

**Uso de sales biliares en la dieta de aves y cerdos**

**Trabajo de grado para optar por el título de Zootecnista**

**Juan Felipe Castrillón Correa**

**Asesor**

**Fredy Arley Arenas Sánchez**

**Zootecnista, MSc**

**Corporación Universitaria Lasallista**

**Facultad Ciencias Administrativas y Agropecuarias**

**Zootecnia**

**Caldas – Antioquia**

**2014**

## Contenido

Lista de apéndice.....	5
Resumen.....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Justificación .....	10
Impacto científico y tecnológico .....	13
Impacto económico.....	13
Objetivos .....	14
Objetivos generales.....	14
Objetivos específicos.....	14
Materiales y métodos de laboratorio .....	15
Capacidad emulsificante .....	15
Efecto dispersante: .....	16
Tensión superficial: .....	17
Tamaño de gota: .....	18
Los lípidos.....	19
Clasificación de lípidos .....	19
Lípidos saponificables: .....	19
Lípidos insaponificables: .....	20
La digestión de los lípidos .....	24
La sal biliar.....	25
El efecto de la implantación de sal biliar la dieta de los pollos.....	27
El rol de la sal biliar en la patología del hígado .....	28
Resultados y Discusiones .....	30
Conclusiones .....	34
Referencias.....	36

**Lista de ilustraciones**

Ilustración 1. Emulsión de la sal biliar.....	12
Ilustración 2. Ácidos grasos .....	20
Ilustración 3. Tracto digestivo de una gallina. ....	25
Ilustración 4. Síntesis de la sal biliar.....	26

**ista de tablas**

Tabla 1. Valor nutricional (grasas de origen animal).....	22
Tabla 2. Valor nutricional (grasas de origen vegetal).....	23
Tabla 3. Formación de bilis en ratones .....	29
Tabla 4. . Resultados de la emulsión.....	31
Tabla 5. Formula LIPOVIT .....	33

## Lista de apéndice

Apéndice A. Fotos Emulsión .....	37
----------------------------------	----

## Resumen

La implementación de sales biliares para la alimentación en animales monogástricos (aves y cerdos), es un tema poco registrado por artículos científicos como se pudo observar durante la revisión bibliográfica realizada. Esta búsqueda llevó a la necesidad de realizar unas pruebas in-vitro en el laboratorio para poder demostrar el efecto emulsificante de las sales biliares sobre las grasas y su acción frente a los productos actuales del mercado. Se utilizaron diferentes productos: un emulsificante comercial a base de lipofosfolípidos, emulsificante a base de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar líquida al 8%, emulsificante a base de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar en polvo al 10%, sal biliar líquida y sal biliar en polvo, se obtuvo un CE (ml aceite/mg emulsificante) emulsificante comercial a base de lipofosfolípidos CE=0,3, emulsificante a base de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar líquida al 8% CE=0,25, emulsificante a base de lipofosfolípidos con sustitución sal biliar en polvo al 10% CE=0,2, sal biliar líquida CE=0,075 y sal biliar en polvo CE=0.05, estas pruebas se realizaron sobre un aceite de soya. La sal biliar no muestra un efecto emulsificante en las pruebas in-vitro superior al de los lipofosfolípidos, no se logra potencializar el efecto de los lipofosfolípidos con las sales biliares, la sal biliar en polvo incrementa el costo del producto.

**Palabras claves:** Sal biliar, dieta, aves, cerdos, digestión, nutrición, lipofosfolípidos.

## Abstract

Inclusion of bile salts in animal feed, specifically monogastric animals such as poultry and swine, is a subject that has not been widely recorded by the scientific community, as noted during the literature review performed. This revision led to acknowledge the need for in-vitro laboratory tests to analyze the emulsifying effect of bile salts over oils, and compare their action to products currently available in the market. The following products were evaluated over soybean oil: a commercial emulsifier based on lipophospholipids; a lipophospholipids based emulsifier with 8% liquid bile salt substitution; a lipophospholipids based emulsifier with 10% powdered bile salt substitution; liquid bile salt and powder bile salt. For each one of the products used, an Emulsification Coefficient, expressed as volume of oil per mass of emulsifier (ml oil / emulsifier mg), was obtained as follows: commercial emulsifier based on lipophospholipids  $EC=0.3$ , a lipophospholipids based emulsifier with 8% liquid bile salt substitution  $EC=0.25$  was, lipophospholipids based emulsifier with 10% powder bile salt substitution  $EC=0.2$ , liquid bile salt  $EC=0.075$ , powdered bile salt  $EC=0.05$ . These results show that the emulsifying effects of bile salts and lipophospholipids are not significantly different, nor do bile salts improve the emulsifying effect of lipophospholipids, and moreover, powdered bile salt inclusion increases the final product cost.

**Keywords:** Bili salt, diet, poultry, swine, digestion, nutrition, lipophospholipids.

## **Introducción**

La implementación de nuevas materias primas para los alimentos balanceados de uso animal es cada vez más importante, para poder ser competitivos con un mercado global, en donde hay que producir más a un menor precio y de mejor calidad. La empresa está enfocada en esta teoría de producción y permanentemente está incurriendo en la búsqueda de mejorar sus productos.

Las sales biliares son detergentes corporales naturales y se sintetizan exclusivamente en el hígado a partir de colesterol, las sales son almacenadas en la vesícula biliar, como parte de una sustancia llamada bilis que está compuesta principalmente por agua, sales biliares, lecitina, colesterol no esterificado, proteína, bilirrubina. La importancia de las sales biliares es aumentar la función de las lipasas pancreáticas, y reducir la tensión superficial, con ello se favorece una formación emulsificante de grasas, donde se disminuye las partículas para formar una micela mixta con la acción de las lipasas, la bilis, los ácidos grasos libres y los monogliceroles (Ashild Krogdahl 2011). Esto facilita la absorción de las grasas, colesterol, vitaminas liposolubles (A, D, K, E), también ayuda a la excreción de varios residuos productos de la sangre. La bilis es reabsorbida y recuperada a través del hígado (Verdú Mataix José, Sánchez de Medina Fermín 2004)

Las sales biliares facilitan la formación de micelas mixtas que son las encargadas de solubilizar y transportar compuestos solubles en lípidos, esto se da por su forma rígida y aplanada con dos caras una hidrofílica y la otra hidrofóbica, lo cual le permite por un lado, adherirse a una partícula lipídica y por el otro se adhiere a la mucosa del intestino delgado. (Bauer E., Jakob S., and Mosenthin R. 2004)

El uso de sales biliares como un emulsificante, es una idea que le surge a la empresa para el mejoramiento de la absorción de las grasas y un mayor aprovechamiento de las mismas (Piensos Dolz S. 1996)

En el laboratorio de la empresa se realizarán pruebas in-vitro para evaluar los efectos de las sales biliares, analizando su acción emulsificante con las grasas.

