

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**



**Digestibilidad in- vitro de un concentrado con diferentes  
niveles de grasa (0, 4 y 8 %)**

**Por:**

**Efraín Cortés Hernández**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial  
para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Mayo de 2003.**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DIGESTIBILIDAD IN - VITRO DE UN CONCENTRADO CON DIFERENTES  
NIVELES DE GRASA (0, 4 Y 8%).

TESIS

**Por:**

EFRAIN CORTES HERNÁNDEZ

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

---

Ph.D. Jesús M. Fuentes Rodríguez  
PRESIDENTE

---

Ing. M.C Lorenzo Suárez G.  
VOCAL

---

Ing. Rodolfo Peña Oranday  
VOCAL

---

Ing. Rodolfo Peña Oranday  
Coordinador de la División de Ciencia Animal.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo de 2003.

## AGRADECIMIENTOS

A mi gran amigo “**Dios**”, por darme la oportunidad de vivir y cumplir con mis metas y así poder servir a la gente que me necesita, gracias señor.

Al **Ph. D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez**, por haberme brindado el apoyo necesario para la realización de este trabajo, confiando siempre en mi.

Al **Ing. M.C. Lorenzo Suárez G.**, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Al **Ing. José Rodolfo Peña Oranday**, por la buena disposición que siempre tuvo conmigo y por la colaboración en la revisión de este trabajo.

A la laboratorista de producción animal **Lic. Laura Maricela**, por haberme apoyado en el trabajo de laboratorio y por sus consejos y ánimos que me daba para concluir este proceso.

**A mi Alma Mater**, por abrirme sus puertas para la realización de mis estudios y por cobijarme durante toda mi carrera y así ver cumplidas mis metas.

A todos mis compañeros y amigos de mi generación y a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

**A mi madre** que es el mas grande ser que he conocido, ya que con su apoyo, su cariño, su amor me ha ayudado a superar las adversidades, impulsándome a seguir siempre adelante con mis metas; aunque se que estas líneas no son suficientes para decirte cuanto te quiero “**mamá**”.

**A mi padre** por sus consejos y todo el apoyo que me ha brindado para poder culminar mis estudios.

**A todos mis hermanos** por el cariño, el apoyo que me han brindado; especialmente a mi hermano **Zeferino** que ha sido la principal persona que me ha impulsado a culminar con mi carrera, ayudándome siempre en las buenas y en las malas, también a mi hermana **Noemí** que es una persona muy importante en la familia y que le sirva de ejemplo este logro para seguirse superando.

**A mi cuñada Margarita** por el cariño y apoyo que siempre me ha brindado, mis sobrinos: **Luis, Zeferino y Samuel**; por el gran cariño que nos une.

**A Brígida M. J.**, por todo el amor y el cariño que nos tenemos, ya que ha sido una persona muy importante en esta etapa de mi vida, dándome siempre su apoyo incondicional y por todo lo que hemos vivido juntos gracias mi “**Amor**”.

## INDICE DE CONTENIDO

	Paginas
INDICE DE CUADROS.	Vii
INDICE DE FIGURAS.	Viii
RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	2
Hipótesis.....	3
Objetivos.....	3
I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Grasas de origen animal y su reciclaje.....	4
La importancia de las grasas en la nutrición animal.....	6
Estructura química de las grasas y aceites.....	7
Digestión y absorción de las grasas.....	11
Metabolismo de las grasas.....	12
Tipos de grasas utilizadas en la alimentación animal.....	12
Calidad de las grasas . .....	13
Niveles de grasa en las raciones.....	16
Algunos aspectos relacionados con la digestibilidad.....	19
Determinación de la digestibilidad in – vivo.....	20
Métodos especiales para determinar la digestibilidad.....	24
Digestibilidad in – vitro.....	25

III. MATERIALES Y METODOS.....	28
Preparación de las bolsas para filtrar y de las muestras.....	29
Preparación de las soluciones Buffer.....	30
Colección y preparación del inculo.....	30
Incubación.....	31
Determinación de la materia seca.....	33
Análisis estadístico.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. LITERATURA CITADA.....	40
VII. APENDICE.....	52

## INDICE DE CUADROS

NUMERO	PÁGINA
Cuadro.1. Nivel energético de algunas grasas y aceites utilizados en la alimentación animal.....	7
Cuadro.2. Ácidos grasos frecuentemente encontrados en las fuentes de grasas / aceites utilizados en la alimentación animal .....	9
Cuadro.3. Especificaciones de calidad sugeridas para diferentes fuentes de grasas y aceites comúnmente utilizadas en la alimentación animal. ....	15
Cuadro. 4. Composición del concentrado.....	29
Cuadro 5. Reactivos utilizados en la solución buffer.....	32
Cuadro 6. Coeficientes de digestibilidad in vitro de la materia seca de las dietas experimentales .....	35
Cuadro 7. Análisis de varianza de los tratamientos experimentales.....	53

## INDICE DE FIGURAS

NUMERO	PÁGINA
Figura 1. Correlación de la digestibilidad in vitro con relación al tiempo de incubación de los tres tratamientos.....	38

## RESUMEN

El crecimiento de la industria pecuaria mexicana se ha desarrollado aceleradamente en los últimos años, por lo que supera en mucho al crecimiento agrícola, por lo que es necesario buscar otras fuentes de energía y proteína que ayuden a sostener este crecimiento. Entre las estrategias usadas para aumentar la concentración energética, de las dietas para rumiantes en engorda intensiva, la inclusión de grasas se ha vuelto práctica común; haciéndose necesaria la valoración de los diferentes tipos de grasas a utilizar.

Por lo cual la hipótesis que se planteo en este trabajo es la siguiente:

Que al incrementar el nivel de grasa en el concentrado hasta el 8% también se incrementa la digestibilidad.

El objetivo de este trabajo fue:

Determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del concentrado adicionado con tres niveles de grasa (0, 4 y 8%).

El método estadístico que se utilizo para el análisis de los datos obtenidos en la DIVMS es un completamente al azar con arreglo factorial de 3x6 con tres repeticiones y también se hizo una correlación de los porcentajes de degradación con relación al tiempo según Merhez y Orskov (1977).

Los coeficientes de digestibilidad encontrados fueron muy similares, ( $p > 0.05$ ) ya que la mayor DIVMS del tratamiento 1 con 0% de grasa y el tratamiento 3 con 8% de grasa fueron de 97.17 y 93.33 respectivamente.

Los datos que se obtuvieron indican que aunque no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, aunque si disminuyo un poco la digestibilidad del concentrado al agregarle la grasa; al contrario de lo que se esperaba que era un aumento en la digestibilidad del mismo.

En cuanto a la correlación se obtuvo un resultado de  $r = 0.9221$ , al nivel de 0.01 esto indica que existe mucha relación entre la digestibilidad y el tiempo de incubación, ya que conforme fue avanzando el tiempo se fue incrementando la degradación.

Por lo que se concluyo que aunque la diferencia no fue significativa entre los tratamientos, la adición de grasa a la dieta afecto un poco la DIVMS, debido a que la dieta con 0% de grasa tuvo mejor digestibilidad, seguido por el de 4% y posteriormente el de 8% de grasa.

En cuanto a los tiempos de incubación, lógicamente el tiempo 48 horas tuvo mejores resultados en los tres tratamientos.

De acuerdo a los coeficientes de digestibilidad obtenidos se recomienda utilizar un 4% de grasa en la ración, ya que no afecta significativamente la digestibilidad de la materia seca.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la competencia de alimentos entre humanos y animales domésticos, es uno de los mayores problemas para las naciones en vías de desarrollo, en donde existe un importante déficit de alimentos.

Por otro lado la industria pecuaria mexicana se ha desarrollado a un ritmo acelerado en los últimos años, ocasionando con esto una gran demanda de alimentos balanceados para cumplir con las necesidades de la población animal. Desgraciadamente este crecimiento supera en mucho al crecimiento agrícola, por lo que es necesario buscar otras fuentes de energía y proteína que ayuden a sostener este crecimiento.

Entre las estrategias usadas para aumentar la concentración energética, de las dietas para rumiantes en engorda intensiva, la inclusión de grasas se ha vuelto práctica común; haciéndose necesaria la valoración de los diferentes tipos de grasas a utilizar, dado que se ha señalado diferencias entre ellas, en lo que respecta a efecto sobre el uso de otros nutrimentos, Tomkins (1989) señala la inconveniencia del uso de aceites vegetales y jabones de calcio, Hill y West (1991) encontraron aumento en la digestibilidad aparente de extracto etéreo, materia seca y materia orgánica en tanto que Ngidi y col. (1990) no encontraron efecto hasta un 4 % de inclusión; la inclusión de aceite (Yellow grease) disminuyó la digestibilidad en rumen de materia seca y paredes celulares, pero no modificó la digestibilidad de lo mismos en el tracto completo del animal ( Jenkins y Fotouhi,

1990; Zinn y Plascencia, 1993), la adición de sebo mejoró la ganancia de peso y conversión en bovinos (Brant y Anderson, 1990).

