

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

USO DE ACEITES ACIDULADOS COMO
SUSTITUTOS DE GRASA EN POLLOS
DE ENGORDA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
Z O O T E C N I A
P R E S E N T A
V I C T O R F E R N A N D O
G A R C I A M A R T I N E Z
GUADALAJARA, JAL. DICIEMBRE 1983



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Marzo 10, 1983.

C. PROFESORES:

ING. M.C. DANIEL A. SANTANA COVARRUBIAS, Director.

ING. M.C. JUAN RUIZ MONTES, Asesor

ING. M.C. LEONEL GONZALEZ SUAREZ, Asesor.

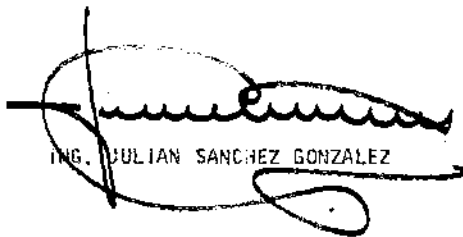
Con toda atención me permito hacer de su conocimiento que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

"USO DE ACEITES ACIDULADOS COMO SUBSTITUTOS DE GRASAS EN POLLOS DE ENGORDA"

presentado por el PASANTE VICTOR FERNANDO GARCIA MARTINEZ han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes que sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atención y distinguida consideración.

"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO


ING. JULIAN SANCHEZ GONZALEZ

ENL.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. Marzo 10, 1983.

ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

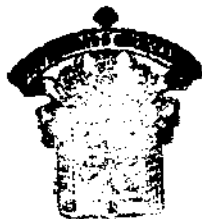
Habiendo sido revisada la Tesis del
PASANTE VICTOR FERNANDO GARCIA MARTINEZ
Titulada: "USO DE ACEITES ACIDULADOS COMO SUBSTITUTOS DE GRASAS EN
POLLOS DE ENGORDA."

Damos nuestra aprobación para la --
Impresión de la misma

DIRECTOR

ING. M.C. DANIEL A. SANTANA COVARRUBIAS.

ASESOR



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

ASESOR

ING. M.C. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI.

ING. M.C. JUAN RUIZ MONTES.

eml.

Al contestar este efecto sírvase indicar fecha y número



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

USO DE ACEITES ACIDULADOS COMO SUBSTITUTOS
DE GRASA EN POLLOS DE ENGORDA

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

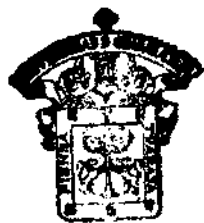
Rosendo y Fernandina

A MIS HERMANOS:

Rosendo, Rodrigo y Mónica

A MIS TIAS

A MI TIA CUCA



**ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA**



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTOS

A LOS INGENIEROS:

M.C. Daniel Santana Covarrubias, M.C. Juan Ruiz Montes, M.C.
Leonel González Jáuregui,
Director y Asesores de Tesis, respectivamente.

Al Ing. René Topete, por sus consejos y ayuda.

A la Q.F.B. Lilia Marín, por su valiosa ayuda.

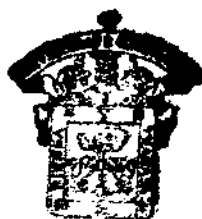
A mis Maestros,

A mis Compañeros,

A la Escuela de Agricultura

y a mi Universidad.

INDICE



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Clasificación de los Lípidos	3
2.2 Acidos Grasos	4
2.3 Grasas	6
2.4 Ceras	11
2.5 Lípidos compuestos	12
2.6 Prostaglandinas	13
2.7 Esteroides	14
2.8 Terpenos	15
2.9 Digestión y absorción de los Lípidos en animales no rumiantes.	15
2.10 Digestión y absorción de Lípidos en Rumiantes.	19
2.11 Transporte y Almacenamiento	20
2.12 Síntesis de Lípidos	21
2.13 Almacenamiento de Grasa	21
2.14 Catabolismo de las Grasas y Acidos Grasos.	23
2.15 Acidos grasos esenciales (AGE)	25
2.16 Valor Nutritivo de las Grasas	27
2.17 Aceites Acidulados	28



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

	Pág.
III. MATERIALES Y METODOS	30
3.1 Localización del Experimento	30
3.2 Materiales	30
3.3 Dietas	30
3.4 Diseño Experimental	32
3.5 Ejecución y Desarrollo	33
IV. RESULTADOS	35
V. CONCLUSIONES	43
VI. RESUMEN	45
VII. BIBLIOGRAFIA	46
ANEXO	48-49



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

I. INTRODUCCION

Debido al creciente desarrollo de la industria avícola en México, y en vista del papel tan importante que juega la nutrición para obtener un buen éxito en la avicultura, en la presente investigación se menciona un nuevo producto que pueden emplear los avicultores para alimentar sus parvadas. El medio más importante para proporcionar una alimentación correcta a las aves es sin duda, el uso de alimentos comerciales obtenidos en casas serias y responsables; sin embargo, el avicultor puede obtener beneficios y satisfacciones si tiene un buen conocimiento de las necesidades nutritivas de sus aves, de las propiedades de los ingredientes que esté usando y de la manera de mezclarlos correctamente para obtener buenas dietas.

El objeto más importante de la alimentación de las aves desde el punto de vista económico, es la conversión de ingredientes en alimento para el consumo humano. En este aspecto el ave doméstica es muy eficiente en convertir ingredientes en alimento para el hombre.

La industria avícola no solo es importante desde el punto de vista económico, sino también lo es desde el punto de vista social, ya que la proteína que aporta en carne y huevo, principalmente en este último producto, es de los más baratos. Para conseguir esto la avicultura se ha tecnificado, lo que ha permitido mantener precios accesibles para el consumidor, y uno de los factores más importantes para lograrlo es sin duda la nutrición aviar, ya que ésta representa cerca del 60% de los costos de producción.

Además, dada la gran competencia que hay por los alimentos entre el hombre y los animales, actualmente se está tratando de usar para la alimentación de animales, no solo de las aves, productos que no sean aprovechados directamente por el

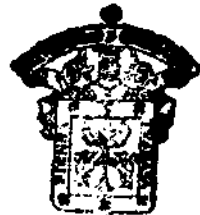
hombre, tales como: pastas, harinas y grasas, entre estas últimas se encuentran los aceites acidulados.

1.1 Objetivos

Este trabajo tiene como finalidad comparar dos raciones para pollo de engorda, una de ellas complementada con aceites acidulados y la otra de testigo.



**ESCUELA DE AGRICULTORES
BIBLIOTECA**



La materia vegetal y animal contiene un grupo de sustancias insolubles en agua pero solubles en éter, cloroformo y benceno, comunmente llamados lípidos. El grupo incluye las grasas y un cierto número de compuestos relacionados. Desde el punto de vista de las cantidades presentes en el cuerpo animal y su alimento, las grasas son los miembros más importantes del grupo, pero muchos otros lípidos juegan papeles significativos en la nutrición y fisiología. Como ejemplo se puede citar el colesterol que por un lado es el precursor de la vitamina D y hormonas sexuales, pero por otro lado es el nocivo componente de las placas ateromatosas de enfermedades cardiovasculares. Los lípidos sirven al organismo como reserva condensada de energía, elementos estructurales de los tejidos y son esenciales para diversas reacciones del metabolismo intermedio (Maynard 1981; Scott 1963).

2.1 Clasificación de los Lípidos

En el cuadro #1 se ofrece una clasificación de los lípidos, la cual, basándose en su similitud química incluye la mayoría de los que tienen importancia nutricional o paranutricional (Maynard 1981).

Cuadro #1 CLASIFICACION DE LOS LIPIDOS

<u>Saponificables</u>		<u>No Saponificables</u>
<u>Simple</u>	<u>Compuestos</u>	
Grasas	Glicolípidos	Terpenos
Ceras	Fosfolípidos	Esteroides
		Prostaglandinas

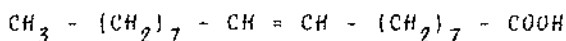


2.2 Ácidos Grasos

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

Debido a que los ácidos grasos son constituyentes de la mayoría de los lípidos, es muy útil verlos primero, aún cuando más de 100 han sido aislados de la naturaleza, el cuadro 2 tiene la lista de los que en forma común se hallan presentes en las grasas vegetales y animales y son de interés especial en la nutrición. En este cuadro se dan los nombres en paréntesis, se presenta la nomenclatura química moderna. El sufijo denota su estado de saturación: - anoico, saturado; - enoico, un doble enlace; - dienoico, dos enlaces dobles; - trienoico, tres enlaces dobles; - tetraenoico, cuatro enlaces dobles; etc. Estos dobles enlaces se manifiestan en las fórmulas de los ácidos y tienen proporcionalmente un menor número de átomos de hidrógeno en relación a los átomos de carbono presentes. Los símbolos también reflejan el número de átomos de carbono, así como el número y la localización de los enlaces dobles. El término "Ácidos Grasos Polisaturados" se aplica con frecuencia a aquellos que tienen más de un doble enlace, y tiene un significado especial en la nutrición. Nótese que el punto de fusión de los ácidos grasos se incrementa conforme la longitud de la cadena aumenta, pero disminuye con la adición de un doble enlace para una cadena de largo determinado; dos enlaces dobles lo disminuyen aún más. Así, el punto de fusión es de $C18:0 > C18:1 > C18:2$. Esta característica es importante ya que afecta las propiedades de las grasas de las cuales forman parte (Maynard 1981; Bhagayan 1978).

Las fórmulas generales para tres de los ácidos grasos insaturados más comunes, se muestran más adelante. Con estos dobles enlaces ellos pueden existir en las formas *cis* o *trans*; en la naturaleza la mayoría existe en forma de *cis* los dobles enlaces reaccionan fácilmente y en especial son susceptibles a la oxidación (Maynard 1981).

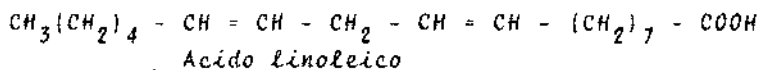


Ácido oleico

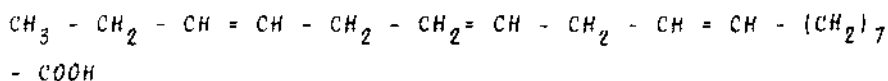
Cuadro #2 Acidos grasos comúnmente hallados en los lípidos.