## **Justificación**

La población mundial cada vez es más grande y necesita ser alimentada, es acá donde la industria animal se vuelve un pilar importante para la economía, por esto es importante la innovación y desarrollo de productos para la alimentación animal para suplir un mercado creciente que demanda un producto de mejor calidad a un menor precio. Cada vez surgen más retos en la búsqueda de un producto innovador y de buenos resultados zootécnicos para la industria de alimentación animal.

Una de las grandes necesidades en la alimentación por parte de los productores de aves y cerdos es la inclusión de grasas en las dietas para mejorar rendimiento, disminuir estrés calórico, aumentar consumo y mejorar parámetros zootécnicos, lleva a la investigación de fuentes alternas que ayuden a la digestibilidad y absorción de estas grasas (Piensos Dolz S. 1996)

La emulsión es un proceso natural que ocurre en el organismo para disolver las grasas (sebo, aceite de palma, entre otros), esto da pie a la búsqueda de un producto que ayude a la emulsión de las grasas y a su vez a la absorción de estas. El producto que sale de la discusión es la necesidad de implementación de sales biliares como emulsificantes en las dietas, en vista de que, por una parte, los animales en las primeras etapas producen bajos niveles de este compuesto por lo que se dificulta la digestión de las grasas y por otra parte, en los adultos cuyas dietas son elevadas en grasas siendo insuficiente la producción del animal (Valderrama Maldonado Julia, et al 2011)

Se encontró un proveedor de sales biliares el cual importa a Colombia para laboratorios médicos, se hizo una reunión con ellos para conocer el producto y saber que conocimiento

tienen sobre las sales biliares con respecto al tema de su uso en las dietas animales. También se contactó con el matadero municipal de Medellín en cual distribuye bilis líquida.

Se debe hacer una revisión bibliográfica de los estudios que se han hecho sobre la adición de sales biliares en las dietas de aves y cerdos como un emulsificante y mejorador en la digestibilidad de los lípidos. Después se procederá a realizar unas muestras de productos con acción emulsificante en el laboratorio donde se podrá evaluar su efecto sobre las grasas.

En dietas para pollo de engorde, ponedoras y cerdos es necesaria la inclusión de grasas adicionadas como aceite de palma y sebo, con el fin de lograr suplir los requerimientos de energía exigidos, aumentando la densidad energética de las mismas. En los últimos años estos se ha incrementado debido a una mayor tasa de crecimiento y productividad de los animales, fruto del mejoramiento genético. Otras fuentes de energía comúnmente usadas en la industria de alimentos balanceados son ricas en grasa como el frijol soya extruido, la harina de arroz y algunos subproductos de la industria avícola. Altos niveles de grasa total en la dieta son difícilmente asimilables por el organismo y más aún en el de animales jóvenes. (Doreau Michael and Chilliard Yves. 1997)

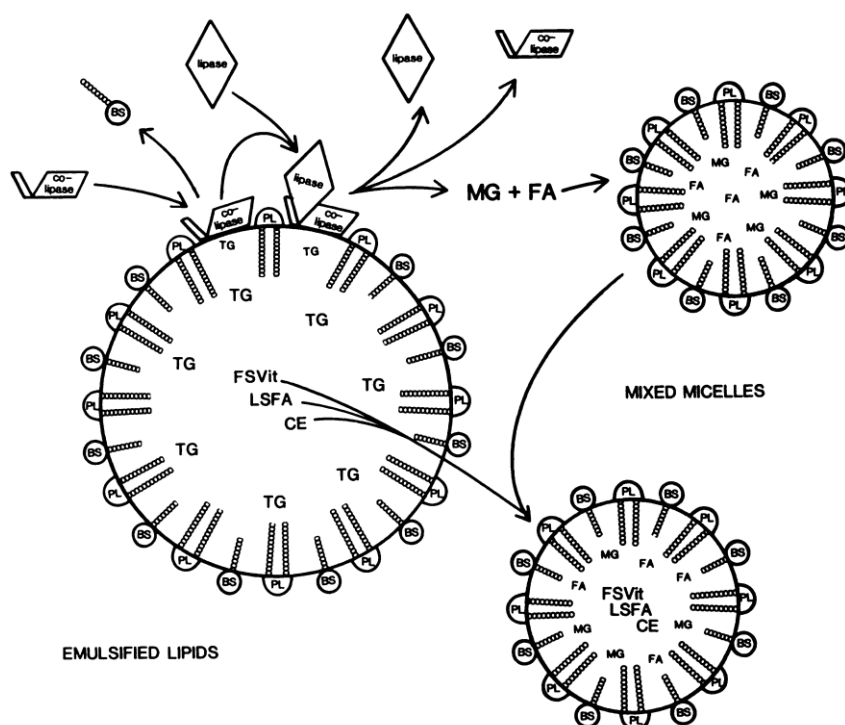
Las sales biliares son sustancias que la mayoría de los animales producen naturalmente en el organismo, para la degradación y absorción de grasas y vitaminas liposolubles como lo son la A, E y D. Las sales biliares son almacenadas en la vesícula biliar y son producidos por la combinación de ácidos biliares y estos son sintetizados en el hígado a partir del colesterol (Verdú Mataix José, Sánchez de Medina Fermín 2004).

Se considera que el uso de sales biliares adicionadas a la dieta puede ayudar entonces a asimilar la grasa de la misma según Reuben A., Howell K. E., and Boyer J. L.. (2014).. y de esa

manera obtener mejores resultados zootécnicos en los sistemas de producción avícola y porcícola.

La utilización de sales biliares podrá tener un impacto en la industria de alimentos balanceados en animales y los sistemas de producción avícola y porcícola con niveles de tecnificación media-alta, a través de un avance en la nutrición y alimentación de estas dos especies.