## **JUSTIFICACIÓN**

El alimento es la fuente de energía tanto para el hombre como para los animales. Los carbohidratos, grasas y proteínas que provee el alimento al organismo, pueden ser utilizados como energía para regular la temperatura corporal y mantener las funciones de crecimiento, actividad, producción y reproducción.

Existen muchas razones para añadir grasas o aceites en las dietas para animales. Nutricionalmente, las grasas son una fuente concentrada de energía y una fuente de ácidos grasos esenciales.

Las grasas mejoran la palatabilidad, la eficiencia alimenticia, la eficiencia reproductiva y la digestibilidad de ciertos alimentos proteínicos. Además, ayudan a controlar el estrés calórico.

Por lo general su uso reemplazando a cierta cantidad de carbohidratos, repercute en una dieta más barata.

Son una alternativa útil cuando se trata de concentrar la energía contenida en la dieta, en situaciones de baja de consumo de alimento, debido por ejemplo a

estrés por calor, la adición de lípidos compensa la baja de energía asociada a la baja del consumo de alimento.

Añadir grasas puede también reducir el polvo, lubricar el equipo, reducir la separación de partículas y mejorar físicamente el alimento. Grummer (1992) publicó una amplia revisión de especificaciones y valor nutritivo de las grasas del alimento para rumiantes y monogástricos.

También es evidente que las configuraciones de ciertos ácidos grasos (por ejemplo, ácido linoléico conjugado) pueden influir en la partición de nutrimentos.

La hipótesis que se plantea es la siguiente:

La hipótesis que se plantea es que al incrementar el nivel de grasa en el concentrado hasta el 8% también se incrementa la digestibilidad.

El objetivo de este trabajo fue:

Determinar la digestibilidad *in vitro* del concentrado adicionado con tres niveles de grasa (0, 4 y 8%).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Grasas de origen animal y su reciclaje

Los subproductos animales son las partes del animal sacrificado que no son consumidas directamente por los humanos. Se ha estimado que solamente el 68% de un pollo, el 62% de un cerdo, el 54% de un animal vacuno y el 52% de una oveja se consumen directamente. Por lo tanto, el resto son considerados como subproductos animales.

En consecuencia, cada año se generan millones de toneladas de carne no destinada al consumo humano, derivada de animales sanos. Los productos animales son generalmente clasificados como proteínas de origen animal o grasas. Estos han sido importantes para la industria animal y avícola durante muchos años, para proporcionar los nutrimentos esenciales y la energía para animales y aves.

Estos materiales son transformados en una amplia gama de productos para la alimentación humana y animal, cosmética, farmacéutica y otras. Por ejemplo:

- Los huesos, la piel y el tejido conjuntivo, tales como los tendones, son utilizados para la producción de gelatina, la cual se utiliza en alimentación humana (postres, caramelos, preparados cárnicos), en alimentación animal (cubiertas de vitaminas), en productos farmacéuticos (cápsulas de medicinas) y en otros usos (industria fotográfica, pinturas).

- Las mezclas de huesos y despojos son calentadas hasta extraer las grasas y proteínas animales que son utilizadas en alimentación humana, animal, cosméticos, industria farmacéutica, y otros productos.
- Los despojos animales son utilizados como materia prima para alimentación de mascotas.

La industria recicladora produce una gran cantidad de grasas y aceites no comestibles cada año. Históricamente, las grasas de origen animal fueron usadas principalmente en la producción de jabón. La industria oleoquímica desarrolló posteriormente otros usos para las grasas de origen animal.

La importancia del uso de grasas y aceites de origen animal como un ingrediente en el alimento para animales aumentó cuando la industria oleoquímica encontró alternativas naturales y sintéticas para ácidos grasos derivados de animales.

Actualmente, las grasas y aceites de origen animal son usados principalmente como una fuente concentrada de energía en las dietas para ganado, mascotas y aves. Cantidades significativas de grasas siguen siendo usadas por la industria oleoquímica para producir jabón, caucho, plásticos, lubricantes, velas, crayones, ceras, limpiadores, productos de higiene personal, abrillantadores, químicos minerales, grasas y varios químicos derivados.

## **La importancia de las grasas en la nutrición animal.**

Las cantidades de grasas administradas en alimentación animal son relativamente escasas. Pese a ello resultan de importancia como consecuencia de su elevado contenido energético (9500 kcal/Kg) y por su capacidad específica para influir sobre el organismo animal, en el cuadro 1 se puede observar el nivel energético de algunas grasas y aceites.

La grasa corporal de los animales puede servirles como reserva energética, pero también para desempeñar funciones específicas. Así, la grasa sirve como aislante térmico y también para almohadillar las cavidades corporales con el objeto de proteger órganos tan sensibles como los ojos o riñones. Especialmente importantes son las fracciones grasas específicas que participan en la composición de las estructuras celulares. Así mismo es necesaria la presencia de grasa para el aprovechamiento de las vitaminas liposolubles.

Importancia muy destacada corresponde a los ácidos grasos poliinsaturados como factores esenciales de la nutrición. Las fuentes más comunes de grasas de origen animal incluyen el sebo, la manteca, la grasa de ave y el "yellow grease".

Cuadro. 1 Nivel Energético de algunas Grasas y Aceites utilizados en la alimentación animal. (Castaldo, 1998).

	Aves	Cerdos	Carne	Leche
	EM Cal/lb	EM Cal/lb	ENg Cal/lb	EN Cal/lb
Maíz	1.522	1.555	780	800
Soya	4,000	3,309	1,595	2,650
Sebo	3,545	3,588	1,595	2,650
Manteca	3,930	3,541	1,595	2,650
Y.G	3,840	3,800	1,595	2,650
Ave	3,727	--	1,595	2,650

### **Estructura Química de las grasas y aceites.**

Los lípidos están representados principalmente por los triacilgliceroles (grasas y aceites) y en menor proporción por los fosfolípidos, ácidos grasos, esteroides (colesterol), ceras, pigmentos y otros compuestos solubles en solventes no polares. (Moran *et al.*, 1994).

La molécula de triacilglicerol consiste de un alcohol: el glicerol, al cual se han esterificado 3 moléculas de ácidos grasos, formando un lípido neutro. Así las grasas neutras contienen muy baja concentración de ácidos grasos libres. Su función en el organismo es principalmente como almacenamiento de energía (Moran *et al.*, 1994). Los ácidos grasos son entonces la unidad estructural básica de las grasas y están compuestos de una cadena carbonada que varía en longitud. Presentan un grupo terminal metilo y un grupo carboxilo.

Los ácidos grasos de las grasas utilizadas en la alimentación de cerdos tienen 14, 16 ó 18 átomos de carbono. Ácidos grasos con longitudes superiores de sus cadenas son encontradas en los aceites de pescado (22, 24 y 26 átomos de carbono). Los ácidos grasos con número impar de átomos de carbono son raros en las grasas usualmente utilizadas en la alimentación animal, encontrándose principalmente en microorganismos, animales silvestres, nueces. Las uniones carbono-carbono pueden ser saturadas o insaturadas.

La longitud de la cadena carbonada así como el número y ubicación de los dobles enlaces dentro de la cadena carbonada, determina las propiedades físicas y funcionales de los ácidos grasos. Así, el punto de fusión del ácido esteárico (C18:0) es 70°C) mientras que el del oleico (C18:3) es -11°C. En el cuadro 2 se presenta una lista de los ácidos grasos más comúnmente encontrados en las grasas y aceites, utilizadas en la alimentación animal.

Cuadro 2. Ácidos grasos frecuentemente encontrados en las fuentes de grasas / aceites utilizados en alimentación animal. (Castaldo, 1998).

Nombre	Átomos de C: dobles enlaces
Laurico	12:0
Mirístico	14:0
Miristoleico	14:1
Palmitico	16:0
Palmitoleico	16:1
Estearico	18:0
Oleico	18:1
Linoleico	18:2
Linolenico	18:3

La longitud de la cadena y la posición del doble enlace también tienen importancia nutricional. Los animales superiores, incluyendo el cerdo, tienen una capacidad limitada para insertar dobles enlaces, en las cadenas carbonadas (desaturación). Así, no son capaces de producir desaturaciones entre el último doble enlace y el grupo metilo terminal, por lo que la longitud de la cadena en este segmento es fija y define la familia de ácidos grasos. En este sentido, el ácido oleico, se conoce como  $w-9$  (ó  $n-9$ ), palmitoléico, como  $w-7$  (ó  $n-7$ ), linoleico como,  $w-6$  y linolenico  $w-3$ .

