

Adriana Alejandra Hernández Delgado

**“Efecto del nivel de grasa (aceite de maíz)
incorporado en la dieta de lechones sobre la
digestibilidad de nutrientes”**

Santiago de Querétaro, Qro. Septiembre de 2001

No Adq. H65871?
No. Título TS
Clas. 636.4
H5574

AGRADECIMIENTOS

En la vida he tenido muchos triunfos y fracasos, pero gracias a DIOS siempre han existido una gran cantidad de personas que me apoyan incondicionalmente. Este trabajo es un gran triunfo que quiero compartir con todos esos seres queridos que han iluminado mi camino.

En primer lugar a ti DIOS por darme la vida. A mis padres y a toda mi familia, por ser el pilar que me mantiene de pie y firme. A la Dra. Tercia y a todas las personas que compartieron conmigo sus conocimientos y su paciencia infinita. Y finalmente a dos personas que siempre están presentes en mi corazón y que me impulsan a seguir adelante: Rubén A. G. y Rogelito L. H.

INDICE GENERAL

	PAGINA
Indice general	i
Indice de cuadros	ii
Indice de figuras	iii
Indice de gráficas	iv
Resumen	v
I.- Introducción	1
II.- Antecedentes	2
Importancia fisiológica de las grasas	2
Clasificación de las grasas	2
Digestión y absorción de las grasas	6
Digestibilidad de las grasas	8
Proceso de extracción del aceite de maíz	10
III.- Objetivo	11
IV.- Hipótesis	12
V.- Material y métodos	13
VI.- Resultados y discusión	17
VII.- Conclusiones	28
VIII.- Bibliografía	29

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1.- Perfil de ácidos grasos de algunas grasas.	5
Cuadro 2.- Composición centesimal y estimada de las dietas experimentales.	13
Cuadro 3.- Coeficiente de digestibilidad total aparente (CDTa) de los nutrimentos de dietas con tres niveles de aceite de maíz.	18
Cuadro 4.- Peso de los órganos digestivos expresados en gramos.	24
Cuadro 5.- Peso de los órganos digestivos expresados en relación al peso vivo (PV).	24
Cuadro 6.- Peso de los órganos digestivos expresados en relación al peso metabólico (PM).	25
Cuadro 7.- Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz en la dieta sobre la concentración de lípidos sanguíneos.	27

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1.- Estructura general de las grasas.	2
Figura 2.- Estructura química de los triglicéridos.	3
Figura 3.- Estructura propuesta de la membrana plasmática.	4
Figura 4.- Esquema de la estructura tridimensional del colesterol.	4
Figura 5.- Desarrollo enzimático del cerdo, desde el nacimiento hasta las 8 semanas de edad.	6
Figura 6.- Digestión de las grasas en el lumen intestinal.	7
Figura 7.- Esquema experimental utilizado en la prueba de digestibilidad.	14

INDICE DE GRAFICAS

	PAGINA
Gráfica 1.- Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz en la dieta sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca (valores individuales).	19
Gráfica 2.- Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz en la dieta sobre la digestibilidad total aparente del extracto etéreo (valores individuales).	21
Gráfica 3.- Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz en la dieta sobre la digestibilidad ileal de la grasa (valores individuales).	22
Gráfica 4.- Relación del peso entre el intestino delgado y grueso.	26

RESUMEN

El momento del destete para los lechones es una condición de estrés ocasionada por un cambio de alimentación, que se refleja en bajos consumos de alimento sólido y por consiguiente una disminución de peso por la utilización de reservas corporales durante los primeros días posdestete. Por lo que en la actualidad se ha recomendado utilizar como fuente de energía para las dietas de iniciación a las grasas. Existen en el mercado diferentes tipos de grasas, siendo una de las más utilizadas el sebo de res; por otro lado, se encuentran las grasas de origen vegetal, que tienen la ventaja de ser digeridas y absorbidas más fácil y rápidamente. Hay muchos factores que afectan el nivel de digestibilidad de las grasas, siendo uno de ellos el nivel de las mismas en las dietas. Para estudiar si el nivel de inclusión de aceite de maíz altera la digestibilidad de los nutrimentos, el peso de los órganos del aparato digestivo y el nivel de lípidos sanguíneos, se elaboraron tres dietas experimentales a base de sorgo y pasta de soya, en las cuales se adicionó diferentes niveles de aceite de maíz: 4% (T1), 6% (T2) y 8% (T3). Se utilizaron doce lechones (hembras) Landrace-Duroc, destetados a los 21 ± 1.7 días de edad, con un peso promedio de 6.883 ± 0.661 Kg, provenientes de cuatro camadas diferentes, por lo que se obtuvieron cuatro animales por tratamiento. Los animales se alojaron en jaulas de digestibilidad individuales. Se realizaron dos periodos de colecta de heces para determinar los coeficientes de digestibilidad total aparente (CDTa) de la materia seca (MS), de la proteína cruda (PC), de la energía (E) y del extracto etéreo (EE), para cada período. Al final del período experimental, los animales fueron sacrificados y se extrajo una muestra de sangre de la vena yugular para la determinación de lípidos sanguíneos; posteriormente, los órganos del aparato digestivo fueron extraídos (hígado, intestinos, páncreas y vesícula biliar) y pesados. Para la determinación de la digestibilidad ileal del EE (CDIEE), se identificó el ileon y se colectó el contenido de la última porción. Los resultados del CDTaMS fueron: 70.9%, 66.4% y 73.3% durante el período 1, y 72.3%, 72.6% y 74.3% durante el período 2 para T1, T2 y T3, respectivamente; del CDTaPC: 56.7%, 50.2% y 61.5% en el período 1, y 60.3%, 61.3% y 60.1% durante el período 2 para T1, T2 y T3, respectivamente; del CDTaE: 70.9%, 67.6% y 73.3% en el período 1, y 70.2%, 72.4% y 72.2% en el período 2 para T1, T2 y T3, respectivamente; y del CDTaEE: 64.6%, 56.1% y 71.2% en el período 1, y 61.3%, 62.7% y 66.5% en el período 2 para T1, T2 y T3, respectivamente. En dichos resultados no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ni entre períodos, sin embargo, para el CDTaMS existió un efecto periodo ($p < 0.01$) y también la interacción tratamiento por periodo fue significativa ($p < 0.05$). En los resultados de los pesos de los órganos del aparato digestivo, no se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos; sin embargo, el intestino delgado siempre fue el órgano más pesado. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación muestran que el nivel de inclusión de aceite de maíz no afecta el peso de los órganos del aparato digestivo, ni la digestibilidad total de los nutrimentos y tampoco los niveles de los lípidos sanguíneos en los lechones destetados.

I.- INTRODUCCION

Debido a que el destete en los cerdos es una condición de estrés ocasionado por prácticas de manejo, y principalmente por el cambio de una dieta líquida a una sólida, hay repercusiones importantes sobre el consumo de alimento, reduciéndolo notablemente, lo que resulta frecuentemente en un déficit de energía con pérdida de grasa corporal, pues los lechones deben utilizar sus reservas corporales como fuente de energía (Fowler, 1980).

La leche materna que los lechones consumen durante la fase de lactancia es un alimento de gran calidad nutricional y altamente digestible; mientras que los ingredientes que se incluyen en las dietas para la etapa posterior al destete, en muchas ocasiones no son de buena calidad y son poco digestibles (Kelly et al., 1991); por lo que en los últimos años, las investigaciones y las prácticas de manejo han puesto gran énfasis en la alimentación de la fase de iniciación para disminuir las consecuencias negativas del destete.

Para compensar las pérdidas de reservas corporales y la demanda de energía, se ha propuesto adicionar a las dietas para lechones ingredientes ricos en ésta; por lo que en diversos estudios se ha utilizado la suplementación con grasas y subproductos lácteos para mejorar el aporte energético y la calidad de los alimentos iniciadores.

Las grasas tienen la ventaja de proporcionar 2.25 veces más energía digestible por gramo que los carbohidratos, por lo que son utilizadas como ingredientes energéticos. El tipo de grasa que se utilice influye en el grado de digestibilidad del alimento. Entre las grasas disponibles en el mercado se encuentran el sebo de res, que es una de las más utilizadas; sin embargo, existen otras alternativas como es el aceite de maíz, que según algunos autores es más digestible.

El presente estudio se encamina a evaluar las consecuencias del incremento de niveles de aceite de maíz en la dieta de iniciación en términos morfofisiológicos: digestibilidad total e ileal de los nutrientes; desarrollo de los órganos del aparato digestivo relacionados con la digestión de las grasas y la concentración de lípidos sanguíneos.

II.- ANTECEDENTES

II.I Importancia fisiológica de las grasas

Los lípidos, en especial los triglicéridos, son una fuente rica de energía, por lo que representan un ingrediente importante en la composición de las dietas para cerdos. Se encuentran como constituyentes de las membranas celulares, las cuales están formadas por una bicapa de lípidos y proteínas; por otro lado los fosfolípidos y el colesterol son componentes importantes de las membranas de las células eucariotas (Roskoski, 1997). Además existen lípidos que actúan como vitaminas (vitamina E) y otros forman parte de hormonas esteroideas y de las prostaglandinas; así mismo algunos intervienen en el transporte celular de moléculas (Van Holde, 1998).

