezcladas son mezclas con diferentes proporciones de grasas de origen animal, aceites vegetales, así como aceites acidulados y subproductos de refinería. De la misma forma que la grasa amarilla, las mezclas no son uniformes en su composición; de hecho, su composición es aún más variable, por lo que es difícil caracterizarla de una manera generalizada. Aun así, comparada con la grasa amarilla, es de apariencia más oscura y con un contenido mayor de AGL y materia insaponificable, tendiendo a poseer un valor de yodo más alto. Las características típicas de calidad para esta fuente de grasa son 90% mínimo de ácidos grasos totales (AGT) y niveles máximos de 50% de AGL, 3,5% de insaponificables, 1,5% de humedad y 1% de impurezas (Zinn, 1989a).

### 2.9.3. Grasa amarilla

El término de "amarilla" se debe a su apariencia. También se le conoce como grasa de restaurante o grasa de cocina, ya que su origen es de cualquier combinación de los desperdicios o sobrantes de grasas y aceites colectados en cafeterías, restaurantes de comida rápida y panaderías. Como resultado de cocinar cada vez más con aceites vegetales, la mayor parte de grasa amarilla recobrada es de origen vegetal que ha sido parcialmente hidrogenizada para un mejor desempeño en el proceso de cocinado, de tal forma que la proporción de insaturados:saturados es de 2,6 aproximadamente (Zinn, 1988; Plascencia *et al.*, 1991).

Debido a la diversidad de sus fuentes, la grasa amarilla no es muy uniforme en su composición y puede variar de un área a otra, o de una planta a otra. De acuerdo con los parámetros establecidos por la Asociación Americana de Grasas y Aceites (AFOA, 1999), su punto de fusión debe ser menor a 40°C y no debe contener más de 15% de AGL y un máximo de 2% de impurezas. La grasa amarilla (Yellow Grease, YG) ha sido un problema y la mayor parte se desecha en el medio ambiente y en las aguas residuales. Por lo tanto, usar YG como fuente de energía tiene ventajas ambientales y económicas potenciales.

### 2.9.4. Grasa de trampa

Dentro de la industria existen diversas fuente de grasa alta en AGL, una de ellas es la grasa denominada "grasa de trampa" (griddle grease, GT), la cual es obtenida en las trampas del desagüe de cocinas de cafeterías y restaurantes. Este tipo de grasa se ha incrementado en el mercado en los últimos años como resultado de recientes regulaciones medioambientales que indican que la grasa que se vierte al caño por error debe ser recuperada y reciclada. La

composición es muy similar a la grasa amarilla, pero contiene tres veces más AGL, como se representa en el cuadro 3 (Plascencia *et al.*, 1999).

**Cuadro 3.** Composición química y perfil de ácidos grasos de la grasa amarilla convencional y grasa de trampa.

Concepto	Grasa amarilla	Grasa de trampa
Composición química		
Humedad	0.12	0.63
Impurezas	0.10	3.00
Materia insaponificable	0.37	0.59
Valor de yodo	87.2	75.2
Ac. Grasos totales	90.53	83.94
Ac. Grasos libres	14.80	42.30
Perfil de ácidos		
C <sub>16:0</sub> (Esteárico)	15.88	16.56
C <sub>18:0</sub> (Palmítico)	8.43	9.61
C <sub>18:1</sub> (Oleico) <sup>5</sup>	48.43	49.33
C <sub>18:2</sub> (Linoleico)	20.11	14.28
C <sub>18:3</sub> (Linolénico)	1.89	1.06

Fuente: Adaptado de Plascencia, J. A., Estrada, M. and Zinn, R.A. (1999). Influence of free fatty acid content on the feeding value of yellow grease in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77:2603-2609.

### 2.9.5. Extractos de jabón y otras fuentes grasas altas en AGL

Los extractos de jabón son subproductos resultantes de los procesos de la refinación de aceites comestibles. La composición de ácidos grasos es muy similar a la fuente original, pero con más contenido de AGL (>50%).

### 2.10. Nivel de adición en las dietas

Según la literatura las recomendaciones para el uso de grasas alimenticias para dietas de rumiantes indican que éstas no deben exceder el 5% de la dieta, puesto que se han observado efectos detrimentales sobre el consumo y la eficiencia alimenticia cuando la grasa se incluye en niveles superiores (Zinn, 1994), sin embargo, las restricciones prácticas para su óptima utilización no han sido aún resueltas, ya que se han registrado casos negativos en comportamiento productivo con niveles de inclusión igual o menor al 3%, mientras que niveles

de 8% han conducido a ganancias y conversiones superiores con relación a animales no suplementados (Zinn, 1989). Lo anterior se refleja en una variabilidad del valor nutricional observado para la energía neta (EN) de la grasa que oscila desde 3,77 y 2,95 hasta 6,35 y 5,15Mcal·kg<sup>-1</sup> (Plascencia *et al.*, 2002) de EN de mantenimiento y EN de ganancia, respectivamente, tal como se aprecia en la cuadro 4.

**Cuadro 4.** Comparación del contenido de energía neta\* de mantenimiento y de ganancia de grasas alimenticias estimado por medio de la técnica de reemplazo en novillos con dietas de finalización.

<b>ENm</b>	<b>ENg</b>	<b>Nivel adicionado en la dieta %</b>	<b>Fuente</b>
<b>6.35</b>	5.15	1.5	Plascencia <i>et al.</i> , 2002.
<b>6.20</b>	4.53	4	Zinn, 1998.
<b>6.06</b>	4.90	3	Plascencia <i>et al.</i> , 2002.
<b>6.02</b>	4.77	5	Zinn, 1992.
<b>5.82</b>	4.69	6	Zinn <i>et al.</i> , 2000.
<b>5.78</b>	4.61	6	Zinn, 1989a.
<b>5.55</b>	4.46	4	Ramirez y Zinn, 2000.
<b>5.34</b>	4.41	3.5	Brandt y Anderson, 1990.
<b>5.33</b>	4.30	6	Zinn y Plascencia 2004a.
<b>4.98</b>	3.85	5	Pascencia <i>et al.</i> , 1996.
<b>4.92</b>	3.90	6	Pascencia y Zinn, 2002.
<b>4.78</b>	3.87	5	Zinn y Shen, 1996.
<b>4.68</b>	3.69	9	Plascencia y Zinn, 2002.
<b>4.63</b>	3.50	6	Zinn y Plascencia, 1996.
<b>4.38</b>	3.45	5	Zinn <i>et al.</i> , 1998.
<b>3.77</b>	2.95	4	Clary <i>et al.</i> , 1993.
<b>3.66</b>	2.80	9	Zinn y Pascencia, 2004a.