Acidos	Fórmula Empírica	Símbolos	Punto de Fusión °C
<i>Saturados</i>			
Butírico (butanoico)	$C_4H_8O_2$	C4:0	-4.3
Caproico (hexanoico)	$C_6H_{12}O_2$	C6:0	-2
Caprílico (octanoico)	$C_8H_{16}O_2$	C8:0	16.5
Capríco (decanoico)	$C_{10}H_{20}O_2$	C10:0	31.4
Laúrico (dodecanoico)	$C_{12}H_{24}O_2$	C12:0	44
Mirístico (tetradecanoico)	$C_{14}H_{28}O_2$	C14:0	58
Palmitico (hexadecanoico)	$C_{16}H_{32}O_2$	C16:0	63
Estearico (octadecanoico)	$C_{18}H_{36}O_2$	C18:0	71.5
<i>Insaturados</i>			
Palmitoleico (hexadecenoico)	$C_{16}H_{30}O_2$	C16:1 ^A ₉	1.5
Oleico (octodécenoico)	$C_{18}H_{34}O_2$	C18:1 ^A ₉ C18:1w ₉	16.3
Linoleico (octadecadienoico)	$C_{18}H_{32}O_2$	C18:2 ^A _{9,12} C18:2w ₆	-5.0
Linol-énico (octadecatrienoico)	$C_{18}H_{30}O_2$	C18:3 ^A _{9,12,15} C18:3w ₃	-11.3
Arquidónico (eicosatetraenoico)	$C_{20}H_{32}O_2$	C20:4 ^A _{5,8,11,14} C20:4w ₆	-49.5





Acido linoleico

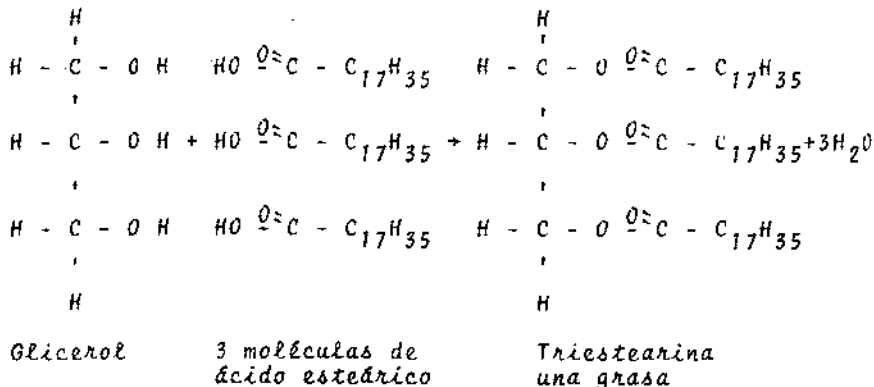


Acido linolénico

Todos los ácidos incluidos en la tabla 2 tienen cadenas rectas y un número par de átomos de carbono. Esta es una característica en la mayoría de los ácidos grasos naturales los lípidos microbianos, sin embargo, a menudo son ramificados y tienen cadenas con número impar de átomos de carbono. De aquí que la grasa corporal de los rumiantes y su leche contengan en forma característica estas formas "Aberrantes". Los primeros de su lista son clasificados como ácidos grasos volátiles (AVG) ya que ellos se pueden destilar con vapor. Por tener un grupo carboxilo en uno de los extremos pueden reaccionar con Ca^{++} ó Mg^{++} para producir jabón (Mertz, 1977; Maynard 1981; Bhagavan 1978).

2.3 Grasas

Las grasas se definen como los ésteres que se forman de la unión de un trihidroxi alcohol, glicerol y tres moles de ácidos grasos. La reacción básica es una deshidratación con pérdida de agua. En esta reacción tres moles de ácido esteárico, se han utilizado para formar la grasa triesterina.



Si estos ácidos grasos hubieran sido palmítico, oleico y esteárico, la molécula se llamaría palmitoleoesterina. En lenguaje común, a este compuesto se le llama grasa neutra, un triglicérido (TG) o en forma más apropiada, un triacilglicérol. Los tipos y proporciones de ácido graso en la molécula determinan las propiedades físicas y químicas de la grasa, que pueden variar en forma considerable. Por ejemplo, los triglicéridos vegetales como el aceite de maiz, están compuestos en su mayoría por ácidos grasos no saturados, en especial ácidos poliinsaturados cuyo punto de fusión es inferior a la temperatura ambiente. El sebo, por otro lado tiene sustancialmente una menor cantidad de ácidos grasos no saturados, alrededor del 40%, y es sólido a la temperatura ambiente (punto de fusión, 42°C). Por lo general, se llaman aceites aquellos que se encuentran líquidos a la temperatura ambiente (20°C), mientras que las grasas son sólidas. [Ver tabla No. 1 en el anexo para mayor información].

Es de notarse que la mantequilla tiene un bajo nivel de ácidos grasos no saturados, no obstante tiene un bajo punto de fusión. Esto se debe a la característica singular de tener altos niveles de ácidos grasos de cadena corta, que sí tiene puntos de fusión bajos. La grasa de coco es la única grasa vegetal que tiene cualidades similares, razón por la cual es tan popular como sustituto de grasa no láctea. La grasa de cerdo y aves tienen mayor cantidad de ácido linoleico que el sebo y la mantequilla y por lo tanto son un tanto más suaves a la temperatura ambiente.

Es obvio que la agrupación de ácidos grasos hecha por las células de vegetales o animales no es un acontecimiento casual, sino dictado por la genética y como se verá en el caso de los animales, también están afectados en cierta forma, por la dieta. La posición de los ácidos grasos específicos en la molécula de glicérol tampoco es por completo casual. La grasa de cerdo por ejemplo, tiene todo su ácido, palmítico en la posición

2 mientras que en los acéticos vegetales, todos los ácidos saturados son esterificados en las posiciones 1, 3 (Maynard 1981; Bhagavan 1978).

Análisis y descripción de la Grasa. En los análisis rutinarios de los alimentos, los lípidos se determinan como extracto etéreo. El alimento es sacado hasta dejarlo libre de humedad y luego se extrae durante 16 horas con éter etílico anhidrido. El extracto es pesado después de la evaporación del éter. Además de los lípidos, el éter extrae los pigmentos vegetales como la clorofila, xantofila y caroteno, así como trazas de otras diversas sustancias. El éter también remueve ciertos aceites esenciales que no son realmente lípidos y que consisten principalmente en éteres aromáticos, aldehídos y éteres. Por tanto, el uso del término extracto etéreo como sinónimo de grasas, hablando en términos de la composición de alimentos y raciones, no es muy preciso. En ciertos vegetales con muchas hojas, la cantidad de extracto etéreo que no son ésteres de ácidos grasos, pueden representar del 25 a 40% del total. En aquellos alimentos reconocidos como las principales fuentes dietéticas de grasa, a saber semillas y productos animales, el extracto etéreo consta, en su mayoría, de triglicéridos. Aún cuando este procedimiento es útil, las limitaciones del extracto etéreo deben ser consideradas (Mertz, 1977; Maynard 1981).

La cromatografía gas-líquido, o de capa fina, son técnicas modernas que ahora están disponibles y que permiten estimar las cantidades de ácidos grasos específicos, así como su localización en la molécula de glicerol.

Existen una serie de otras determinaciones que también son útiles en la caracterización de la grasa. El punto de fusión (o punto de solidificación), que se vio con anterioridad, da una idea clara acerca de la dureza de la grasa e indirectamente, refleja la longitud de las cadenas de carbono o el grado de insaturación. Una medida más específica para estimar el

grado de insaturación es el Índice de yodo. Este se une fácilmente con la grasa no saturada en los dobles enlaces, fijándose dos moles de yodo por cada doble enlace y se define como los gramos de yodo que absorben 100 gramos de grasa. La tabla 1 en el anexo indica la gran diferencia entre el aceite de soya (130) y la grasa de la mantequilla (30) (Mertz, 1977).

Cuando se hierve grasa con un álcali, como el hidróxido de potasio, se separan en glicerol y sal alcalina del ácido graso. Estas sales alcalinas se llaman jabones y el proceso se llama saponificación. Los miligramos de álcali (KOH) que se requieren para saponificar 1.0 gramos de grasa se llama Índice de saponificación. Ya que un mol de K^+ reacciona con cada ácido graso, mientras mayor sea el Índice de saponificación menor será la longitud promedio de la cadena. Por ejemplo, el aceite de maíz tiene un valor mucho menor que la grasa de mantequilla (Mertz, 1977).

La determinación de la cantidad de ácidos grasos solubles en agua y volátiles al vapor es una medida útil para medir el tipo de grasa de la mantequilla, y se utiliza para detectar su adulteración ya que es su característica distintiva el contener grandes cantidades de estos ácidos. Esta medida se llama Índice de Reichert Meissl.

Rancidez, las grasas de los alimentos son susceptibles a dos tipos de rancidez: hidrolítica y oxidativa. (Mertz, 1977).

Rancidez Hidrolítica. Es el resultado del desdoblamiento hidrolítico de los ácidos grasos del glicerol, lo opuesto a la síntesis de los triglicéridos (TG). Se produce por la acción de la enzima lipasa, que se encuentra en mohos y bacterias y en algunos alimentos frescos, y da como resultado la producción de mono y diglicéridos (remueve uno o dos ácidos grasos del TG), y ácidos grasos libres. En situaciones donde los ácidos grasos libres tienen un olor y sabor específico, el producto puede ser

de agradable pero no se altera su valor nutricional. Como ejemplo se puede citar el de la mantequilla vieja en la que se ha liberado el ácido butírico que es responsable del inconfundido y desagradable olor a rancio (Mertz, 1977; Maynard 1981).

La Rancidez Oxidativa. Se presenta en grasas que tienen altos niveles de ácidos grasos polinsaturados y, además de producirles sabores y olores anormales, puede alterar seriamente el valor nutricional del alimento. Los ácidos grasos polinsaturados son del tipo metileno interrumpido, es decir, que un grupo CH_2 existe entre los dobles enlaces. Los ácidos polinsaturados son de este tipo en contraste con el tipo conjugado, en el cual sólo existe un enlace simple C-C entre los dobles enlaces. En condiciones apropiadas de temperatura, humedad y a menudo en presencia de cantidades catalíticas de cobre, un átomo de hidrógeno es liberado del carbono metileno (C) dejando un radical libre. El doble enlace cambia a la forma conjugada y el radical libre puede entonces unirse con oxígeno (O) para formar un peróxido y posteriormente con un hidrógeno (H) para formar un hidroperoxido puede polimerizarse con otros hidroperoxidos para formar una película, como sucede con la pintura de aceite de linaza cuando se seca. También se puede desdoblar en aldehídos y cetonas que son aromáticas. La oxidación es autocatalítica, lo que significa que después de que ésta empieza, continúa en forma progresiva. El resultado es la formación de productos finales indeseables y la destrucción de ácidos grasos esenciales (AGE), pues las grasas peroxidadas ya no son del tipo metileno interrumpido (Scott, 1963; Maynard, 1981).

