



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION Y DE LA
SALUD ANIMAL

“EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN EN LA DIETA DE ÁCIDOS
GRASOS DE ORIGEN ANIMAL, VEGETAL Y SU MEZCLA SOBRE
EL DESARROLLO DEL SISTEMA DIGESTIVO Y LA RESPUESTA
INMUNE EN POLLOS DE ENGORDA”

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS

PRESENTA
Mateo Fabian Itzá Ortíz

TUTOR
Dr. Carlos López Coello

COMITÉ TUTORAL
Dr. Ernesto Ávila González
Dr. Sergio Gómez Rosales

MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DECLARACION

La presente tesis Doctoral es el resultado del trabajo de investigación del autor, en ella se da el reconocimiento a las fuentes de información consultada.

El autor da su consentimiento a la División de estudios Superiores de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que la presente tesis sea disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio académico bibliotecario.

Mateo Fabian Itzá Ortiz

Si en mi corazón hubiese yo mirado a la iniquidad, El Señor no me oyera.

Mas ciertamente me oyó Dios, atendió a la voz de mi suplica, Bendito Dios, que no echó de si mi oración, ni de mi su misericordia.

Salmos 66:18-20

Los griegos nos han dado una de las palabras más hermosas de nuestra lengua: *entusiasmo*, un dios interior.

La grandeza de los actos de los hombres se mide por la inspiración por la cual surgen.

Feliz aquel que tienen un dios interior

Louis Pasteur

DEDICATORIAS

A mi amada esposa Yanery e hijos Adriel y Dara por su apoyo durante mis estudios y preparación... gracias por sus oraciones.

A mis padres por su amor y paciencia durante todos mis estudios.

A mis hermanos y hermanas por su apoyo durante los momentos difíciles.

A todos y cada uno de mis amigos que me animaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Al CONACYT por su apoyo económico que sin ello hubiese sido imposible culminar mi doctorado.

A la FMVZ-UNAM por todo el apoyo y consejo brindado a mi preparación profesional... mil gracias.

Al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal – INIFAP en Ajuchitlán, Querétaro por su apoyo en la pruebas de energía y los momentos emotivos durante mi estancia.

Al Señor Jorge Enrique Fernández Martín director general de la empresa Avícola Fernández, por brindarme la oportunidad de prepararme profesional y académicamente... no tengo palabras para expresarle mi agradecimiento.

Al MVZ Leonel García Compean gerente de producción línea ligera de la empresa Avícola Fernández, por su apoyo durante todo este tiempo y los consejos profesionales...

Al MVZ Joaquín Chapa y MVZ Elizabeth Rodríguez de Investigación Aplicada S.A. que sin su valioso apoyo en la parte de Histología no hubiera sido posible culminar la presente tesis.... Mil gracias.

A Patricia Moranwhite de ConsuLAB-BQ SOS por tu valiosa ayuda y consejos durante la obtención de los Kit de cuantificación de IgG e IgA. *“Con un genuino espíritu de ayuda.”*

Al M en C Santiago Isaias Sauri y QBA Francisco de Asis Santo Pérez del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Yucatán S.C.P., Laboratorio Central Regional de Mérida Yucatán, por su valioso apoyo en la parte de Inmunología. Mis amigos...!!!!

INDICE

LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xvi
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVO	
2. 1. General	3
2. 2. Específicos	3
2. 3. Hipótesis	4
III. REVISION DE LITERATURA	
3. 1. ALIMENTACION EN POLLOS DE ENGORDA	
3.1.1. Generalidades avicultura	5
3.1.2. Generalidades de la nutrición	6
3.1.3. Características del alimento	6
3.1.4. Sistemas de alimentación	7
3.1.5. Alimento Pre-iniciador	8
3.1.6. Alternativas de fuentes concentradas de energía	11
3. 2. PROPIEDADES DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL POLLO	
3.2.1. Generalidades del sistema digestivo	13
3.2.2. Función y longitud del sistema digestivo	15
3.2.3. Importancia del saco vitelino	17
3.2.4. Alimentación del pollito los primeros días de edad	18
3.2.5. Desarrollo vellosidades y criptas	19
3.2.6. Fuente de energía y desarrollo del sistema digestivo	21
3.2.7. Utilización de las fuentes de energía	21

3. 3. PROPIEDADES DEL SISTEMA INMUNE DEL POLLO

3.3.1. Generalidades del sistema inmune	24
3.3.2. Células que forman el sistema inmune	24
3.3.3. Fuente de energía e inmunidad	25

3. 4. ENFERMEDAD INFECCIOSA DE LA BURSA

3.4.1. Generalidades	29
3.4.2. Epizootiología	29
3.4.3. Transmisión	30
3.4.4. Patógena	30

3. 5. CLASIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD INFECCIOSA DE LA BURSA

3.5.1. Aspectos básicos	31
3.5.2. Edad de susceptibilidad y desarrollo de la protección	31
3.5.3. Monitoreo serológico	32

IV. MATERIALES Y METODOS

4. 1. Experimento 1-. Evaluar la longitud de vellosidades del intestino delgado (duodeno, yeyuno e ileon), índice del diámetro de la bursa con respecto al peso corporal, títulos de anticuerpos contra IBF, concentraciones de IgG e IgA, en pollos de engorda a los 11 y 21 días de edad alimentados con una dieta iniciador incluyendo como fuente energética una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya crudo en dos niveles de EM (3000 y 3200 kcal/kg), vacunados o no contra la IBF.

4.1.1. Ubicación experimento	35
4.1.2. Distribución pollitos	36
4.1.3. Alimento experimental	36
4.1.4. Manejo de la vacuna	40

4.1.5. Toma, procesamiento y evaluación de muestras	
4.1.5.1. Parámetros productivos	40
4.1.5.2. Toma muestra suero sanguíneo	
4.1.5.3. Toma muestra bolsa de Fabricio	40
4.1.5.4. Toma de las muestra de las partes de intestino delgado para la medición de vellosidades	40
4.1.5.5. Toma muestra sección de intestino delgado (lavado intestinal)	41
4.1.5.6. Procedimiento de detección títulos de anticuerpos contra IBF	41
4.1.5.7. Procedimiento de la prueba de concentración de IgG e IgA	42
4.1.5.8. Medición de vellosidades intestinales	43
4.1.6. Modelo y análisis estadístico	44
4. 2. Experimento 2.- La respuesta de la inclusión de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, como sustituto del aceite de soya crudo como fuente de energía sobre los parámetros productivos, el rendimiento y pigmentación de la canal en pollos de engorda en un ciclo de 49 días de producción.	
4.2.1. Ubicación experimento	46
4.2.2. Distribución pollitos	46
4.2.3. Dieta experimental	46
4.2.4. Manejo vacunación	47
4.2.5. Toma, procesamiento y evaluación de muestras	47
4.2.6. Toma, procesamiento y evaluación de rendimiento de canal y pigmentación	50
4.2.7. Análisis de datos y modelo estadístico	50

4. 3. Experimento 3.- El valor (*in vivo*) de la energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado de acuerdo a su nivel de inclusión (4:96, 8:92 y 12:88) en una combinación con maíz amarillo molido mediante la alimentación forzada en gallos Leghorn.