II.II Clasificación de las grasas.

Los lípidos son compuestos que tienen la característica de ser insolubles en agua, pero si lo son en solventes no polares como el éter, el cloroformo y el benceno, encontrándose formados por la siguiente estructura: un extremo polar (hidrófilo) y otro no polar (hidrófobo) (figura 1) (Van Holde, 1998). Así en este grupo de sustancias se incluyen grasas, aceites, ceras y compuestos relacionados (Reis de Souza, 1997).

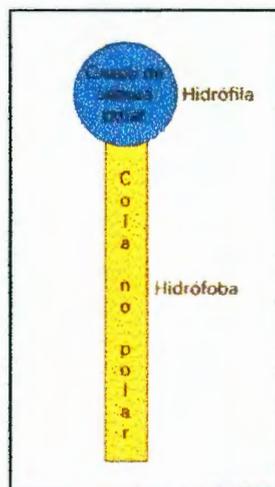


Figura 1. Estructura general de las grasas.

Los lípidos se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a su fuente de origen: vegetal (aceites) y animal (sebos y manteca). Las grasas de origen animal son sólidas a temperatura ambiente y menos digestibles; en cambio, las de origen vegetal son físicamente líquidas y más digestibles (Reis de Souza, 1997).

De acuerdo a su composición química los lípidos se agrupan en cuatro familias: triglicéridos, los fosfolípidos, colesterol y sus ésteres, y el fitosterol (Pérez et al., 1986).

Los triglicéridos son los lípidos más abundantes en las raciones. Se encuentran formados por una molécula de glicerol y tres ácidos grasos, estos últimos pueden tener diferente número de átomos de carbonos, que constituyen sus cadenas (Figura 2) (Reis de Souza, 1997). Los ácidos grasos que conforman los triglicéridos pueden ser saturados, insaturados o bien, combinados (Mckee, 1999).

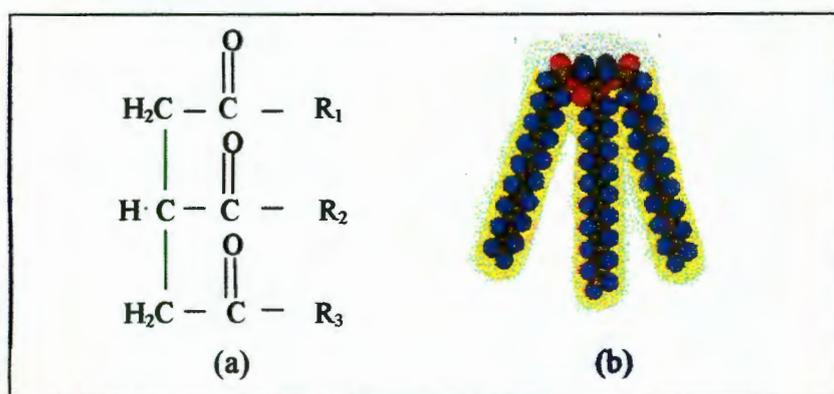


Figura 2. Estructura química de los triglicéridos. (a) Triglicérido
(b) estructura tridimensional de un triglicérido.

Los fosfolípidos se encuentran formando parte de las membranas celulares y de productos de la secreción hepática (bilis), siendo las lecitinas el fosfolípido más importante, encontrándose en grandes cantidades en los aceites vegetales (Reis de Souza, 1997). Dentro de este grupo de compuestos se incluyen los glicerofosfolípidos, esfingolípidos y glucoesfingolípidos (Van Holde, 1998). Los fosfolípidos contienen dos extremos con diferentes propiedades, un extremo que contiene el grupo fosfato y que tiene carácter

hidrofílico, el otro extremo se encuentra compuesto de dos colas de ácido graso y posee una acción hidrofóbica (figura 3) (Karp, 1996).

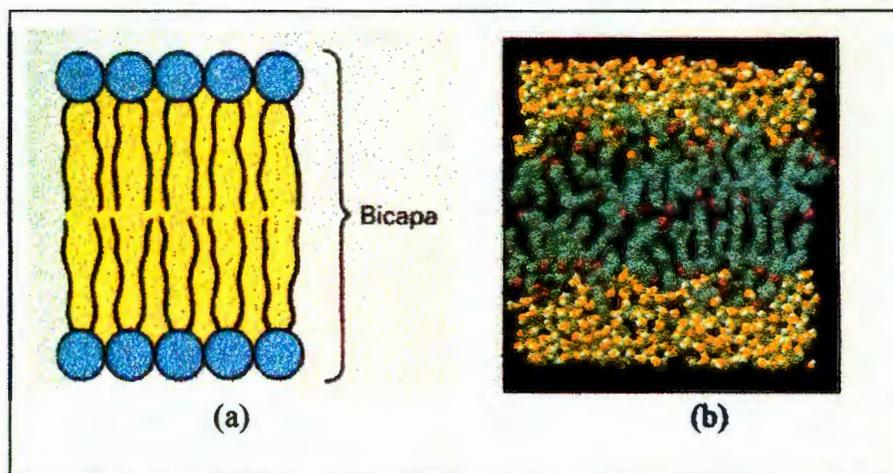


Figura 3. Estructura propuesta de la membrana plasmática. (a) Bicapa de fosfolípidos, (b) simulador tridimensional de capa de fosfolípidos

El colesterol se encuentra en abundancia en las grasas de origen animal, siendo también producto de la secreción biliar (Reis de Souza, 1997). El colesterol pertenece a un grupo de sustancias denominadas esteroides, entre las que se encuentran algunas hormonas, de las cuales es precursor (figura 4) (Van Holde, 1998).

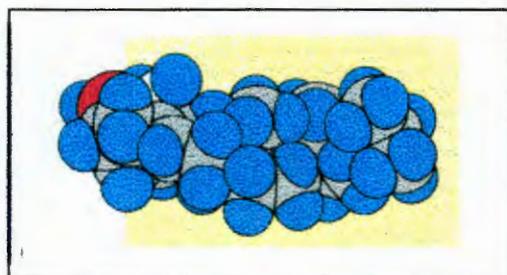


Figura 4. Esquema de la estructura tridimensional del colesterol.

Por último en el grupo del fitosterol, el β -sitosterol es el más abundante. Se ha demostrado que los fitosteroles antagonizan la absorción intestinal del colesterol proveniente de los alimentos (Mourot, 1989).

Todos los grupos de lípidos se encuentran formados por diferentes tipos de ácidos grasos. Estos son ácidos carboxílicos obtenidos principalmente por la hidrólisis de grasas y aceites naturales. Los que existen en las grasas naturales normalmente poseen un número par de átomos de carbono y son de cadena lineal. La cadena puede ser saturada (sin dobles ligaduras) o no saturada (con dobles ligaduras). Las fuentes de grasas tienen diferente proporción de ácidos grasos dentro de su composición, lo cual influye en el nivel de digestibilidad de las mismas (Mayes et al., 1988).

Por lo tanto, es de suma importancia conocer la proporción de ácidos grasos que tiene una fuente de alimento, pues algunos de ellos son esenciales, es decir, no los sintetiza el organismo; por lo que deben ser suministrados en la dieta. Uno de los ácidos grasos esenciales y más importante para los lechones es el linoleico (C 18:2), el cual se encuentra en gran proporción en el aceite de maíz (cuadro 1).

Cuadro 1. Perfil de ácidos grasos de algunas grasas.

Acidos grasos	Sebo de res (%) ¹	Accite de maíz (%) ¹	Accite de coco (%) ¹	Accite de soya (%) ²
C 8:0	-	-	5.68	-
C 10:0	0.02	-	4.66	-
C 12:0	0.12	0.02	35.75	-
C 14:0	2.55	0.19	14.38	0.06
C 16:0	22.79	11.99	10.24	7.86
C 16:1	4.64	1.28	1.28	0.06
C 18:0	13.16	2.13	2.89	3.57
C 18:1	37.97	24.61	9.35	19.09
C 18:2	17.25	58.53	14.93	58.7
Otros	1.50	1.25	0.85	8.5

¹Cera et al. (1989). ²Jones et al. (1992).

II.III Digestión y absorción de las grasas.

La secreción enzimática a nivel digestivo en relación al tipo y cantidad de enzima secretada por el cerdo joven depende de la edad, del peso y de la dieta que se esté suministrando al cerdo. En la figura 5, se puede observar la actividad de algunas enzimas, en relación con la edad del cerdo. Las proteasas son menos activas durante el período de lactancia y su actividad y secreción aumentan en el período posdestete. La amilasa pancreática tiene una baja actividad en la fase inicial de la vida del lechón y se eleva en el periodo posdestete cuando en la alimentación se incluye el sustrato (almidón) proveniente de los cereales.