La reacción se detiene si se agrega antioxidante que reemplazan el H una vez que éste ha sido liberado. La vitamina E es un componente natural de los alimentos que tienen la cualidad de ser antioxidantes, pero como se gasta durante su proceso, plantea el problema de producir una deficiencia de vitamina E si la oxidación es extensa. En la actualidad hay antioxi

dantes comerciales disponibles como la hidroquinona o etoxiquina que puede suplir el H y economizar la vitamina E natural, además de prevenir la rancidez. El sabor oxidado de la leche proviene de esta reacción y también se puede prevenir si se aumenta su contenido de vitamina E. Muchos aceites vegetales tienen antioxidantes naturales, mientras que las grasas animales, en particular las refinadas, tienen muy poco. La vitamina A y el caroteno, además de la vitamina E, están sujetos a su destrucción por las grasas rancias (Maynard, 1981).

Hidrogenación: Los dobles enlaces de los ácidos grasos fijan hidrógeno de la misma forma que lo pueden hacer con el yodo. Para que esto suceda se necesita un catalizador, el proceso de hidrogenación produce grasas saturadas duras a partir de aquellas no saturadas y blandas. La saturación de los dobles enlaces hace que la grasa sea menor reactiva y tiende a impedir los cambios oxidativos de la rancidez. Por lo tanto, la hidrogenación es usada para mejorar las cualidades de almacenamiento de ciertas grasas, en especial aceites vegetales utilizados para alimentación; este proceso produce grasas sólidas para cocina. Los aceites no hidrogenan por completo, porque si esto se hiciera, los productos serían demasiado duros para usarse convenientemente. El punto de fusión del aceite de semilla de algodón hidrogenado por completo, es alrededor de 62°C y no fija nada de yodo, mientras que los productos parcialmente hidrogenados usados para cocinar, tienen un punto de fusión entre 33 y 43°C y tiene un índice de yodo de 70 a 75 (Maynard, 1981; Scott, 1963; Bhagavan, 1978; Mertz, 1977).

2.4 Ceras

Las ceras son lípidos que se forman por la combinación de ácidos grasos y de monohidroxi o dihidroxi alcoholes de cadena larga. Tienen puntos de fusión elevados y son bastante difíciles de saponificar, tanto que no son fácilmente digeribles por

los animales. Un ejemplo es la cera de abejas, combinación de ácido palmítico y alcohol miricílico ($C_{30}H_{61}OH$). Se encuentran en secreciones y excreciones de animales e insectos y como cubiertas protectoras en plantas, como por ejemplo en las manzanas. El extracto etéreo también remueve las ceras y por tanto, con frecuencia aumenta el significado nutritivo del análisis (Mertz, 1977).

2.5 Lípidos Compuestos

Las grasas y ceras, como se describieron antes, son esencialmente hidrofóbicas, esto es que por ninguna circunstancia son miscibles con agua. En los sistemas biológicos es necesario que los lípidos, en especial los ácidos grasos, sean una parte contigua transportados en un medio acuoso. Así, hay un cierto número de lípidos compuestos que contienen en un extremo (ácido - graso) hidrofóbico (no polar) y un extremo hidrofílico (polar; de base nitrogenada, azúcares, etc.), que son importantes en los sistemas vegetales y animales. Estos tienen la capacidad de formar capas de dobles lípidos, y así forman el principal componente estructural de las membranas celulares en los animales (Mertz, 1977).

Los Fosfolípidos (fosfatidos) están constituidos por glicerol en el cual las posiciones 1 y 2 están esterificadas con ácidos grasos de cadenas largas. A menudo, las formas saturadas están ubicadas en la posición 1 y las no saturadas en la posición 2. La posición 3 está esterificada con ácido fosfórico y éste, a su vez, con una base nitrogenada. Si la base nitrogenada es colina el fosfolípido se llama lecitina y si la base es etanolamina, se llama cefalina. Ambas son componentes de las membranas celulares animales y de las moléculas transportadoras de lípidos del plasma; por ejem., quilomicrones y lipoproteínas. Estos son esenciales para una digestión apropiada y para la absorción de grasa, en especial para los rumiantes. La lecitina

también se encuentra en los lípidos de la semilla de frijol soya, la cual se produce en forma comercial. Es un excelente agente emulsivo y se usa ampliamente como agente suavizante en los alimentos y para mejorar la utilización de grasa en sustitutos de leche para becerros (Maynard, 1981; Martz, 1977).

Los esfingolípidos no contienen glicerol; están formados por la esfingosina, un alcohol aminado al cual se agrega un ácido graso, fosfato y colina o etanolamina. En los animales se encuentra en forma predominante en el cerebro y tejido nervioso, llamado esfingomielina. Un tipo especial de esfingolípido es aquel en que la colina es reemplazada por glucosa, y se llama cerebrósido (Mertz, 1977).

Los glicolípidos contienen glicerol con dos ácidos grasos poliinsaturados (en su mayoría) linoléico unidos en la posición 2 y 3. Al primer átomo de carbono se unen 1 o 2 moles de galactosa. Mientras que los triglicéridos son los lípidos más abundantes de las semillas los galactolípidos predominan en las hojas de las plantas. Por lo tanto, representan la mayor fuente de lípidos para los animales que consumen sólo forraje (Maynard, 1981).

2.6 Prostaglandinas

Las prostaglandinas son una gran familia de compuestos que contienen 20 átomos de carbono y una estructura cíclica entre los carbonos 8 y 12. Son sintetizadas casi por todos los tejidos de los mamíferos a partir del ácido araquidónico, que a su vez es sintetizado del ácido linoleico. Su síntesis depende de una hipófisis intacta y funcional, ya que cuando ésta es extirpada, se presenta una deficiencia de ácidos grasos esenciales, la que puede ser curada por la administración de prostaglandinas, pero no por el ácido araquidónico. Las prostaglandinas normales forman la acción de varias hormonas en la síntesis del

adenosín monosfosfato cíclico (AMP). Estas se encuentran relacionadas con una gran variedad de actividades que incluyen la lipólisis del tejido adiposo y muchas reacciones que son claves en los procesos reproductivos (Mertz, 1977).

2.7 Esteroides

Los esteroides son un grupo de compuestos de plantas y animales que derivan de la estructura cíclica básica que se muestra más abajo. Estos incluyen los esteroides, colesterol y ergosterol, ácidos biliares y hormonas adrenales y sexuales. La modificación de la cadena lateral en el átomo de carbono 17 y reorganización de los dobles enlaces en el núcleo, producen compuestos muy variados y de diversas actividades biológicas.

El colesterol es uno de los esteroides más importantes en los animales. Es insoluble en el agua y químicamente inerte, lo que es muy útil pues es un componente estructural de las células, en la sangre y en la grasa de la lana llamada lanolina. Se sintetiza a partir del acetato (C_2) en el hígado, por lo que no es esencial en la dieta. El nivel de colesterol se regula por un mecanismo de retroalimentación negativa, o sea que cuando aumenta su ingestión la síntesis tisular disminuye. Sirve como precursor de ciertos compuestos y es un componente esencial de las moléculas portadoras de lípidos de la sangre. El 7- de hidrocolesterol es el precursor de la vitamina D en los animales (Mertz, 1977).

El ergosterol es el esteroide vegetal de mayor importancia en la nutrición animal. Se encuentra presente en altas concentraciones en levaduras y mediante irradiaciones se convierte en Vitamina D. Todas las hojas de las plantas contienen ergosterol y así contribuyen con algo de vitamina D cuando son irradiadas después de la cosecha. Aparte de éstos, muy pocos esteroides vegetales son absorbidos por los animales (Bhagaven, 1978).

Los ácidos biliares son derivados polares del colesterol sintetizado en el hígado, que son almacenados momentaneamente en la vesícula biliar para ser secretados después de comer. En los animales que no tienen este órgano (por ejem., caballos y ratas), se secreta en forma continua. Son los principales componentes de la bilis y ayuda a emulsificar la grasa en el intestino delgado. El componente polar está unido al C₁₇ e incluye glicina (ácido glicocólico) o taurina (ácido taurocólico) (Mertz, 1977; Maynard, 1981).

Las hormonas esteroideas son sintetizadas a partir del colesterol principalmente en lugares de secreción, a saber: andrógenos, testículos; estrógenos, ovarios glucocorticoides y mineralocorticoides, corteza adrenal (Bhagavan, 1978).

2.8 Terpenos

Las extracciones de las muestras de alimentos también remueve los terpenos que pueden tener un significado nutricional o paranutricional. Son sustancias que al degradarse producen insopreno. Los terpenos que pueden tener un significado nutricional, no nutricional o paranutricional. Son sustancias que al degradarse producen insopreno. Las caroteinoides son precursores de la vitamina A; la xantofila no es un nutriente pero da el color amarillo de la piel de el pollo; la fracción fitol de la clorofila y los aceites esenciales no tienen valor nutritivo. Estos son solo una pequeña fracción del extracto etéreo de la mayoría de los alimentos y no proveen energía al animal (Maynard, 1981; Mertz, 1977).

2.9 Digestión y absorción de los lípidos en Animales no Rumiantes.

Después de la etapa de lactancia, los lípidos forman sólo una pequeña parte de la mayoría de la dieta de los

animales, excepto en el hombre y los carnívoros. Sin embargo, el metabolismo de los lípidos es de gran importancia en nutrición, debido a la valiosa función que desempeñan algunos lípidos específicos y por la síntesis tan extensa de grasa que se efectúan en el organismo durante la engorda y la secreción láctea. Los lípidos son constituyentes esenciales de todas las células del organismo. Aunque los depósitos grasos sirven fundamentalmente como fuente de energía la que se encuentra bajo la piel, sirve también como capa aislante que evita la pérdida de calor corporal, y la ubicada alrededor de las vísceras y otros órganos realiza una función de soporte (Scott, 1963).

El propósito primario de la digestión y absorción de los lípidos es el de prepararlos en tal forma que sean miscibles en agua, pues se considera que las velocidades de la mucosa del intestino delgado están cubiertas con una capa acuosa continua (Maynard, 1981).

De los lípidos ingeridos las grasas y el colesterol son esencialmente no polares y por ello tampoco miscibles en agua. Los fosfolípidos, por otro lado contienen un compuesto polar en el átomo 3 del carbono y son mucho más miscibles. De hecho, éstos ayudan a emulsionar los glóbulos de grasa (Mertz, 1977).

Por la influencia de la acción peristáltica del estómago y duodeno, la grasa se encuentra en este último como una emulsión burda. Hasta este punto, muy poca o ninguna hidrólisis se ha efectuado, si bien existe el caso del becerro que secreta una estereasa pregástrica en la base de la lengua que permite la hidrólisis parcial de la grasa de la leche.