4.3.1. Ubicación estudio	51
4.3.2. Distribución de gallos	51
4.3.3. Dieta experimental	51
4.3.4. Procedimiento	53
4.3.5. Obtención, manejo de muestras y variables evaluada	53
4.3.6. Análisis estadístico	54

V. RESULTADOS

5. 1. Experimento 1.- Evaluar la longitud de vellosidades del intestino delgado (duodeno, yeyuno e ileon), índice del diámetro de la bursa con respecto al peso corporal, títulos de anticuerpos contra IBF, concentraciones de IgG e IgA, en pollos de engorda a los 11 y 21 días de edad alimentados con una dieta iniciador incluyendo como fuente energética una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya crudo en dos niveles de EM (3000 y 3200 kcal/kg), vacunados o no contra la IBF.

5.1.1. Parámetros productivos	55
5.1.2. Diámetro BF y relación DBF y PC	56
5.1.3. Longitud de vellosidades intestinales	56
5.1.4. Títulos de anticuerpos contra IBF y concentración de IgG e IgA	56

5. 2. Experimento 2.- La respuesta de la inclusión de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, como sustituto del aceite de soya crudo como fuente de energía sobre los parámetros productivos, el rendimiento y pigmentación de la canal en pollos de engorda en un ciclo de 49 días de producción.

5.2.1. Parámetros productivos	61
5.2.2. Rendimiento de canal y pigmentación de la piel	61

5. 3. Experimento 3.- El valor (*in vivo*) de la energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado de acuerdo a su nivel de inclusión (4:96, 8:92 y 12:88) en una combinación con maíz amarillo molido mediante la alimentación forzada en gallos Leghorn.

5.3.1. Digestibilidad de la materia seca	66
5.3.2. Nitrógeno	66
5.3.3. Energía metabolizable en la dieta	69
5.3.4. Energía metabolizable de la fuente energética	69

VI. DISCUSION	75
----------------------------	----

VII CONCLUSIONES	82
-------------------------------	----

VII. REFERENCIAS	83
-------------------------------	----

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas o fases de alimentación para pollos de engorda en días de edad	9
Cuadro 2. Longitud del sistema digestivo del ave	16
Cuadro 3. Algunas de las acciones más importantes del sistema inmune	26
Cuadro 4. Número de aves en los tratamientos de acuerdo al nivel de energía metabolizable y la fuente energética en pollitos alimentados con una dieta iniciador de 0 a 21 días	37
Cuadro 5. Contenido de ácidos grasos insaturados y saturados de cadena larga (C18) en las fuentes energéticas (g/100 ml)	38
Cuadro 6. Dietas experimentales y análisis calculado (Experimento 1)	39
Cuadro 7. Distribución de las fuentes energéticas usadas en la dieta experimental, combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y aceite crudo de soya en las 3 fases de alimentación de pollos de engorda	48
Cuadro 8. Composición de las dietas de iniciación, crecimiento y finalización (Experimento 2)	49
Cuadro 9. Composición del perfil de ácidos grasos insaturados y saturados de cadena larga (C18) de las fuentes energéticas usada en la dieta (g/100 ml)	52
Cuadro 10. Respuesta productiva a los 21 días de edad (Media \pm D.E.). Experimento 1	57

Cuadro 11. Efecto de la fuente energética, cantidad de EM (kcal/kg) y vacunación sobre el peso corporal (g) diámetro de la bolsa de Fabricio (mm) y relación bolsa de Fabricio/peso corporal (Media \pm D.E.). Experimento 1	58
Cuadro 12. Efecto de la fuente energética, cantidad de EM (kcal/kg) y vacunación sobre la longitud (μ) de las vellosidades del intestino delgado (Media \pm D.E.). Experimento 1	59
Cuadro 13. Efecto de la fuente energética, cantidad de EM (kcal/kg) y vacunación sobre los títulos de anticuerpos contra la IBF y concentración de inmunoglobulinas (ng/ml) (Media \pm D.E.). Experimento 1	60
Cuadro 14. Parámetros productivos a los 21, 35 y 49 días de edad (Media \pm D.E.). Experimento 2	63
Cuadro 15. Peso de canal, intestinos, grasa abdominal, pechuga, piernas y muslos (g) a los 49 días de edad de acuerdo a las fuentes energéticas (Media \pm D.E.). Experimento 2	64
Cuadro 16. Luminosidad (I*), enrojecimiento (a*) y amarillamiento (b*) en la piel de pollos a los 49 días de edad (Media \pm D.E.). Experimento 2	65
Cuadro 17. Digestibilidad de la materia seca corregida (%) en gallos Leghorn alimentados con una combinación de maíz fuente energética en tres niveles de inclusión (Experimento 3)	67

Cuadro 18. Nitrógeno total consumido, excretado y retenido por gallos Leghorn alimentados con una combinación de maíz fuente energética en tres niveles de inclusión (Experimento 3)	68
Cuadro 19. Energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno (kcal/kg) en gallos Leghorn alimentados con una combinación de maíz fuente energética usando la técnica de Sibbald (1982) (Media \pm E.E). Experimento 3	70
Cuadro 20. Energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno (kcal/kg) de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal y del aceite de soya refinado de acuerdo a su nivel de inclusión, usando maíz como vehículo, calculado con la ecuación de Sibbald y Slinger (1962) (Media \pm E.E). Experimento 3	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Influencia del acceso temprano al alimento sobre el peso vivo de pollos de engorda a los 39 días de edad (Noy y Sklan, 1998)	10
Figura 2. Órganos y estructura del tracto digestivo del ave	14
Figura 3. Volumen de vellosidades intestinales de diferentes secciones del intestino en el pollo de engorda (Noy y Sklan, 1998)	20
Figura 4. Curva de títulos de anticuerpos maternos contra infección de la bolsa de Fabricio en pollos de engorda	33
Figura 5. Vellosidades intestinal objetivo panorámico 4x	45
Figura 6. Efecto del nivel de inclusión de la combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado de la dieta con base en maíz en la EMVn kcal/kg en gallos Leghorn	71
Figura 7. Interacción nivel de inclusión por fuente energética, usando maíz como vehículo, sobre la EMVn kcal/kg de la combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado en gallos Leghorn	73
Figura 8. Efecto del nivel energético, usando maíz como vehículo, sobre el valor de la EMVn kcal/kg de la combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado en gallos Leghorn	74