### Ilustración 1. Emulsión de la sal biliar.



University of Norway, P.O. Box 17, N-1432 Ås-NLH,  
Norway 2011)

Al utilizar una materia prima como las sales biliares que mejoren la digestibilidad y la absorción de grasas y el aprovechamiento de las mismas, se podrán utilizar dietas híper

energéticas que se traducirían en una mejor respuesta productiva. (Bauer E., Jakob S., and Mosenthin R. 2004)

### **Impacto científico y tecnológico**

No se conocen en la industria de la nutrición animal, productos a base de sales biliares que permitan confirmar la hipótesis planteada. Algunas investigaciones se han realizado con sales biliares, pero al parecer no se han llevado a la industria para saber sus resultados y los beneficios económicos y productivos que se puedan generar al utilizarlas en sistemas de producción altamente tecnificados. En medicina humana son utilizadas como mejoradores de la digestión y en personas con problemas hepáticos, como producción o de secreción de bilis, Las sales biliares también son usadas como laxantes y mejoramiento del movimiento peristáltico del intestino.

### **Impacto económico**

Los productores de proteína animal proveniente de aves y cerdos, pueden tener un ahorro o mejorar su rentabilidad con este producto. Lo anterior debido a que se aprovechan mejor las fuentes de energía como las grasas. La energía es el nutriente más costoso en una dieta de monogástricos y un producto que mejore la digestibilidad de materias primas muy concentradas en energía como los aceites serían ideales.

## **Objetivos**

### **Objetivos generales**

Realizar un trabajo de investigación en nutrición animal, donde se potencialice, mejore o se sustituya en producto ya existente en la empresa, el cual será rentable económicamente y le brinde al productor un beneficio.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar unas Pruebas de laboratorio enfocadas a determinar el efecto de la adición de sales biliares en grasas para el consumo animal.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre la utilización de sales biliares en la suplementación alimenticia de aves (ponedoras y pollo de engorde) y cerdos, enfocado al mejoramiento de la digestibilidad de lípidos.

## **Materiales y métodos de laboratorio**

Se consiguió una muestra de sal biliar con la cual se va a realizar una prueba de emulsión con las grasas en el laboratorio, la cual se mezcló con un producto del mercado y se realizaron varias muestras para medir su acción emulsificante. Se tomó un emulsificante comercial a base de lipofosfolipidos, emulsificante a basé de lipofosfolípidos s con sustitución sal biliar liquida al 8%, emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución sal biliar en polvo al 10%, sal biliar liquida y sal biliar en polvo. Se realizaron 3 mediciones con cada producto, para medir la capacidad emulsificante de los productos (CE), el porcentaje de desviación, la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV).

**NOTA:** Por motivos de confidencialidad de la empresa no se mencionan los productos con los que se compararon las sales biliares.

Todas las mediciones deben hacerse con un blanco, este debe contener la misma fuente grasa (aceite de soya) para que el comparativo sea real.

**NOTA:** los resultados pueden variar de una fuente a otra de grasa.

### **Capacidad emulsificante**

La capacidad emulsificante expresa la cantidad de emulsificante necesario para emulsificar 1 ml de fuente grasa y se expresa en ml de grasa / mg de emulsificante.

Para medir la capacidad emulsificante se procede como sigue: Preparar una solución al 2% de Sal biliar en agua, luego tomar dos probetas, en una (blanco) llevar un volumen conocido

de la fuente grasa y un volumen conocido de agua. En la segunda llevar un volumen conocido de aceite y un volumen conocido de la solución preparada en el paso anterior.

**NOTA:** el volumen puede ajustarse al tamaño de la probeta, pero es importante que se maneje el mismo en ambas probetas para poder comparar.

Agitar vigorosamente ambas probetas, asegurándose de imprimirlas la misma fuerza y tiempo de agitación y que la emulsión este formada.

Dejar en reposo ambas probetas durante 20 segundos en una superficie plana y con buena luz para poder determinar los volúmenes directamente en la probeta.

Leer los volúmenes de emulsión formados en cada caso y calcular la capacidad emulsificante según la ecuación 1:

$$\text{Eq. 1} \quad \text{CE} = (V1m - V2m) - (V1b - V2b) / E$$

**Dónde:**

V1m: volumen aceite total (ml) en la muestra.

V2m: volumen aceite sin emulsificar (ml) en la muestra, se ve en la parte superior de la probeta.

V1b: volumen aceite total (ml) en el blanco.

V2b: volumen aceite sin emulsificar (ml) en el blanco, se ve en la parte superior de la probeta.

E: cantidad de emulsificante Sal biliar (mg)

**Efecto dispersante:**

Esta prueba permite comparar el tiempo de sedimentación de una sustancia hidrofóbica, con y sin adición de Sal biliar.

Para medir el efecto dispersante de la Sal biliar, se procede como sigue: Preparar una solución al 0,02% de carbón activado en agua. Esta solución será el blanco.

Preparar una segunda solución al 0,05% de Sal biliar y 0,02% de Carbón activado.

Una vez preparadas deben agitarse ambas al tiempo asegurándose de imprimirles la misma fuerza y tiempo de agitación. Se evalúa visualmente y se puede dejar registro fotográfico del grado de precipitación a los 5, 15 y 30 minutos.

### **Tensión superficial:**

La tensión superficial determinada a través del método del anillo de Dunoy, expresa la fuerza necesaria para separar un anillo de la superficie del líquido. En este caso el líquido sería la fuente grasa empleada comúnmente.

Para esta determinación se toma como blanco la fuente grasa objetivo y adicionalmente se prepara una solución al 1% de Sal biliar en la fuente grasa.

Se determina la tensión superficial de ambas muestras según protocolo de uso establecido para el tensiómetro.

Se registra la disminución en la tensión superficial de la fuente grasa, al ser adicionada con Sal biliar.

**Tamaño de gota:**

El tamaño de gota permitir verificar el efecto modificador de superficie del emulsificante de la Sal biliar.

Para esta prueba se toman dos beakers con agua. Importante que sean del mismo tamaño, que la cantidad de agua sea la misma y de la misma fuente.

Las muestras a evaluar son la fuente grasa y una solución de Sal biliaral 0,1% en la fuente grasa.

Tomar dos goteros iguales y dejar caer desde la misma altura y al mismo tiempo, una gota de cada fase oleosa sobre cada beaker con agua. Medir el tamaño de la gota sobre la superficie del agua.

Un tamaño mayor es indicativo de disminución de la tensión superficial del líquido.