Los ácidos grasos correspondientes a las familias  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 son metabolizados *in vivo*, a moléculas de mayor peso molecular, tales como: las prostaglandinas, prostaciclina y tromboxanos, las cuales tienen particular importancia como reguladores de la función celular. Debido a que estos ácidos grasos (linoleico y linolénico) no pueden ser sintetizados a partir de otras familias, ellos son definidos como ácidos grasos esenciales (Moran *et al.*, 1994).

Los triacilgliceroles usualmente consisten de más de un tipo de ácido graso pero en general son de naturaleza similar. Así, las grasas de origen animal tales como el sebo y la manteca de cerdo consisten predominantemente de ácidos grasos saturados, mientras que los aceites de origen vegetal tales como la soya, la canola, el algodón, el maíz contienen principalmente ácidos grasos insaturados. Existen, adicionalmente, tipos específicos de lípidos, tanto de plantas como de animales, caracterizados por un ácido graso predominante, así por ejemplo, los aceites de soya, girasol y maíz en los cuales, predomina el ácido linoleico; en el aceite de palma, el ácido palmítico (Wiseman, 1997) .

La composición de ácidos grasos de las grasas provenientes de los rumiantes, es relativamente constante, conteniendo entre un 45 a 50% de una combinación de palmítico y esteárico, mientras que las de las aves y cerdos, son más variables ya que éstas son influenciadas por el tipo de grasa o aceite de la dieta. Sin embargo, los ácidos grasos predominantes en las grasas de aves y cerdos son palmítico y oleico, con pequeñas cantidades de esteárico y linoleico.

El grado de saturación es finalmente el principal determinante de la dureza o fluidez de una grasa, a temperatura ambiente. Los aceites vegetales, con alta proporción de ácidos grasos insaturados, son líquidos a temperatura ambiente y biológica, y las grasas animales con gran cantidad de ácidos grasos saturados tales como el sebo y la manteca, son sólidas. Sin embargo, hay sus excepciones, el aceite de pescado es líquido a temperatura ambiente mientras que, a esta misma temperatura, el aceite de palma es sólido.

### **Digestión y absorción de las grasas**

Las grasas de los alimentos no sufren una digestión apreciable hasta que llegan al intestino delgado. En este con la ayuda de la bilis producida por el hígado, las grasas se emulsifican, es decir, se disgregan en gran número de gotitas muy pequeñas. Entonces la lipasa, que es una enzima del jugo pancreático, descompone las grasas en ácidos grasos y glicerol son absorbidos por las vellosidades del intestino. Una pequeña cantidad de grasas sin transformar es absorbida con la intervención de la bilis.

Por otra parte, pequeñas cantidades de ácidos grasos se unen con los álcalis del contenido intestinal para formar grasas. Estas son llevadas principalmente por el sistema linfático a una vena próxima al corazón, por donde penetra en el torrente sanguíneo. Según la opinión de algunos investigadores, en el proceso de absorción los ácidos grasos se transforman en grasas en las paredes intestinales.

## **Metabolismo de las grasas.**

Al hidrolizarse las grasas se forman: ácidos grasos y glicerol mediante la liberación repetida de grupos de 2 carbonos, la molécula de ácidos grasos se transformara en acetil coenzimasa A en la mitocondria que ingresara al ciclo de Krebs (b oxidación).

El glicerol se convierte en un compuesto que entra a la vía glucolítica. La anabolía de las grasas (lipogénesis). Consta de síntesis de grasas a partir de ácidos grasos y glicerol, o a partir de compuestos resultantes de exceso de glucosa o de aminoácidos. Las grasas se almacenan en el tejido adiposo (constituyendo reservas de energía).

### **Tipos de grasa utilizadas en la alimentación animal**

El tipo de grasa utilizada influye en la asimilación de los nutrientes, en la producción, en la aceptabilidad del alimento y en la composición de la leche. El factor más importante es el grado de saturación. Las grasas insaturadas son menos deseables, debido a sus efectos inhibitorios sobre la actividad microbiana ruminal y la digestión de la fibra.

Los aceites vegetales contienen más grasa insaturada, y por lo tanto son menos satisfactorios como suplementos alimenticios que la grasa animal. Por otra

parte, el alto costo de estos aceites lo hacen prohibitivos en raciones para animales y su uso está destinado principalmente a la fabricación de margarinas, aceites comestibles, pinturas y otros productos industriales.

### **Calidad de las grasas.**

La grasa juega, cada vez más, un papel importante en la nutrición animal, pero, es quizás también, uno de los ingredientes que enfrenta los mayores problemas en términos de calidad ya que es muy sensible a degradarse y perder calidad. Esto es debido a la naturaleza química de la molécula de ácido graso y al hecho, de que las fuentes de grasa para la alimentación animal son sub-productos de otras industrias.

La principal estrategia para mantener la calidad de una grasa o aceite, grado animal es prevenir su oxidación (Chandler, 1993). La oxidación ocurre cuando la molécula de triglicérido reacciona con el oxígeno para formar peróxidos y radicales libres, así como otros compuestos potencialmente tóxicos. Este proceso es catalizado por las altas temperaturas, exposición a la luz y metales, como el hierro y cobre.

El proceso de oxidación de la grasa es conocido como **rancidez**. La grasa rancia se caracteriza por mal olor y sabor, lo cual disminuye su palatabilidad y

afecta el comportamiento del animal, desmejorando la conversión alimenticia, el crecimiento y la salud (Garret, 1993).

Aún cuando cualquier tipo de grasas / aceite es susceptible a enranciarse, aquellos con mayor proporción de ácidos grasos insaturados, son más sensibles a la rancidez oxidativa, en relación a la más saturada. Sin embargo, los aceites, insaturados son preferidos para la alimentación animal, debido a que ellos como explicaremos más adelante son más digestibles .

Cuando la grasa es procesada o almacenada inadecuadamente, ocurre la rancidez. Durante el mezclado, la grasa se calienta (para aumentar la fluidez), se agita, mezcla y se esparce, aumentando, su exposición al oxígeno. Finalmente el almacenamiento, ocurre normalmente en contenedores metálicos. Todas estas condiciones promueven el proceso de oxidación.

Para prevenir, o al menos disminuir la rancidez, es necesario la adición de antioxidantes naturales o sintéticos tales como la etoxiquina, BHT, BHA antes del mezclado de las raciones. Según Chandler (1993), existen diferentes parámetros, con un rango de valores normales, para evaluar la calidad de los diferentes tipos de grasas o aceites.

En el cuadro 3, se presentan los rangos de valores normales que definen la calidad de fuentes de grasas y aceites empleados comúnmente en la alimentación animal.

Cuadro 3. Especificaciones de calidad sugeridas para diferentes fuentes de grasas y aceites comúnmente utilizadas en la alimentación animal. (Bisplinghoff, 1998).

	Sebo	Grasa blanca	Grasa amarilla	Mezcla de grasas y aceites
Ac. grasos totales, %	90	90	90	90
Ac. grasos libres, %	4-5	4	15	40-50
Color FAC	19	11A	15	45
Humedad, %	0.5	0.5	1.0	1.5
Impurezas, %	0.5	0.5	0.5	0.5
Insaponificables, %	0.5	0.5	1.0	1.0
HII total	1.0	1.0	2.0	4.0
Índice de yodo	48-50	58-68	58-79	85

HII: Humedad, Impurezas Insaponificables

## **Niveles de grasa en las raciones**

Cuando se calcula el contenido total de grasa en una ración, hay que tomar en cuenta que existen materias primas con altos niveles de grasa. Tales son los casos de la semilla de algodón, soya cruda o cocida, cebada de cervecería, afrecho de arroz y otros. Las especies animales en cuyas dietas se adiciona grasa son ganado de carne y leche, cerdos, aves, peces y animales de compañía (perros y gatos). Dentro de cada especie, el porcentaje de la población total que recibe raciones con grasa suplementada, varía desde un 10% para gallinas ponedoras hasta más del 90% en el caso de pollos y gatos (Bisplinghoff, 1998).