RESUMEN

Se realizaron 3 experimentos con pollos de engorda, evaluando 3 fuentes energéticas con distinto perfil de ácidos grasos saturados e insaturados que correspondieron al aceite crudo de soya (ACS), combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%) (GCB), combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%) (GAV). En el primer experimento en las dietas se incluyeron dos niveles de energía metabolizable (EM) (3000 y 3200 kcal/kg) en pollos vacunados o no contra la infección de la bursa de Fabricio (IBF), valorando los parámetros productivos, longitud de vellosidades intestinales, índice del diámetro de la bursa con respecto al peso corporal, títulos de anticuerpos contra IBF, concentraciones de IgG e IgA. En el segundo experimento, se utilizaron dietas con ACS, GCB y GAV, en un ciclo de producción de 49 días, y realizando la sustitución en fuente a los 22 días de ACS por GCB y ACS por GAV; se determinaron parámetros productivos, uniformidad de parvada, rendimiento de la canal y pigmentación. En el tercer experimento, se determinó la energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno (EMVn) de la GCB, GAV y un aceite de soya refinado (ASR) en combinación con maíz amarillo (grano molido) usado como vehículo; mediante la técnica de alimentación precisa en gallos Leghorn distribuidos a tres niveles de inclusión 4, 8, y 12%; un testigo negativo (maíz) y un grupo en ayuno. En el Experimento 1, el ACS en la dieta presentó mejores resultados ($P < 0.05$) que la GCB en parámetros productivos y concentraciones de IgA; en el consumo y conversión se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las fuentes energéticas, siendo igual en el peso corporal que la GCB ($P > 0.05$). Con 3200 kcal/kg EM se obtuvieron mejores parámetros productivos y títulos de anticuerpos contra IBF que 3000 kcal/kg EM ($P < 0.05$). Los pollos vacunados tuvieron parámetros productivos y concentración de IgG e IgA más favorables con respecto a los no vacunados ($P < 0.05$). En el Experimento 2, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la ganancia de peso en dietas que contenían ACS y se sustituyó por GCB o GAV en todo el ciclo o durante la fase de finalización; la mayor inclusión de ácidos grasos insaturados promovió positivamente el comportamiento productivo y rendimiento de la canal ($P > 0.05$). En el Experimento 3, la EMVn de cada una de las fuentes energéticas fue decreciente (respuesta lineal negativa, $P < 0.01$) hasta el nivel de 12%. La media de EMVn para la fuente energética fue 9755, 7848, 8597, kcal/kg para la

ASR, GCB y GAV, respectivamente. Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que la mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados (AGI) con menor cantidad de ácidos grasos saturados (AGS) y ácidos grasos libres (AGL) presentes en las dietas mejoran los parámetros productivos y la concentración de IgA en lavado intestinal, sin detectar una respuesta significativa hacia longitud de las vellosidades intestinales, títulos de anticuerpos contra IBF o concentración total de IgG en suero sanguíneo.

Palabras claves: ÁCIDOS GRASOS, PRODUCTIVIDAD, VELLOSIDADES, ANTICUERPOS, RENDIMIENTO DE CANAL, EMVn, MAIZ.

SUMMARY

Three experiments were conducted using broiler to evaluate three energy sources with different saturated and unsaturated fatty acid profile that corresponded to soybean crude oil (SCO), a mixture of 46.8% pig fat and 53.2% bovine fat (PBF), and a mixture of 39.2% animal fat and 60.8% of vegetal oil (AVF). In the first trial, two levels of metabolizable energy (ME) with 3000 kcal/kg and 3200 kcal/kg were included in the diets of broiler chickens vaccinated and non vaccinated against infectious bursal disease (IBD). Productive parameters, length of intestinal villi, bursal diameter index in relation to body weight, titers of antibodies against IBD, IgG and IgA concentration were evaluated. In the second trial, diets with SCO, PBF and AVF were used, on a 49 days production cycle, and substituting SCO for PBF and SCO for AVF from 22 days through day 49. Productive parameters, flock uniformity, carcass yield and skin pigmentation were determined. In the third trial, the true metabolizable energy corrected for nitrogen (TMEn) of the PBF, AVF and a soybean refined oil (SRO) in mixture with yellow maize (grain ground) used like vehicle was evaluated; by means of the precise feeding technique in roosters Leghorn distributed in three levels of inclusion 4, 8, and 12%; a negative control (maize) and a fast group. In Trial 1, SCO showed better results ($P < 0.05$) than PBF in IgA concentration and productive parameters; nevertheless, feed consumption and feed conversion showed differences ($P < 0.05$) between the energy sources, being equal in body weight to those with PBF ($P > 0.05$). Using 3200 kcal/kg ME better results were obtained for productive parameters and titers of antibodies against IBD than those obtained with 3000 kcal/kg ME ($P < 0.05$). More efficient productive parameters were obtained in vaccinated birds along with highest IgG and IgA concentrations comparing to those non vaccinated ($P < 0.05$). In Trial 2, there were no differences ($P > 0.05$) in weight gain in diets with ACS and it was replaced by PBF or AVF during the whole cycle or the finishing phase; higher concentration of fatty unsaturated acids enhanced the productive behavior and carcass yield ($P > 0.05$). In Trial 3, the TMEn of each one of the energy sources was decreasing (negative linear response, $P < 0.01$) until the 12% level. The mean of TMEn for the energy source was 9755, 7848, 8597 kcal/kg for SRO, PBF and AVF, respectively. Based on the obtained results it is possible to conclude that the greater proportion of polyunsaturated acids (PUA) with

smaller amount of saturated fatty acids (SFA) and free fatty acids (FFA) in the diets improves the productive parameters and the concentration of IgA in intestinal washing, without detecting a significant answer towards length of the intestinal villis, titers of antibodies against IBD or total concentration of IgG in sanguineous serum.

Keywords: FATTY ACIDS, PRODUCTIVITY, VILLI, ANTIBODIES, CARCASS YIELD, TME_n, MAIZE.

I. INTRODUCCION

Desde 1890 se han señalado los beneficios por la inclusión de grasas de origen animal en la dieta de los animales domésticos, y no fue hasta la década de los 60's del siglo pasado cuando se amplió la utilización de estos ingredientes (Hill y Dansky, 1954; NRA, 1997), en los alimentos balanceados, ya que contienen una alta concentración de energía, necesaria para obtener una eficiente productividad (Reece y McNaughton, 1982; Wiseman *et al.*, 1991).

La principal fuente de energía en la ración para pollitos de engorda son los carbohidratos, que se aportan vía cereales como el maíz y el sorgo (Reece y McNaughton, 1982); sin embargo, en los actuales sistemas de producción se tiene que incluir ingredientes como las grasas, aceites vegetales o una combinación de ellas, para cubrir las necesidades de energía metabolizable (EM) y el requerimiento de ácido linoleico que requieren los pollos de engorda, para que les permita manifestar en 6 o 7 semanas su potencial genético (Huyghebaert *et al.*, 1988; Wiseman *et al.*, 1991) y poder alcanzar los objetivos finales de producción convirtiendo a la avicultura en una de las actividades pecuarias más competitivas.