## Los lípidos

Son biomoléculas orgánicas principalmente compuestas por carbono, hidrogeno y en cantidades menores oxígeno, los lípidos se definen como sustancias orgánicas insolubles en agua pero solubles en algunas sustancias orgánicas (G.G. Mateos, P.G. Rebollar y P. Medel 1996). En los lípidos se incluyen distintas sustancias que tiene en común los ácidos grasos como los son los triglicéridos, lípidos estructurales, ceras, ácidos grasos libres y jabones cálcicos. Los lípidos se pueden clasificar según su origen animal: grasas de origen marino, grasa aves, manteca porcina, cebo vacuno y mixto o mezcla de todas las anteriores y están las de origen vegetal: aceites provenientes de semillas como girasol, maíz soya, coco y la palma (Mateos G.G., Rebollar P.G., Medel P 1996), también se puede clasificar más ampliamente en 2 grandes grupos los que poseen ácidos grasos (saponificables) y los que no poseen ácidos grasos (insaponificables) (Verdú Mataix José, Sánchez de Medina Fermín 2004)

### Clasificación de lípidos

#### Lípidos saponificables:

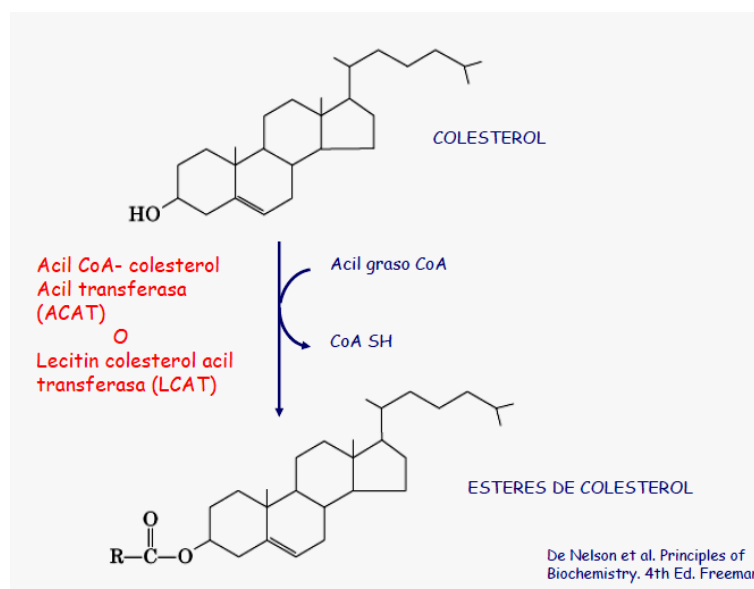
1. Simples.
  - A. Acilglicéridos.
  - B. Aceites
  - C. Céridos.
2. Complejos.
  - A. Fosfolípidos.
  - B. Fosfoglicéridos.
  - C. Fosfoesfingolípidos.

- D. Glucolípidos.
- E. Cerebrósidos.
- F. Gangliósidos.

### Lípidos insaponificables:

1. Terpenoides.
2. Esteroides.
3. Prostaglandinas

### Ilustración 2. Ácidos grasos



David L. Nelson, Michael M. Cox. (2004). Principles of Biochemistry. 4th ed. freeman

Los lípidos son una base esencial para la nutrición tanto animal como humana, estos aportan alrededor de 9 Kcal/g frente a 4 Kcal/g que aportan las proteínas y los hidratos de carbonos. Así, mismo los lípidos son una sustancia difícil de valorar nutricionalmente hablando por que por ejemplo disminuye el estrés calórico de los animales, por medio del incremento del

contenido energético de las dietas, reduciendo el uso de las reservas corporales para el mantenimiento y producción de calor o liberación de este. (Argüeso Armesto R, et al 2011).

Al momento de utilización de un tipo de lípidos para la suplementación animal hay que evaluar varios puntos para saber cuál es la grasa a utilizar, el primero pero no el más importante la disponibilidad de fácil acceso a la materia prima, segundo el costo de la materia prima el cual no fluctuó mucho para que no afecte el costo del producto terminado, tercero la solubilidad y formación de las grasas donde se garantiza una buena digestión y absorción por parte de los animales, cuarto el contenido energético que a su vez este se divide en cuatro factores; 1) en contenido de energía bruta, 2) el porcentaje de ácidos grasos libre vs los triglicéridos, 3) el grado de insaturación de los ácidos grasos y 4) la longitud de los ácidos grasos. Como se muestra en las tablas (1 y 2) (Mateos G.G., Rebollar P.G., Medel P 1996)

**Tabla 1. Valor nutricional (grasas de origen animal)**

Perfil de ácidos grasosa		Mantequilla	Sebo	Manteca	Grasa mezcla	Grasa de pollob	Pescadoc		
							Chileno	Nórdico	Nacional
	C<14	12.5	tr.	tr.	tr.	tr.	-	-	0.1
Mirístico	C14:0	11.3	3.2	1.5	2.0	1.0	7.0	6.0	4.3
Palmitico	C16:0	27.5	25	23.7	23.5	21.6	19	11	15.7
Palmitoleico	C16:1	3.1	3.2	3.0	3.3	5.4	9	7.2	4.1
Esteárico	C18:0	10.6	21.1	13.0	15	7.4	4.9	1.2	4.3
Oleico	C18:1	26.4	38.3	44	43	44	16	11	13.5
Linoleico	C18:2	2.2	2.2	10	>7.5	19	2	1.0	1.8
Linolénico	C18:3	tr.	tr.	0.8	0.8	1.2	0.9	0.5	1.1
	C≥20	2.0	tr.	1.3	1.2	1.0	>36	>45	>47
	C20's	-	-	-	-	-	19	>20	17.0
	C22's+24's	-	-	-	-	-	16	>25	30
	DHA C(22:6)	-	-	-	-	-	11	7.8	11.0
	EPA C(20:5)	-	-	-	-	-	10	8.1	11.0
	n:3	-	0.3	1	0.4	2	>28	>15	>35
Características									
Índice Iodo		32	46	64	>55	76	180	125	170
Título		37	43	39	<45	32	28	25	28
Índice saponificación		225	198	197	197	197	190	186	189

Recuperado de (Tablas FEDNA)