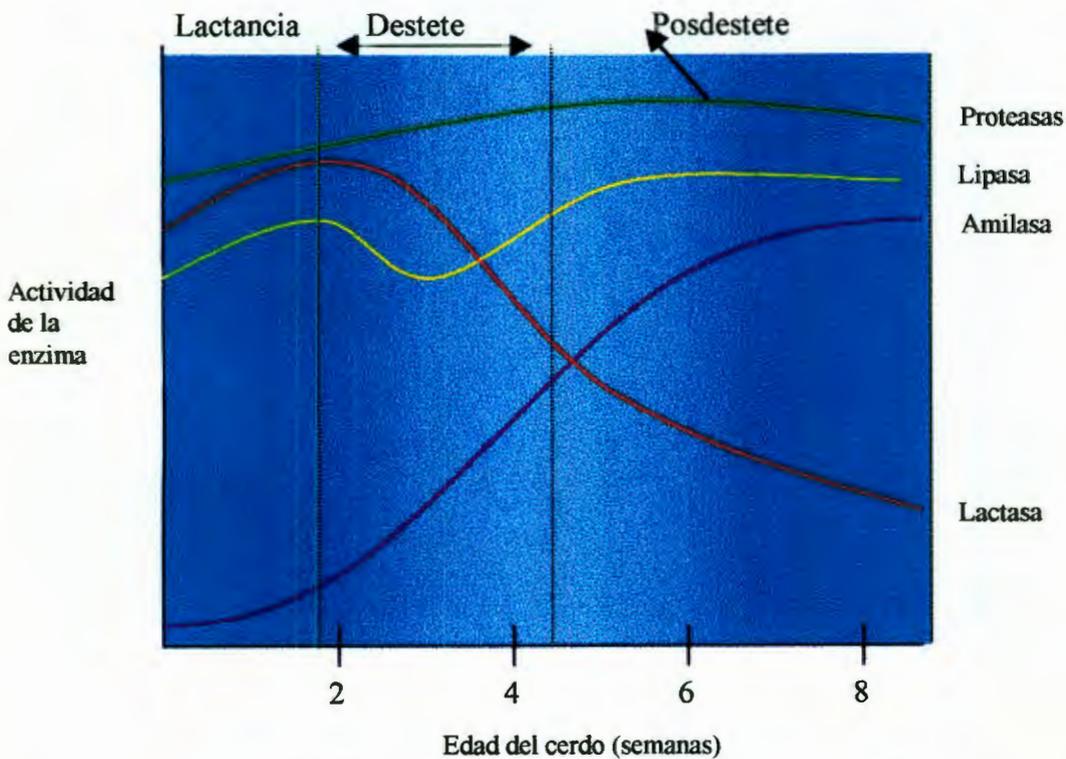


Figura 5. Desarrollo enzimático en el cerdo, desde el nacimiento hasta las 8 semanas de edad (Anónimo, 2000)

La actividad de la lipasa pancreática se incrementa después de la cuarta semana de edad. Dicha actividad es baja durante la fase de lactancia, incrementándose rápidamente en la fase posdestete, estabilizándose una semana después (Lindemann, 1986).

El proceso de digestión de las grasas se inicia en el estómago con la absorción de algunos ácidos grasos de cadena mediana; sin embargo, los ácidos grasos de cadena larga no sufren modificación alguna y forman una emulsión gruesa dispersándose en un medio acuoso. Por lo que, la digestión de las grasas y la absorción de sus productos, en el cerdo, dependen principalmente de las secreciones pancreáticas y biliares, lo cual se lleva a cabo en el duodeno (Lewis and Hill, 1983). La secreción proveniente del páncreas aporta la enzima lipasa y su cofactor (colipasa), las dos son necesarias para la hidrólisis; mientras que la secreción biliar, proporciona las sales biliares, los fosfolípidos y el colesterol, que favorecen las interfaces hidrosolubles y liposolubles (Reis de Souza, 1997) (figura 6). El éxito de estas reacciones depende del pH del medio, el cual debe ser neutro o ligeramente alcalino.

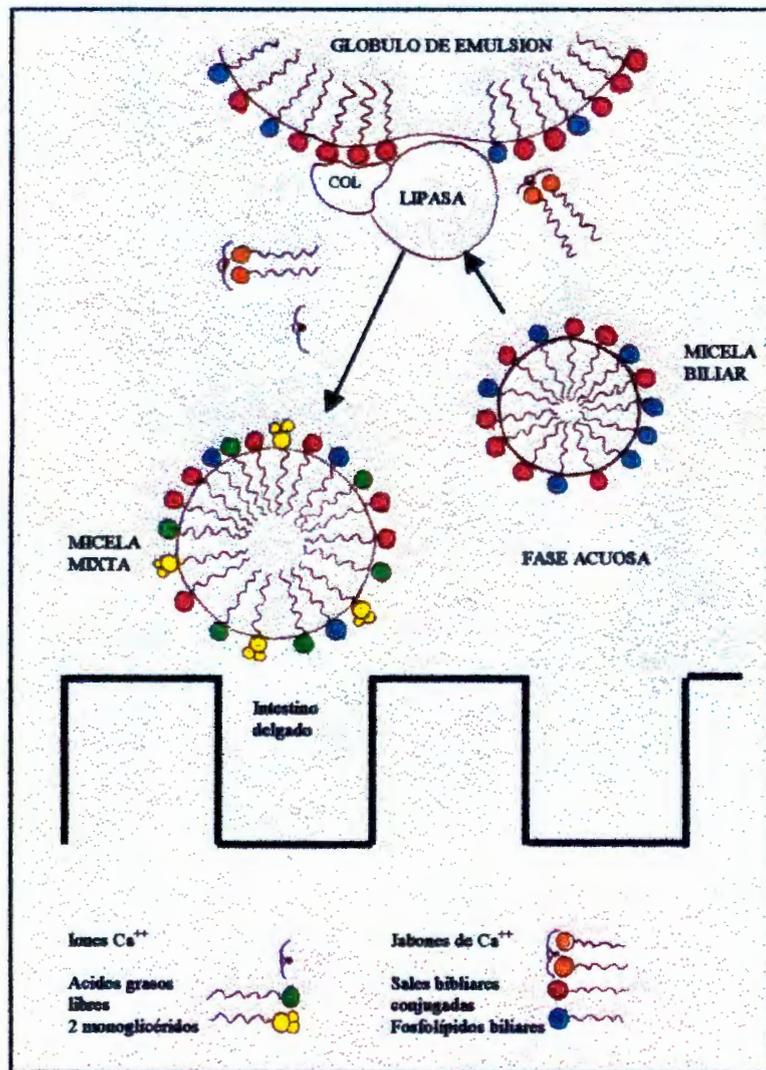


Figura 6. Digestión de los grasas en el lumen intestinal

Al actuar la lipasa pancreática la emulsión se afina, al aparecer las sales biliares, estas se adsorben a la superficie de los glóbulos lipídicos que contienen triglicéridos. Entonces se forma un complejo ternario: sales biliares-colipasa-lipasa y se une a la interfase grasa-agua y por último la enzima se activa. La formación de estos complejos es fundamental para la hidrólisis de los triglicéridos. De dicha hidrólisis resultan ácidos grasos libres, monoglicéridos y diglicéridos (Reis de Souza, 1997).

La absorción de los productos de la hidrólisis se lleva a cabo en el yeyuno e íleon por medio de las micelas. Se cree que los monoglicéridos pasan a través de las membranas del enterocito; los ácidos grasos saturados de cadena larga se absorben por vía linfática. Al parecer, los ácidos grasos de cadena mediana pueden ser absorbidos en ausencia de secreción pancreática (Carlier et al., 1991).

II.IV Digestibilidad de las grasas

Los lechones utilizan muy bien la grasa que proviene de la leche durante la fase de lactancia, siendo por lo tanto, su principal fuente de energía, gracias a procesos bioquímicos de oxidación. La leche de la cerda, contiene hasta un 40% de grasa de la materia seca de la misma (Partridge, 2000). Además se ha observado que los lechones al destete son fisiológicamente aptos para digerir grasas, por su elevada producción de lipasa pancreática (Cera et al. 1989); sin embargo, Partridge (2000), menciona que las fuentes de grasa que se utilicen en las dietas sólidas deben de ser altamente digestibles.

La digestibilidad varía de acuerdo a la fuente de grasa que se considere. Uno de los aspectos que caracteriza a las diferentes grasas es la longitud de cadena de carbonos. Algunas de ellas como el aceite de coco, por ejemplo, son ricos en ácidos grasos de cadena mediana (C:8 – C:12) y otros (sebo de res y aceites vegetales) tienen grandes proporciones de ácidos grasos de cadena larga (C:14 – C:18) (cuadro 1). Así, la digestibilidad se ve afectada por el número de carbonos que constituyan los ácidos grasos de los triglicéridos, siendo que ésta generalmente es mayor cuando la grasa posee una alta proporción de ácidos

grasos de cadena mediana, en comparación con los que tienen cadenas largas (Lewis y Hill, 1983; Cera et al, 1989).