Estudios realizados muestran que niveles de grasa entre y 5 -10%, en raciones para cerdos en engorde, lograron resultados positivos, pero niveles superiores alteraron las características de la grasa corporal, ya que los monogástricos tienden a depositar ácidos grasos insaturados. Cuando se adiciona grasa a la dieta de cerdos, la dieta debe estar formulada para mantener constantes, las proporciones de energía y otros nutrientes críticos como las proteínas (aminoácidos). Así, adicionar grasa sin ajustar la proteína, puede causar que los cerdos coman menos con sólo una leve mejoría en la eficiencia. Pero adicionando grasa e incrementando la proteína (aminoácidos) usualmente se generaran ganancias más rápidas y mejoras en la conversión alimenticia, cuando se compara con cerdos alimentados con dietas sin la adición de grasa.

En raciones para aves pueden incorporarse niveles entre 2 y 5% de grasa animal como fuente energética en sustitución de los cereales. Cantidades superiores a 10 -12% generalmente causan una reducción en el consumo de alimento.

En los rumiantes se utilizan altos niveles de grasa animal en los sustitutos lácteos, variando entre 15 y 30%. Sin embargo, en base seca, los rumiantes son menos tolerantes al uso de altos niveles de grasa animal que los monogástricos. Concentraciones mayores de 7 -8% causan disturbios digestivos, diarreas y reducen el consumo de alimento. En la práctica, niveles entre 2 y 4% de grasa animal son utilizados en raciones para el engorde del ganado de carne. La mayoría de las raciones basadas en subproductos agroindustriales, residuos de cosecha o pastos tropicales secos son muy bajas en lípidos, en comparación con las dietas utilizadas en los países templados. Por ejemplo, la paja de cereal contiene de 1 a 2% de grasa en materia seca, la miel final no contiene grasa y los pastos sólo contienen de 2 a 3 %.

En algunos países en vías de desarrollo, las pajas de cereales son la base de los sistemas de producción pecuaria y, en general, sólo se dan pequeñas cantidades de suplemento que contienen grasa. Bajo estas condiciones el consumo de lípidos es bajo. Un búfalo de 550 Kg. de peso vivo, consumiendo 12 Kg. de paja de cereal (con 1% de lípidos) y suplementando con una pequeña cantidad de pasto (1 Kg. de Ms/día con 3% de lípidos) y 1 Kg. de torta de oleaginosa (con 3% de lípidos), consume en total 200 g de lípidos, lo cual es

considerablemente menor de lo que consume la vaca en pastos de climas templados o en dietas basadas en granos y heno.

En ganado lechero, raciones que contenían entre 3 y 5,5% de grasa en la materia seca, aumentaron en 1,4 kg/leche/día en vacas de alta producción, aunque no se observaron cambios en aquéllas de baja producción. Asimismo, se disminuyó el contenido de grasa en la nata de 3,7 a 3,5% en ambos grupos. Para aumentar el nivel de grasa en la ración de 3 a 5,5% se requiere cerca de 0,5 Kg. de grasa adicional, por lo que su uso en vacas lecheras resulta beneficioso cuando éstas se encuentran en el período de máxima producción de la lactancia.

El uso de niveles superiores a 7% de grasa animal en raciones para ovinos, reduce el consumo de alimento y la ganancia diaria de peso, especialmente en raciones con bajo contenido de fibra. También se ha encontrado una máxima ganancia diaria de peso (131 g) en corderos de la raza West African, utilizando 5% de grasa animal en las raciones. Un nivel de 10% redujo el consumo de alimento.

Esto se explica, ya que un alto contenido de grasa en la ración disminuye la velocidad de tránsito de la digesta, debido a que los ácidos grasos saturados de cadena larga adormecen la actividad de la musculatura lisa del tracto digestivo.

Otros trabajos realizados en esta especie recomiendan utilizar niveles hasta 5% de grasa en raciones, para ovinos que consumen alimentos con una elevada proporción de fibra.

### **Algunos aspectos relacionados con la digestibilidad:**

El termino digestibilidad se refiere al grado en que se digiere un alimento (Dukes, 1967, Crampton, 1959) y el porcentaje de alimento que es digerido recibe el nombre de coeficiente de digestibilidad (Morrison, 1961, Crampton, 1959).

Los experimentos de digestión se hacen con dos propósitos:

- a.- El de evaluar en el tracto digestivo de un animal un nutriente en particular, alimento o ración.
- B.- Para cuantificar el consumo total de nutrientes digestibles (Church, 1996).

La digestibilidad de un alimento es el indicativo aparente del alimento consumido menos los desechos obtenidos en las heces del animal, de esta forma asumimos que lo que contenía el alimento consumido y no aparece en las heces fecales, fue digerido por el animal.

Debe de llamarse digestibilidad aparente, puesto que se sabe que en los excrementos también se encuentran fracciones que no son parte de los nutrientes no digeridos (De Alba, 1971); por ejemplo el nitrógeno que puede ser nitrógeno no digerido o nitrógeno metabólico o endógeno (Maynard, 1969; Crampton, 1956). Por lo que se dificulta obtener la digestibilidad verdadera de la proteína (De Alba, 1971).

Las heces están compuestas de agua, residuos indigeribles y alimentos sin digerir, remanentes de las secreciones digestivas tales como ácidos y pigmentos biliares, células epiteliales desprendidas procedentes del tracto digestivo, numerosas bacterias, muchas de las cuales están muertas, sales inorgánicas en gran variedad, parte de ellas procedentes de la excreción del intestino grueso (Dukes, 1967, Blaxter, 1969, Church, 1969 y Crampton, 1956).

La digestibilidad de un principio alimenticio, varia de acuerdo con algunos factores, tales como la naturaleza del alimento del que forma parte la especie, la individualidad animal y plano de nutrición (Dukes, 1967, Blaxter, 1969 y Church, 1969) pero ni la frecuencia de comidas, ni la hora de abrevar, ni la cantidad de agua bebida parece tener influencia sobre la digestibilidad. Cuando el trabajo excesivo la reduce, un ejercicio moderado tiende a aumentarla (Morrison, 1961). Trabajos efectuados por Elleberg y Schneider, 1970 citados por De Alba, (1971) no mostraron diferencias significativas en las mediciones de 15 digestibilidades de animales forzados a caminar y animales en total confinamiento.

### **Determinación de la digestibilidad in vivo**

El conocimiento de la riqueza de los componentes nutritivos de un alimento, mediante los análisis bromatológicos, ayudan a conocer el valor real hasta cierto limite, por lo que se hace necesario conocer su digestibilidad o verdadera utilización que un nutriente puede aportar al animal.

Para conocer el grado de aprovechamiento o asimilación aparente de un alimento se recurre a las pruebas de digestibilidad (Church y Pond, 1994): En primer lugar se obtiene por medio de análisis químico proximal, el porcentaje de cada principio nutritivo en el alimento (Morrison, 1961, Maynard, 1969) el mismo procedimiento, para el análisis del alimento, se hace para las heces y así obtener los coeficientes de digestibilidad (Crampton, 1959). Se alimentan varios animales para obtener la media de los resultados y reducir de ese modo el error por variación individual (Maynard, 1969).

Durante un periodo preeliminar de varios días, se ofrece al animal el alimento a investigar, para que los residuos de la alimentación anterior sean expulsados del tracto digestivo y no interfieran con la muestra a probar. Posteriormente se suministra diariamente una cantidad conocida del alimento y se hacen recolecciones del excremento por 7 o 15 días (Church y Pond 1994) aunque se ha encontrado que no hay diferencia significativa entre los periodos de recolección de heces de 7 o 10 días.

Para obtener datos exactos, el método mas recomendable es el de colección total de heces (Basurto y Tejada, 1992). Siguiendo este método, se requiere del conocimiento de la cantidad excretada de heces fecales durante todo el periodo experimental.

La diferencia entre la cantidad de cada principio nutritivo proporcionado diariamente y la cantidad encontrada en las heces, da una idea de los nutrientes asimilados o retenidos por los animales (De Alba, 1971). Para llevar a cabo lo anterior se utiliza una formula para obtener los coeficientes de digestibilidad del alimento en experimentación y es como sigue: (Crampton 1969).

$$\text{Coef. De Digest.} = \frac{\left[ \begin{array}{c} \% \text{ de MS} \\ \text{Alimento} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{Cantidad} \\ \text{consumida} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \% \text{ de MS} \\ \text{heces} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{Cantidad} \\ \text{Excretada} \end{array} \right]}{\left[ \begin{array}{c} \% \text{ de MS} \\ \text{Alimento} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{Cantidad} \\ \text{consumida} \end{array} \right]} \times 100$$

Como se puede observar en la formula anterior, con los porcentajes de los principios nutritivos del alimento y los componentes de las heces que resultan de los análisis proximales y su cantidad consumida y excretada, da el porcentaje digestible de tales principios.