\*Mcal·kg<sup>-1</sup>.

Fuente: Plascencia, J. A., Mendoza M. G., Vásquez P. C., Avery Z. R. 2005. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en dietas para bovinos de engorda en confinamiento: una revisión.

## 2.11. Digestión de grasas en rumiantes

### 2.11.1. Digestión ruminal

Los lípidos de los alimentos sufren dos importantes transformaciones en el rumen: lipólisis y biohidrogenación.

La lipólisis se refiere a la liberación por hidrólisis de los ácidos grasos esterificados en los triglicéridos, glicolípidos y fosfolípidos. La biohidrogenación consiste en la reducción de los enlaces dobles existentes en los ácidos grasos liberados (Plascencia *et al.* 2005).

La hidrólisis de los lípidos ocurre por acción de lipasas, galactosidasas y fosfolipasas producidas por bacterias ruminales, principalmente *Anaerovibrio lipolyticus* y *Butyrivibrio spp*, el resultado de este proceso produce AG libres (no esterificado) y glicerol. Los lípidos de forrajes, cereales y semillas quedan expuestos a la acción microbiana cuando la matriz vegetal ha sido masticada y degradada. La actividad lipolítica se ve influenciada por el estado de madurez del forraje, el contenido de nitrógeno y por el tamaño de las partículas alimenticias en el rumen (Jenkins, 1993), pero generalmente no es un paso limitante para la digestión de las grasas. Beam *et al*, (2000) han demostrado que la velocidad de hidrólisis ruminal está directamente relacionada con el grado de insaturación; los aceites se hidrolizan más rápidamente que el sebo y no se detecta hidrólisis alguna de glicéridos saturados (hidrogenado).

Por otra parte, al inicio de estos estudios, Demeyer y Henderickx (1967) observaron que la lipólisis disminuía con pH ruminales inferiores a 6 y que este proceso era más sensible a valores a valores de pH bajos. Siendo la lipólisis un paso esencial para la biohidrogenación, entonces, los factores que afectan a la lipólisis afectan el grado de biohidrogenación puesto que la disponibilidad del grupo carboxílico es necesario para el proceso.

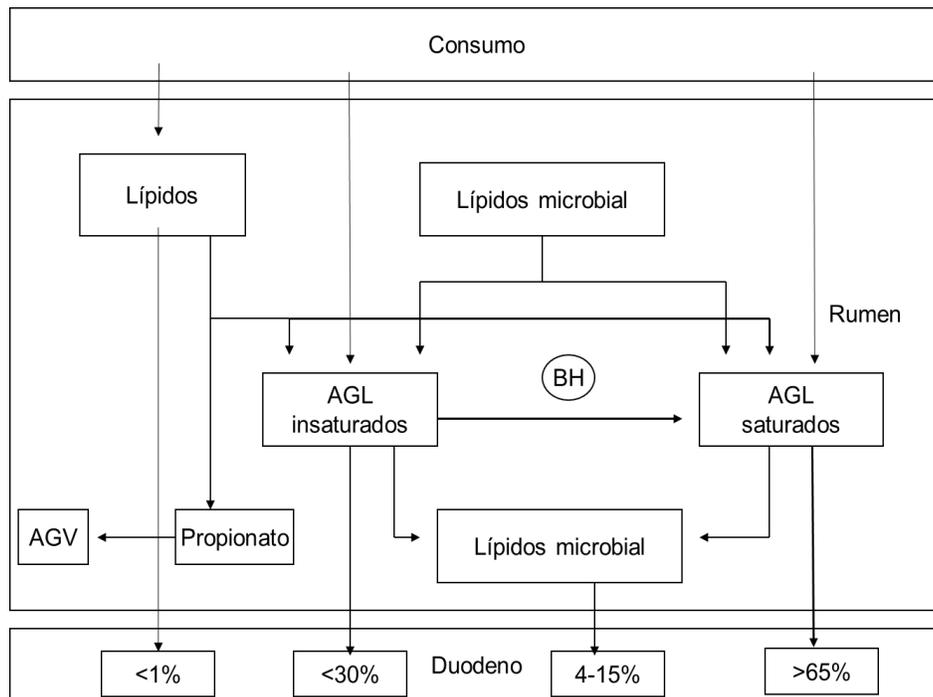
Los AG insaturados no esterificados producidos durante la lipólisis son muy tóxicos para las bacterias gram-positivas (celulolíticas), las bacterias metanogénicas y los protozoos. Sin embargo, el proceso de detoxificación de mayor importancia es la biohidrogenación ya que es el mecanismo mediante el cual los microorganismos ruminales saturan los AG insaturado C18 hasta ácido esteárico y los AG saturado son menos tóxicos para los microorganismos ruminales

que los insaturados. De hecho, las bacterias ruminales almacenan los lípidos primordialmente en forma de ácidos saturados.