Otro factor que caracteriza las fuentes de grasa e influye en la digestibilidad de las mismas es el grado de saturación de los ácidos grasos. La digestibilidad de la grasa dietaria se relaciona directamente con la facilidad en que se forman las micelas con las sales biliares; los ácidos grasos de cadena corta tienen una alta afinidad para la formación de micelas por lo que pueden ser absorbidos rápidamente (Partridge, 2000). Las dietas suplementadas con aceite de maíz tienen relativamente un bajo nivel de ácidos grasos saturados y una alta proporción de ácidos grasos insaturados, lo que lo hace más digestible en comparación con dietas adicionadas con sebo y manteca, en los cuales el nivel de ácidos grasos saturados es mayor. Cera et al. (1989) indican que la grasa fue altamente digerida en dietas suplementadas con aceite de maíz, cuando se comparó con sebo o manteca, en lechones con una semana postdestete. Por lo que se prefiere que las fuentes de grasa a utilizar contengan una elevada proporción de ácidos grasos de cadena corta y mediana y así mismo insaturados (Partridge, 2000). El aceite de maíz está compuesto por más de 80% de ácidos grasos insaturados y es rico en ácido linoleico (esencial), además de contener una significativa cantidad de vitamina E, lo cual ayuda a retardar la oxidación (cuadro 1).

Por otro lado, se han hecho estudios para conocer como el nivel de inclusión de una misma fuente de grasa en el alimento afecta la digestibilidad de los nutrientes de la dieta; Endres et al. (1988) reportan que la digestibilidad ileal del extracto etéreo fue significativamente mejorada con la adición de 8% de sebo en la dieta, en comparación a dietas sin grasa (0%), mientras que la digestibilidad de la energía y de la proteína fue similar para ambos tratamientos. Sin embargo, Reis de Souza et al. (2000), encontró que la inclusión de sebo de res en niveles de 4 y 8%, en dietas postdestete, ocasionó una disminución en la digestibilidad total de la materia seca y de la energía.

También el lugar de medición de la digestibilidad (ileal o fecal) puede afectar el valor obtenido en la estimación de la utilización digestiva de las grasas. Reis de Souza (1992), concluyó que la expresión de la digestibilidad fecal tiene un significado global

dentro de un balance nutritivo, por el contrario, la digestibilidad ileal es el mejor indicador del valor nutritivo de la fuentes de materia grasa. Así mismo, Bengala et al. (1991) concluyen que las medidas de digestibilidad ileal son más apropiadas para expresar la disponibilidad de los nutrientes de origen alimenticio en el aparato digestivo de los lechones recién destetados. En otro estudio, Reis de Souza et al. (2000) observaron que a nivel del tracto digestivo total, los lechones que consumieron aceite de coco en sus dietas, tuvieron mayor digestibilidad del extracto etéreo y de la energía, sin embargo, a nivel ileal la fuente de grasa no afectó la digestibilidad del extracto etéreo.

II.V Proceso de extracción del aceite de maíz.

Existen diferentes métodos de extracción del aceite de maíz, pero en todos ellos la semilla es aplastada y sometida a calor. La temperatura puede variar desde 48 °C a 148 °C. Sin embargo, la utilización de altas temperaturas destruye las proteínas y la vitamina E que se encuentra en los aceites. Las bajas temperaturas no dañan la composición del aceite, pero reducen el rendimiento. Los aceites también pueden ser extraídos por medio de solventes químicos (Anónimo, 2000).

III.-OBJETIVO

Los objetivos de este trabajo fueron:

III.I.- Evaluar cómo el nivel de grasa (4, 6 y 8%) incluido en la dieta postdestete para lechones influye en la digestibilidad aparente total e ileal de la materia seca (MS), de la proteína cruda (PC), del extracto etéreo (EE) y de la energía.

III.II.- Determinar si el nivel de grasa modifica el peso de los órganos del aparato digestivo relacionados con la digestión y el metabolismo de los lípidos (páncreas, hígado, intestino delgado y grueso y vesícula biliar).

III.III.- Verificar la influencia del nivel de grasa en la dieta sobre los lípidos sanguíneos (colesterol y triglicéridos).

IV.- HIPÓTESIS

El incremento del nivel de grasa en la dieta posdestete para lechones no altera la digestibilidad de los nutrientes, el desarrollo de los órganos relacionados con la digestión de las grasas y los lípidos sanguíneos.

V.- MATERIAL Y METODOS

V.I Material.

Se utilizaron doce lechones hembras, Landrace x Duroc, destetados en promedio a los 21 días de edad, con un peso al destete de 6.883 ± 0.661 Kg, provenientes de cuatro camadas diferentes. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro bloques (de acuerdo con el peso inicial y la camada de origen), siendo un lechón por bloque, por tratamiento. Inmediatamente después del destete los lechones se alojaron en jaulas de digestibilidad individuales, elevadas, con piso de rejilla con una superficie de 0.68 m^2 , bebedero de chupón, comederos individuales y charolas para recolección de heces.

Los tratamientos fueron constituidos por tres dietas (cuadro 2), en las cuales se incluyeron tres de diferentes niveles de aceite de maíz: para el tratamiento 1 (T1) 4%; T2, 6% y T3, 8%. Las dietas fueron formuladas según las recomendaciones del NRC (1988) y fue adicionado 0.2% de óxido de cromo como marcador de la digestibilidad.

Cuadro 2: Composición centesimal y estimada de las dietas experimentales.

INGREDIENTE	TRATAMIENTO		
	ACEITE DE MAIZ		
COMPOSICION CENTESIMAL	4% (T1)	6% (T2)	8% (T3)
Sorgo	61.65	61.65	61.69
Pasta de soya	12.00	12.00	12.00
Soya	6.88	6.88	6.52
Plasma	5.00	5.00	5.00
Almidón de maíz	4.00	2.00	-
Aceite vegetal	4.00	6.00	8.00
Hidrolizado de pescado	2.00	2.00	2.16
Ortofosfato	1.84	1.84	1.84
Carbonato de calcio	0.71	0.71	0.71
Minerales UC 35	0.40	0.40	0.40
Oxido de zinc	0.40	0.40	0.40
Antibiótico	0.30	0.30	0.30
Metionina	0.20	0.22	0.25
Sal	0.20	0.20	0.20
Vitaminas UC-10	0.20	0.20	0.20
Oxido de cromo	0.20	0.20	0.20
Lisina HCl	0.0026	0.0053	0.10
ANALISIS ESTIMADO			
Proteína cruda (%)	20.00	20.00	20.00
Energía metabolizable (Mcal/Kg)	3.38	3.48	3.58
Lisina digestible (%)	1.34	1.35	1.41

V.II Métodos.

El presente estudio fue realizado según el esquema experimental que se muestra en la figura 7.

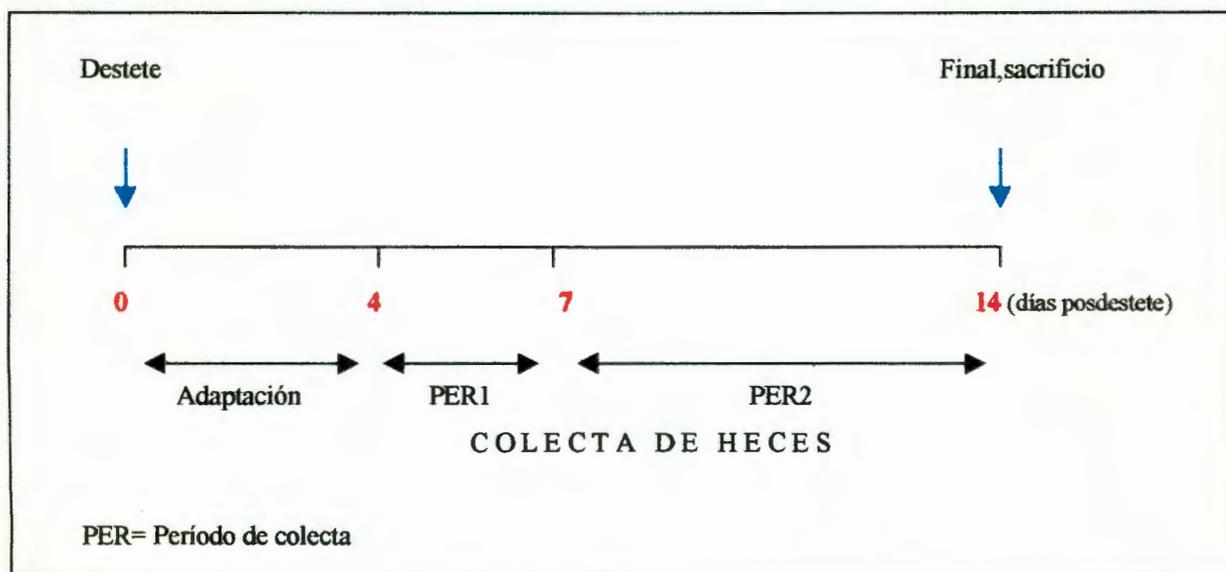


Figura 7. Esquema experimental utilizado en la prueba de digestibilidad.