**Tabla 2. Valor nutricional (grasas de origen vegetal)**

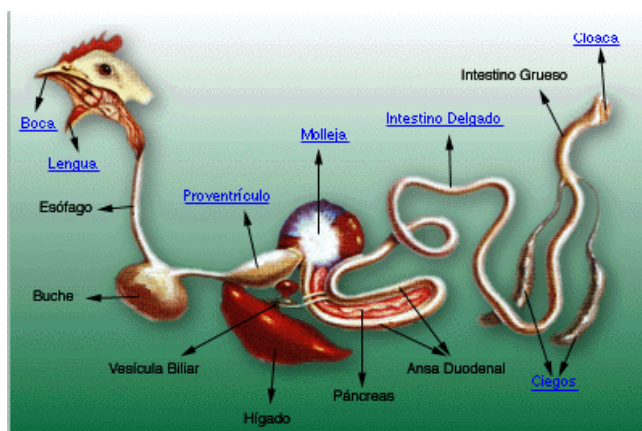
Perfil de ácidos grasos <sup>a</sup>		Linaza	Girasol <sup>b</sup>	Mai <sup>c</sup>	Soja	Algodón	Colza	Oli <sup>d</sup>	Cacah <sup>e</sup>	Pal <sup>f</sup>	Estearina <sup>g</sup>	Palm <sup>h</sup>	Co <sup>i</sup>	Leciti <sup>j</sup>
	C <sub>14</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	tr.	tr.	>50	>55	tr.
Mirístico	C <sub>14:0</sub>	tr.	-	tr.	tr.	1.0	tr.	tr.	0.3	1.0	1.0	15.0	17.0	0.3
Palmitico	C <sub>16:0</sub>	6.0	6.4	10.7	9.5	23.8	5.0	10.0	9	43	58.0	8.5	9.0	18.1
Palmitoleico	C <sub>16:1</sub>	tr.	tr.	0.5	0.2	1.0	0.3	0.2	0.5	0.3	tr.	-	tr.	tr.
Estearico	C <sub>18:0</sub>	4.5	5.0	2.4	4.0	2.5	2.2	3.5	3.3	4.8	5.1	1.7	2.5	4.5
Oleico	C <sub>18:1</sub>	19	22.6	26	22.0	18.8	57.0	78	50	40.0	28.1	17.1	7.0	17.8
Linoleico	C <sub>18:2</sub>	16	63	56	54	50.2	20.5	6.5	27	10	6.1	1.1	1.5	51.0
Linolénico	C <sub>18:3</sub>	54	<0.5	1.0	7.3	tr.	9	0.3	tr.	tr.	tr.	-	tr.	7.5
	C <sub>20</sub>	1.0	1.1	0.5	1.1	tr.	4.4	tr.	8.4	tr.	tr.	-	tr.	tr.
<b>Características</b>														
Índice Iodo		180	132	120	130	106	98	85	93	52	58	17	9	94
Título		21	18	18	21	35	13	23	30	42	-	23	23	-
Índice saponificación		180	191	190	192	194	172	190	191	200	210	253	255	-
Saturados/Insaturados		0.10	0.14	0.16	0.18	0.40	0.10	0.18	0.25	0.96		4.00	8.92	0.32

Recuperado de (Tablas FEDNA)

## **La digestión de los lípidos**

El tracto digestivo tiene 2 funciones principales que son la digestión y la absorción de nutrientes. Uno de estos nutrientes son los lípidos que depende de su composición en la cadena de ácidos grasos para el proceso de digestión, las cadenas cortas y medias su proceso comienza en la cavidad bucal, por medio de la lipasa lingual enzima que actúa en el bolo alimenticio durante su tránsito al estómago, la enzima provenientes de la boca no se desnaturalizan por la acción proteolítica de la pepsina gástrica, por los contrario esto ayuda a la absorción de los ácidos grasos. El bolo alimenticio se mezcla con la lipasa gástrica enzima secretada por el estómago, en donde los ácidos grasos de cadenas cortas y medias son absorbidos directamente por las células epiteliales intestinales. Los ácidos grasos de cadenas largas ingresan al intestino donde se unen con las sales biliares para ser emulsionadas en pequeñas partículas, final mente son absorbidos por las células de epitelio intestinal (Bauer E., Jakob S., and Mosenthin R. 2004). Las sales biliares son reabsorbidas en un alto porcentaje en el íleon y transportadas al hígado en donde son biosintetizados a partir del colesterol para formar más sales biliares y ser almacenadas en la vesícula biliar. (Drackley J.K. 2000, Doreau Michael and Chilliard Yves. 1997, Brooke Gabbrielle. 2010)

### Ilustración 3. Tracto digestivo de una gallina.



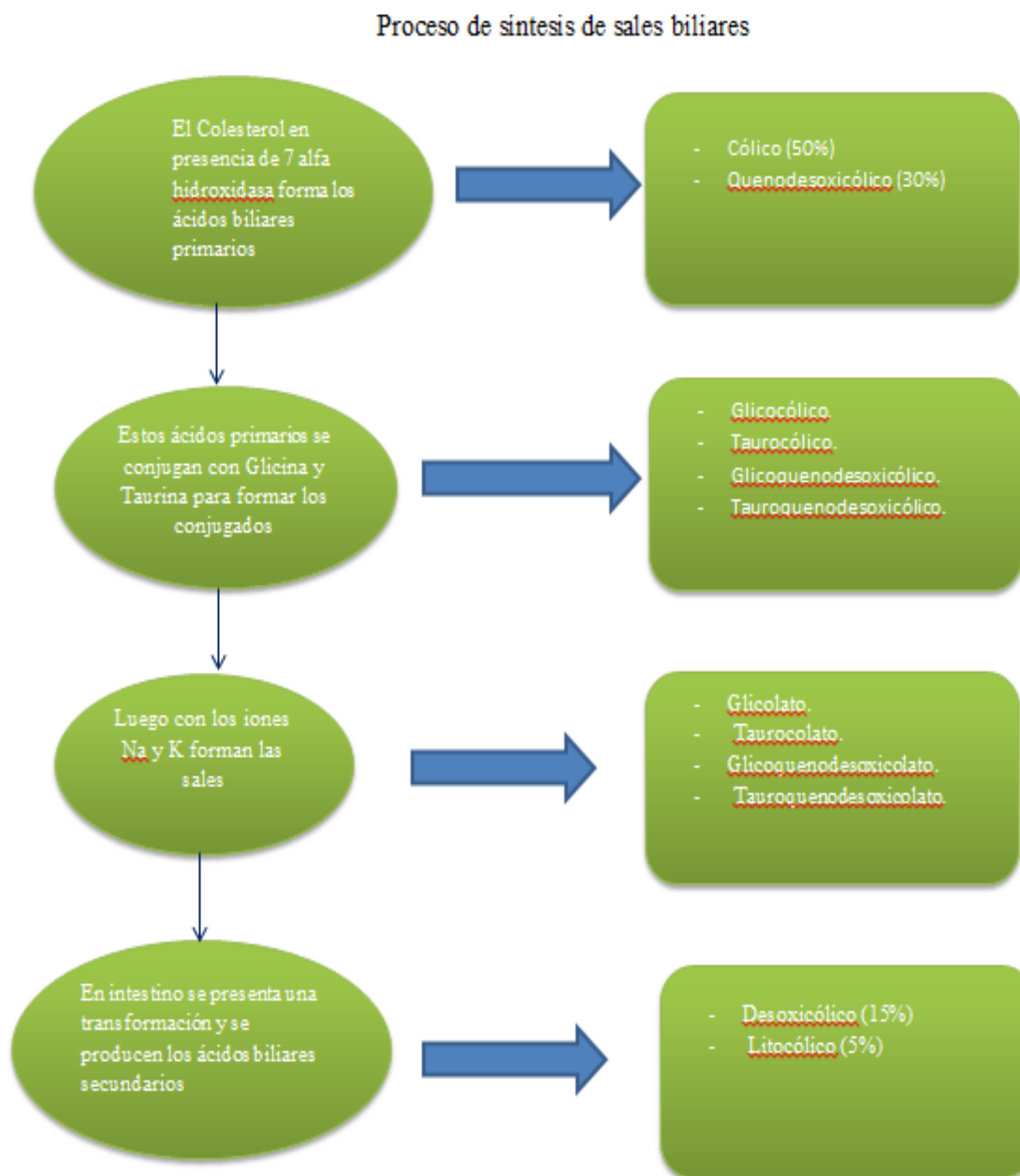
Recuperado de <http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/digestivo.htm>