Aunque la capacidad de hidrogenar numerosos isómeros posicionales ha sido descrita (Harfoot y Hazlewood, 1997), el modelo de mayor interés es la biohidrogenación del ácido linoleico (cis 9, cis 12 18:2) como a continuación se describe:

- 1) Isomeración a cis 9, trans 11 18:2
- 2) Reducción a trans 11 18:1
- 3) Reducción a 18:0 (ácido esteárico)

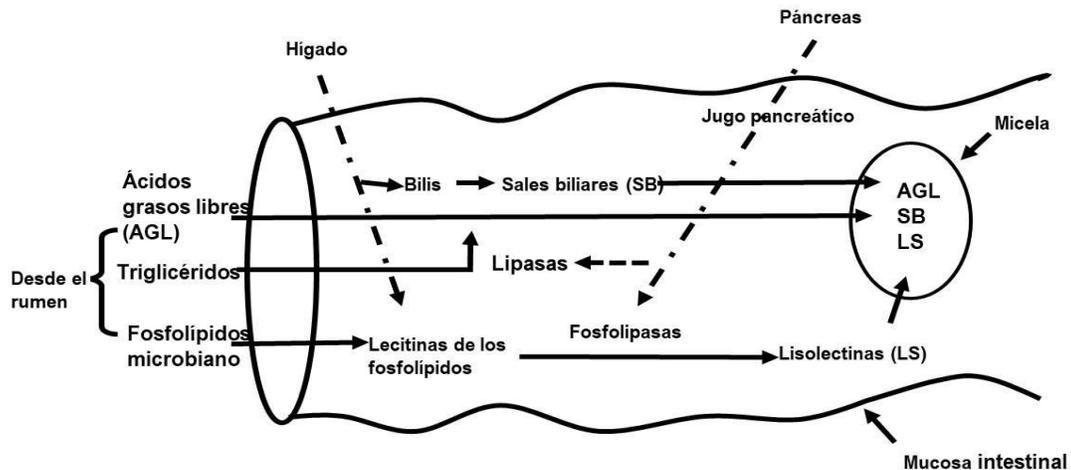
A menudo en el paso 3 intervienen microorganismos diferentes a los de los pasos 1 y 2; En contraste con la extensiva absorción ruminal de los AG de cadena corta (<10 C), los AG de cadena larga no son absorbidos hasta alcanzar el intestino delgado. De tal manera que el metabolismo ruminal modifica en gran medida el perfil de los AG de las grasas dietéticas (Plascencia *et al.*, 1999); representando el mecanismo de biohidrogenación el factor que determina el perfil de AG saturados de la grasa de los rumiantes y el principal factor que influye en la digestibilidad intestinal de las grasas.



**Figura. 2.** Ruta y transformación de lípidos en el rumen (Adaptado de Zinn y Plascencia, 2007)

### 2.11.2. Digestión y absorción intestinal

Como se ha mencionado previamente, la digestibilidad es el factor más importante que determina el valor energético de las grasas. Los rumiantes están bien adaptados a absorber pequeñas cantidades de grasas muy saturadas (menos del 3% de la materia seca) en dietas normales. Los ácidos grasos que llegan a intestino son altamente saturados (>85%, Zinn *et al.*, 2000) y están absorbidos sobre las partículas alimenticias. Los ácidos grasos son liberados de las partículas por detergencia polar. Las sales biliares favorecen la interacción de los ácidos grasos con los fosfolípidos de la bilis y el agua, lo cual conduce a la formación de una fase líquida cristalina. El avance de la digesta se acompaña de un aumento del pH desde un valor de 3-4 en las proximidades del orificio común de los conductos biliar y pancreático hasta 8 en el íleon. El aumento del pH facilita que la fase líquida cristalina se disperse en presencia de las sales biliares para formar una solución micelar. Simultáneamente, la liberación de lisolecitinas desde los fosfolípidos biliares y bacterianos por la acción de las fosfolipasas pancreáticas estimula aún más la solubilización y mejora el paso de los ácidos grasos a través de capa acuosa que recubre las microvellosidades intestinales. Los pocos triglicéridos que escapan del rumen son hidrolizados en los tramos iniciales del intestino delgado por la lipasa pancreática, cuya actividad se mantiene a pesar del bajo pH (óptimo de 7,5-7,8) gracias a la protección que presta la presencia de las sales biliares.



**Figura 3.** Digestión intestinal de los ácidos grasos en los rumiantes

Según la ecuación de Plascencia *et al.* (2003), la digestibilidad solamente es >80% cuando el consumo de AG totales es <1g·kg<sup>-1</sup> de peso vivo. Estos autores señalaron que la digestión intestinal de los ácidos grasos es el principal determinante de la variación del valor de energía neta de las fuentes de grasa incluidas en la dieta. De acuerdo con Noble (1978) y Plascencia *et al.* (2005) el descenso observado de la digestibilidad de la grasa al aumentar su consumo podría deberse a la limitada capacidad de producción de bilis de los rumiantes, ya que la solubilización micelar depende exclusivamente de las sales biliares y las lisolecitinas debido a la reducida presencia de monoglicéridos en la digesta de estas especies. Estos autores encontraron que la producción de bilis aumentó linealmente en respuesta al incremento de grasa en la dieta (de 0 a 8%), sin embargo, la cantidad de bilis en relación a los ácidos grasos presentes en duodeno se redujo linealmente de 23,4 a 16,7ml·g<sup>-1</sup> de lípidos. De acuerdo con el trabajo de Plascencia *et al.* (2003) la reducción observada en la digestibilidad se debe, sobre todo, a la menor absorción intestinal de los ácidos palmítico y esteárico, ya que la de los ácidos grasos insaturados no se ve afectada. Dentro del cuadro 5, se muestra la digestibilidad intestinal para rumiantes de las distintas fuentes de grasas, según diversos autores que han realizado experimentos en el área.