Durante los tres primeros días posdestete los animales fueron alojados por pares dentro de las jaulas de digestibilidad, para la adaptación a las mismas y al alimento sólido. Al cuarto día posdestete fueron separados y se realizó la colecta de heces en los tres días subsecuentes, lo que comprendió al período 1 (PER1); y diariamente durante el período 2 (PER2) (segunda semana posdestete). El consumo de alimento fue registrado diariamente.

Las heces colectadas de cada animal se colocaron en bolsas de plástico y fueron congeladas inmediatamente; al final del experimento se homogeneizaron perfectamente y fueron secadas en la estufa ventilada a 60°C durante 48 horas, posteriormente fueron molidas y analizadas. A las heces y a las dietas se les determinó el contenido de materia seca (AOAC, 1990) y proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990). La grasa fue extraída por éter etílico (AOAC, 1990) después de una hidrólisis con ácido clorhídrico

3N. La energía bruta fue determinada por medio de una bomba calorimétrica (Bateman, 1980) y el óxido de cromo por espectrofotometría (Fenton y Fenton, 1979).

Al final del experimento los lechones fueron sacrificados, utilizando bióxido de carbono por inhalación durante 3 minutos. Inmediatamente después del sacrificio se procedió a la colecta de una muestra de sangre, 10 ml, a través de punción de la vena yugular. Las muestras fueron centrifugadas para la extracción del suero, el cual fue congelado, para el análisis de lípidos sanguíneos, utilizando los kits de Boehringer para la determinación de colesterol y triglicéridos. Los órganos del aparato digestivo (hígado, páncreas, intestino delgado y grueso y vesícula biliar) fueron extraídos y pesados. Posteriormente, para la determinación de la digestibilidad ileal según Moughan et al. (1987), se extrajeron los órganos del aparato digestivo, se identificó el ileon y se procedió a coleccionar una muestra del contenido de la última porción del mismo, el cual se colocó en bolsas de plástico y se introdujo en nitrógeno líquido para su conservación, es importante mencionar que los animales utilizados en el presente estudio no fueron canulados. Las muestras de contenido ileal se liofilizaron y se molieron para realizar los análisis químicos mencionados anteriormente.

Los coeficientes de digestibilidad total e ileal aparente de la proteína cruda y de la materia seca, extracto etéreo y de la energía fueron calculados utilizando la siguiente fórmula (Reis de Souza, 1992):

$$CDaNu = \left\{ 1 - \left(\frac{CRAI \times NuEx}{CRE \times NuAl} \right) \right\} \times 100$$

(%)

Donde:

CDaNu = Coeficiente de digestibilidad aparente (total e ileal) del nutriente.

CRAI = % de cromo en el alimento.

NuEx = % de nutriente en el material excretado (heces o contenido ileal).

CREX = % de cromo del material excretado (heces o contenido ileal).

NuAl = % de nutriente en el alimento.

Análisis estadístico.

Los experimentos fueron analizados por medio de un análisis de varianza, utilizando el procedimiento de modelos lineales generales (GLM) del paquete estadístico SAS, utilizando la prueba de Duncan para la comparación de las medias. Los modelos estadísticos (Steel y Torrie, 1985) empleados fueron los siguientes:

- Para la digestibilidad total (diseño experimental de parcelas divididas).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + Y_{ij} + p_k + (\alpha p)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación

μ = Media general

α = Tratamiento i $i = 1-3$

β = Bloque j $j = 1-4$

Y = Error lechón (tratamiento x bloque)

p = Período de colecta de heces k $k = 1-2$

αp = Interacción tratamiento por período

E = Error experimental

- Para la digestibilidad ileal, lípidos sanguíneos y peso de órganos digestivos (diseño experimental bloques completos al azar).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación

μ = Media general

α = Tratamiento i $i = 1-3$

β = Bloque j $j = 1-4$

e_{ij} = Error experimental

VI.- RESULTADOS Y DISCUSION

VI.I Digestibilidad aparente total

En el cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos de los coeficientes de digestibilidad total aparente de la materia seca (CDTMS), de la proteína cruda (CDTPC), del extracto etéreo (CDTEE) y de la energía (CDTE).

En dichos resultados se observa que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$), entre los tres tratamientos utilizados, lo que indica que el incremento del nivel de grasa en la dieta de iniciación no afectó la digestibilidad total aparente de la materia seca, de la proteína cruda, del extracto etéreo o de la energía.

En la literatura consultada, el efecto de emplear grasas en la dieta sobre la digestibilidad de la materia seca no es conclusivo. Endres et al. (1988) observaron que la digestibilidad para este nutrimento fue mayor cuando los animales consumieron dietas sin grasa, en comparación a dietas con 8% de sebo de res. Por otro lado, Reis de Souza et al. (2000), mencionan que la digestibilidad de la materia seca disminuye significativamente al incorporar sebo de res (4 y 8%) en la dieta, en comparación con la dieta control (0%), pero no encontraron diferencias entre los dos niveles de sebo adicionados.

El efecto del nivel de grasa sobre la utilización digestiva de la materia seca parece estar influenciado por la fuente utilizada. Así, Cera et al. (1988a) reportan que la digestibilidad de la materia seca tiende a ser mayor en lechones alimentados con dietas suplementadas con aceite de maíz (8%) en comparación con las que contenían 8% de sebo de res u 8% de manteca.

Cuadro 3. Coeficiente de digestibilidad total aparente (CDTa) de los nutrimentos, de dietas con tres niveles de aceite de maíz.

	Dietas experimentales			Análisis Estadístico		
	ACEITE DE MAIZ					
	4%(T1)	6%(T2)	8%(T3)	Efecto		EEM
CDTa MS						
PER1	70.9	66.4	73.4	TTM	NS	0.35
PER2	72.3	72.6	74.3	PER	P<0.01	
TOTAL	71.6	69.5	73.9	TTMxPER	P<0.05	
CDTa PC						
PER1	56.7	50.2	61.5	TTM	NS	1.05
PER2	60.3	61.3	60.1	PER	P<0.08	
TOTAL	58.5	55.8	60.8	TTMxPER	NS	
CDTa EE						
PER1	64.6	56.1	71.2	TTM	NS	1.31
PER2	61.3	62.7	66.5	PER	NS	
TOTAL	62.9	59.4	68.9	TTMxPER	NS	
CDTa E						
PER1	70.9	67.6	73.3	TTM	NS	0.43
PER2	70.2	72.4	72.2	PER	NS	
TOTAL	70.6	70.0	72.8	TTMxPER	NS	

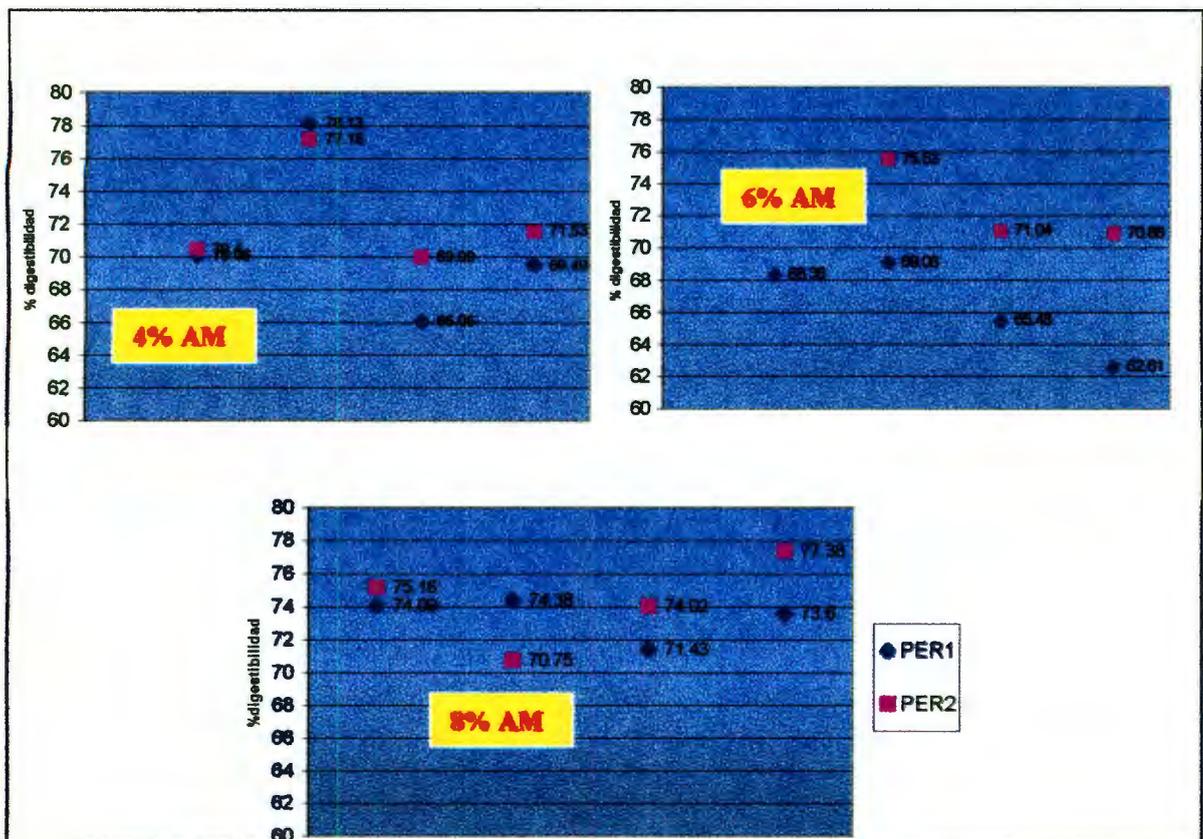
EEM= Error estándar de la media; NS= No significativo; PER= periodo; TTM= tratamiento; PER1= 4-7 días posdestete; PER2= 7-14 días posdestete.