Existen diversos factores que afectan la digestibilidad y la disponibilidad de la energía metabólica aparente de las grasas: entre ellos destaca la composición de los ácidos grasos (Ketels y De Groot, 1989) la absorción de éste que puede variar con la edad, nivel de inclusión de la grasa en la dieta, y la interacción de éstos con otros componentes en el alimento (Sibbald y Kramer, 1977; Huyghebaert *et al.*, 1988). En la actualidad, el interés de los investigadores sobre el beneficio que proporcionan las fuentes concentradas de energía en relación al desarrollo del sistema digestivo e inmune ha sido enfocado principalmente a la elaboración de dietas con ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) (Simopoulos, 2000). Los principales AGPI de acuerdo al número de carbonos, cantidad y tipos de enlace son: el ácido linoleico (18:2n-6) y el ácido α -linolénico (18:3n-3) (Sijben *et al.*, 2001).

Los AGI n-6 y n-3 de la dieta, promueven el crecimiento de las vellosidades del intestino en cuanto a número y longitud (López-Pedrosa *et al.*, 1999), induciendo acciones inmunomodulatorias después de su incorporación al tejido linfoide. Su concentración en la ración, influirá sobre la cantidad de n-6 y n-3 en la bolsa de Fabricio, timo y médula ósea;

Sin embargo existen factores que afectan la respuesta inmune involucrando la interacción de AGPI n-6 y n-3, la cual es más importante que el efecto individual entre ellos (Sijben *et al.*, 2001).

Desde el punto inmunológico, en el embrión la principal fuente de anticuerpos maternos se localizan en la proteína residual del vitelo y albúmina; las IgG se encuentran en la yema, las IgM e IgA en la albúmina. Cantidades considerables de IgM y de IgA de origen materno están presentes en el saco vitelino un día después de la eclosión (Dibner *et al.*, 1998), es importante mencionar que en este periodo aproximadamente el 75% de las células inmunitarias del ave están localizadas en el intestino delgado, asociadas al tejido linfoide (Sklan, 2001).

El costo de alimentación representa más del 65% del total de producción y el consumo de energía es el componente de mayor costo (aproximadamente el 40%) en la producción de carne y huevo. El consumo de alimento, esta directamente relacionado a la concentración de EM en la dieta consecuentemente el consumo de nutrientes esta regulado por el control de la relación EM: nutriente (Sibbald, 1982).

La capacidad y habilidad de medir la EM en forma precisa es entonces un importante componente de la mayoría de los programas de investigación del área de nutrición, pues de lo anterior depende la correcta determinación de los componentes disponibles para los animales y la posible inclusión de estos ingredientes con la intención de llenar sus requerimientos de la manera más eficiente (Vohra *et al.*, 1987).

La manipulación en el consumo de las grasas, la cantidad absoluta o la proporción entre ácidos grasos individuales o la clase de estos son importantes en la determinación del efecto del desarrollo del sistema digestivo, la respuesta inmune y producción avícola de forma integral; haciendo imperativo el uso de un programa de alimentación eficiente que incluya la incorporación, en las distintas fases de producción, de ingredientes con mayor disponibilidad de nutrientes, de acuerdo a las condiciones anatómicas y fisiológicas del pollo de engorda.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Fue evaluar el efecto de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga sobre el desarrollo del sistema digestivo y la respuesta inmune, así como el comportamiento productivo, rendimiento de la canal y el valor energético (*in vivo*) con base a la composición química al utilizar como fuente de energía una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya crudo en dietas para pollos de engorda.

2.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar la longitud de vellosidades del intestino delgado (duodeno, yeyuno e ileon), índice del diámetro de la bursa con respecto al peso corporal, títulos de anticuerpos contra IBF, concentraciones de IgG e IgA, en pollos de engorda a los 11 y 21 días de edad alimentados con una dieta de iniciación incluyendo como fuente energética una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya crudo en dos niveles de EM (3000 y 3200 kcal/kg), vacunados o no contra la IBF.
2. Determinar la respuesta de la inclusión de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, como sustituto del aceite de soya crudo como fuente de energía sobre los parámetros productivos, el rendimiento y pigmentación de la canal en pollos de engorda en un ciclo de 49 días de producción.
3. Establecer el valor (*in vivo*) de la energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado de acuerdo a su nivel de inclusión (4:96, 8:92 y 12:88) en una combinación con maíz amarillo molido mediante la alimentación precisa en gallos Leghorn.

2.3. Hipótesis

La cantidad y composición de los AGPI de acuerdo al origen de la fuente energética favorece una adecuada protección de títulos de anticuerpos a los 21 días de edad, sobre todo en aquellos que reciban una dieta alta en energía (3200 kcal/kg), además de un efecto positivo sobre el desarrollo del sistema digestivo, particularmente sobre el desarrollo de las vellosidades del intestino delgado, la presencia de inmunoglobulinas IgG e IgA y los títulos de anticuerpo por el método de ELISA contra la infección de la bolsa de Fabricio, y mejora el comportamiento productivo y rendimiento de la canal en pollos de engorda.

III. REVISION DE LITERATURA

3. 1. ALIMENTACION EN POLLOS DE ENGORDA

3.1.1. Generalidades avicultura

La avicultura contribuye con el 25% del consumo de proteína animal de la población. Debido a que la carne y el huevo son una de las fuentes proteínicas de origen animal más económicas y de alto valor nutritivo para el hombre (Ávila, 2001).

Ha habido un dramático incremento en la tasa de crecimiento del pollo de engorda, un decremento significativo de la conversión alimenticia, por incremento en los niveles de energía usados en la dieta (Reece y McNaughton, 1982).

México ocupa el sexto lugar en el mundo como productor de pollo de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). La avicultura mexicana en el 2006 se estima que produjo 2.61 millones de toneladas de carne de pollo, muy por encima de los demás cárnicos. Asimismo participa con el 64.65% de la producción pecuaria nacional; de la cual 34.13% corresponde a producción de pollo, y 30.52% a producción de huevo. En los últimos 5 años el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual de 3.69%, haciendo a la avicultura la principal industria transformadora de proteína vegetal a proteína animal (CONAFAB, 2006).

La producción de carne de pollo en México, tiene un papel importante como fuente de proteína de origen animal, ya que cuenta con una gran demanda en el mercado nacional e internacional. Esta situación se ve favorecida debido a las propiedades nutritivas y al bajo costo del producto, lo cual origina que sea de fácil adquisición por gran parte de la población mexicana. Uno de los factores importantes a considerar en la producción avícola es la nutrición, pues de ella depende el rendimiento en carne obtenida como producto final (Cuca *et al.*, 1996).