**Cuadro 5.** Digestibilidad intestinal para rumiantes de las distintas fuentes de grasa.

<b>Tipo de grasa*</b>	<b>Nivel adicionado %</b>	<b>Digestibilidad %</b>	<b>Fuente</b>
<b>MAV</b>	3.0	73.8	Wu et al., 1991
<b>GA</b>	3.0	76.2	Plascencia <i>et al.</i> , 2002
<b>GA</b>	3.0	82.0	Plascencia y Zinn, 2002
<b>SV</b>	3.5	77.1	Bock <i>et al.</i> , 1991
<b>GA</b>	4.0	80.0	Zinn, 1989
<b>GA</b>	4.0	79.1	Zinn, 1988

<b>TG</b>	5.0	76.0	Elizalde <i>et al.</i> , 1999
<b>GA</b>	5.0	80.2	Zinn y Shen. 1996
<b>SV</b>	5.0	72.0	Ramírez y Zinn, 2000
<b>GA</b>	5.0	84.2	Pascencia y Zinn, 1992
<b>SV</b>	5.5	81.2	Palmquist <i>et al.</i> , 1993
<b>GA</b>	6.0	77.5	Plascencia <i>et al.</i> , 1991
<b>MAV</b>	6.0	66.9	Wu <i>et al.</i> , 1991
<b>GA</b>	6.0	75.6	Pascencia y Zinn, 2002
<b>GA</b>	5.0	75.5	Zinn y Plascencia 1993
<b>GA</b>	5.0	84.6	Zinn y Plascencia, 1992
<b>GA</b>	6.0	77.1	Zinn, 1989
<b>MAV</b>	6.0	78.4	Zinn, 1989
<b>GA</b>	6.0	79.5	Zinn <i>et al.</i> , 2000
<b>GA</b>	6.0	77.5	Plascencia <i>et al.</i> , 1991
<b>GA</b>	6.0	75.6	Plascencia y Zinn, 2002
<b>GA</b>	8.0	69.3	Zinn 1989
<b>GA</b>	9.0	70.1	Plascencia y Zinn, 2002

\*MAV: mezcla animal-vegetal, GA: grasa amarilla, TG: triglicéridos, SV: sebo vacuno.

Lo anterior demuestra, en gran medida, que el principal factor que afecta la digestibilidad de la grasa alimenticia en rumiantes es su nivel de consumo.

## **2.12. Factores que inciden en la digestibilidad de las grasas en los rumiantes**

Plascencia *et al.* (2005), revisaron varios factores que podrían incidir en la digestibilidad de la grasa de la dieta, tales como contenido de ácidos grasos libres, proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, longitud de cadena, y forma de adición a la dieta, llegando a la conclusión de que la cantidad consumida es el principal factor determinante, el asignar individualmente un valor energético por fuente o tipo de grasa es difícil.

Por otra parte, el principal problema cuando son comparadas distintas fuentes de grasas, es que las grasas adicionadas en las dietas para rumiantes generalmente no exceden del 6% de la materia seca y la precisión obtenida en esos estudios no

permite detectar diferencias tan pequeñas (menos del 10%) en el valor nutricional de las grasas comparadas.

De cualquier forma, al comparar distintas fuentes, básicamente se comparan características tales como la cantidad de AGL, el grado de saturación y la proporción de insaturados: saturados. En ese sentido, se han realizado varias pruebas para comparar el valor nutricional de las diferentes características de las grasas utilizadas en la alimentación para ganado en engorda.

### **2.13. Efectos de la adición de grasas al alimento de ovinos en engorda sobre indicadores productivos, características de la canal y de la carne**

Se han realizado investigaciones sobre la inclusión de aceites vs aceite residual para freír (YG) en las dietas para ovejas donde se evalúa la respuesta productiva (Awawdeh *et al.*, 2009, Scarpino *et al.* 2016, Ghafari *et al.*, 2016).

Awawdeh *et al.*, en 2009, utilizaron veintitrés corderos de la raza Awassi machos (PVI =  $18,5 \pm 1,72$  kg) que alojaron individualmente para estudiar los efectos del uso de grasa amarilla (YG) en el desempeño del cordero, digestibilidades de nutrientes y características de la canal, y comparar tales efectos con el aceite de soja (SO). Con tres tratamientos; sin grasas añadidas (Testigo; n = 7), 32 g / kg de grasa amarilla (YG, n = 8) y 32 g / kg de SO (SO, n = 8) en dietas a base de cereales de cebada. Indicaron que los tratamientos dietéticos no afectaron la ingesta y digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, neutra fibra detergente o retención de nitrógeno. Sin embargo, la ingesta y digestibilidad del extracto de éter fue mayor por las dietas YG o SO. Los corderos alimentados Las dietas YG o SO crecieron más rápido y fueron más pesadas que sus contrapartes de control al finalizar el estudio. Adicionalmente, los corderos alimentados con las dietas YG o SO tenían una canal más pesada que los del tratamiento testigo.

Scarpino *et al.* en 2016, donde utilizaron veinticuatro corderos machos cruzados (Santa Inês × Dorper) no castrados (peso corporal inicial  $24.9$  kg  $\pm$  2.4 kg), concluyeron que la adición de aceite de soja o grasa amarilla al 6% en la dieta de

los corderos mestizos tiene un efecto mínimo en el comportamiento productivo y aumenta la eficiencia alimenticia, sin embargo, disminuye la digestibilidad de materia seca (MS) y fibra neutro detergente (FND), y tiende a aumentar la grasa intramuscular. El uso de grasa amarilla como fuente de energía alternativa aumenta los días de corderos en la alimentación, pero dependiendo del precio y la disponibilidad puede ser económicamente factible, especialmente para los pequeños agricultores.

En 2016, Ghafari *et al.*, realizaron un trabajo similar para estudiar el efecto de la suplementación con aceite de sésamo (SO) en el rendimiento y la composición de ácidos grasos de la carne y la grasa de la cola en corderos Chaal iraní. Dieciocho corderos fueron alimentados con una de las tres dietas isocalóricas e isonitrogenadas que contienen 0 (control), 25 y 50 g de SO por kilogramo de dieta en un diseño completamente al azar durante 84 días. No hubo efectos sustanciales sobre el rendimiento de los animales y sus medidas de canal y no canal, excepto por el peso de la grasa renal que aumentó linealmente al aumentar el nivel de SO. La suplementación de SO resultó en una disminución en la proporción molar de propionato ruminal, mientras que la proporción acetato: propionato ruminal, el colesterol total en suero y las lipoproteínas de alta densidad (HDL) se incrementaron linealmente temprano. Nuestros resultados indicaron que el aumento del nivel de SO hasta 50 g por kg de dieta puede mejorar la grasa de la cola y el CLA cis-9, trans-11 intramuscular en corderos jóvenes de engorde Chaal sin afectar el rendimiento animal y con poco efecto sobre la deposición de grasa.