De un modo general, los resultados del presente estudio muestran que los lechones tienen una buena capacidad para digerir y absorber la materia seca de la dieta de iniciación desde la primera semana posdestete (PER1 = 70.2%) y esta se incrementó (P<0.01) con la edad del animal, siendo que al final de la segunda semana (PER 2) fue de 73.07% en promedio. El coeficiente de digestibilidad aparente del T3 en PER2 (74.3%) se asemeja al

que presentan Endres et. al. (1988), en donde obtienen una digestibilidad de la materia seca de 76% en una dieta adicionada con 8% de grasa.

También, existió un efecto significativo ($P < 0.05$) de la interacción tratamiento x periodo para la MS debido a que su digestibilidad tuvo una mejoría durante el periodo 2 en todos los tratamientos, siendo el incremento más notable para el tratamiento 2 (6% de aceite de maíz), o sea, de 6 puntos porcentuales, mientras que para los tratamientos 1 y 3, este fue de 1 punto.

Es interesante remarcar que los animales del tratamiento 2, tuvieron una mejora más consistente de la digestibilidad de la materia seca entre los dos periodos de estudio. Para los demás animales, la mejoría entre los periodos fue menos estable, habiendo casos que en el periodo 1, los resultados fueron más altos (gráfica 1).

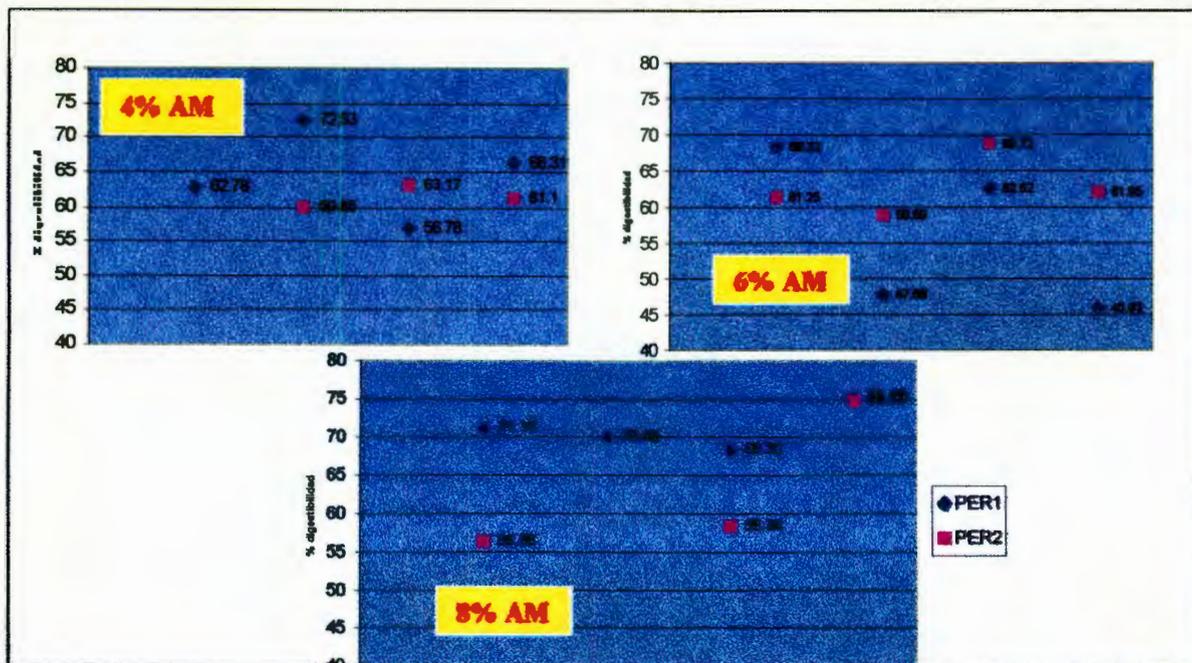


Gráfica 1. Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz (AM) en la dieta sobre la digestibilidad total aparente de la materia seca (valores individuales).

Para la proteína cruda no fue encontrada una mejora de su digestibilidad con el incremento de aceite de maíz en la dieta. Se observó que la digestibilidad de la proteína cruda fue relativamente baja, sobretodo en la primera semana posdestete (56.13% en promedio), siendo más evidente para el tratamiento 2 (6% de aceite de maíz). En un estudio en donde se utilizó 0 y 6% de aceite de maíz en la dieta, Cera et. al. (1988b) mencionan que la retención de nitrógeno fue baja cuando se incorporó dicha fuente de grasa en la dieta, así mismo remarcaron que durante la etapa posdeste, el incluir grasas como fuente de energía en las dietas, puede tener un efecto contraproducente en la retención de nitrógeno en esta fase de adaptación, pero al irse extendiendo el período de consumo de alimento sólido, el lechón desarrolla la habilidad de utilizar dicha fuente de energía. Por otro lado, Reis de Souza et al. (2000) no encontraron diferencias significativas en la digestibilidad del nitrógeno entre la dieta control y las dietas adicionadas con sebo de res (4 y 8%) después de 39 días de consumo.

Se observó una tendencia ($P=0.08$) a una mejora de la digestibilidad de la PC entre los dos períodos de estudio, sobretodo para el tratamiento 2 (6% de aceite de maíz). Sin embargo, debido a la gran variación individual estas diferencias no fueron significativas (56.13 y 60.57% en promedio para PER1 y PER2, respectivamente).

Para el extracto étereo no fue observado ($P>0.05$) un efecto positivo del incremento del nivel de grasa en la dieta sobre la digestibilidad total aparente (cuadro 3), como lo observaron Endres et al. (1988). Tampoco el aumento en la edad del animal afectó positivamente la capacidad de digestión y absorción del extracto étereo. Sin embargo, la variación de los resultados individuales (para cada lechón) del coeficiente de digestibilidad aparente del extracto étereo fue importante (gráfica 2) para los tres niveles de aceite de maíz incorporados. Se observó que mientras algunos animales (4 lechones) mejoran su capacidad digestiva entre la primera y segunda semana posdestete, otros (5 lechones) disminuyeron y uno la mantuvo. Estos datos indican que probablemente estos animales todavía no estaban adaptados fisiológicamente para aprovechar la grasa incorporada en el alimento.



Gráfica 2. Efecto del nivel de la inclusión de aceite de maíz (AM) en la dieta sobre la digestibilidad total aparente del extracto etéreo (valores individuales).

Para la digestibilidad de la energía, los animales se comportaron de una manera similar a la materia seca, en donde el promedio de digestibilidad fue de 71.3%; lo que demuestra una buena capacidad de digestión de la energía proveniente ya sea del aceite de maíz o del almidón adicionado a la dieta. Sin embargo, también para el coeficiente de digestibilidad aparente de la energía, se observó una gran variación individual entre los animales del estudio.

La comparación de los resultados presentados en el cuadro 3 con otros obtenidos con animales del mismo hato de este experimento muestra que los valores de digestibilidad para MS, PC y energía que se obtuvieron en el presente estudio son ligeramente inferiores a los reportados por Uribe (2000) (siendo de 74%, 69% y 74%, respectivamente), en donde incluyó 5% de aceite de coco en la dieta; mientras que para la digestibilidad del extracto etéreo fueron mayores (64% vs 53%). Muñoz (2000), utilizando dietas experimentales con 5% de sebo de res, encontró datos similares en lo referente a la digestibilidad de la proteína y energía. Por otro lado, Balderas (1999), con la inclusión de 4% de sebo de res en la dieta,

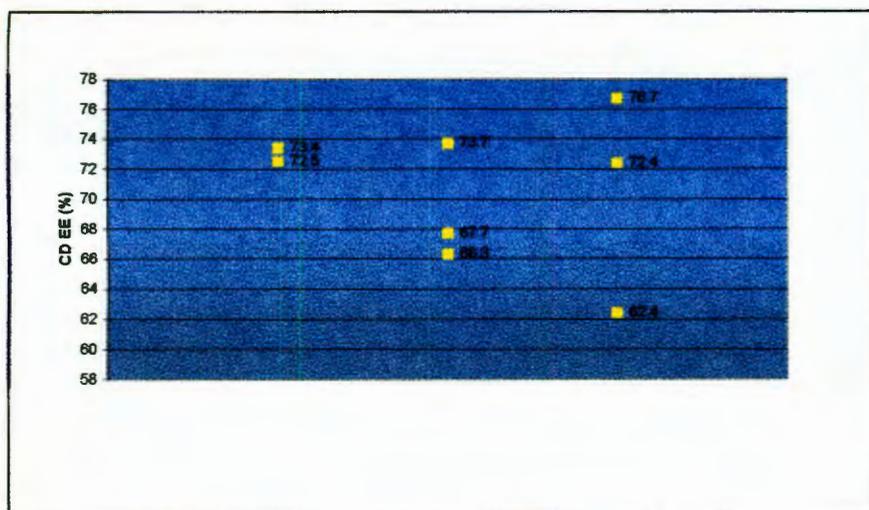
reportó valores superiores para la digestibilidad de MS y PC (83% y 79%, respectivamente).