3.1.2. Generalidades de la nutrición

La nutrición es la ciencia que integra el conocimiento de la bioquímica y la fisiología en un único concepto de relación entre el organismo y el suministro de alimento. La nutrición comprende diversas reacciones químicas y procesos fisiológicos que transforman los alimentos en tejidos corporales y actividad, mediante reacciones químicas metabólicas implicadas en el crecimiento, mantenimiento, trabajo, producción y reproducción. La nutrición comprende procesos tales como ingestión, digestión, absorción, depósito y eliminación de los elementos químicos que conforman al alimento. En adición incluye la transportación de los elementos químicos a todas las células del organismo animal en su forma física y química para su asimilación (Maynard *et al.*, 1981; Scott *et al.*, 1982).

Cientos de compuestos químicos, orgánicos e inorgánicos, continuamente experimentan reacciones o cambios y transformaciones anabólicas o catabólicas las cuales ocurren durante su metabolismo normal en la célula animal. Dichos compuestos son llamadas metabolitos. Los requerimientos nutricionales de varias especies animales van de muy simples necesidades para ciertas formas de vida, tales como los microorganismos, a las muy complejas como en el pollo y otras especies superiores. Los pollos sin embargo, procesan el alimento en un tracto intestinal relativamente simple (Scott *et al.*, 1982).

Se conocen 40 compuestos químicos esenciales en la nutrición de los pollos de engorda; los cuales deben estar presentes en la dieta en cantidades adecuadas, en una óptima proporción y en forma disponible para promover un máximo crecimiento, óptima producción de huevo y reproducción, y una máxima eficiencia en la utilización del alimento (Scott *et al.*, 1982).

3.1.3. Características del alimento

El rendimiento productivo en aves, sean estas de engorda o postura, está determinado en gran parte por la nutrición que reciben en sus distintas etapas de vida y funciones productivas. Lo anteriormente expuesto indica que los alimentos además de ser económicos, deben ser adecuados, desde el punto de vista nutricional (Campabadal, 1992).

Desde hace varias décadas se han usado en los alimentos balanceados subproductos de animales. Las primeras referencias del uso de “carne” en alimentos balanceados se encuentran en 1938. El valor del producto reciclado y no reciclado de origen animal es muy

importante para la viabilidad de la economía de toda la industria pecuaria. Si ese valor no se recupera, el costo de los alimentos de origen animal (carne, huevos y leche) serían sustancialmente más elevados de lo que actualmente son (Behnke, 2000).

El costo de alimentación representa del 60 al 70% del total del costo de producción, y el costo del alimento incrementa con relación a la energía del mismo. Esto sugiere que el balance debería ser alcanzado entre ensayos e intentos hasta el óptimo crecimiento y la dieta más eficiente (McNaughton y Reece, 1982).

Las materias primas empleadas en la formulación y preparación de alimentos balanceados para animales, son en un 95% de origen agropecuario. El 80% proceden de la agricultura y de casi todas ellas hay producción nacional, aunque no en las cantidades y en las cualidades que demanda la industria animal. Razón por la cual es preciso adquirir porciones importantes en los mercados externos.

3.1.4. Sistemas de alimentación

El éxito de los programas de selección genética de los pollos indudablemente depende del programa de alimentación aplicado, y en la capacidad de utilización de los ingredientes de las dietas (Leeson y Summers, 1997).

Los sistemas de alimentación en el pollo de engorda están divididos en etapas o fases de alimentación basados en los procesos fisiológicos y metabólicos y tiene como objetivo dar al animal la cantidad de nutrimentos necesarios en un determinado tiempo para evitar desperdicios o sobre alimentación. Las etapas o fases de alimentación son muy variables y dependen del objetivo final que se le dará al pollo, el peso que se quiere a mercado y la presencia o no de problemas metabólicos (Leeson y Summers, 1997).

Cada línea genética (<http://www.aviagen.com>) presenta una división nutricional característica propia de su híbrido. Normalmente en los sistemas modernos de producción lo más común es la utilización de 3 fases de alimentación, aun que hay muchas compañías que recomiendan 4 etapas (Cuadro 1).

3.1.5. Alimento Pre-iniciador

Recientemente se ha hecho una práctica común en la industria, utilizar una dieta de pre-inicio de 1 a 7 de edad, con el objeto de proporcionarle al pollo de engorda una nutrición adecuada al desarrollo del sistema gastrointestinal, compatibilizando las limitaciones fisiológicas en el aprovechamiento de los nutrientes. A esta edad la anatomía y la fisiología del tracto digestivo son diferentes al de las aves adultas; por lo tanto sus necesidades nutrimentales son limitadas y tienen dificultades para digerir y absorber ciertos nutrientes (Penz y Viera, 2000).

Las especies aviares seleccionadas bajo un criterio de crecimiento rápido, tienen un crecimiento precoz del sistema digestivo desarrollándose rápidamente a medida que comienza su alimentación sólida exógena (Sklan, 2001), produciéndose cambios en la morfología del tubo digestivo (longitud y peso del intestino delgado, crecimiento de enterocitos, vellosidades y criptas), así como en las secreciones enzimáticas intestinales y pancreáticas (Penz y Viera, 2000). En los primeros 7 días de edad, el pollo aumenta su peso vivo en 400%, consume aproximadamente 150 a 180 gramos de alimento y este período representa 17% del período total de crecimiento. El bajo consumo a esta edad permite invertir en este alimento, procurando compatibilizar la calidad de los ingredientes alimenticios y los niveles nutricionales con el desarrollo fisiológico del intestino (Noy y Sklan, 1998).

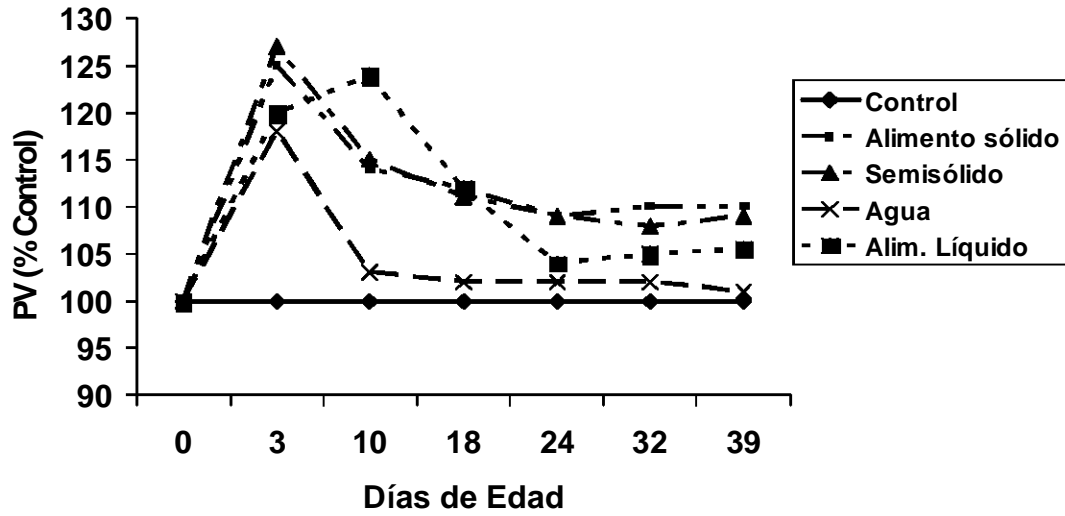
El alimento estimula el crecimiento del intestino y su capacidad de absorción en la medida en que se van generando nuevos enterocitos; en la medida que el ave tenga acceso al alimento, mayor será su ganancia de peso a los 7 días como su beneficio de los parámetros productivos finales y por ende beneficios económicos (Figura 1) (Noy y Sklan, 1998; Warren y Emmert, 2000).