La digestibilidad *in vivo* de los alimentos se ve afectada por numerosos factores, entre los que destacan el tipo de ración, el nivel y pauta de ingestión de los alimentos, la especie animal y el estado fisiológico de los animales (Schneider y Flatt, 1975). De todos los factores relacionados con el tipo de ración administrada a los animales, el efecto de la relación forraje: concentrado ha sido uno de los más estudiados.

Así, en experimentos realizados con ganado ovino (Ramanzin *et al.*, 1997), vacuno y caprino (Kawas *et al.*, 1991; Ramanzin *et al.*, 1997), se observó que a medida que aumentaba la proporción de concentrado en la ración se producía un aumento paralelo de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (MS) y de la materia orgánica (MO), así como una disminución de la digestibilidad de los componentes de la pared celular. Huhtanen y Jaakola (1993) observaron que estos efectos eran producidos fundamentalmente por cambios en la digestión en el rumen, mientras que el efecto observado en los tramos posteriores del tracto digestivo era muy pequeño.

En relación con este aspecto, Alvir y González (1992) y Giráldez *et al.* (1994), utilizando la técnica de las bolsas de nylon, observaron que los ritmos de degradación ruminal de diversos alimentos eran más lentos cuando los animales eran alimentados con raciones que incluían concentrado que cuando recibían raciones constituidas exclusivamente por forraje. La proporción de concentrado en la ración afecta a la digestión ruminal a través de diversos mecanismos, entre los que destacan las modificaciones que produce en el crecimiento y/o actividad de los microorganismos ruminales.

Debido a que la población microbiana ruminal se ve afectada por numerosos factores, la procedencia del inóculo ruminal se considera la mayor fuente de variación en la determinación de la digestibilidad *in Vitro* (DIV; Marten y Barnes, 1980). En este sentido, la ración ingerida por los animales empleados como

donantes ha sido señalada como uno de los principales factores que afectan al número y actividad de los microorganismos ruminales y que, consecuentemente, pueden afectar a los valores de la DIV de los alimentos.

### **Métodos especiales para determinar la digestibilidad**

#### *Método de los indicadores.*

Hay ocasiones en que, por falta de material apropiado o por la naturaleza del ensayo, es imposible controlar la ingestión de comida o pesar las heces o ambas cosas. Por ejemplo, cuando se alimenta a los animales en grupos no se puede precisar cuál es ingerido por cada uno. En estos casos es posible calcular la digestibilidad añadiendo al alimento una sustancia que sea totalmente indigestible y midiendo su concentración en el alimento y en pequeñas muestras de heces de cada animal; la relación que existe entre estas concentraciones nos da una medida de la digestibilidad. Por ejemplo, si la concentración del indicador en la materia seca del alimento es de 1% y sube hasta el 2% en la de las heces, quiere decir que el 50% de la materia seca ha sido absorbida y digerida; colocando los valores obtenidos en la siguiente ecuación se obtiene la digestibilidad:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{\% \text{ del indicador en heces} - \% \text{ en el alimento}}{\% \text{ del indicador en heces}} \times 100$$

El indicador puede ser un constituyente natural del alimento o bien una sustancia que se añade a este afecto. Como indicador natural se usa la lignina y como sustancia extraña suele emplearse el óxido crómico,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

#### *Métodos de laboratorio para determinar la digestibilidad.*

Los ensayos de digestibilidad son tan molestos de realizar que se han hecho numerosos intentos para reproducir en el laboratorio las reacciones que tienen lugar en el tracto digestivo del animal, para poder determinar la digestibilidad de los alimentos.

### **Digestibilidad *in vitro***

El conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y, por tanto, para la formulación de raciones para los animales rumiantes. Sin embargo, la determinación *in vivo* de la digestibilidad es un proceso laborioso y costoso ya que toma tiempo, manejo de animales y que requiere el empleo de grandes cantidades de alimento, por lo que se han propuesto distintos métodos *in vitro* para su estimación.

La técnica de digestibilidad *in Vitro*, evita el realizar toda la labor que se hace en la digestibilidad *in vivo* o aparente y los resultados pueden ser comparables con los resultados de la digestibilidad *in vivo*.

Las técnicas de laboratorio constituyen la metodología más económica y rápida de evaluar un alimento. La respuesta animal a una dieta específica sería la forma más precisa de caracterizar un alimento, pero también la más costosa y laboriosa.

La técnica *in vitro* es muy utilizada debido a que reproduce, en una forma muy cercana, las condiciones reales, ya que mediante esta técnica se puede mantener en forma similar a la de una fermentación en el rumen, el número, apariencia y proporción de bacterias, selenomadas y protozoos, además de mantener rangos normales de digestión de celulosa, almidón y proteína, estudiando en una forma cualitativa y cuantitativa algunos de los diversos procesos que ocurren como resultado de la actividad microbiana (Johnson, 1966; Jonson *et al.*, 1962).

El procedimiento propuesto por Tilley y Terry (Tilley and Terry, 1963), con ligeras modificaciones, es el más ampliamente utilizado en la mayoría de los laboratorios. Sin embargo, la técnica desarrollada por Van Soest y sus colaboradores (Van Soest *et al.*, 1966) supone una alternativa al método de Tilley y Terry, ya que permite una valoración más rápida de los alimentos sin afectar negativamente a la precisión del valor obtenido (Van Soest, 1994).

Este procedimiento consiste en una incubación de los alimentos con líquido ruminal durante 48 h a 39°C, seguida del tratamiento del residuo obtenido con una solución neutro-detergente durante 1 h a 100°C, y los valores obtenidos se consideran una estimación de la digestibilidad real de los alimentos (Van Soest *et al.*, 1966).

Existen muchos métodos para realizar la digestibilidad *in vitro*, aunque todos se basan principalmente en dos fases; algunos modifican temperatura, concentración de sales en la saliva, agitación, etc.

## **MATERIALES Y METODOS**

El presente estudio se llevo acabo en la unidad metabólica y el laboratorio de producción animal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila; esta se encuentra en las coordenadas geográficas: Latitud: 25° 23' N, Longitud: 101° 00' w, Altitud 1742 msnm., con una temperatura media anual : 19.8°C, con un tipo de clima: Bwhw (x') (e), clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal superior al 10% de la total anual. Dicha región queda considerada dentro de los climas desérticos descritos por Koopen, modificados por García (1973).

### **El material y equipo que se utilizo es el siguiente:**

Incubadora DAISY, Balanza Analítica, Estufa de secado, Tanque con CO<sub>2</sub>, Licuadora, 3 Termos de 500 ml. c/u, Tela para filtrar ( gasa), Bolsas de tela para concentrado de 5 x 10 cm., Hilo de algodón para cerrar las bolsas y concentrado a evaluar.

Cuadro 4. Composición del concentrado utilizado como testigo.

Sorgo	52.8%
Soya	28.0%
Salvadillo	16.0%
Monodical fosfato	2.0%
Sal	0.5%
Vitamina para ganado	0.5%
Vitamina para cerdo	0.2%

#### **Preparación de bolsas para filtrar y muestras:**

Primeramente se prepararon las bolsas y las muestras que se utilizaron en este experimento. Esto se realizó preenjuagando las bolsas para filtrar con acetona de 3 a 5 minutos y se completó el tiempo con aire seco. La acetona enjuaga y remueve la superficie que inhibe y la digestión microbiana. Se pesaron cada una de las bolsas y se registró su peso (**W 1**). Después de haber tomado el peso de las bolsas se agregó 0.5 g. de muestra (**W 2**).

También se dejaron bolsas vacías y cerradas que se registraron como blancos que posteriormente se utilizaron como factor de corrección (**C 1**).

### **Preparación de las soluciones Buffer:**

Se preparo una solución Buffer **A** y una solución Buffer **B** después de tener listas las soluciones **A** y **B** se preparo la mezcla de solución Buffer para cada frasco digestor y se realizo de la siguiente manera:

Se recalentó a 39° C ambas soluciones ( A y B ) en recipientes separados. Después se agrego 266 ml de solución B a 1330 ml de la solución A ( 1: 5 ).

La cantidad exacta de A y B debe ser ajustada con la solución B, al obtener un pH de 6.8 a 39°C no mas arriba de 6.8, el ajuste del pH es necesario.

Se agrego 1600 ml. De la mezcla “**A**” y “**B**” a cada frasco en donde se introdujeron las bolsas con muestra.

Se equilibrio la temperatura de los frascos de digestión dejándolos por un mínimo de 20 a 30 minutos. En este tiempo se aprovecho para la colección y preparación del inoculo del rumen.