Es importante mencionar que durante el período experimental no fueron observados casos de enfermedades gastrointestinales, al incrementar el nivel de grasa en la dieta.

VI.II Digestibilidad ileal de la grasa.

Los resultados obtenidos para la digestibilidad se presentan en la gráfica 3, estos no son totalmente concluyentes, debido al pequeño número de observaciones obtenidas (T1 = 2 muestras, T2 y T3 = 3 muestras) y a la gran variación de los valores de digestibilidad entre los animales, principalmente para los tratamientos 2 y 3, en donde las diferencias llegan a ser de 15 puntos porcentuales.

Es probable que esta situación se deba al método de colecta del contenido ileal utilizado en el presente estudio al momento del sacrificio (Moughan et al., 1987), lo cual no permite la colecta de una muestra representativa y que limita el número de animales utilizados para los análisis correspondientes.



Gráfica 3. Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz en la dieta sobre la digestibilidad ileal de la grasa (valores individuales).

Sin embargo es importante mencionar que los valores de digestibilidad del extracto étereo son superiores a nivel ileal en comparación con la digestibilidad fecal: 72.95% vs 63%; 69.23% vs 60% y 70.5% vs 67% para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Estos datos concuerdan con los reportados por Endres et al. (1988), Reis de Souza (1992), Jorgensen et al. (1993) y Jensen et al. (1997) en donde mencionan que la digestibilidad del extracto étereo es mayor a nivel ileal, que cuando se le determina en las heces, pues a nivel de intestino grueso existe una digestión microbiana.

VI.III. Peso de los órganos del aparato digestivo.

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos del peso de los órganos del aparato digestivo, expresados en gramos, en los cuales no se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos utilizados; sin embargo, en cuanto el peso de la vesícula biliar vacía existió una tendencia ($P = 0.07$), en donde el mayor peso se obtuvo en los animales alimentados con el tratamiento 1 (dieta con 4% de aceite de maíz (AM)). Estos resultados indican que probablemente la vesícula biliar de los animales alimentados con esta dieta experimental, la cual contenía menos cantidad de grasa, estuvo más tiempo llena de secreción biliar, con un mayor tiempo de retención y con un menor grado de vaciamiento, y por lo tanto, fue la de mayor tamaño. Esto fue más evidente cuando se comparó con los animales del tratamiento 1 (4% AM) y 3 (8% AM), donde el contenido biliar fue una tercera parte de la cantidad del tratamiento 1 y la vesícula llena pesó menos de la mitad. Al parecer la digestión de una mayor cantidad de grasa demanda un flujo más acelerado de la secreción biliar.

En el cuadro 5, se muestran los resultados del peso de los órganos del aparato digestivo expresados en relación al peso vivo de los animales.

Cuadro 4. Peso de órganos digestivos expresados en gramos (g).

Organos (g)	Dietas			Análisis estadístico	
	ACEITE DE MAIZ			Efecto	EEM
	4%(T1)	6%(T2)	8%(T3)		
Estómago vacío	72	74	70	NS	3.14
Intestino delgado vacío	436	409	454	NS	16.04
Intestino grueso vacío	190	175	190	NS	7.58
Páncreas	18	17	17	NS	1.09
Hígado	232	214	203	NS	10.67
Vesícula biliar					
Llena	2.3	2.4	1.1	NS	0.4
Vacía	0.8	0.6	0.5	P= 0.07	0.034
Contenido biliar	1.5	1.7	0.5	NS	0.37

EEM= Error estándar de la media; NS= No significativo.

Cuadro 5. Peso de órganos digestivos expresados en relación al peso vivo (PV).

Organos (g/Kg PV)	Dietas			Análisis estadístico	
	ACEITE DE MAIZ			Efecto	EEM
	4%(T1)	6%(T2)	8%(T3)		
Estómago vacío	9	9	9	NS	0.4
Intestino delgado vacío	52	51	56	NS	0.005
Intestino grueso vacío	23	22	24	NS	0.6
Páncreas	2	2	2	NS	0.1
Hígado	28	27	25	NS	0.8
Vesícula biliar					
Llena	0.3	0.3	0.1	NS	0.05
Vacía	0.09	0.08	0.07	NS	0.005
Contenido biliar	0.2	0.2	0.07	NS	0.05

EEM= Error estándar de la media; NS= No significativo.

Se puede observar que no existen diferencias significativas en los órganos de los animales en las tres dietas experimentales. Estos datos concuerdan con lo que presenta Reis de Souza (1992), quien utilizó diferentes fuentes de grasa (vegetal y animal), incorporados en la dieta en un 8%, y no se reportó diferencias significativas entre sus tratamientos. Para algunos órganos los pesos fueron similares con los obtenidos en el presente estudio, por ejemplo, el estómago pesó 10 g/Kg PV, el páncreas 2.1 g/Kg PV y el hígado 21.9 g/Kg PV; no obstante, el intestino delgado y grueso fueron menos desarrollados (41 y 11.5 g/Kg PV respectivamente), esto probablemente se puede deber a que los animales de dicho estudio fueron canulados a nivel ileal y por lo tanto el crecimiento de los órganos digestivos pudo haberse frenado.

Así mismo, en un segundo experimento, Reis de Souza (1992) utilizando dietas con 8% de sebo de res y suplementadas o no con lecitina de soya y sales biliares, no encontró efecto en los pesos de órganos digestivos, siendo similar el peso del páncreas (2.3 g/Kg PV) al reportado en este estudio y el de la vesícula biliar llena fue mayor (1.8 g/Kg PV).

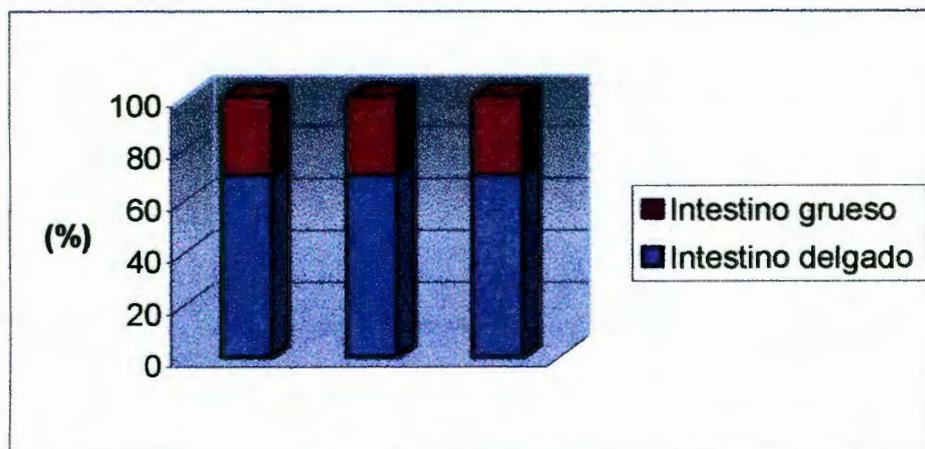
Para los resultados del peso de órganos digestivos en relación al peso metabólico (cuadro 6), tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 6. Peso de órganos digestivos expresados en relación al peso metabólico (PM)

Organos (g/Kg ^{0.75})	Dietas			Análisis estadístico	
	ACEITE DE MAIZ			Efecto	EEM
	4%(T1)	6%(T2)	8%(T3)		
Estómago vacío	14	16	15	NS	0.6
Intestino delgado vacío	88	86	95	NS	2.2
Intestino grueso vacío	39	37	40	NS	1.2
Páncreas	4	4	3	NS	1.6
Hígado	47	45	42	NS	0.8
Vesícula biliar					
Llena	0.4	0.5	0.2	NS	0.09
Vacía	0.1	0.1	0.1	NS	0.007
Contenido biliar	0.3	0.4	0.1	NS	0.08

EEM= Error estándar de la media; NS= No significativo.

En todas las formas de expresión de los órganos del aparato digestivo, el intestino delgado siempre fue el más pesado, seguido por el hígado y el intestino grueso. El intestino delgado constituyó el 70% del peso total del intestino (gráfica 4), lo cual fue ligeramente inferior al dato presentado por Reis de Souza (1992), en donde encontró que el peso del intestino delgado representó el 78%.



Gráfica 4. Relación del peso entre intestino delgado y el grueso.