Los ingredientes usados en el alimento pre-iniciador deberán ser de mejor calidad, granulometría, presentación física del alimento, baja incidencia de hongos y de micotoxinas a fin de proporcionar una eficiente ganancia de peso, conversión de alimento y rendimiento de canal (Penz y Viera, 2000).

Cuadro 1. Etapas o fases de alimentación para pollos de engorda en días de edad.

Línea genética	Iniciador	Crecimiento	Finalizador 1	Finalizador 2
Arbor Acres				
Pollo < 2.25 kg	0 a 21	22 a 37	38 a venta	-----
Hubbard				
Clásico – HI-Y	0 a 7	8 a 16	17 a 40	41 a venta
Ross 2.5 kg	0 a 10	11 a 24	25 a venta	-----
Vedette 2.1 kg	0 a 14	15 a 28	29 a venta	-----
Avian	0 a 21	22 a 35	36 a 42	42 a venta

Fuente: Campabadal y Navarro (1997).



Control: ayuno por 34 horas. Acceso a alimento sólido, alim. semisólido, agua y alimento líquido en < 1 hora después del nacimiento.
 Composición del alimento: Proteína 8% ; CHO 16% ; Grasa 1% ; Fibra 1% ; Cenizas 2% .

Figura 1. Influencia del acceso temprano al alimento sobre el peso vivo de pollos de engorda a los 39 días de edad (Noy y Sklan, 1998).

Los nutrientes básicos requeridos en los alimentos se dividen en 6 grupos, de acuerdo con su función y naturaleza química; carbohidratos, grasas, proteínas, vitaminas, minerales y agua (Ávila, 2001). La calidad de los ingredientes, la forma del alimento y la higiene, afectan directamente la contribución de estos nutrientes básicos (Cuca *et al.*, 1996).

Si la materia prima y los procesos de molienda no son adecuados, o si no hay balance en el perfil nutritivo del alimento, se puede disminuir el desempeño. Como los pollos de engorda son comercializados en un amplio rango de pesos finales, composiciones corporales y estrategias de producción, no es práctico presentar un sólo juego de requerimientos nutricionales. Por lo tanto, cualquier expresión de requerimientos nutricionales debe ser vista solamente, como una guía base, sobre la cual se trabajará. Estas guías tienen que ser ajustadas cuando sea necesario, para adecuarlas a los escenarios específicos de cada productor.

3.1.6. Alternativas de fuentes concentradas de energía

Bajo los métodos modernos de manejo animal los alimentos concentrados en energía son necesarios. Las grasas y los aceites representan una importante fuente para inclusión en las dietas del pollo de engorda como ingredientes energéticos (Huyghebaert *et al.*, 1988; Wiseman *et al.*, 1991).

La grasa es una fuente indispensable en la composición de dietas altas en energía, además mejora la textura de las mismas. Aproximadamente el 1% de la grasa corporal total es requerida para un funcionamiento normal de las aves. Exceso o poca grasa corporal interfiere con la función reproductiva y en la etiología de varios síndromes que afectan desfavorablemente la producción avícola (Huyghebaert *et al.*, 1988; Cherry, 1989).

Actualmente en los Estados Unidos de Norteamérica se reciclan más de 25 millones de toneladas de subproductos de origen animal al año, debido a que solamente alrededor del 50% del peso de una res, 60% del cerdo, 72% del pollo y 78% del pavo terminan en carne para consumo humano (NRA, 1997; CANACINTRA, 2001). Sin la industria recicladora, los subproductos de origen animal, se irían a un relleno sanitario y siendo estos altamente perecederos se descompondrían y contaminarían la tierra y agua con microorganismos patógenos. La industria del reciclaje de subproductos animal hace posible el procesamiento

de éstos para convertirlos en productos útiles con valor agregado, tales como sebo, grasa y proteínas de origen animal (NRA, 1997).

3. 2. PROPIEDADES DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL POLLO

3.2.1. Generalidades del sistema digestivo

La función del sistema digestivo es transformar los nutrientes de los ingredientes en compuestos que puedan ser absorbidos y usados por las aves (Cuca *et al.*, 1996). El proceso por el cual los nutrimentos son ingeridos y digeridos en el organismo resulta importante para entender como las aves utilizan el alimento en su desarrollo (Figura 2).

La digestión es un proceso universal en los animales, cuya finalidad es la transformación de los alimentos en sus componentes más elementales, los cuales aportan la materia y la energía necesarias para el desarrollo y mantenimiento del organismo que pueden ser utilizados en el metabolismo. El proceso químico de la digestión energética es principalmente de hidrólisis, que consiste en el rompimiento de las moléculas grandes mediante la introducción de agua entre las ligaduras de los átomos. De esta manera cada molécula de gran tamaño es reducida gradualmente a moléculas más pequeñas. Cada reacción de hidrólisis es catalizada o puesta en marcha por una enzima. Las enzimas facilitan la reacción del agua con una ligadura específica de los alimentos y requieren condiciones especiales de temperatura y pH. Estas condiciones se presentan en las diferentes partes del aparato digestivo (Laguna, 1986).

El aparato digestivo es fundamental para el mantenimiento de las funciones metabólicas, pues es el medio indispensable para que ingresen en los animales los principios inmediatos necesarios para el desarrollo de los tejidos y demás funciones de importancia zootécnica. En general puede decirse que las funciones de nutrición son las que sostienen al individuo proporcionándoles los elementos suficientes para que produzcan carne y huevos (Cuca *et al.*, 1996).