En presencia de la bilis, la lipasa y la colipasa pancreáticas hidrolizan las gotas de triglicéridos en ácidos grasos y monoglicéridos, reduciendo los lípidos a una emulsión cada vez más fina. Los ácidos grasos son removidos preferentemente de las posiciones 1 y 3, dejando un 2-monoglicérido que, teniendo

un extremo polar (glicerol) y otro no polar (ácido graso), por sí mismo es un excelente agente emulsivo. La bilis, ácidos grasos libres y monoglicéridos forman una micela mixta que contiene un núcleo lipídico y un exterior polar. Mientras que las gotas de grasa probablemente excedan de 5 000 Å, la micela tiene un diámetro de 30 a 100 Å (Mertz, 1977; Scott, 1963; Maynard, 1981).

La micela se desplaza hacia el borde de las vellocidades intestinales, en donde es degradada. Todo es absorbido en la mucosa, excepto la bilis que permanece en el lumen intestinal y, eventualmente, desciende por el intestino para ser absorbida y recirculada a través del hígado. La mayoría de los triglicéridos son absorbidos antes de que la ingesta alcance la parte media del yeyuno. Dentro de la mucosa, los ácidos grasos y monoglicéridos son resintetizados en triglicéridos, combinados con colesterol y fosfolípidos, "Encapsulados" en una delgada capa de proteínas y secretadas al conducto central de los vellos intestinales, ya sea como quilomicrovorno o como lipoproteínas de muy baja densidad (LMBV). Los conductores centrales de las vellocidades drenan en los vasos linfáticos y entran en la circulación general por el conducto torácico que desemboca en la aurícula derecha. Los alimentos de alto contenido graso proporcionan al contenido linfático un aspecto lechoso debido a la turbiedad que producen los LMBV y los micrones (Mertz, 1977; Maynard, 1981).

La hidrólisis y resíntesis de los triglicéridos durante los procesos de digestión y absorción, producen moléculas de triglicéridos parecidas aunque no idénticas, en la linfa. Por ejemplo, 78% del glicerol proviene de la dieta y el restante 22% se sintetiza de novo alrededor del 88% de los ácidos grasos que se encontraban en los carbonos 1 y 3 del triglicérido y el 75% en la posición 2, estaban en la misma posición en la grasa de la vista. Las desviaciones mínimas se debieron a cambios por traslocación desde o hacia otras posiciones. Los ácidos grasos

son cadenas de longitud inferiores a C_{12} no aparecen en la linfa porque son absorbidos directamente a la circulación portohepática (Maynard, 1981).

Tanto los fosfolípidos como el colesterol son secretados en la bilis en cantidades sustanciales; por ejem., en el hombre, en cantidades equivalentes a cinco o seis huevos por día. Los fosfolípidos (en su mayoría lecitina) son hidrolizados preferentemente en la posición 2 por la fosfolipasa pancreática para producir la 1-isolecitina y un ácido graso libre. Ambos forman parte de las micelas, se absorben junto con ellas y en el enterocito (célula de la mucosa intestinal), son resintetizadas en fosfolípidos. Los fosfolípidos son utilizados para formar los quilomicrones o LMBV, y el exceso es incorporado a los triglicéridos. Alrededor de 70% de los fosfolípidos son sintetizados de novo (Mertz, 1977).

Los ésteres del colesterol son hidrolizados por una esterasa pancreática; el colesterol se disuelve en el núcleo lipídico de la micela y junto con ella es absorbido. Aparece en la linfa como parte de los quilomicrones o LMBV. Se ha demostrado que un alto nivel de grasa en la dieta aumenta la cantidad de colesterol absorbida. Hay poca diferencia si la grasa es saturada o insaturada, si bien una mayor proporción de triglicéridos absorbidos aparecen en el LMBV cuando la grasa es saturada. Las alteraciones en el tipo de lípidos de la dieta pueden cambiar en forma significativa la cantidad que es digerida y absorbida por los animales. En general, su digestión y absorción es mayor con: a) ácidos grasos de cadena corta, b) mayor cantidad de ácidos grasos insaturados y c) triglicéridos más que ácidos grasos libres. En el becerro, la digestión y absorción de la manteca es mayor que la del sebo, y esta a su vez menor que la de la grasa de cerdo lo que demuestra la validez de lo anteriormente afirmado. Este proceso se ha investigado muy bien en pollos. La razón de su mayor digestión y absorción se debe a su capacidad de participar en la formación de las

micelas (Mertz, 1977; Maynard, 1981).

2.10 Digestión y absorción de lípidos en los rumiantes.

La asimilación de la grasa de la leche por los animales prerumiantes es similar a la de los animales no rumiantes. La presencia de una esterase pregástrica (antes del estómago), proporciona al becerro y al cordero las condiciones necesarias para iniciar antes la hidrólisis de los lípidos. Los rumiantes adultos presentan una situación diferente. La dieta de los adultos está formada en mayor proporción por ácidos grasos insaturados que se encuentran en los galactolípidos del forraje y en los triglicéridos de los granos de corrales. Sin embargo, los lípidos del contenido ruminal son diferentes a los de los alimentos. La población microbiana del rúmen hidroliza rápidamente los triglicéridos y galactolípidos. Liberando ácidos grasos libres (AGL) lo que permite que el glicerol y la galactosa se fermenten a ácidos grasos volátiles (AGV). Debido a que el medio intraruminal tiene un alto poder reductor, los ácidos grasos insaturados rápidamente hidrogenados cambiando a la forma saturada, predominantemente al ácido esteárico. (Scott, 1963; Maynard, 1981).

Mientras que en los rumiantes la mayoría de los lípidos llegan al duodeno en forma de emulsión burda de triglicéridos, en los rumiantes están presentes en forma de capas delgadas de ácidos grasos libres en la superficie de las partículas de alimento. Además, el contenido del duodeno y parte superior del yeyuno es más ácido que en los no rumiantes transformándose en alcalino recién en la última cuarta parte del yeyuno. Estas condiciones indican que hay pocos triglicéridos disponibles para ser convertidos en monoglicéridos (potente agente emulsivo), y que la lipasa pancreática es menor activa en el duodeno y parte superior del yeyuno. A pesar de esto, existe una activa formación de micelas de ácidos grasos en la parte inicial del tracto

to, mediante la acción de las sales biliares (en especial de las grandes cantidades de taurocolato que es más activo en medio ácido), y fosfolípidos de la bilis e ingesta; en su mayoría lecitina. No obstante que la absorción de lípidos sucede en la parte proximal del yeyuno, el mayor porcentaje es absorbido en la parte baja, donde la fosfolipasa tiene oportunidad de hidrolizar la lecitina dando un ácido graso e isolecitina, que es altamente polar y facilita la formación de la micela (Maynard, 1981; Mertz, 1977; Bhagavan, 1978).

Debido a que en los rumiantes la digestión es continua, la linfa procedente del intestino es invariablemente lechosa. Las partículas están formadas por alrededor de 75% de la fracción LMBD y 25% de quilomicrones, que es inversa a la situación que se presenta en los no rumiantes: en éstos contienen alrededor de 70% de triglicéridos y 20% de fosfolípidos con cantidades limitadas de colesterol; la mayoría de los ácidos grasos insaturados son transportados en los fosfolípidos (Mertz, 1977; Scott, 1963).

Al igual que en los no rumiantes, la tasa de absorción de los ácidos grasos es menor para los ácidos saturados de cadenas largas que para los ácidos insaturados o de cadenas cortas (Maynard, 1981).

2.11 Transporte y Almacenamiento

Los lípidos, en forma quilomicrones y LMBD, son transportados por los capilares hacia el tejido adiposo. Bajo la influencia del complejo lipoproteína-lipasa, los triglicéridos son hidrolizados en las paredes de los capilares en diglicéridos y ácidos grasos libres que permanecen en la sangre mientras que el dilecérido es transportado a través de la pared del capilar para ser completamente hidrolizado. El glicerol liberado se incorpora nuevamente a la corriente sanguínea, y los ácidos

grasos libres se utilizan para resintetizar triglicéridos dentro de la célula del tejido adiposo con el glicerol sintetizado de novo, a partir de derivados del ciclo glicolítico. Los ácidos grasos libres, glicerol y ésteres del colesterol que son liberados al desintegrarse los quilomicrones y los lípidos de muy baja densidad, son transportados al hígado para su metabolismo. La insulina aumenta la actividad de la lipoproteína-lipasa, lo que concuerda con su función de fomentar el almacenamiento de energía [Maynard, 1981; Bhagavan, 1978].

2.12 Síntesis de Lípidos

La mayoría de los animales consumen más alimento del requerido para satisfacer sus necesidades calóricas, y por lo general, éstos son carbohidratos que preferentemente se canalizan hacia la síntesis de glucógeno hepático y muscular. Cuando la capacidad de almacenamiento en estos tejidos está saturado, se sintetiza grasa. Para los no rumiantes, el sustrato principal para la síntesis de grasa es la glucosa, la que entra al ciclo glicolítico y después se transforma en piruvato. Cuando hay exceso de comida, existe también abundancia de oxaloacetatos y entonces el piruvato es desviado hacia acetil C_2A , que se emplea para la síntesis de grasas, más que para energía. La acetil C_2A no atraviesa la pared mitocondrial, mientras que el citrato sí lo hace. De esta forma, la acetil C_2A se condensa con el oxaloacetato para formar el citrato, que entonces pasa hacia el citosol, donde el oxaloacetato es removido, dejando la acetil C_2A disponibles para la síntesis de ácidos grasos. El oxaloacetato es convertido en malato y piruvato, regresando al ciclo de ácidos tricarbóxicos [Bhagavan, 1978; Maynard, 1981; Scott, 1963; Mertz, 1977].

2.13 Almacenamiento de Grasa

De acuerdo con lo explicado, es evidente que el tejido adi

poso es una parte integral del almacenamiento energético ya que este provenga de los carbohidratos, lípidos o, como se verá más adelante, de los aminoácidos, en forma aproximada, 50% del tejido adiposo se encuentra bajo la piel en forma de grasa subcutánea. El resto se localiza redondeado ciertos órganos, principalmente los riñones, en las membranas que cubren los intestinos, en los músculos y en cualquier otra parte del cuerpo. El tejido adiposo no es inerte por completo, ya que cuenta con irrigación sanguínea y nerviosa que lo hacen extramadamente dinámico. Los últimos descubrimientos realizados por medio de isótopos, han demostrado que las grasas en el organismo están en estado de flujo. Constantemente los ácidos grasos son movilizados y transportados de este depósito y los ácidos grasos que se absorben se unen a los que se hallan en los depósitos. Algunos de estos ácidos grasos son convertidos constantemente en otros. Varios son degradados, mientras que otros se convierten con glicerol y son devueltos a los depósitos. Todas estas reacciones están balanceadas, en las mezclas de ácidos en los depósitos, sangre y órganos tienden a permanecer constantes, tanto cuantitativa como cuantitativamente en cadena especie. (Maynard, 1981; Mertz, 1977).