### La sal biliar

La vesícula biliar es el órgano encargado de almacenar y liberar la bilis. La bilis es la sustancia encargada de la transformación de los lípidos a partículas más pequeñas e hidrosolubles haciéndolas digestibles por el intestino, el principal componente de la bilis son las sales biliares. (Valderrama Maldonado Julia, et al 2011, Drackley J.K. 2010)

Las sales biliares son las encargadas de hacer la emulsión con los lípidos por su afinidad con estos, ya que tienen una característica especial. Son moléculas aplanadas con un grupo de hidroxilo ubicado en un lado y un grupo metilo en el otro. Esta característica le proporciona una cualidad única a la micela proporcionándole una cara hidrofílica y la otra hidrofóbica, esto indica que por un lado es afín al agua y por el otro a las grasas formando una micela mixta, haciendo la fácil digestión por el intestino de las grasas. (Marcia J. Armstrong and Martin C. Carey. 2014). El proceso de la síntesis de la sal biliar se muestra en la ilustración 4.

#### Ilustración 4. Síntesis de la sal biliar



### **El efecto de la implantación de sal biliar la dieta de los pollos.**

El estudio realizado por Kussaibati R., Guillaume J., Leclercq B. (2008). En sales biliares y su implementación en una dieta balanceada para pollos jóvenes y pollos adultos. Se basó en la toma de muestra de 2 grupos uno de pollos jóvenes y otro de pollos adultos, con 4 dietas distintas, para evaluar la inclusión de sales biliares en cada una de las dietas y en cada una de los grupos. Se realizaron 8 repeticiones en los pollos jóvenes y 6 repeticiones en pollos adultos. Se tuvo como objetivo mirar la digestibilidad de la energía metabolizable aparente y la energía metabolizable verdadera durante un periodo de tiempo recomendado por medio de la recolección de heces. El experimento se basó en realizar 4 dietas control, y a cada una de esas dietas se le incluyeron sales biliares en cantidad de 5 g/kg. (Kussaibati R., Guillaume J., Leclercq B. 2008).

Con la inclusión de sales biliares en las dietas de pollos jóvenes se mejoró la digestibilidad de la energía metabolizable de la ración con altos contenidos ácidos grasos saturados, la incorporación de las sales biliares también mejor las digestibilidad a medida que el tracto digestivo era más largo caso contrario a las dietas sin sales que disminuye la digestibilidad de los ácidos grasos saturados. (Kussaibati R., Guillaume J., Leclercq B. 2008).

Las sales biliares tienen un efecto mayor en pollos jóvenes por qué puede hacer un efecto catalizador en el macrófago intestinal o un desorden o deficiencia en el intestino al momento de la excreción de las sales biliares Kussaibati R., Guillaume J., Leclercq B. (2008).

### **El rol de la sal biliar en la patología del hígado**

Durante varias investigaciones se ha creído que las sales biliares son tóxicas glicocuenodesoxicólico y el taurocuenodesoxicólico y son las causantes de las enfermedades hepáticas colestásicas (Schulz Sabine et al (2013). En la investigación hecha por Carin M . J . van Nieuwerk et al (1997). Con la utilización de ratones modificados genéticamente en el gen *mdr2* para una evaluación de la toxicidad de las diferentes sales biliares, donde se basaron de la hipótesis que la patología del hígado de los ratones modificados en el gen *mdr2* es causada por la secreción de sal biliar. Para determinar la patología del gen *mdr2* alimentaron a los ratones durante 22 semanas con una suplementación de sales biliares a diferentes dosificaciones, se usó ácido cólico al 0,01% y al 0,1% en algunos ratones y urodesoxicólico al 0,5% en otros ratones (se muestra en la tabla 3), para determinar el progreso de la patología hepática se midieron los niveles de las enzimas hepáticas en suero. Esto demostró que los ratones suplementados con ácido cólico al 0,1% incrementaron la producción de bilis significativamente como se muestra en el gráfico anterior ( formación de bilis en ratones) y esto afecta directamente la patología del hígado, provocando inflamación y bilirrubina en la mayoría de los ratones, se denominan tóxicas las sales biliares que no contienen lípidos en su estructura como el taurocuenodesoxicólico, el cual aumenta su producción cuando no se consume una buena cantidad de lípidos en la dieta para hacer una micela con estas sales biliares y disminuir su toxicidad Carin M . J . van Nieuwerk, et al (1997).