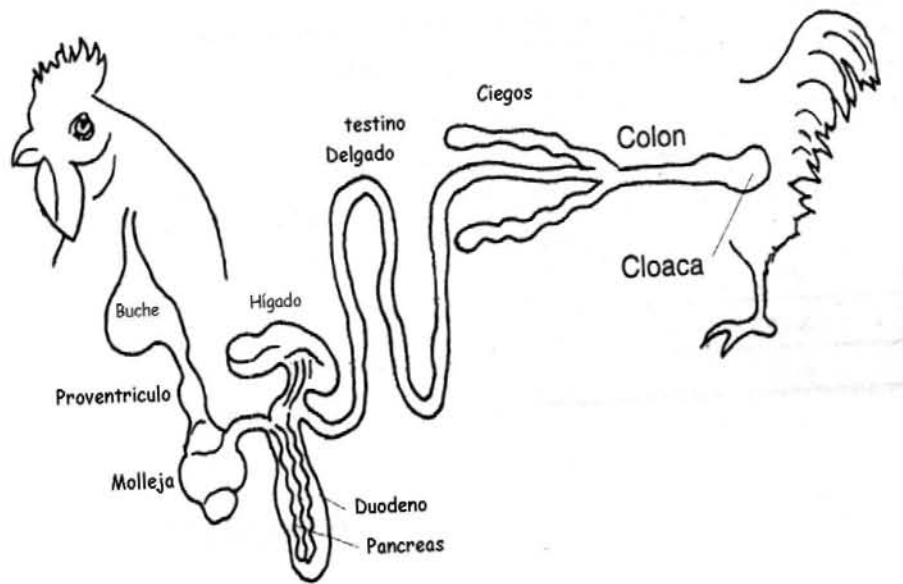


Figura 2. Órganos y estructura del tracto digestivo del ave.

3.2.2. Función y longitud sistema digestivo

En el intestino delgado tienen lugar dos importantes funciones, la secreción del jugo intestinal por las glándulas de Lieberkuhn y la absorción mediante las vellosidades intestinales que tiene un capilar linfático y una intrincada red de capilares sanguíneos para la absorción de los principios nutritivos. En el intestino delgado ocurre la mayor digestión y absorción a través de las vellosidades intestinales (Cuca *et al.*, 1996).

Algunos procesos de digestión pueden continuar en el intestino grueso, cualquier proceso de la digestión es continuación del iniciado en el intestino delgado (Mack, 1986).

La longitud y el peso del intestino (duodeno, yeyuno, ileon), hígado, páncreas, molleja y proventrículo aumentan significativamente la primera semana de vida, teniendo cada órgano un modelo de crecimiento propio. Páncreas, duodeno y yeyuno se desarrollan, en proporción, más rápidamente que el hígado y el ileon (Cuadro 2). De manera general, el desarrollo del aparato digestivo es mucho más rápido que el del resto del organismo llegando a un pico alrededor del sexto día de edad (Uni *et al.*, 1999; Sklan, 2001).

El intestino delgado en los pollos es relativamente más corto comparado con otras especies, aún cuando hay variación en longitud dependiendo de la edad, en pollos de 20 días es de 48 cm y en aves adultas, hasta 120 cm. El epitelio generalmente consiste de simples células columnares de absorción, con muchas células caliciformes que secretan mucus. El intestino delgado es el sitio principal de la digestión química, ya que involucra enzimas de origen pancreático e intestinal como; aminopeptidasas, amilasas, maltasas e invertasas (Cuca *et al.*, 1996). Las enzimas presentes en los adultos, no se encuentran en los pollitos antes del sexto día de edad (Sturkie, 1981).

Los procesos digestivos en las aves son bastantes rápidos en comparación con los otros animales. Al cabo de dos horas y media desde que el alimento abandona el buche pueden producirse ya algunas deyecciones, lo que indica que en tan corto tiempo algunos principios nutritivos han sido completamente digeridos (Cuca *et al.*, 1996).

Cuadro 2. Longitud del sistema digestivo del ave.

	20 Días (cm)	18 Meses (cm)	Crecimiento (%)
Total sistema digestivo	85	210	247
Pico a ventrículo	11.5	35	304
Asa Duodenal	12	20	167
Yeyuno e Ileon	49	120	245
Ciego	5	17.5	350
Colon – Cloaca	4	11.25	281

Fuente: Castello *et al.* (1989).

Sin embargo, desde el momento en que la gallina ingiere el alimento hasta que aparecen las primeras excretas, suelen pasar algo más de tres horas; en pollitos es de dos horas aunque, como puede comprenderse, que existe una dependencia en parte del propio individuo y también de la naturaleza de la ración suministrada. Cuando hay contenido en el buche en el momento de la ingestión, las primeras heces aparecen en la gallina pasada unas cinco horas. Debe entenderse, sin embargo, que no todo el alimento queda digerido en este tiempo, ya que una parte suelen permanecer en el buche hasta 16 horas. El tiempo normal para que se termine completamente la digestión es aproximadamente de 14 horas, con variaciones que en la práctica van de las 10 a las 18 horas (Castello *et al.*, 1989).

3.2.3. Importancia del saco vitelino

Todas las substancias que constituyen la yema son retenidas en el saco vitelino. En el embrión son absorbidas directamente por la membrana del saco vitelino por fagocitosis no específica (Krogdahl, 1985), también por el epitelio del saco vitelino o por la mucosa intestinal, siendo esta última la menos importante de las tres (Krogdahl, 1985).

El saco vitelino pesa aproximadamente 8 g, y el 25% de su contenido consiste en lípidos. Noy y Sklan (1997) indican que el porcentaje de lípidos cuando el pollito sale del cascarón es del 50%. El vitelo es utilizado rápidamente durante los primeros 3 a 5 días de edad y representa un aporte de nutrientes fundamental 48 horas post eclosión (Vieira, 1996). Murakami *et al.* (1988) demostraron que los primeros 3 días de edad del pollo el saco vitelino es responsable del 29% de la energía y del 45% de los lípidos totales requeridos por el. Sin embargo, no debe considerarse como fuente primaria de energía, siendo indispensable el consumo de alimento (Dibner *et al.*, 1998).

Parte de las proteínas contenidas en el saco vitelino consisten en anticuerpos maternos los cuales son importantes en la inmunidad pasiva en el pollo (Dibner *et al.*, 1998). Los lípidos, además de su función estructural como componente de la membrana celular, favorecen la respuesta inmune. Li *et al.* (1998) demostraron que las IgG en el saco vitelino continuamente son absorbida por el embrión durante la incubación hasta dos días después que el pollito sale del cascaron.

Aunque el saco vitelino provee de nutrientes a los pollitos durante sus primeras horas de vida, es la estimulación del consumo de alimento sólido el que participará en este periodo para los principales cambios en la estructura física del sistema digestivo y sus secreciones esenciales para la digestión de nutrientes (Newy *et al.*, 1970; Michael y Hodges, 1973; Baranyiová y Holman, 1976).

3.2.4. Alimentación del pollito en los primeros días de edad

En los primeros días de edad del pollito pasa de una alimentación a partir del vitelo (lípidos y proteínas), a una alimentación exógena, cuya fuente energética principal son los carbohidratos. Los estudios realizados por Dibner *et al.* (1998) probando diferentes combinaciones de nutrientes los primeros días de vida, obtuvieron los mejores resultados con dietas compuestas de un 50% de proteínas y un 50% de carbohidratos sin aporte de lípidos. Como ya se ha mencionado la producción de lipasa y de sales biliares es limitada en el pollito recién eclosionado.