#### **2.14. Normativa mexicana sobre el cuidado ambiental y uso de grasas de desecho.**

En México existen normas que rigen el cuidado del medio ambiente, así como los niveles máximos permisibles de este tipo de desechos en el agua, la **NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, regida por la Secretaría de medio ambiente, recursos naturales y pesca, señala los niveles permitidos en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																					
PARÁMETROS  (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)		
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)				
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.			P.M.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia Flotante (3)	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	au sen	

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D= Promedio diario; P.M= Promedio mensual; N.A= No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

La Norma Mexicana **NMX-AA-005-SCFI-2013**. Análisis de agua – medición de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba (cancela a la nmx-aa-005-scfi-2000), establece el método que permite una estimación del contenido de grasas y aceites en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, al determinar gravimétricamente las sustancias que son extraídas con hexano de una muestra acuosa acidificada. La medición de grasas y aceites es indicativa del grado de contaminación del agua por usos industriales y humanos.

En la medición de grasas y aceites no se mide una sustancia específica, sino un grupo de sustancias con unas mismas características fisicoquímicas (solubilidad). Entonces la medición de grasas y aceites incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia susceptible de ser extraída con hexano.

### **III. HIPÓTESIS**

La adición de diferentes fuentes de grasas tendrá efecto similar en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo alimentados con dietas de finalización.

### **IV. OBJETIVO**

Evaluar el efecto de diferentes fuentes de grasas en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo alimentados con dietas de finalización.

### **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **5.1. Ubicación del sitio experimental**

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Engorda Experimental para Pequeños Rumiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en el Km. 3.5 salida Sur carretera federal número 15 tramo Culiacán-Mazatlán y 1 Km. al Oeste del mercado de abasto, en Culiacán Sinaloa. Geográficamente la ciudad de Culiacán se localiza a 24° 48' latitud norte y 107° 25' longitud oeste, a una altura de 60 msnm, una temperatura media anual de 24°C, con 33.3 y 16.3 °C como temperaturas máximas y mínimas promedio, y 44.5 y 1.5°C de temperaturas máximas y mínimas extremas; con 144, 159 y 92 días despejados, medio nublados y nublados al año, respectivamente; precipitación pluvial promedio anual de 675 mm, con lluvias en verano (Julio a Septiembre), el clima de la región se clasifica como cálido semi-seco (INEGI, 2009).

Todos los procedimientos de manejo de animales se realizaron dentro de las pautas de técnicas aprobadas nacionalmente para el uso y cuidado de animales (NOM-051-ZOO-1995: para el cuidado humanitario de los animales durante la movilización de animales; NOM-062-ZOO-1995: Especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio granjas de ganado, granjas, centros de producción, reproducción y cría, zoológicos y sala de exposiciones, deben cumplir con los principios básicos de bienestar de los animales; NOM-024-ZOO-1995: estipulaciones de salud animal y características durante el transporte de animales).

## 5.2. Animales y manejo

Se llevó a cabo una prueba de respuesta productiva con duración de 84 días con 15 días previos de adaptación, en la cual se utilizaron 24 ovinos machos Pelibuey x Katahdin con un peso vivo inicial promedio de 27 kg. A su llegada, los animales fueron asignados al azar (Diseño de Bloques Completos al Azar), bajo el criterio de peso vivo en 24 corraletas experimentales techadas en su totalidad, con medidas de 3 m. de largo x 2 m. de ancho, equipadas con comedores metálicos de 60 cm lineales de tres bocas con separadores y espacio de 20 cm. entre cada boca y bebederos de llenado manual con capacidad de 20 L. Los ovinos serán desparasitados por vía oral con Closantel MR al 5% (7.5 mg /kg de peso vivo) y aretados con número de identificación local, manteniendo a los animales que cuenten con arete SINIIGA (Sistema de Identificación Individual del ganado).

## 5.3. Alimentación con dietas experimentales

El alimento se ofreció en dos horarios (9:00 y 17:00 horas) en cantidad equivalente al 3.0% de su peso vivo inicial, dicha cantidad se ajustó gradualmente con base al sobrante o al faltante de alimento existente al día siguiente de ser ofrecido. La servida AM se fijó a 400 gr por animal, por lo tanto, el ajuste se realizó en una proporción de 5% del consumo del día anterior, el cual se aumentó o disminuyó en la servida PM.

## 5.4. Asignación de tratamientos

Con base a su peso y de acuerdo a un diseño en bloques completos al azar, los animales fueron colocados de manera individual en cada corraleta experimental.

Los tratamientos consistieron en T1) Testigo, 0% de grasa, 8% de heno de Sudan, 67% de maíz rolado, 10.5% de pasta de soya, 9% de melaza de caña, 3% Zeolita, 2.5% sal mineral traza, 0.4% de urea; T2) 4% de sebo, 8% de heno de Sudan, 63% de maíz rolado, 10.5% de pasta de soya, 9% de melaza de caña, 3% Zeolita, 2.5% sal mineral traza, 0.4% de urea; T3) Dieta integral similar al T2 pero con 4% grasa amarilla; T4) Dieta integral similar al T1 pero con 4% de grasa de trampa. La cantidad de alimento ofrecido se calculó en 3% del peso vivo del animal (Base Seca)

al inicio y se ajustó conforme los animales mantenían una necesidad de mayor consumo (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Composición de dietas con diferentes niveles de grasa de trampa.