Dicha superioridad del peso del intestino delgado en relación al grueso, probablemente es debido a que es el órgano en el que se lleva a cabo la mayor parte de la digestión y absorción de los nutrimentos, por lo tanto tiene que desarrollarse y madurar más rápidamente para que el tracto digestivo del lechón pueda llevar a cabo dicho procesos. Séve (1986) menciona que el desarrollo del intestino delgado es prioritario en relación al de las demás vísceras y que se incrementa a partir del 10º día de vida de los lechones.

Otro aspecto a ser considerado es que las dietas utilizadas en este estudio, tienen una baja cantidad de fibra (0.24% de FC) y es sabido que en perros, el desarrollo del intestino grueso es estimulado por la presencia de compuestos fibrosos en la dieta (Case et al., 1997).

VI.IV. Lípidos sanguíneos.

Los resultados de lípidos sanguíneos se muestran en el cuadro 7, en donde no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$).

Cuadro 7. Efecto del nivel de inclusión de aceite de maíz en la dieta sobre la concentración de lípidos sanguíneos.

Variable	Diets			Análisis estadístico	
	ACEITE DE MAIZ			Efecto	EEM
	4%(T1)	6%(T2)	8%(T3)		
Colesterol total (mg/dl)	71	66	73	NS	3.47
Triglicéridos (mg/dl)	111	121	135	NS	10.9

NS = no significativo; EEM = error estándar de la media

Aunque no existió diferencia significativa entre los tratamientos para los niveles sanguíneos de triglicéridos, el aumento lineal de los mismos ($r=0.9954$), que acompaña el incremento de aceite de maíz, podría indicar una mayor absorción de triglicéridos dietéticos en los lechones del tratamiento 3 (8% de aceite de maíz), los cuales mostraron un CDTaEE numéricamente superior.

No fueron encontrados en la literatura valores normales para lechones de esta edad y ningún trabajo con el cual se pudiera comparar los presentes resultados.

VII.- CONCLUSIONES

- El incremento del nivel de aceite de maíz en la dieta de iniciación no alteró la digestibilidad aparente total e ileal de la materia seca, la proteína cruda, el extracto étereo y la energía.
- La digestibilidad de la materia seca y proteína mejoró con la edad de los animales, pero esta mejora fue más importante para el nivel intermedio de grasa adicionada en la dieta (6%).
- El incremento del nivel de aceite de maíz en la dieta de iniciación no afectó el peso de los órganos digestivos durante las dos primeras semanas postdestete.
- El incremento del nivel de aceite de maíz no modificó los niveles de lípidos sanguíneos (colesterol total y triglicéridos) en los lechones.
- Sería interesante hacer un estudio del efecto del nivel de aceite de maíz sobre la digestibilidad de los nutrientes en las primeras semanas postdestete a nivel ileal. Sin embargo, el método de colecta ileal al sacrificio no es recomendable, por lo que se sugiere que se utilicen animales canulados a nivel ileal.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Anónimo 2000. Información disponible en: <http://www.pacweb.net.sg/asa>. Visitado en Agosto de 2000.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D. C. USA.
- Balderas, O. M. 1999. Uso de enzimas alimenticias en dietas de iniciación para lechones recién destetados, formuladas con diferentes cereales: efecto sobre la digestibilidad de los nutrimentos y el comportamiento productivo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.
- Bateman, J. V. 1980. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Herrero Hnos. y Sucesores, S. A. México.
- Bengala, F., Aumaitre, J. A. and Peiniau, J. 1991. Effects of feeding raw and extruded peas on ileal digestibility, pancreatic enzymes and plasma glucose and insulin in early weaned pigs. *J. Anim. Physiol.*, 65: 154-164.
- Carlier, H., Bernard, A. and Caselli, C. 1991. Digestion and absorption of polyunsaturated fatty acids. *Reprod. Nutr. Dev. INRA. Francia.* 31: 475-500.
- Case, L. P., Carey, D. P. y Hirakawa, D. A. 1997. Nutrición canina y felina – Manual para profesionales. Edit. Hancourt Bronce de España. Pp: 424.
- Cera, K. R., Mahan, D. C. and Reinhart, G. A. 1988a. Weekly digestibilities of diets supplemented with corn oil, lard and tallow by weaning swine. *J. Anim. Sci.*, 66:1430 – 1437.
- Cera, K. R., Mahan, D. C. and Reinhart, G. A. 1988b. Effects of dietary dry whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.*, 66:1438-1445.
- Cera, K. R., Mahan, D. C. and Reinhart, G. A. 1989. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.*, 67:2040 –2047.
- Endres, B., Aherne, F. X., Ozimek, L. and Spicer, H. 1988. The effects of supplementation on ileal versus fecal fat digestibilities, performance and body composition of weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 68:225 - 231.

- Fenton, T. W. and Fenton, M. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Can. J. Anim. Sci.*, 59:631.
- Fowler, W. R. 1980. The nutrition of weaned pigs. In: *Pigs News and information*. 1:11.
- Jensen, M.S., Garbert, V. M., Jorgensen, H. and Jensen, S. K. 1997. Dietary fat as a natural source of vitamin E and the influence of fatty acid composition on the apparent ileal overall digestibility of protein, starch, fat and energy. *Digestive physiology in pigs*. INRA. Francia. 88:5 – 79, Jones, D. B., Hancock, J. D., Harmon, D. L. and Walker, C. E. 1992. Effect of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids and growth performance in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, 70:3473 –3482.
- Jorgensen, H., Jacobsen, K. and Eggum, B. 1993. Determination of endogenous fat and fatty acids at the terminal ileum and on faeces in growing pigs. *Acta. Agri. Scand. Sect. A, Anim. Sci.*, 43: 101 – 106.
- Karp, G. 1996. *Biología celular y molecular*. Ed. Mc Graw-Hill. Interamericana. 47-49 p.
- Kelly, D., Smyth, J. A. and Mc Craken, K. J. 1991. Digestive development in the early-weaned pig. 1. Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on the changes in digestive enzyme activity during the first week after weaning. *Brit. J. Nutr.*, 65:169.
- Lewis, D. and Hill, K. J. 1983. *Nutritional physiology of farm animals*. Ed. Longman. 14 – 17 p.
- Lindemann, M. D., Cornelius, S. G., El Kandelgy, S. M., Moser, R. L. and Pettigrew J. E. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.*, 62:1298 - 1307.
- Li, S. and Saurer, W. C. 1994. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. *J. Anim. Sci.*, 72:1737 – 1743.
- Mayes, P. A., Murray, R. K., Granner, D. K. Y Rodwel, V. W. 1988. *Bioquímica de Harper*. 11ª edición. Ed. Manual Moderno. 130 –141 p.
- Mckee, R. J. and Mckee, T. 1999. *Biochemistry*. Mc Graw-Hill. 216-233 p.

- Moughan, P. J., Smith, W. C., Kies, A. K. and James, K. A. C. 1987. Comparison of the ileal digestibility of amino acids in ground barley for the growing rat and pig. *New Zealand J. of Agricultural Research.*, 30:59 – 66.
- Mourot, J. 1989. Contribution à l'étude du rôle des phytosterols sur le métabolisme du cholestérol et des lipides chez le rat. Thèse de doctorat d'État. Université de NANCY I. 139 p.
- Muñoz, H. E. 2000. Efecto de la incorporación de lactosa en alimentos de iniciación sobre la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia alimenticia en lechones recién destetados. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10 ed. National Academy Press. Washington, D. C.
- Partridge, G. 2000. Considerations in the formulation of piglet creep and starter feeds. American Soy-Bean Association.
- Pérez, J. M., Mornet, P. y Rerat, A. 1986. Le porc et son élevage; bases scientifiques et techniques. Ed. Maloine. 575p.
- Reis de Souza, T. C. 1992. Conséquences digestives métaboliques et zootechniques de l'incorporation de lipides dans la ration du porcelet au sevrage. Tesis Doctorado. Université de Rennes, France. 154p.
- Reis de Souza, T. C. 1997. Digestión de las grasas y utilización de la energía. VIII Congreso Nacional de AMENA. Pp: 30-53.
- Reis de Souza, T. C., Aumaitre, A., Mourot, J. and Peiniau, J. 2000. Effect of graded levels of tallow in the diet on performance, digestibility of fat, lipogenesis and body lipid deposition of the weaned piglet. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13:497 – 505.
- Roskoski, R. 1997. Bioquímica. Mc Graw-Hill Interamericana. Pp: 160-166.
- Séve, B. 1986. Elévation et sevrage des porceles. In: Le porc. Et son élevage, bases scientifiques et techniques. Editores Perez J. M, Mornet P, Rerat A. editorial Maloine. Francia.
- Steel, R. J. and Torrie, J. M. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 ed. Ed. Mc Graw-Hill. México.

- Uribe, L. L. 2000. Efecto de la adición de diferentes fuentes de grasa en la alimentación de lechones destetados sobre la digestibilidad total de los nutrientes y el desarrollo zootécnico. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.
- Van Holde, M. 1998. Bioquímica. 2ª edición. Mc Graw-Hill Interamericana. 349-360 p.