### **Colección y preparación del inoculo:**

Para la obtención del liquido ruminal o inoculo se utilizo un animal con fístula ruminal permanente. El liquido ruminal extraído fue filtrado (para evitar partículas de la fracción sólida del rumen), al depositarlo en un recipiente (termo) precalentado para mantener su temperatura (39 °C similar ala del rumen) y evitar la muerte de microorganismos por cambio brusco de la temperatura del rumen al termo.

Al tener el líquido ruminal en el termo se vació dentro del recipiente agitador en donde se purgó el recipiente agitador con gas CO<sub>2</sub> y se mezcló con una velocidad alta por 30 segundos la acción de mezclar sirve para desalojar microbios que son agregados al material y así asegurar una población representativa de fermentación *in vitro*. Después se filtró la mezcla digerida dentro de un matraz a través de 4 capas de gasa.

Cuando se tuvo listo el líquido ruminal o inóculo del rumen se midieron 400 ml. de inóculo del rumen y se agregó a uno de los frascos digestores en el cual estaba la solución buffer, se purgaron los frascos digestores con gas CO<sub>2</sub> por 30 segundos, se repitió el mismo proceso para el otro frasco digestor y se prosiguió con la incubación.

### **Incubación:**

Al tener todas las soluciones y las bolsas con muestras de concentrado listas se prosiguió a meter las bolsas dentro de los frascos digestores de acuerdo a los diferentes tiempos, se comenzó con el tiempo cero de las tres repeticiones, estas solo se introducen un rato se burbujea y se saca, posteriormente el de tiempo 48, después el de tiempo 24, después el de tiempo 12, después el tiempo 6, por último el tiempo 3; al cumplirse 48 horas desde que se incubaron las primeras muestras, se sacan todas juntas, se secan en la estufa y se toma el peso después de la digestibilidad.

Cuadro 5. Reactivos utilizados en la solución buffer

KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> fosfato de potasio anhidro 1.0 gr/litro		
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (sulfato de magnesio + 7 moléculas de agua) 0.5 g/litro		
NaCl	(Cloruro de sodio)	0.5 g/litro
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O (Cloruro de calcio + 2 moléculas de agua) 12.0 g/litro		
Urea (reactivo de marca) 0.5 g/litro		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Bicarbonato de sodio	15.0 g/litro
Na <sub>2</sub> S.9H <sub>2</sub> O Sulfuro de sodio + 9 moléculas de agua 1.0 g/litro		

Para calcular la Digestibilidad *in vitro* se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DIV} = \frac{100 - ((W_3 - (W_1 \times C_1)) \times 100)}{W_2}$$

$$\% \text{ DIV Ms} = \frac{100 - ((W_3 - (W_1 \times C_1)) \times 100)}{W_2}$$

Donde: **W1** = Peso de la bolsa tarada

**W2** = Peso de la muestra

**W3** = Peso final de la muestra después de la digestión in vitro

**C1** = Corrección de la bolsa (blanco) (peso final de la bolsa / peso inicial de la bolsa)

**Ms** = Materia Seca Total

### **Determinación de la materia seca:**

Después de la digestibilidad, se recuperaron las muestras que quedaron en las bolsas, para determinar la Materia seca total.

La Materia Seca Total se obtiene mediante la evaporación total de la humedad a una temperatura que varía entre los 100 - 110 ° C. Este método determina el agua contenida en los alimentos.

Como el concentrado ya se tenía, no se ocupó el molino de Wiley y se prosiguió a colocar los crisoles en la estufa a 80 - 110 ° C durante 24 hrs. para que estén a peso constante.

Después con las pinzas se sacaron con cuidado los crisoles de la estufa y se colocaron en el desecador, se dejaron enfriar durante 10 minutos y se prosiguió a pesar.

A continuación se pesaron 2 gramos de muestra y se colocaron en el crisol, después se metió el crisol en la estufa durante 12 hrs. o durante toda la noche.

Por ultimo se sacaron los crisoles con las pinzas colocándolos en el desecador, se dejo enfriar y se pesaron y registraron todos los pesos.

Para los cálculos de la materia seca total se realizó con la siguiente formula:

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso del crisol} + \text{muestra seca} - \text{Peso del crisol vacío}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MS}$$

### **ANALISIS ESTADISTICO:**

El método estadístico que se utilizo para el análisis de los datos obtenidos en la digestibilidad *in vitro* es un completamente al azar con arreglo factorial de 3x6 con tres repeticiones, siendo el factor A el nivel de grasa en la ración, tomando como nivel 1 el 0% de grasa, como nivel 2 el 4% de grasa y como nivel 3 el 8% de grasa en la dieta y el factor B se refiere a los tiempos de degradabilidad en el cual se incubaron las muestras que fueron 6 tiempos diferentes (0,3,6,12,24 y 48 hrs.) y también se hizo una correlación de los porcentajes de degradación con relación al tiempo (Merhez y Orskov, 1977).

## RESULTADOS Y DISCUSION:

Los resultados obtenidos en la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) se muestran en el cuadro 6, los cuales difieren con lo encontrado por Hill y West (1991) que encontraron un aumento en la digestibilidad aparente de la Materia Seca con la inclusión de aceites vegetales que originalmente en la dieta testigo tenía una digestibilidad de 87.0% y que al agregar aceites vegetales obtuvieron 88.4% de digestibilidad. Pero coincide con lo encontrado por Jenkins, Fotouhui (1990); Zinn y Plascencia (1993) que encontraron una disminución de la digestibilidad en rumen de materia seca al incluir aceite (yellow grease) ya que sin el aceite obtuvieron una digestibilidad de 91.0% y agregando 4% de aceite vegetal obtuvieron 87.0% de digestibilidad.

Cuadro 6. Coeficientes de digestibilidad in vitro de la materia seca de las dietas experimentales (%).

% de grasa en la dieta	Tiempos de incubación(hrs.)					
	0	3	6	12	24	48
0	16.11	30.93	41.34	57.42	84.79	97.17
4	13.37	26.34	37.35	62.68	81.77	93.42
8	10.0	30.24	41.15	56.87	79.02	93.33

Los coeficientes de la DIVMS encontrados fueron muy similares, ( $p>0.05$ ) ya que la mayor digestibilidad del tratamiento 1 y el tratamiento 3 fueron 97.17 y 93.33 respectivamente.

Los porcentajes de DIVMS encontrados en el tratamiento 1 que es el tratamiento con 0% de grasa, como se puede observar en el cuadro 6 tiene un rango de 16.11% que es del tiempo 0 a 97.17%, que es del tiempo 48 que claramente se puede apreciar que conforme paso el tiempo de incubación la digestibilidad aumento.

En el tratamiento 2 que corresponde al 4% de grasa, se encontró un rango de DIVMS de 13.37 – 93.42 que son del tiempo 0 y tiempo 48 respectivamente; en este tratamiento al igual que el tratamiento 1 se ve el aumento marcado de la digestibilidad al cumplirse las 48 horas de incubación con respecto al tiempo 0, pero ya se nota la disminución de la DIVMS en el tratamiento 2 a comparación del tratamiento 1.