**Tabla 3. Formación de bilis en ratones**

TABLE 1

Bile formation in male and female *mdr2* (-/-) mice on various diets

	Bile flow $\mu\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100 \text{ g}$	Bile salt	PL $\mu\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100 \text{ g}$	Chol.	GSH	ALPI $\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100 \text{ g}$
<i>(-/-) mice</i>						
Control diet						
Male (8)	9.7±0.5	226±107	0.08±0.09	0	10±4.3	423±269
Female (4)	10.9±3.6	369±97*	0.03±0.06	0	2.7±0.6**	539±149
0.01% cholate						
Male (6)	10.6±2.9	358±105 <sup>a</sup>	0.03±0.05	0.23±0.33	6.7±3.6	521±403
Female (5)	8.8±1.0	424±130	0.06±0.04	0.03±0.05	5.9±2.9	318±100
0.1% cholate						
Male (6)	14.4±2.6 <sup>a</sup>	517±81 <sup>a</sup>	1.42±1.17 <sup>a</sup>	4.3±2.0	1.9±1.8 <sup>a</sup>	2580±770 <sup>a</sup>
Female (4)	16.6±5.9	499±350	0.93±0.89	2.0±3.1	1.6±2.7	4200±2830 <sup>a</sup>
0.5% UDCA						
Male (3)	13.8±7	438±83	0.05±0.08	0	7.31±0.83	1208±470
Female (4)	11.4±3.5	624±283	0.30±0.23	0.18±0.35	9.10±1.44	1621±809
<i>(+/+) mice</i>						
Control diet						
Male (4)	6.0±2.4	179±76	11±4	1.1±0.7	24.0±6.0	151±56
Female (4)	5.5±1.0	381±60	32±8**	1.7±0.8	18.1±3.1	234±39
0.01% cholate						
Male (3)	10.4±1.1	454±15	35±1	7.4±1.7	44.3±11.7	212±31
Female (4)	5.0±0.6	411±82	35±4	2.2±0.4	25.0±3.5	311±57
0.1% cholate						
Male (6)	8.0±1.3	308±68	33.1±9.5	7.0±2.4	31.1±5.2	283±86
Female (4)	6.6±1.4	396±252	43.4±20	6.0±3.8	31.0±6.1	288±193
0.5% UDCA						
Male (4)	9.7±3.3	547±148	28.7±9.5	6.5±2.8	34.2±17	589±239
Female (4)	8.7±1.7	886±184*	81.6±29.6*	7.7±2.1	50.2±8.7	787±541

\*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$  female vs. male.

Carin M. J. van Nieuwerk, et al (1997)

## Resultados y Discusiones

Se tomaron emulsificante comercial a base de lipofosfolípidos, emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de 8% por sal biliar líquida, emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución sal biliar en polvo al 10%, sal biliar líquida y sal biliar en polvo, se obtuvo una capacidad emulsificante (CE) (ml aceite/mg emulsificante) emulsificante comercial a basé de lipofosfolípidos  $CE=0,3$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar líquida al 8%  $CE=0,25$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar en polvo al 10%  $CE=0,2$ , sal biliar líquida  $CE=0,075$  y sal biliar en polvo  $CE=0,05$ , un porcentaje de desviación (D) frente al emulsificante comercial a basé de lipofosfolípidos, emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar líquida al 8%  $D=16,56\%$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar en polvo al 10%  $D=33,77\%$ , sal biliar líquida  $D=75,17\%$  y sal biliar en polvo  $D=83,11\%$ . Una desviación estándar (SD) emulsificante comercial a basé de lipofosfolípidos  $SD=0,0025$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar líquida al 8%  $SD=0,002$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar en polvo al 10%  $SD=0,01$ , sal biliar líquida  $SD=0,00058$  y sal biliar en polvo  $SD=0,0021$ . Un coeficiente de variación (CV) emulsificante comercial a basé de lipofosfolípidos  $CV=0,0084$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar líquida al 8%  $CV=0,008$ , emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de sal biliar en polvo al 10%  $CV=0,05$ , sal biliar líquida  $CV=0,0077$  y sal biliar en polvo  $CV=0,0414$  como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4. . Resultados de la emulsión**

Fórmula	ce (ml aceite/mg emulsificante)	R 1	R 2	Promedio	% de desviacion	SD	CV
emulsificante a Basé de lipofosfolípidos	0,302	0,300	0,297	0,300		0,0025166	0,008398
emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de 8% por sal biliar líquida	0,252	0,250	0,248	0,250	16,55629139	0,002	0,008
emulsificante a basé de lipofosfolípidos con sustitución de 10% por sal biliar polvo	0,200	0,190	0,210	0,200	33,77483444	0,01	0,05
Sal biliar líquida	0,075	0,074	0,075	0,075	75,16556291	0,0005774	0,0077324
Sal biliar polvo	0,051	0,048	0,052	0,050	83,11258278	0,0020817	0,0413576

Según se encontrado durante la revisión bibliografía se determinó que las sales biliares pueden tener un efecto en el metabolismo de los animales influyendo en la producción de la sale biliar y su liberación desde la bilis asía el intestino delgado favoreciendo la emulsión y absorción de las grasas, por esta razón se realizará un producto que su principio activo sea la sal biliar para poder hacer un ensayo en la granja experimental del aporte nutricional y el mejoramiento de los parámetros zootécnicos en los animales. De esta forma poder tener más claridad con respecto a la acción el producto sobre la digestión de las grasas.

Se diseñó un producto llamado LIPOVIT el cual tiene como principio activo sal biliar, se elaboró una muestra de 5 Kg con una formulación específica para cumplir los requerimientos de inclusión por parte de la sal biliar de 500 g por dosis (para una tonelada de alimento), estos 5 Kg de LIPOVIT se elaboraron en la planta piloto de la empresa.

Durante su elaboración se determinó que el LIPOVIT era un producto con un alto costo comercial, esto se verá reflejado en el precio final del alimento influyendo el costo de producción de las empresas avícolas y piscícolas y también de las pequeñas granjas.

El LIPOVIT tiene un costo de \$10.684 pesos por KG, y contiene como principio activo sal biliar por 200 g. Según el área de técnica de nutrición la dosis que se va a utilizar de sal biliar es de 500g por tonelada de alimento fabricado, se deberá suministrar del producto LIPOVIT un total de 2,5 Kg por tonelada, de esta forma se garantiza la total inclusión de sal biliar en la dieta, esto se ve representado en un producto de \$26.712,17 pesos la dosis, para la fabricación de una tonelada de alimento.

Para ofrecerle al productor un valor agregado con el LIPOVIT y justificar su alto costo comercial, se deberán hacer unos análisis en campo donde se medirán los parámetros zootécnicos del producto y su composición nutricional que este le aportara al animal.