El tejido adiposo no está constituido solo por lípidos, sino que también contiene agua y nitrógeno, los investigadores han informado de extensas investigaciones acerca de los depósitos de grasa en diversas partes de los novillos. Las cifras muestran que los diferentes depósitos de grasa varían en su contenido de agua (4.5 a 14.4%), en contenido de nitrógeno (0.18 a 0.62%) así como en sus características, tal como se muestra por las constantes físicas. El nitrógeno en los depósitos grasos se presenta principalmente en el tejido conectivo (Maynard, 1981).

Debido a que el tejido adiposo siempre contiene algo de agua, es evidente que los depósitos de grasa implican también depósitos de agua. Con una ración rica en grasa se presenta algu

na rotación de agua en todos los tejidos, incluso en la sangre. Los depósitos de grasa son considerados como emulsiones "Agua en Aceite", en los cuales la albumina, lecitina o jabones actúan como agentes emulsivos. Cuando los depósitos grasos se requieren para proporcionar energía, puede haber retención de agua en lugar de grasa (Mertz, 1977).

2.14 Catabolismo de las Grasas y Acidos Grasos.

El resultado final del catabolismo de grasa y ácidos grasos es la producción de ATP, CO_2 y H_2O , con liberación de calor excedente. La degradación inicial de la grasa conduce a la formación de glicerol y acetil CoA. En el caso especial de los ruminantes, el acetato, butirato y cuerpos cetónicos absorbidos, también están disponibles para su catabolismo inmediato (Mertz, 1977; Maynard, 1981).

La oxidación del glicerol se muestra a continuación, en este proceso, dos moles de glicerol se transforman en un mol de glucosa, el que, al ser totalmente catabolizado a CO_2 y agua, tiene una producción neta de 38 ATP o 19 por mol.

	ATP
2 glicerol (3) + 2L-glicerol P(3)	-2
2L-glicerol P(3) + 2 dihidroxia Acetona P(3)	+4
2 dihidroxiacetona P(3) + 1 glucosa (6)	espontáneos
1 glucosa + 6 CO_2 + 6 H_2O	+36
Neto	38 [19/mol]

La oxidación de acetatos se produce mediante el ciclo de los ATC y rinde 10 ATP por mol. La oxidación de los butiratos se da por medio de CoA y la anotación para la producción de ATP es:

	ATP
Butirato \rightarrow hidroxibutirato	0
hidroxibutirato \rightarrow 2 acetil CoA	+ 1
2 acetil CoA \rightarrow 4CO ₂ + 4H ₂ O	<u>+24</u>
Total	+25/mol

Oxidación de la Grasa. A excepción de un corto período posterior a la ingesta, la utilización de la grasa se produce después que las reservas adiposas existentes se han movlizado. La liberación de triglicéridos del tejido adiposo está bajo control hormonal que activa la adenilato ciclasa, a la que a su vez produce la síntesis del AMP cíclico. Sigue la hidrólisis de los triglicéridos a glicerol y ácidos grasos, las cuales ingresan a la circulación (Mertz, 1977).

La oxidación de los ácidos grasos de cadenas largas se lleva a cabo en la mitocondria. Sin embargo, ellos por sí solos no pueden penetrar a la mitocondria. Necesitan un mecanismo de transporte especial para atravesar la pared, provisto por la carnitina. Por ejemplo, el ácido palmítico (C₁₆) primero es activado a acil CoA en la forma que se describe a continuación:



La carnitina reemplaza al acetil CoA para formar la acil-carnitina que junto con el acetil CoA se difunde dentro de la mitocondria. El acetil CoA se resintetiza y la carnitina regresa hacia el citosol para difusión. La forma activada del ácido palmítico se oxida mediante la remoción del acetil CoA, generando 5 ATP y la acetil CoA que pasa al ciclo de los ATC. El C₁₄ activado remanente, es nuevamente oxidado para generar otro acetil CoA. El proceso continúa hasta que los 8 acetatos son removidos. Este fenómeno se conoce como oxidación ya que cada rompimiento en el ácido graso sucede en el carbono. A continuación se muestra el balanceo de la producción de ATP:

		ATP
Palmitico [16]	Palmitoil- CoA [16]	-2
Palmitoil CoA [16]	8 Acetil-CoA (7separaciones X 5)	+35
8 Acetil CoA	16 H ₂ O + 16CO ₂ (8 x 12)	<u>+96</u>
Total		+129

Aparentemente todos los ácidos grasos de cadena larga se degradan por oxidación (Maynard, 1981; Mertz, 1977; Scott, 1963).

2.15 Ácidos Grasos Esenciales (AGE)

A pesar del hecho de que ciertos lípidos son componentes esenciales de los tejidos animales el conocimiento de que los carbonhidratos pueden fácilmente convertirse en grasas y que los componentes lípidos esenciales, como los fosfolípidos y el colesterol, se sintetizan en forma natural en el organismo, llevó a pensar que los lípidos como tales no se requieren en la dieta. Este punto de vista cambió hace unos 40 años. Se encontró que, con una dieta exenta casi por completo de grasa las ratas presentaban una piel escamosa y necrosis de la cola acompañada por un crecimiento anormal y eventualmente por la muerte. También se observaron efectos dañinos sobre la reproducción y la lactancia. La adición de pequeñas cantidades de ácido linoleico puro fue efectivo en forma sorprendente para prevenir o curar estas anomalías pero los ácidos saturados no fueron efectivos. Posteriormente se descubrió los ácidos araquidónico y linolénico eran parcialmente efectivos para corregir estos problemas. Estos dos, junto con el linoleico, son conocidos como ácidos grasos esenciales. Los síntomas de deficiencia se han observado en ratones, perros, cerdos, pollos, caballos, peces y niños pequeños. También se ha hecho evidente que tanto los becerros como los corderos y los chivitos necesitan de estos ácidos en sus raciones (Gordon, 1980; Hernández, 1980).

En general, siempre se habla de tres ácidos grasos esenciales (AGE): linoleico (C18:2w6), linolénico (C18:2w3), y araquidónico (C20:4w6). Ninguno de éstos pueden ser sintetizados por los tejidos de los mamíferos, pero los ácidos linoleico y linolénico pueden servir como precursores de un elevado número de ácidos insaturados que se pueden agrupar en familias, como se indica a continuación:

serie del ácido linoleico

C18:2w6 → 18:3w6 → 29:3w6 → 20:4w6 → 22:4w6

serie de ácido linolénico

C18:3w3 → 18:4w3 → 20:4w3 → 20:5w3 → 22:5w3

Obsérvese que el ácido linoleico es un precursor del ácido araquidónico (subrayado) el que a su vez ha sido demostrado como el precursor de las prostaglandinas. En la mayoría de las especies, el ácido linoleico es el AGE más efectivo, pero de hecho el araquidónico es el AGE que define el nivel tisular, los peces de agua fría son la excepción pues requieren preferentemente el ácido linolénico y sus tejidos contienen niveles elevados de los compuestos 4 y 5w3 que se muestra arriba (Maynard, 1981).

La función bioquímica de los AGE no es conocida, a excepción de su relación con las prostaglandinas. Sin embargo, se los encuentra ampliamente distribuidos en fosfolípidos y ésteres de colesterol, los que a su vez constituyen una parte significativa de todas las membranas celulares y sistemas de transporte lipídicos. Es claro que son necesarios (Mertz, 1977; Maynard, 1981).

Con una dieta deficiente de AGE, los tejidos intentan producir ácidos insaturados a partir del ácido oleico (C18:1) que producen la familia que abajo se describe. El resultado es: serie del ácido oleico

18:1w9 → 18:2w9 → 20:2w9 → 20:3w9 → 22:3w9

la acumulación del ácido trienoico subrayado arriba (ácido eicosatrienoico) (Maynard 1981).

Los AGE se encuentran distribuidos entre las grasas alimenticias. Por ejemplo; los aceites de maíz, soya, algodón, cacahuate y algunos otros, son fuentes excelentes de estos elementos (ver tabla #1 en el anexo). Si los animales de granja tienen realmente necesidades dietéticas de AGE, es probable que éstas se hayan cubiertas en forma adecuada por las raciones comúnmente suministradas, pero las discusiones previas han indicado que hay interrogantes que requieren más estudios (Mertz 1977, Maynard 1981).

Existen desventajas nutricionales derivadas de la ingesta excesiva de AGE. Estos ácidos son fácilmente oxidados e incrementan los requerimientos de vitamina E, la que parece servir principalmente como un antioxidante en el organismo. Muchos experimentos han demostrado que los niveles de esta vitamina que fueron suficientes para prevenir síntomas de deficiencia de vitamina E, tales como la distrofia muscular y encefalomalacia, resultaron inadecuados conforme fue incrementada la ingesta de AGE (Maynard, 1981; Scott, 1963; Hernández, 1980).

2.16 Valor nutritivo de las grasas

Por lo que se sabe hasta la actualidad, los lípidos no se requieren en forma específica en la dieta, excepto como fuente de AGE y colina. Sin embargo, tiene otras cualidades dietéticas importantes. Siervan como portadores de ciertos nutrientes no grasos, especialmente las vitaminas liposolubles A, D, E y K. Existen otras razones por las que la grasa es constituyente útil de la dieta: promueve la absorción tanto de vitamina A como de caroteno, en particular el último. En la formulación práctica de alimentos, la grasa se agrega para reducir el polvo y así mejorar el sabor y el consumo del alimento (Cuca, 1981; Hernández, 1980).

Por mucho, la razón más importante de incluir grasa se debe a que es una fuente concentrada de energía ya que contiene 2.25 veces más energía que los carbohidratos. De esta manera, mientras mayor sea el contenido de grasa en la dieta mayor será el valor energético por kilo. Esto parece tener sentido comercial si el costo por unidad de energía es competitivo. Sin embargo, la adición de grasa debe hacerse con el claro reconocimiento de las implicaciones que representa, a saber, aceptación y el consumo alimentario, disponibilidad de grasa, concentración de otros nutrientes en la dieta y efectos sobre la utilización del alimento (Cuca, 1981; Maynard, 1981).

La adición de grasa tiene aplicaciones sobre otros nutrientes. Los ácidos grasos pueden combinarse con Ca^{++} y Mg^{++} para formar jabones insolubles que salen con las heces, perdiéndose así minerales y energía. A menudo, los niveles de calcio se incrementan en las dietas de ganado de engorda cuando se agrega grasa (Hernández, 1980; Jeroch, 1978).