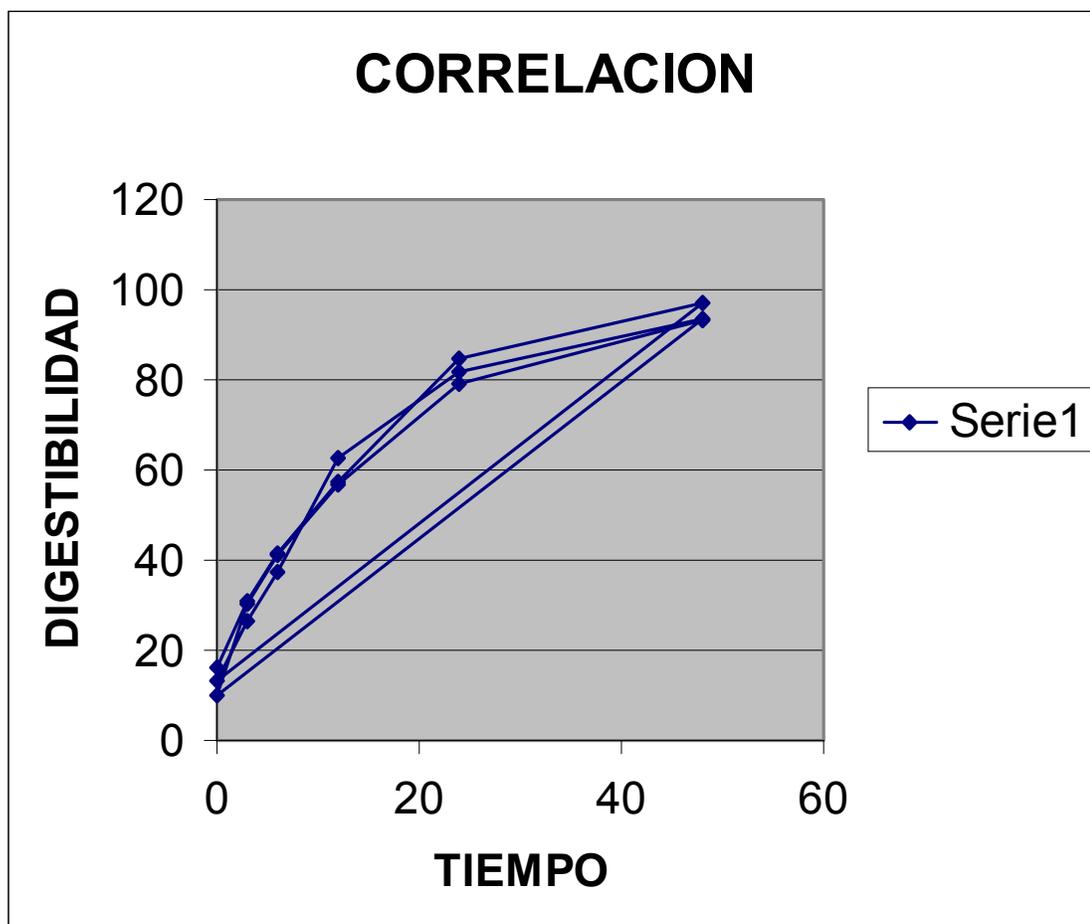
En el tratamiento 3 que corresponde al tratamiento con el 8% de grasa se obtuvo un rango de porcentajes de la DIVMS de 10.0% - 93.33%, en este tratamiento los resultados son similares a los obtenidos en el tratamiento 2 que sufrieron una disminución en la DIVMS, aunque no hubo diferencia significativa con respecto al tratamiento 1.

Estos datos obtenidos indican que aunque no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, aunque si disminuyo un poco la digestibilidad del concentrado al agregarle la grasa; al contrario de lo que se esperaba que era un aumento en la digestibilidad del mismo.

En cuanto a la correlación se obtuvo un resultado de  $r= 0.9221$ , al nivel de 0.01 esto indica que existe mucha relación entre la digestibilidad y el tiempo de incubación, ya que conforme fue avanzando el tiempo se fue incrementando la degradación; encontrando en el tiempo 0 un rango de 10 – 16.11% en los tres tratamientos; en el tiempo tres se incremento a un rango de 26.34 – 30.93%; en el tiempo 6 siguió la misma tendencia teniendo un rango de 37.35 – 41.30%; en el tiempo 12 de 56.87 – 62.68%; en el tiempo 24 un rango de 79.02 – 84.79% y finalmente en el tiempo 48 siguió la misma tendencia llegando a un rango de 93.33 – 97.17%. Estos resultados se representan en la grafica 1, en donde se muestra la correlación obtenida del tiempo y la digestibilidad.

El incremento de la DIVMS del concentrado conforme fue avanzando el tiempo, se debe quizás a que los microorganismos tuvieron mas tiempo para actuar y así mismo multiplicarse para mejorar el desdoblamiento del concentrado.

Figura 1. Correlación de la DIVMS con relación al tiempo de los tres tratamientos.



## **CONCLUSIONES:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la DIVMS se llego a las siguientes conclusiones:

Aunque la diferencia no fue significativa entre los tratamientos, la adición de grasa a la dieta afecto un poco la digestibilidad in vitro de la materia seca, debido a que la dieta con 0% de grasa tuvo mejor DIVMS, seguido por el de 4% y posteriormente el de 8% de grasa.

En cuanto a los tiempos de incubación, lógicamente el tiempo 48 horas tuvo mejores resultados en los tres tratamientos.

Aunque la digestibilidad disminuya ligeramente al adicionar la grasa animal al concentrado, de acuerdo a los coeficientes de digestibilidad encontrados se recomienda utilizar un 4% de grasa en la ración, ya que no afecta significativamente la digestibilidad de la materia seca, por lo que pueden usarse a esos niveles previo análisis de costos.

### **Literatura Citada:**

Anzola, V. H., M. A. Laredo, M. E. Alarcón, F. Gómez. 1981. Consumo voluntario de tres variedades de raigrás en pastoreo por ovinos, mediante el uso de óxido de cromo. Rev. ICA. 16(1) :11 – 19.

Alvir, M.R. y J. González. 1992. Efecto de la relación forraje-concentrado de la ración sobre la degradabilidad ruminal de las materias nitrogenadas de cuatro henos. Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales, 7:21-29.

A.O.A.C. , 1980 Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13 th Washington , D. C. , U. S. A., Pp 1081.

Basurto, R. El. Tejada de Hernández. 1992. Digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón. Comparación de métodos para estimarla. Téc. Pec. Méx. 30(1):13 - 22.

Bentley, O. G., R. R. Johnson, T. V. Hershberger, J. H. Cline and A. L. Moxon. 1955. Cellulolytic-factor activity of certain short-chain fatty acids for rumen microorganisms in vitro. J. Nutr. 57: 389.

Bisplinghoff, F. (1998). Quality standard for animal and plant fats. In:

[Http://www.morm.u.../QUALITY STANDARD FOR ANIMAL AND PLANT FATS.html](http://www.morm.u.../QUALITY_STANDARD_FOR_ANIMAL_AND_PLANT_FATS.html).

Blaxter, K. L. 1964. Metabolismo Energético de los Rumiantes. Traducción al Español por el Dr. Gaspar Gonzáles, Zaragoza (España), Editorial Acribia. P. 179.

Brant Jr., R.T. and Anderson, S.J. 1990. Supplemental Fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearly steers and estimated diet net energy value. J. Anim. Sci. 68 (5): 2208-2217.

Carro, M.D., C. Valdés, J.S. González, P. Frutos and F.J. Giráldez. 1998. Effect of forage to concentrate ratio in the diet on rumen fermentation in sheep. Proc. of the B.S.A.S. pp. 91. B.S.A.S., Edimburgo, Reino Unido.

Castaldo, D.J. (1998). Focus on feed grade fat. Part 2- Fat quality parameters. In:

<http://foodtab.com/fat2.html>.

Chandler, N.J. 1993. Quality control test for fats in the feed mill. National Renderers Association, Regent Academic House., Pp. 19-25 Argyll St., London, W1V 1<sup>a</sup> United Kingdom.

Cherney, D.J.R., J. Siciliano-Jones, and A. N. Pell. 1993. Technical note: Forage in vitro dry matter digestibility as influenced by fiber source in the donor cow diet. *J . Anim. Sci.* 71:1335.

Church, D. C. y W. G. Pond. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. Pp438.

Crampton, E.W. and L.A. Lloyd, 1959. Fundamentals of Ruminants . Vol. 1, Corvallis, Oregon (EE. UU.). Editorial O.S.O. Books stores, Inc. Pp. 101, 108, 116.

Crampton, E.W., and Harris L.E 1967. Applied Animal Nutrition. The use of Feedstuffs in the Formulation of Livestock Rations. San Francisco (EE. UU.), W.H. Freeman and company. Pp. 108, 125.

De Alba, Jorge, 1971. Alimentación de ganado en América Latina. Segunda Edición, México, Talleres gráficos de Editorial Fournier, S.A., pp.56 –71.

Doley, P. T., T. Casson, L. Cransberg and J. B. Rowe. 1994. Faecal output of grazing sheep measured by total collection or using chromium sesquioxide. *Small Ruminant Research.* 13:231 - 236.

Dukes, H.H.1967 "Fisiología de los Animales Domésticos". Traducción al castellano de la séptima Edición en ingles por Francisco Castrajon c.3ª. Edición, Editorial Aguilar. Pp. 277-431.

Fuentes, R.J y Ortiz de la R.B. 1994. Degradabilidad Ruminal de grasas de sobrepaso, Investigación Agraria, Revista Agraria de la UAAAN. Vol. 10 Núm. 2, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 166-173.

García. E. 1973.Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koopen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana) 2ª ED. Corregida y aumentada. México, UNAM. Pp. 46-52.

Giráldez, F.J., A.R. Mantecón, M.A. Chaso y T. Manso. 1994. Efecto del tipo de dieta y de la frecuencia de alimentación sobre la actividad degradativa ruminal. Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales, 9: 245-259.