Al momento de evaluar en granja el LIPOVIT se deberán utilizar diferentes inclusiones en la dieta, al mismo tiempo utilizar otros productos que se utilicen actualmente en las granjas y se conozca tanto su aporte nutricional como el efecto en los parámetros zootécnicos, lo que permitirá hacer curvas de regresión y conocer su valor nutricional, su aporte en los aspectos zootécnicos y como esto se vería reflejada en el producto final y así saber su valor agregado para el cliente tanto en la producción como en la parte costo beneficio.

Tabla 5. Formula LIPOVIT

LIPOVIT								
CODIGO	INGREDIENTE	% [ ] PPIO ACT.	Garantía	D=1000g/Ton.	%	1000	\$ Precio/Kg	Costo/Kg
			g PPAC/DOSIS	g/DOSIS		g/BACH		
	BILIS DE BUEY EN POLVO	65	200,00	307,692	30,769	307,6923	\$ 25.300,00	\$ 7.784,62
	LECITINA DE SOYA EN POLVO	65	300,00	461,538	46,154	461,5385	\$ 5.600,00	\$ 2.584,62
	SILICA OL	100		170,769	17,077	170,7692	\$ 400,00	\$ 68,31
	SILICA SIPERNAT 2200	100		50,000	5,000	50,0000	\$ 4.000,00	\$ 200,00
	SABOR CANELA	100		10,000	1,000	10,0000	\$ 4.733,00	\$ 47,33
	<b>TOTAL</b>		<b>500,00</b>	<b>1.000,000</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000</b>		<b>\$ 10.684,87</b>

## Conclusiones

En la búsqueda de la materia prima y los proveedores de la sal biliar, se encontró que es un producto con un costo elevado y pocos proveedores nacionales, lo cual es preferible hacer negociaciones con proveedores de otros países, los cuales pueden dar mejores precios y manejan unos volúmenes de producto más elevados, los precios encontrados varían entre 12,5 dólares por Kg hasta 263 dólares por Kg, esto afecta el producto final porque es una materia prima muy costosa por Kg y la cual su nivel de inclusión según lo revisado en la literatura es de 500 g a 5 Kg en las dietas de aves y cerdos.

Durante la prueba in-vitro de las sales biliares se demostró que estas no tienen el efecto emulsificante que se creía, tampoco potencializa la acción del emulsificante comercial a base de lipofosfolipidos como se pensó en un principio, sino que tiene un efecto negativo, la inclusión de la sale biliar en polvo al emulsificante comercial incremento el costo del producto terminado significativamente haciendo un producto no comercializable y de difícil acceso para el productor, la adición de la sal biliar liquida logró disminuir el costo del producto un 1% el cual no representa variación alguna en el costo final del producto, pero se pierde un 16,66 % de la capacidad emulsificante, lo que no justifica al productor su utilización en concentrados animales para mejorar la digestión de las grasas.

Se uno como fuente de grasa un aceite de soya para todas las muestras y sus repeticiones, porque este es un producto de más fácil manipulación, es un aceite menos saturado, es líquido a temperatura ambiente y no se alteran los resultados al incrementar temperatura, es un aceite que no está muy contaminado (mezcla con otros aceites o cebos)

Dado la revisión bibliografía se lleva a campo donde se evaluara el efecto de la sal biliar directamente sobre los animales, para determinar su acción, se medirán parámetros zootécnicos de los animales y se comparará con lo establecido por las casas genéticas de cada especie.

## Referencias

Argüeso Armesto R, Díaz Díaz JL, Díaz Peromingo JA, Rodríguez González A, Castro Mao M, Diz-Lois F. (2011). Lípidos, colesterol y lipoproteínas.

Ashild Krogdahl. (2011). Department of Poultry and Fur Animal Science, Agricultural; University of Norway, Norway.

Bauer E., Jakob S., and Mosenthin R. (2004). Principles of Physiology of Lipid Digestion. Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim. Germany.

Brooke Gabrielle. (2010). The effects of dietary fat supplementation on grower/ finisher pig performance and digestibility. The University of Adelaide.

Carin M . J . van Nieuwerk, Albert K. Green, Roelof Ottenhoff, Michael van Wijland, Marius A. van den Bergh Weerman , Guido N. J. Tytgati, Johan J. A. OfferhaLts and Ronald P J. (1997). The role of bile salt composition in liver pathology of mdr2 (-/-) mice: differences between males and females. Oude Elferink.

Doreau Michael and Chilliard Yves. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. British Journal of Nutrition. Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire Sous-Nutrition des Ruminants, Theix. France.

Drackley J.K. (2000). Lipid Metabolism. Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.

Kussaibati R., Guillaume J., Leclercq B. (2008). The effects of age, dietary fat and bile salts, and feeding rate on apparent and true metabolisable energy values in chickens. Station de Recherches Avicoles, Centre INRA de Nouzilly, Momaie, 37380, France Recuerdo de. <http://www.tandfonline.com/loi/cbps20>

Mateos G.G., Rebollar P.G., Medel P. (1996). Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. FEDNA.

Marcia J. Armstrong and Martin C. Carey. (2014). The hydrophobic-hydrophilic balance of bile salts. Inverse correlation between reverse-phase high performance liquid chromatographic mobilities and micellar cholesterol-solubilizing capacities. Department of Medicine, Harvard Medical School, Division of Gastroenterology, Brigham and Women's Hospital, Boston.

Piensos Dolz S. (1996). Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos.

Schulz Sabine, Schmitt Sabine, Wimmer Ralf, Aichler Michaela, Eisenhofer Sabine, Lichtmannegger Josef, Eberhagen Carola, Artmann Renate, Tookos Ferenc, Walch Axel,

Krappmann Daniel, Brenner Catherine, Rust Christian, Zischka Hans.(2013). Progressive stages of mitochondrial destruction caused by cell toxic bile salts. *Biochimica et Biophysica*.

Reuben A., Howell K. E., and Boyer J. L.. (2014). Effects of taurocholate on the size of mixed lipid micelles and their associations with pigment and proteins in rat bile. Liver Study Unit, Department of Medicine, Yale University School of Medicine, New Haven, CT

Verdú Mataix José, Sánchez de Medina Fermín. (2004). Lípidos. Ergón Creación. (pp.62-93)

Valderrama Maldonado Julia, Wilde Pete, Macierzanka Adam & Mackie Alan. (2011). The role of bile salts in digestion. *Advances in Colloid and Interface Science* 165 36–46.

Grasas de origen animal (s.f). Recuperado de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/grasas-de-origen-animal](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/grasas-de-origen-animal)

Aceites y oleínas de origen vegetal (s.f). Recuperado de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal)

## Apéndices

### Apéndice A. Fotos Emulsión