Ya que la adición de grasa aumenta el contenido energético de la dieta sin un incremento desmesurado de la materia seca, la relación de nutrientes a energía se reduce con cada adición de grasa. Por ejemplo, 5% de más de grasa en la dieta de aves, aumenta el valor de la energía metabolizable en 200 Kcal por kilogramo de dieta. Para poder mantener una relación constante de proteína/energía, el porcentaje de proteína de la dieta debe ser, por lo tanto, aumentado. En la práctica, las dietas para aves son formuladas a menudo dando mayor importancia a la relación nutriente/energía que a los porcentajes en la dieta (Jeroch, 1978).

2.17 Aceites Acidulados

Los aceites acidulados se elaboran a partir de gomas, aceites de segunda, de residuos y desperdicios de la fabricación de aceites comestibles, aceites con muchas impurezas como residuos

de tanques de almacenamiento etc. Estos productos que anteriormente eran desechados por no tener utilidad, hoy en día para obtener aceites acidulados, se lavan con salmuera y se dejan reposar 24 horas. El agua se precipita llevándose las basuras e impurezas consigo al fondo. El agua con estas basuras se tira, quedando así solo el aceite lavado. A este aceite lavado se le agrega una cantidad de ácido fosfórico ya determinada; determinada de acuerdo a las características y a la calidad que se requiera del aceite. El ácido fosfórico reacciona con los ácidos grasos, formando pequeños grumos que se separan del resto de la mezcla. Mientras, el agua resultante de la reacción se precipita junto con las impurezas y cuerpos extraños que pudiera traer el aceite, pudiendo ser eliminada por decantación, quedando solamente los aceites acidulados.*

Un buen aceite acidulado debe poseer las siguientes características: más de 80% de Ácidos Grasos Totales (AGT), menos del 1% de impurezas, y menos del 1% de humedad. Su pH debe estar entre 6 y 7; todo esto de acuerdo a la calidad que se desea para el aceite, pues un aceite al 100% de AGT proporciona 8950 kcal/kg.

La calidad de los aceites acidulados esta dada por la concentración y por la cantidad de ácido fosfórico.

Con esta técnica se pueden obtener aceites acidulados de hasta un 95% de AGT.

Un aceite acidulado de buena calidad puede ser almacenado en buenas condiciones un tiempo relativamente largo (aproximadamente 2 meses), pero deben ser usados en raciones con ingredientes frescos y deben elaborarse al día.*

* Consulta personal con la Q.F.B. Lilia Marín, Jefa del Depto. de Control de Calidad de Albamex, S.A. Suc. Guadalajara.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización del Experimento.

El presente trabajo se localizó en la ciudad de Guadalajara, en el estado de Jalisco, a 1590 mts. de altura sobre el nivel del mar; a 20° 28' latitud norte y 103° 15' de longitud oeste. Con un clima tropical seco; húmedo, con una temperatura media anual del 21 a 27°C y una precipitación media anual de 900 mm.

Durante la elaboración del presente trabajo, que fue del 1ro. de febrero al 28 de marzo, la temperatura mínima fue de 2°C y la mayor de 26°C y no se registró precipitación alguna.

3.2 Materiales.

Los pollos fueron confinados en jaulas conejeras para un mejor control de pesos y consumo. Las jaulas medían de base -- 100 X 80 cm. y 40 cm. de altura, con una superficie de .8m² pa ra cada 10 aves. El piso de estas jaulas era más cerrado que el techo y las paredes, con puerta al frente y arriba para facilitar el manejo y la limpieza, todas las jaulas eran soportadas por marcos de madera como aislante, cada jaula tenía un bebedero con capacidad de 2 litros y un comedero lineal de 50 cm ajustable a diferentes alturas y con capacidad de hasta 1.5 Kg. de alimento. También se uso un calentador de petróleo en sustitución de criadora por más conveniente y práctico dadas las -- condiciones.

3.3 Dietas.

Se probaron dos raciones elaboradas por el investigador,

una ración de iniciación y otra de finalización, la primera se daría en las primeras cuatro semanas y la segunda de la semana 5 a la 8.

En ambas se usó sorgo como ingrediente energético principal por considerarlo la fuente más común y barata en la región. Es un ingrediente que las aves consumen más fácilmente y debido también a su alta digestibilidad.

Como fuente proteínica se emplearon: Pasta de soya, harina de pescado y harinolina por considerar que son las de uso más frecuente en esta parte del país. La pasta de soya se empleó a discreción en la fórmula, no así la harina de pescado, que sólo se empleó un 2.5%, y de la harinolina, de la cual sólo se usó el 4%, para evitar los problemas que nos pudiera causar el pigmento gosispol en raciones ricas en harinolina.

Como complemento energético se emplearon aceites acidulados mismo que son el objeto de nuestra investigación en sustitución de grasa o sebos. Las raciones se complementaron con Lisina y Metionina, así como Roca fosfórica, sal y una premezcla Vitamínica. Las raciones quedaron como sigue:

CUADRO #3 RACIONES PARA POLLO EN INICIACION Y FINALIZACION.

Ingredientes	Iniciación	Finalización
Sorgo	602	703
Pasta de soya 47%	270	180
Harina de pescado 65%	25	25
Harinolina 43%	40	40
Roca Fosfórica	38	38
Sal	3	3
Aceite Acidulado	15	4
Premezcla vitamínica	5	5
Metionina	1.3	1.0
Lisina	0.7	1.0
Total	1000.0	1000.0

Cuadro #4. Necesidades de energía y proteína del pollo de engorda y cálculo de los requerimientos cubiertos por las dietas con aceites acidulados expresado en %.

	0 - 4 sem.		5 - 8 sem.	
	necesidades	dieta	necesidades	dieta
Ener. Met. (kcal/kg)	2900-3000	2984	3000	3004
Fibra	4	3.31	4	2.89
Proteína	20-23	21.45	18-20	18.13
Arginina	1.4	1.5	1.2	1.22
Glicina-Serina	1.15	1.16	1.0	.95
Glicina	-	.96	-	.79
Histidina	.46	.60	.4	.51
Isoleucina	.86	1.14	.75	.96
Leucina	1.6	2.10	1.40	1.90
Lisina	1.25	1.25	1.1	.92
Metionina-Cistina	.86	.82	.75	.68
Metionina	.46	.41	.40	.38
Fenilalanina-Tirosina	1.40	1.84	1.14	1.55
Fenilalanina	.80	.99	.70	.85
Tirosina	.60	.85	.44	.70
Treonina	.8	.8	.7	.65
Valina	1.0	1.21	.85	1.02
Calcio	1.0	.95	.8	.93
Fósforo	.7	.74	.7	.71
Relación cal./prot.	132-143	139	152-165	165

3.4 Diseño experimental.

Se utilizaron dos tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar.

3.5 Ejecución y Desarrollo.

Al recibir a las aves se pesaron, dando un peso promedio de 48 grs. Se separaron en grupos de 10 aves procurando que el peso por lote fuera de 480 grs. Las jaulas 1, 2, 6, y 8 se les alimentó con la dieta con aceite acidulado; las jaulas 3, 4, 5, y 7 con el alimento comercial. La distribución de los lotes -- fué como sigue:

8	1	7	4
3	6	5	2

La temperatura con la que se les recibió fué de 30°C. Para la semana 2 se redujo la temperatura a 26°C en todos los lotes. Se ajustó los comederos a la altura del pecho de las aves para evitar desperdicio de alimento. Se les proporcionó 16 horas de luz diaria a partir de las tres de la mañana. Se les vacunó contra Newcastle el día 12 de edad en forma intraocular, misma que se repitió el día 24 de edad. En la semana 3 se bajó la temperatura a 21°C, temperatura que se mantuvo durante el resto del experimento. Se ajustaron los comederos a la altura indicada, actividad que se realizó con regularidad hasta la última semana.

El día 29, es decir, al comenzar la semana número 5, se cambió del alimento inicial al finalizador en los dos tratamientos, con el cual se siguió hasta el último día.

Se presentaron dos casos de pierna torcida en la semana 7, una en el testigo y otra en la ración del aceite. Esta es una deformidad esquelética desarrollada en aves jóvenes, principalmente de engorda. También cuando los pollitos son criados con raciones deficientes de manganeso se desarrolla una malformación de la articulación tibiometarsiana conocida como perosis. Si embargo la deficiencia de magnesio también causa retardo en el crecimiento, no siendo este el caso pues eran animales de -

gran peso. Estas aves no fueron decomisadas ni eliminadas del experimento pues su lesión no les impedía comer y beber normalmente.

Se medicó el agua de los 8 lotes para prevenir problemas respiratorios con Valsyn, 1 gr. por litro. No hubo problemas de coccidiosis, ni de otro tipo. La mortandad fué de 0% en -- ambos tratamientos.

Las aves se pesaban cada semana. El alimento se proporcionaba diariamente previamente pesado.

IV. RESULTADOS

Hipótesis

$$H_0 \mu_1 = \mu_2$$

Concentración de datos de campo.

Para fin de analizar, sólo se tomaron en cuenta los datos colectados al finalizar la octava semana (para datos complementarios ver anexo).

Los resultados fueron los siguientes:

Lote	Peso en pie	Consumo	Conversión
1°	1.971	4.450	2.26
2°	2.025	4.318	2.13
3*	2.077	4.293	2.07
4*	2.068	4.625	2.23
5*	1.887	4.121	2.18
6°	1.850	4.122	2.23
7*	2.052	4.275	2.08
8°	1.965	4.151	2.10

° Lotes con aceites acidulados en la dieta.

* Lotes alimentados con producto comercial.

De los datos anteriores se obtienen los siguientes promedios para cada tratamiento.

Variables	Tratamiento #1	Tratamiento #2
Peso Inicial	.048 kg.	.048 kg.
Peso final	1.952 "	2.021 "

Ganancia de peso	1.904 kg.	1.973 kg.
Consumo total	4.2552	4.3285
Conversión	2.23	2.19

Trat. #1: Dieta con aceites acidulados

Trat. #2: Alimentados con producto comercial.

En base a estos datos se elaboraron los cálculos. Cada variable se calculó por separado.

a) Cálculos para peso en piel.

La tabla de análisis queda así:

Fuentes de Varianza	G.L.	S.C.	Varianza	Fc
tratamiento	1	.0093845	.0093845	1.3862
error	6	.0406175	.0067696	
total	7	.050002	- -	

$$F_c = 1.3862 < F_{t, .05} = 5.99; < F_{t, .01} = 13.75$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} (100) = \frac{.0067696}{1.987} (100) = 4.1408$$

Los tratamientos no producen diferencias significativas.

b) Cálculo para el consumo.