Ingredientes	%	Tratamientos			
		T1	T2	T3	T4
		Testigo	Sebo	Grasa amarilla	Grasa de trampa
Maíz rolado		67.00	63.00	63.00	63.00
Heno de sudán		8.00	8.00	8.00	8.00
Pasta de soya		10.50	10.50	10.50	10.50
Sebo		---	4.00	---	---
Grasa amarilla		---	---	4.00	---
Grasa de trampa		---	---	---	4.00
Melaza de caña		9.00	9.00	9.00	9.00
Urea		0.40	0.40	0.40	0.40
Zeolita		3.00	3.00	3.00	3.00
Sal mineral traza <sup>b</sup>		2.50	2.50	2.50	2.50
Materia seca		87.76	87.50	87.55	87.80
Composición química <sup>a</sup> . (Base MS)					
Proteína cruda total (%)		13.85	13.48	13.49	13.50
Extracto etéreo (%)		3.10	6.94	6.83	6.55

FND (%)	14.65	16.65	16.65	16.65
Energía Neta calculada <sup>d</sup> (Mcal/kg)				
Mantenimiento	1.97	2.13	2.13	2.13
Ganancia	1.33	1.47	1.47	1.47

<sup>a</sup> Composición química de las fuentes de grasas: 1) Sebo (grasa animal): humedad, 0,28%, impurezas, 0,32%, ácidos grasos totales, 90,70%; 2) grasa amarilla (grasa de restaurante): humedad, 1,56%, impurezas, 0,80% de ácidos grasos totales, 88,50%; 3) Grasa de trampa (trampa-grasa): humedad, 16,48%, impurezas, 3,05% y ácidos grasos totales 79,80%. Las muestras de grasas fueron analizadas por Laboratorios de Análisis Industriales, Culiacán Sinaloa, México.

<sup>b</sup> Premezcla mineral contenida: Calcio, 28%; Fósforo, 0,55%; Magnesio, 0,58%; Potasio, 0,65%; NaCl, 15%; vitamina A, 1.100 UI / kg; vitamina E, 11 UI / kg.

<sup>b</sup> La composición dietética se determinó analizando submuestras recolectadas y compuestas a lo largo del experimento. La precisión se aseguró mediante una replicación adecuada con la aceptación de valores medios que estaban dentro del 5% de uno al otro.

<sup>c</sup> Basado en valores tabulares de energía neta (NE) para los ingredientes individuales del alimento (NRC, 2007).

### 5.5. Determinación del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia

El consumo de alimento promedio por día por animal, fue expresado en kg de materia seca (MS) y se determinó pesando la cantidad de alimento servido diariamente y restando el sobrante en la mañana del día siguiente, luego se le sumó la cantidad consumida del día 1 al día 84 de la prueba, y se dividió entre 84 días; además, se determinaron las variables mencionadas contando el periodo total de prueba (día 1 al día 84).

Cada animal se pesó los días 0, 28, 56 y 84 del experimento para determinar la ganancia diaria de peso promedio por periodo (g), restando al peso final del periodo el peso inicial del periodo y luego se dividió entre los días de prueba de cada periodo. El pesaje fue realizado los días programados en el cronograma en un horario de 6:30 AM, se utilizó una báscula electrónica marca TORREY, modelo EQM-400/800, con la capacidad de 400kg (800 lb), de batería recargable, dicha báscula fue adaptada con una protección de herrería hecha a medida donde se permite que los borregos sean colocados y evita movimientos bruscos que generen merma en los pesos obtenidos. Los borregos fueron pesados individualmente, iniciando de la primer corraleta siguiendo un orden, fueron llevados al centro del

pasillo donde estará colocada la báscula lista para su uso, al ingresar el borrego dentro se tomaron anotaciones del arete local y el peso en kg que registró la báscula en un formato previamente realizado.

La conversión alimenticia (CA) por animal, se obtuvo al dividir el consumo de alimento promedio diario (base seca) por animal entre la ganancia de peso promedio diario correspondiente al periodo experimental.

La eficiencia alimenticia (EA) fue calculada dividiendo la ganancia diaria de peso entre el promedio de consumo diario de materia seca.

La energía neta (EN) observada para las dietas se estimó por medio de la fórmula cuadrática:

$$X = (-b - \sqrt{b^2 - 4ac})/2c$$

Donde  $x = EN$  m (Mcal/kg),  $a = -0,41EM$ ,  $b = 0,877EM + 0,41CMS + EG$ , y  $c = -0,877CMS$  (Zinn y Shen, 1998).

Donde  $EM = 0,056 \times W^{0.75}$ ,  $EG = 0,276 \times GDP \times PV^{0.75}$  y  $CMS =$  promedio de consumo de MS, kg/d (NRC, 1985; Estrada *et. al.*, 2013).

## 5.6. Análisis estadístico

Los resultados se analizarán mediante análisis de la varianza para un Diseño en Bloques Completos al Azar, fijándose un nivel de  $\alpha$  máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística entre los tratamientos.

El modelo matemático (Martínez, 1988) fue el siguiente:  $Y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + \epsilon_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$  es la variable de respuesta

$t_j$  es el efecto de tratamiento

$\mu$  es el promedio general

$\epsilon_{ij}$  es el error experimental

$\beta_i$  es el efecto del bloque

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de la grasa alimentaria añadida sobre el rendimiento de los rumiantes es variable como concuerdan varios autores (Zinn 1989a, Ueda *et al.*, 2003 y Awawdeh

*et al.*, 2009). Tal variabilidad podría estar asociada con diferencias entre experimentos en términos de composición de la dieta basal (densidad energética y nivel o tipo de grano), nivel de inclusión de grasa, tipo de grasa y su composición (contenido de AG libre y saturado), así como si las dietas se formularon para ser isoenergéticas. Dentro del cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos dentro de este experimento.

**Cuadro 8.** Efecto de la suplementación de fuentes de grasa en dieta de finalización en 84-d sobre respuesta productiva y la energética de la dieta.