Grant, R. J., and D. R. Mertens. 1992. Influence of buffer, pH, and raw starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. J . Dairy Sci. 75:2762.

Grummer, R. R. 1992. Inedible fats and greases. In: A. M. Pearson and T. R. Dutson (Ed.) Inedible Meat By-Products. Advances in Meat Research. Volume 8. pp 113 - 148. Elsevier Science Publisher. London.

Halloran, K. A. 1996. Tallow usage and oleochemicals - Soap production and fatty acids. In: D. A. Franco and W. Swanson (Ed.). The Original Recyclers. pp 87 - 106. The Animal Protein Producers Industry, The Fats and Proteins Research Foundation, The National Renderers Association.

Hans, Bergner, 1970. Elementos de nutrición animal traducido al Español por el Dr. Jaime Esaín Escobar, Zaragoza (España), Editorial Acribia Pp. 54, 55, 56.

Herold, D., T, Klopfenstein and M. Klemesrud. 1996. Evaluation of Animal Byproducts for Escape Protein Supplementation. University of Nebraska Beef Cattle Report. MP 66-A. Pp 26-31.

Hill,G.M. and West, J.W. 1991. Rumen protected fat in kine barley or corn diets for beef cattle digestibility, physiological and feedlot response. J. Anim. Sci. 69 (8): 3376-3389.

- Hollingsworth, K. J., D. C. Adams, J. J. Klopfenstein, J. Lamb and G. Villalobos. 1995. Supplement and forage effects on fecal output estimates from an intra-ruminal marker device. *J. Range Manage.* 48:137-140.
- Huhtanen, P. and S. Jaakola. 1993. The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on digestion of cell wall carbohydrates and rumen digesta pool size in cattle. *Grass Forage. Sci.*, 48: 155-165.
- Huhtanen, P., K. Kaustell and S. Joakkola. 1994. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:211 - 227.
- Jaakola, S. and P. Huhtanen. 1993. The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on nitrogen digestion and rumen fermentation in cattle. *Grass Forage. Sci.*, 48: 146-154.
- Jenkins, T.C. and Fotouhi, N. 1990. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Anim. Sci.* 68 (2): 460-467.
- Johnson, R. R. 1966. Techniques and procedures for *in vitro* and *in vivo* rumen studies. *J. Anim. Sci.* 25 : 855.

Kawas, J.R., J. Lopes, D.L. Danelon and C.D. Lu 1991. Influence of forage to concentrate ration intake, digestibility, chewing and milk production in dairy cows. *Small Rum. Res.*, 4:11-18.

Knaus, W. F., D. H. Beerman, T. F. Robinson, D. G. Fox and K. D. Finnerty. 1998. Effects of a dietary mixture of meat and bone meal, feather meal, blood meal, and fish meal on nitrogen utilization in finishing Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 76:1481.

Lachmann, M., O. Araujo F., y J. Vergara L. 1999. Evaluación de la lignina detergente ácido como marcador para la determinación de la digestibilidad. *Revista Científica, FCV-LUZ.* (En arbitraje).

Laredo, M. A., H. J. Anzola V. y F. Segura. 1988. Cloruro de iterbio y óxido de cromo como indicadores de excreción fecal y consumo de heno. *Rev. ICA.* 23:303 - 313.

Lascano, C., R. Borel, R. Quiroz, J. Zorrilla, C. Chávez y C. Wernli. 1990. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad *in vivo*. En: M. E. Ruiz y A. Ruiz (Eds.). *Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación.* IICA-ALPA-RISPAL. San José, CostaRica. 159 - 168 p.

Marinucci, M. T., B. A. Dehority, and S. C. Loerch. 1992. In vitro and in vivo studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. J. Anim. Sci. 70:296.

Marten, G.C. and R.F. Barnes. 1980. Prediction of energy digestibility of forages with in vitro rumen fermentation and fungal enzyme systems. In: W.J. Pidgeon, C.C. Balch, M. Graham (Eds.). Standardization of Analytical Methodology for Feeds. pp. 61-71. IDRC. Ottawa, Canadá.

Maynard, L. and J. Loosli. 1969. Animal Nutrition. Sexta Edición, Estados Unidos. Mc. Graw-Hill Book Company. pp. 31, 406 y 415.

Maynard, L.A. 1955. Nutrición Animal traducida al castellano por Eduardo Escalona, del Libro Animal Nutrition. New Graw-Hill Book Company Inc. pp.45.

Mehrez, A.Z y Orskov R.E. 1977. A Study of the Artificial Fibre Bag Technique for Determining the Digestibility of feeds in the Rumen. J. Agric. Sci. Camb. 88: 645-659.

Merchen, N. R. 1993. Digestión, absorción y excreción en los rumiantes. En: D. C. Church (Ed.). El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Tomo I. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 191 - 223.

Moore, J.E., R.R. Johnson and B.A. Dehority, 1962. Adaptation of an in vitro System to the study of starch fermentation by rumen bacteria; J.Nut., 76:414.

Moran L.A., Scrimgeour K.G., Horton H.R., Ochs R.S., and Raw J.D. 1994. Introduction to metabolism in: Biochemistry Raw Second Edition (Moran and Scrimgeour, editors), Neil Patterson Publishers/Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, NJ. Pp. 1-14.

Morrison, F.1961 Feeds and Feeding. Abridged. Adapted and condensed From Feeds and Feeding. Novena Edición, Clinton (Iowa), The Morrison Publishing Co. pp. 1-48 y 538.

Ngidi, M.E. y Col. 1990. Effects of calcium soaps of longchain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and rumen metabolism steers. J.Anim.Sci. 68 (8):2555-2566.

Orias, F. N. R. Merchan and L. L. Berger. 1999. Characterization of variation in composition and in situ protein degradation of porcine meat and bone meal. J. Anim. Sci. 77 (Suppl. 1):249.

Ortega C., M. E. 1987. Factores que afectan la digestibilidad del alimento en rumiantes. Estudio recapitulativo. *Vet. Méx.* 18: 55 - 60.

Plascencia, A. M. Estrada and R. A. Zinn, 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.

Powles, J. J. Wiseman, D. J. A. Cole and S. Jagger. 1995. Prediction of the apparent digestible energy value of fats given to pigs. *J. Animal Sci.* 61:149.

Ramanzin, M., G. Bittante and L. Bailoni. 1991. Evaluation of different chromium mordanted wheat straws for passage rate studies. *J. Dairy Sci.* 74: 2989 – 2996.

Ramanzin, M., L. Bailoni and S. Schiavon. 1997. Effect of forage to concentrate ration comparative digestion in sheep, goats and fallon deer. *Anim. Sci.*, 64: 163-170.

Tilley, J.M.A and R.A. Terry, 1963 A two- stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit Grassl. Soc.* 18:104.

Tiler.C, 1964 Animal Nutrition. Segunda Edición, London, Chapman and Hall. P.p 119-128.

Tomkins, T. 1989. Como lograr que las grasas inertes en rumen produzcan unidades reales para los productores de leche. IV Congreso Nacional, Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, Acapulco, Guerrero.5:4-53.

Van Soest, P.J. 1966. Use of detergents in analysis of fibrous feeds III Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. J. Ass of Agr. Chem. 84:785

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the ruminant. Cornell University Press. II Edición. 108 - 195 p.

Vincent H. V. and Kelly K. K.. 1995. Technical Note: Comparison of In Vitro and In Situ Digestibility Methods. J. anim. Sci. 73:1578-582.

Wiseman, J. 1997. Assigning energy values to ingredients for pigs. Proceedings Feed Ingredients Asia '97. Pp. 1-9.

Whitten, K., K. Gailey y R. Davis. 1995. Química general. Tercera edición. McGraw-Hill Interamerican de México, S. A. de C. V. México. Pp. 930

Zinn, R. A. 1992. Feeding value of fat in diets for feedlot cattle. Proceedings of the 53rd Minnesota Nutrition Conference. pp. 95-153.

Zinn, R.A. and Plascencia A. 1993. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat in digestive function in cattle. J. Anim. Sci. 71 (1):11-17.

Zumbado, M.E., C. W. Scheele and C. K. wakernaak. 1999. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content of different fat and oil by-products. J. Appl. Poultry Res. 8:263.

## **APENDICE**

Cuadro 7. Análisis de varianza de los tratamientos experimentales.

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	2	79.437500	39.718750	4.3554	0.020
FACTOR B	5	44341.828125	8868.365234	972.4769	0.000
INTERACCION	10	183.921875	18.392187	2.0168	0.060
ERROR	36	328.296875	9.119358		
TOTAL	53	44933.484375			

C.V. = 5.70%