La tabla de análisis queda así:

Fuentes de Varianza	G.L.	S.C.	Varianza	Fc
tratamiento	1	.010731	.010731	.30639
error	6	.21015	.03502	
total	7	.022088	- -	

$$F_c = .30639 < F_{t_{.05}} = 5.99 < F_{t_{.01}} = 13.75$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} (100) = \frac{.03502}{4.2918} (100) = 4.3602$$

Las diferencias en los consumos de alimento no son significativas.

c) Cálculos para conversión alimenticia.

La tabla de análisis queda así:

Fuentes de Varianza	G.L.	S.C.	Varianza	Fc
tratamiento	1	.0032	.0032	.5333
error	6	.036	.006	
total	7	.0392	- -	

$$F_c = .5333 < F_{t_{.05}} = 5.99 < F_{t_{.01}} = 13.75$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} (100) = \frac{.006}{2.16} (100) = 3.58$$

Las conversiones son iguales estadísticamente. Los tratamientos no tienen diferencias significativas.

RESULTADOS SEMANALES POR TRATAMIENTO

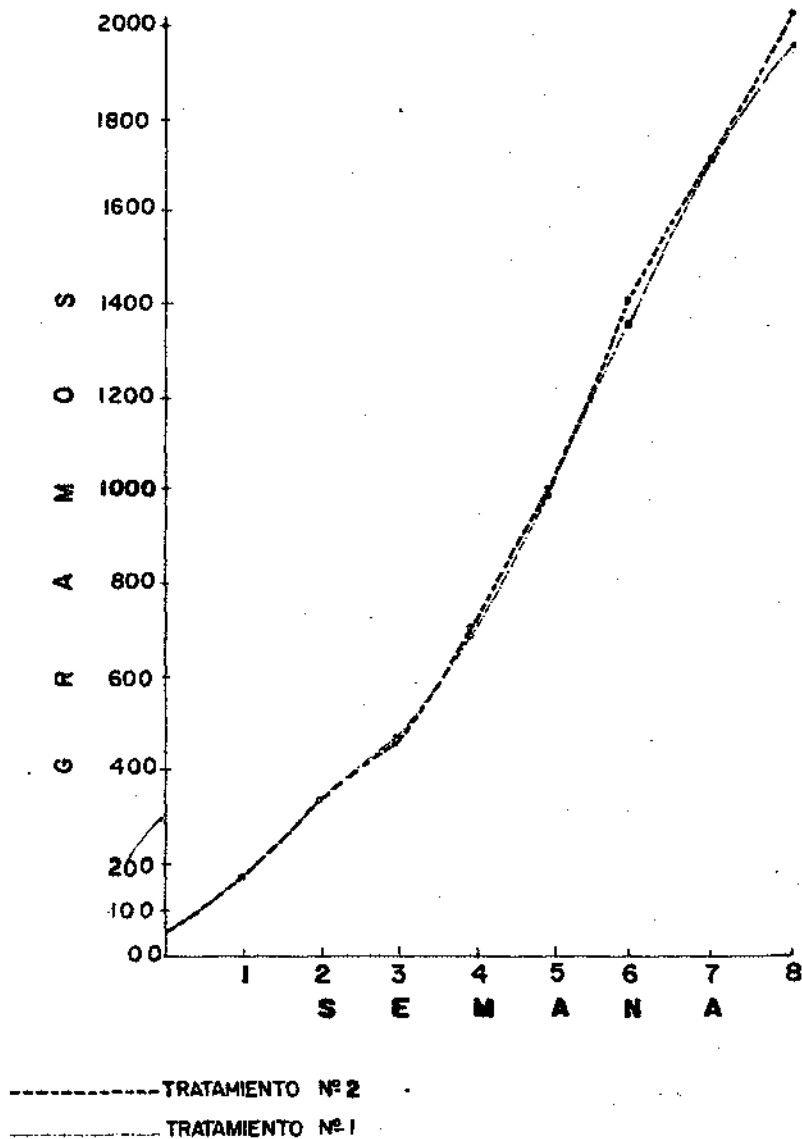
TRATAMIENTO #1 ALIMENTO CON ACEITES ACIDULADOS.

SEM.	PESO EN PIE	AUMENTO/SEM.	CONSUMO/SEM.	CONSUMO ACUM.	CONVERSION SEM.	CONVERSION
0	0.048	- -	- -	- -	--	--
1	0.165	0.117	0.120	0.120	1.02	1.02
2	0.318	0.153	0.184	0.304	1.20	1.12
3	0.462	0.144	0.315	0.619	2.18	1.49
4	0.685	0.222	0.521	1.140	2.34	1.75
5	0.982	0.298	0.674	1.814	2.26	1.94
6	1.354	0.372	0.800	2.614	2.15	2.00
7	1.712	0.358	0.913	3.527	2.55	2.11
8	1.953	0.241	0.727	4.254	3.01	2.23

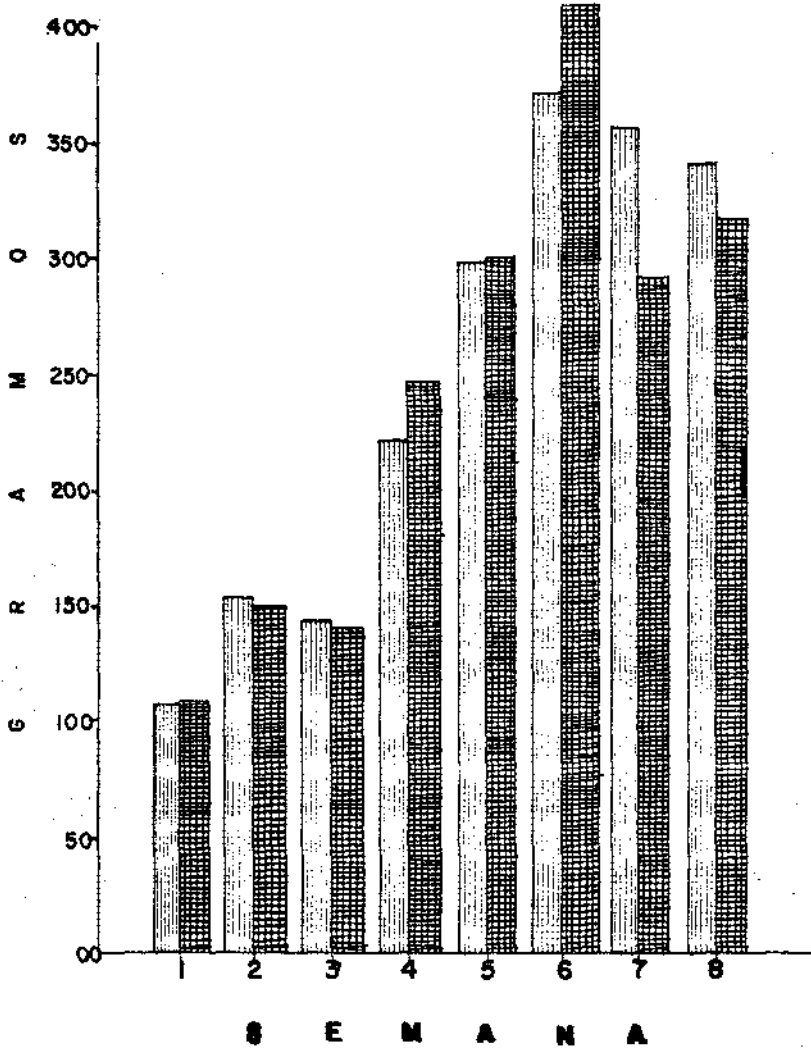
TRATAMIENTO #2 ALIMENTO COMERCIAL.



0	0.048	- -	- -	- -	--	--
1	0.166	0.118	0.120	0.120	1.01	1.01
2	0.316	0.150	0.164	0.284	1.09	1.05
3	0.456	0.140	0.289	0.573	2.06	1.40
4	0.704	0.248	0.532	1.105	2.14	1.66
5	1.004	0.300	0.655	1.760	2.18	1.84
6	1.413	0.409	0.823	2.583	2.01	1.89
7	1.704	0.291	.970	3.553	3.33	2.14
8	2.021	.317	0.770	4.323	2.42	2.19