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM
	Testigo	Sebo	Grasa amarilla	Grasa de trampa	
Replicas	6	6	6	6	
Peso vivo, kg <sup>2</sup>					
Inicial	27.69	27.79	27.52	27.64	0.132
Final	47.63	47.02	48.33	46.67	1.256
Ganancia diaria de peso, kg	0.237	0.229	0.248	0.227	0.015
Consumo de materia seca, kg/d	1.177	1.073	1.112	1.104	0.058
Eficiencia alimenticia (CMS/GDP)	0.202 <sup>a</sup>	0.215 <sup>b</sup>	0.224 <sup>b</sup>	0.205 <sup>a</sup>	0.002
EN de la dieta, Mcal/kg					
Mantenimiento	1.98 <sup>a</sup>	2.10 <sup>b</sup>	2.14 <sup>b</sup>	2.04 <sup>c</sup>	0.014
Ganancia	1.33 <sup>a</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.47 <sup>b</sup>	1.38 <sup>c</sup>	0.009
Observado sobre esperado EN de la dieta					
Mantenimiento	1.01 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	0.96 <sup>b</sup>	0.011
Ganancia	1.00 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.94 <sup>b</sup>	0.010
Observado sobre esperado GDP	1.00 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	1.06 <sup>b</sup>	0.008

Valor energético neto de grasas, Mcal/kg

Mantenimiento	-	5.24	5.99	3.71
Ganancia	-	4.18	4.84	2.84

---

EEM= error estándar de la media; EN= energía neta; CMS= consumo de materia seca; GDP= ganancia diaria de peso.

<sup>abc</sup> Diferente literal en la fila significa diferencia estadística (P<0.05).

<sup>1</sup> 1) Testigo= sin grasa suplementada; 2) 4% Sebo; 3) 4% Grasa de trampa; 4) 4% grasa de trampa.

<sup>2</sup> Peso vivo inicial (PVI) se redujo un 4% para ajustar el llenado gastrointestinal, mientras que el peso final no se ajustó.

En los resultados para las variables de peso vivo inicial y peso vivo final no se observaron diferencias estadísticamente significativas, no obstante, existieron diferencias numéricas, esto se atribuye al criterio de bloqueo y concuerda con los resultados obtenidos por Scarpino *et al.*, 2016, y difieren de los resultados presentados por Awawdeh *et. al.* en 2009 donde sí obtuvieron diferencias estadísticas en la variable de PVF, ambos comparando YG vs SO.

Respecto a la variable de GDP no se encontró diferencia estadística entre fuentes de grasa en el presente estudio, siendo estos resultados diferentes comparado con los obtenidos por Awawdeh *et. al.*, 2009, en cambio, los resultados coinciden con los de Scarpino *et. al.*, 2016.

En general, la grasa en la dieta disminuye la ingesta de MS de los rumiantes debido a la regulación quimiostática de ingesta voluntaria aumentando la densidad energética de las dietas (Boggs *et al.*, 1987), sin embargo, en este trabajo no se encontró un efecto dentro de esta variable, similar al compararse con el resultado de otros autores (Plascencia *et al.*, 1999b, Awawdeh *et. al.*, 2009, Ghafari *et al.*, 2015, Ramos Méndez *et al.*, 2021) lo cual puede ser atribuido al porcentaje de inclusión de la dieta o la formulación de la dieta.

En tanto para la variable de eficiencia alimenticia, se encontró diferencia estadística para el tratamiento control y el tratamiento de grasa de trampa, en contraste con el tratamiento de sebo y grasa amarilla que tuvieron el mismo comportamiento.

Para la variable de ENm y ENg en lo observado/esperado se encontraron diferencias estadísticas comportándose de la misma manera los tratamientos de sebo y grasa amarilla vs el tratamiento testigo y el tratamiento de grasa de trampa, actualmente no se cuenta con mucha literatura disponible sobre el efecto de la grasas en ENm y ENg en ovinos, pero podemos encontrar en estudios realizados en bovinos (Zinn *et al.*, 1989a) que al incrementar los niveles de grasa aumentó linealmente el contenido de ENg de las dietas.

En otros artículos en bovinos (Plascencia *et al.*, 1999), al suplementar novillos con un 5% de YG, observó una mayor ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia en comparación con los animales alimentados con tratamiento testigo, mientras que Zinn *et al.*, (1988a) observó una mayor eficiencia alimenticia para novillos cruzados alimentados con un 4% de grasa amarilla, similar a los resultados obtenidos en este trabajo donde los animales del tratamiento con 4% de YG tuvieron una mayor GDP y EA respecto a los demás tratamientos.

## **VII. CONCLUSIONES**

Se puede concluir que la adición de diferentes fuentes de grasas tiene un efecto diferente en la respuesta productiva y energética de la dieta en ovinos de pelo en finalización.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFOA. 1999. Trading and Arbitration Rules. American Fats and Oils Association. New York, EEUU. pp. 34-36.
- Awawdeh M.S., Obeidat B.S., Abdullah A.Y., Hananeh W.M. 2009. Effects of yellow grease or soybean oil on performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of finishing Awassi lambs.
- Beam T.M., T.C. Jenkin, P.J. Moate R.A. Khon y D.L. Palmquist. 2000. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *J. Dairy Sci.* 83:2564-2573. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75149-6](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75149-6)
- Bores Q., R.F y C.A Vega y M. 2003. La investigación pecuaria antes los restos y desafíos de la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto 17-19 de noviembre. Pachuca Hgo, México.
- Brandt R.T., Anderson S.J. 1990. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. *J. Anim. Sci.* 68: 2208-2216. <http://doi.org/10.2527/1990.6882208x>
- Cano, B.J., T.J De Lucas y R.G. Valenzuela. 2001. Crecimiento comparativo entre corderos alimentados en pastoreo y en corral de engorda. Memoria de 2 Congreso Latinoamericano de Especialistas en pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, XI Congreso Nacional de Producción Ovina 22 al 25 de mayo, Mérida, Yucatán, México.
- Church D. C. y Pond W. G. 2004. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2° edición. Limusa Willey. México. Pp 115-128. ISB: 968-18-5299-0.
- Demeyer, D.I. y Henderickx H. K. 1967. The effect of C18 unsaturated fatty acids on methane production in vitro by mixed rumen bacteria. *Biochim. Biophys. Acta.* 137: 484-497. [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(67\)90130-0](https://doi.org/10.1016/0005-2760(67)90130-0)
- Fuller M.J. 2008. Enciclopedia de Nutrición y Producción Animal. Acribia. Zaragoza, España. 620 pp. ISBN: 8420011029.
- Ghafari H., Rezaeianb M., Sharifia S. D., Khadema A.A., Afzalzadeh A. 2016. Effects of dietary sesame oil on growth performance and fattyacid composition of muscle and

- tail fat in fattening Chaallams. *Animal Feed Science and Technology*. El sevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.006>
- Jenkins T.C., Jenny B.L. 1989. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 2316-2324. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79363-2](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79363-2)
- Jenkins, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76:3851-3863. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9)
- Kawas, J.R. y Houston, J.E. 1990. Nutrient requerimientos of hair sheep in tropical and subtropical regions. In: Hair sheep production in tropical and sub-tropical regions.
- Martínez MAL, Pérez HM, Pérez AL, Gómez CG. 2010. Digestión de lípidos en los rumiantes: una revisión. *Interciencia*, vol. 35. núm. 4. Pp. 240-248. ISSN: 0378-1844. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913156002>
- NRC. 1996. Nutrent Requirements of Beef Cattle. 7 th en. NaTIONAL Academy of Sciences Press. Washigton, DC.
- Plascencia A., Álvarez E.G., Montañó M.F., Machado M., Rodríguez S., Ware R.A., Zinn R.A. 2002. Influence of level of intake on the comparative feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 53: 613-618.
- Plascencia A., Álvarez E.G., Zinn R.A. 1991. Efecto de lecitina y grasa suplementaria sobre digestión de nutrientes y fermentación ruminal en dietas para cabras lactantes. *Rev. Cs. Agropec.* 3: 49-58.
- Plascencia A., Estrada M., Zinn R.A. 1999a. Influence of free fatty acid content on the feeding value of yellow grease in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 2603-2609. <http://doi.org/10.2527/1999.77102603x>
- Plascencia J. A., Barreras S. A., y Zinn A. R. 1999b. Adición de grasa suplementaria en sustitución de forraje en dietas para vacas en lactancia: Digestión de nutrimentos y función ruminal. *Veterinaria México*, 30 (2),135-141. ISSN: 0301-5092. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42330202>
- Plascencia J. A., Mendoza M. G. D., Vásquez P. C. y Zinn A. R. 2006. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: revisión. *Sitio Argentino de Producción Animal*.

- Plascencia, J. A., Mendoza M. G., Vásquez P. C., Avery Z. R. 2005. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en dietas para bovinos de engorda en confinamiento: una revisión; *Interciencia*, vol. 30, pp. 134-142. <http://redalyc.org/articulo.oa?id=33910204>
- Plascencia, J.A., Mendoza, G.D., Vásquez, C., Zinn, R.A. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81: 2653-2659. <http://doi.org/10.2527/2003.81112653x>
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección del Ambiente. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>
- Ramos-Méndez J. L., Estrada-Angulo A., Rodríguez-Gaxiola M. A., Gaxiola-Camacho S. M., Chaidez-Álvarez C., Manriquez-Núñez O. M., Barreras A., Zinn R. A., Soto-Alcalá J., y Plascencia J. A. 2021. Grease trap waste (griddle grease) as a feed ingredient for finishing lambs: growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics. *Can. J. Anim. Sci.* 101: 257–262 (2021) [dx.doi.org/10.1139/cjas-2020-0102](https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0102)
- Ríos R. F. G., Partida P. J. A., Cruz C. L., Domínguez V. I. A., Buendía R. G. 2016. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. Sitio Experimental Hidalgo, INIFAP. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- SADER. 2018. Crecimiento en la producción en el sector ovino nacional con alta calidad genética. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa-182461>
- SADER. 2020. Informe anual producción de carne en canal de Ovino [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp)
- SADER. 2020. Producción de ovejas en México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/quien-tiene-ovejas-tiene-lana?idiom=es>

- SAGARPA. 2013. Producción de Carne Ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Qro. México.
- Scarpino V.C.O., Bertocco E. J. M., Pastori D. A., Costa A. M. T., Leal P. H. y Castello B. E. H. 2016. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high levels of yellow grease or soybean. *J. Small Ruminant Research. Sci.* 137: 151-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.03.012>
- SIAP. 2021. Avance acumulado de la producción pecuaria por estado. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceEdo.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp)
- SIAP. 2021. Comparativo del avance acumulado de la producción pecuaria. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecCompaNal.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecCompaNal.jsp)
- SINEC. Sistema Integral de Normas y Evaluación de la Conformidad. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2013. <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNMX.xhtml?pidn=SkZ3bWIRUVBuUFRKdUNVbmd5MjZsdz09>
- Villalobos, M. 2001. Estabulación y Semiabulación de Ganado de Carne: Análisis Económico e Impacto Ambiental. Curso de Aspectos Socioeconómicos del Desarrollo Sostenible. Programa de Doctorado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. San José, C.R. U.C.R. s.p.
- Wu Z., Huber J.T., Sleiman F.T., Simas J. M., Chen K. H., Chan S.C. y Fontes, C. 1993. Effect of three supplemental fat sources on lactation and digestion in dairy. *J. Dairy Sci.* 76: 3562-3570. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77695-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77695-X)
- Zinn R.A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66: 213-227. <http://doi.org/10.2527/jas1988.661213x>
- Zinn, R.A. 1989a. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Feedlot cattle growth performance *J. Anim. Sci.* 67: 1029-1037. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6741029x>
- Zinn R.A. 1989b. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Metabolism. *J. Anim. Sci.* 67: 1038-1049. <http://doi.org/10.2527/jas1989.6741038x>

- Zinn, R.A. 1994. Effects of excessive supplemental fat on feedlot cattle growth performance and digestive function. *Prof. Anim. Sci.* 10:66-72. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31938-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31938-0)
- Zinn, R.A., A. Plascencia, A. 2007. Feed value of supplemental fats used in feedlot cattle diets. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23: 247–268. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.03.003>
- Zinn, R.A., Gulati, S.K., Plascencia, J. A., and Salinas, J. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 78: 1738-1746. <https://doi.org/10.2527/2000.7871738x>