GRAFICA #1 PESO EN PIE ACUMULADO

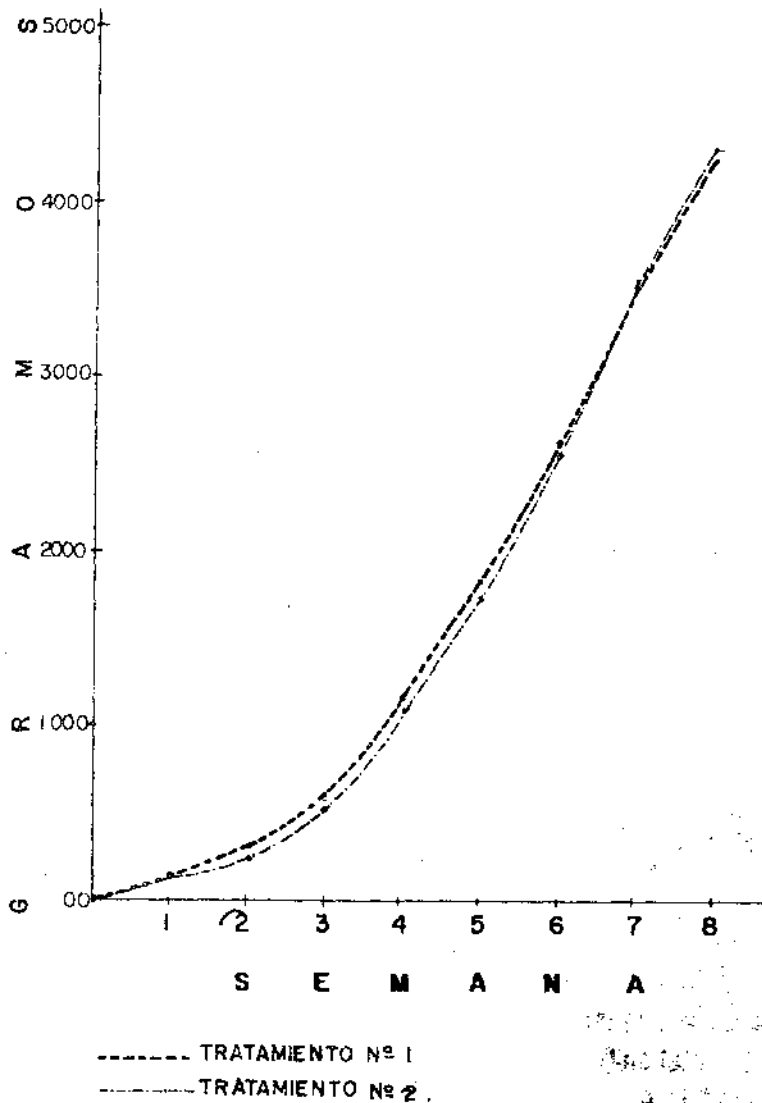


GRAFICA #2 AUMENTOS SEMANALES

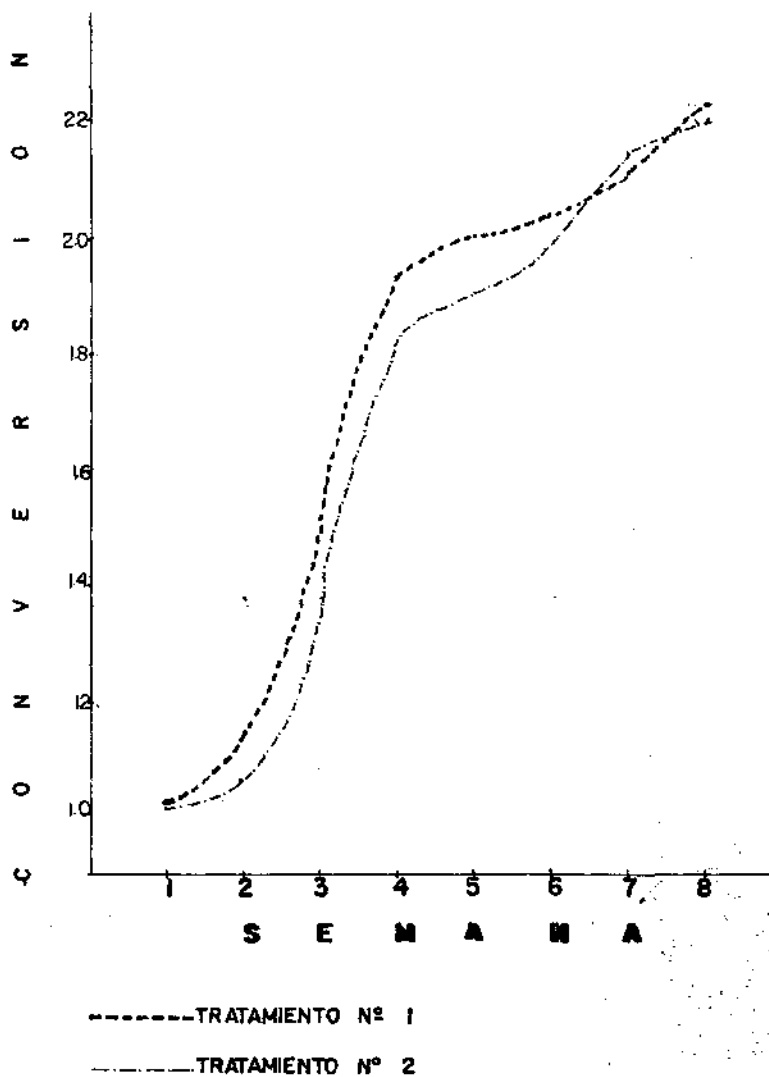


 TRATAMIENTO Nº 1
 TRATAMIENTO Nº 2

GRAFICA #3 CONSUMO ACUMULADO



GRAFICA #4 CONVERSION REAL SEMANAL



V. CONCLUSIONES.

Los resultados hasta la octava semana señalan una ligera superioridad en la fórmula comercial sobre la elaborada por el investigador, en la cual se usan aceites acidulados como fuente complementaria de energía. Sin embargo, las pruebas realizadas demuestran que las diferencias no son significativa es - to es, que aunque las hay, son tan pequeñas que no deben ser - tomadas en cuenta.

La fórmula comercial fue ligeramente superior en lo que - en peso en piel final se refiere. Con todo esto el análisis de varianza muestra que ambos tratamientos son iguales desde el - punto de vista estadístico; los mismos resultados se obtienen mediante la prueba de t y la de diferencia mínima significati - va.

La conversión alimenticia, otra de las variables a anali - zar, la fórmula comercial fue también ligeramente superior a la dieta con aceites, pero el análisis de varianza prueba que esta diferencia no es apreciable estadísticamente.

Tampoco hay diferencia en el consumo entre el tratamiento con el producto comercial y la dieta suplementada con aceites acidulados, aunque fue ligeramente mejor la ración elaborada - por el investigador.

Por lo antes expuesto se pueden sacar las siguientes con - clusiones: No hay diferencia, al menos significativa, entre el uso de aceites acidulados en las raciones para pollo de engor - da y cualquier otro producto energético.

Los aceites acidulados usados en niveles inferiores al 15% en las raciones para pollo de engorda no causa intoxicaciones, no tiene efecto reductor sobre las proteínas ni propicia enfer

medades paranutricionales.

El peso en pie, el consumo y la conversión alimenticia es similar en ambos tratamientos, se debe señalar que el costo de la dieta con aceites acidulados es mucho menor que el del producto comercial.

El investigador recomienda ampliamente el uso de aceites acidulados en las raciones como sustituto de grasa en pollos de engorda.

VI. RESUMEN

Las aves de engorda juegan un papel importante en la alimentación del pueblo, porque estas son el medio más barato y eficiente para convertir ingredientes a alimentos para el hombre. El huevo y la carne de pollo son alimentos de la mejor calidad, ricos en proteínas y sumamente nutritivos.

El objetivo de esta tesis tiene como finalidad probar que los aceites acidulados son un buen sustituto de grasa en la alimentación de pollos de engorda.

Las grasas pertenecen al grupo de sustancias insolubles - en agua comunmente llamados lípidos.

Se probaron dos raciones con aceites acidulados contra el testigo, un alimento comercial, una ración fue iniciación y la otra de finalización; la primera se dió en las 4 primeras semanas y la segunda de la quinta a la octava. Simultáneamente se les dió a los testigos las raciones comerciales respectivas.

La evaluación estadística demostró que no hay diferencia significativas entre una ración y su respectivo testigo. Se les aplicó el análisis de varianza.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Cuca G.M. Pr6 M.A, Avila G.E. 1981 La alimentaci6n de las aves, Chapingo, 2da. Ed. M6xico, pp 16 - 18
- Bhagavan N.V. 1978 Bioqu6mica, Ed. Interamericana, 1a. Ed. M6xico pp 547 - 627
- FAO 1980 La alimentaci6n de las aves en pa6ses tropicales y - subtropicales, FAO, Italia, pp 79 - 81.
- Gordon R. F. 1980 Enfermedades de las aves, Ed. Manual Moderno 2da. Ed. Espa6a, pp 181 - 193
- Hern6ndez B.J.M. 1980 Manual de nutrici6n y alimentaci6n del - ganado, Ministerio de Agricultura, 1ra. Ed. Espa6a pp 213 - 228
- Jeroch H, Flachowsky G. 1978 Nutrici6n de aves, Ed. Acribia, 1ra. Ed. Espa6a, pp 5 - 111
- Maynard L.A, Loosli J.K, Hintz H.F. y Warner R.G. 1981 Nutrici6n animal, McGraw-Hill, 1a. Ed. M6xico, PP 109-144
- Mertz E.T. 1977 Bioqu6mica, Publicaciones Culturales S.A. 1a. Ed. M6xico, pp 37 - 212
- N R C 1977 Nutrient requirements of poultry, National Research Council, U.S.A., pp 3 - 18
- Reyes C.P. 1981 Dise6o de experimentos aplicados, Ed. Trillas, 2da. Ed. M6xico, pp 93 - 116.
- Scott M.L. 1963 Nutrici6n aviar en la actualidad, Coloquios Roche, 1a. Ed. Espa6a, pp 87 - 145.

El modelo del análisis de varianza para una distribución completamente al azar.

Causas de la varianza	G.L.	S.C.	Varianza o cuadrado medio	F
tratamiento	$a - 1$	$n (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2$	$\frac{S.C.}{G.L.} = A$	$\frac{A}{B}$
error	$a(n - 1)$	Diferencia	$\frac{S.C.}{G.L.} = B$	
total	$an - 1$	$(x_{ij} - \bar{\bar{x}})^2$		

Fórmulas.

$$1. F.C. = \frac{\sum x_i^2}{an}$$

$$2. S.C. \text{ trat.} = \frac{\sum x_i^2}{n} - F.C.$$

$$3. S.C. \text{ total} = \sum x_{ij}^2 - F.C.$$

$$4. S.C. \text{ error} = S.C. \text{ total} - S.C. \text{ tratamiento}$$

$$5. C.V. = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} (100)$$

$$6. t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \sqrt{\frac{n(n-1)}{x_1^2 + x_2^2}}$$

$$7. DMS = t \text{ (GL del error)} * \sqrt{\frac{2S^2}{n}}$$

* t (GL del error) se obtiene de tablas

Tabla #1 Características físicas y químicas de varias grasas y aceites

	Maiz	Soya	Cártamo	Coco	Pradera de Mante- gramínea	quilla	Sebo	Grasa de cerdo	Huevo
Acidos saturados									
Butírico C4:0						3.2			
Caproico C6:0				0.2		1.8			
Caprílico C8:0				8.2		0.8			
Cáprico C10:0				7.4		1.4			
Laúrico C12:0				47.5		3.8			
Mirístico C14:0			0.2	18.0	1.0	8.3	3		0.3
Palmitico C16:0	7.0	8.5	12.3	8.0	16.0	27.0	27	32.2	22.1
Estearico C18:0	2.4	3.5	1.8	2.8	2.0	12.5	21	7.8	7.7
Total	9.4	12.0	14.3	92.8	21.1	58.8	51	40.0	30.1
Acidos Insaturados									
Palmitoleico C16:1					2.0				3.3
Oleico C18:1	45.6	17.0	11.2	5.6	3.0	35.0	40	48.0	36.6
Linoleico C18:2	45.0	54.4	74.3	1.6	13.0	3.0	2	11.0	11.1
Binolénico C18:3		7.1			61.0	0.8	0.5	0.6	0.3
Araquidónico C20:4									0.8
Total	90.6	79.5	85.5	7.2	79.0	38.8	42.5	59.6	52.1

Tabla #2 COMPARACION ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE CARNE

Procedencia	Agua	Proteína	Grasas	Ceniza
Conejo	68.44	20.27	3.77	1.49
Pollo	74.80	21.50	2.50	1.10
Pavo	64.00	22.80	11.00	1.50
Paloma	64.00	22.80	11.00	1.50
Vaca	62.20	19.30	18.30	.90
Ternera	70.90	20.00	8.00	1.00
Cerdo	60.30	17.70	19.60	1.00