Evidentemente, las dietas de inicio con 3100 a 3200 kcal/kg de EM como sugieren las empresas de genética en sus guías de manejo, no parecen estar muy acorde con la fisiología propia del pollito. En la literatura existen numerosos trabajos sobre la bondad de diversos suplementos nutricionales empleados las primeras 24 a 48 horas, para evitar el retraso en el desarrollo del sistema digestivo (morfología, estructura, secreciones enzimáticas, sistema inmunitario, microbiano) y aprovechar este precoz desarrollo para optimizar la producción (Noy y Sklan, 1998). El peso a los siete días se correlaciona altamente con el peso al sacrificio, aspecto que no es considerado por los proveedores del material.

El ayuno por 24 a 48 h influye en el número de células satélites y la miogénesis que van a dar lugar posteriormente al desarrollo muscular (% pechuga). Sin embargo, la vía por la que se produce este efecto, no está clara todavía. Por otro lado, los trabajos de Noy y Sklan (1998) ayunando pollitos 48 horas obtienen cambios importantes en la morfología y estructura intestinal, dichos cambios observados fueron una disminución en el peso vivo (-10 g) menor número y longitud de vellosidades y de su superficie y longitud de las mismas, comparado con aquellos que fueron alimentados (+11 g) y mayor número y longitud de vellosidades.

Un pollito puede tardar entre 10 y 60 h en recibir su primer alimento desde la eclosión, esta variación es atribuida a diferentes factores, destacando la distancia de la incubadora a la granja. Un retraso de 36 horas en el suministro de la dieta, produce una pérdida de peso a los 42 días de 100 a 200 g. Asimismo, el peso de la bolsa de Fabricio y la secreción de IgA se ven disminuidos por el ayuno de 36 horas.

La alimentación precoz produce, en relación al ayuno de 36 h, un incremento de la secreción enzimática, una más rápida reabsorción del vítelo y desarrollo morfométrico del intestino delgado, quedando reflejado en el crecimiento del pollo.

Por lo anteriormente mencionado, se manifiesta la importancia de realizar una rápida transición del vítelo a la alimentación exógena y que ésta se ajuste al máximo a las características fisiológicas del sistema digestivo del pollito los primeros días.

3.2.5. Desarrollo vellosidades y criptas

La altura de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas se incrementan rápidamente tras la eclosión, alcanzando un máximo a los 4 a 6 días en duodeno y a los 10 días en yeyuno e ileon (Figura 3), aumentando así la capacidad de absorción de nutrientes, además de la puesta en marcha de sistemas activos de transporte a través de la membrana. De esta forma, la capacidad de absorción del duodeno y yeyuno va aumentando con la edad. El intestino grueso es histológicamente similar al intestino delgado, excepto que las vellosidades son más cortas (Cuca *et al.*, 1996).

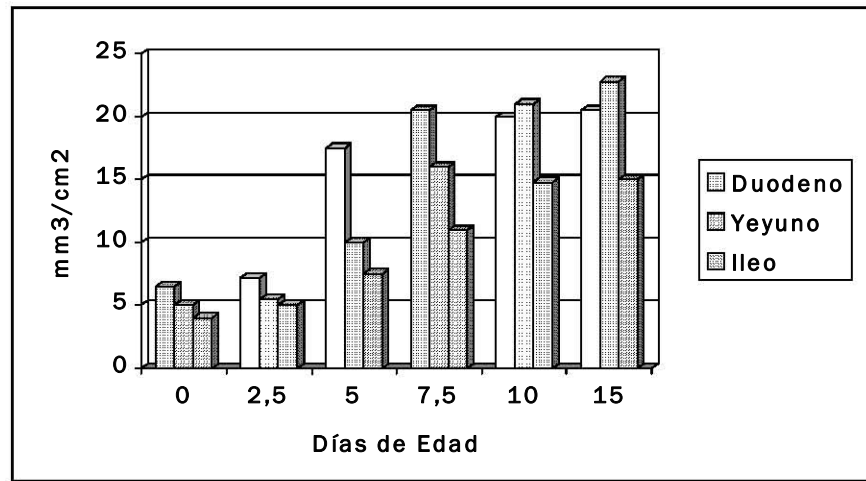


Figura 3. Volumen de vellosidades intestinales de diferentes secciones del intestino en el pollo de engorda (Noy y Sklan, 1998).

3.2.6. Fuente de energía y desarrollo del sistema digestivo

Ruthing y Meckling-Gill (2002) demostraron en un modelo intestinal IEC-6, que la restitución epitelial es estimulada por ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-6 y n-3. La restitución modulada por el ácido graso (AG) n-6 parece ser mediada por la producción de productos de eicosanoides; la suplementación con ácido docosapentaenoico mejoró significativamente el proceso de restitución. La adición de AG n-3 eleva la producción del factor del crecimiento β -1 y puede ser responsable para la estimulación de la restitución mediada por n-3. La liberación de AG de la posición sn-2 de fosfolípidos parece ser necesaria tanto para AGPI n-6 y n-3 en la estimulación de la restitución.

López-Pedrosa *et al.* (1999) estudiaron cómo la dieta que contenía AGPI de cadena larga (AGPI-CL) de la serie n-6 y n-3 afecta positivamente el crecimiento de las vellosidades del intestinal después de una severa malnutrición. Los intestinos delgados de las aves que recibieron un suplemento con AGPI-CL, recuperaron más rápido el número y tamaño de las vellosidades (lesiones histológicas) y alteraciones bioquímicas causadas por el proceso de malnutrición comparado con aquellos que no recibieron el suplemento de AGPI-CL.

3.2.7. Utilización de las fuentes de energía

En los primeros días de vida del pollito, existen limitaciones anatómicas, fisiológicas y bioquímicas para una completa digestión y absorción de las fuentes concentradas de energía, siendo la primer limitante que el pollito al nacer no tiene la capacidad de incrementar la producción de sales biliares (Serafin y Nesheim, 1970); se ha demostrado que la secreción de lipasa, esta influenciada por la presencia de lípidos en la dieta.

Krogdahl (1985) reportó un incremento en 10 veces de esta enzima desde el día 2 al 56 de edad, cuando los pollos recibieron una dieta con alta concentración de aceite en comparación con los animales alimentados con una ración conteniendo una baja concentración de lípidos. Katongole y March (1980), demostraron que la concentración de ácidos grasos unidos a proteínas es baja en el intestino del pollito al nacer y ésta incrementa hasta que el pollito alcanza las 5 semanas de edad.

Existen diferencias en el aprovechamiento de las distintas fuentes de energía; por ejemplo, la capacidad para utilización la energía metabolizable del sebo aumenta con la edad, en

pollos de 2 a 8 semanas de edad; sin embargo, esta situación no ocurre cuando se utiliza manteca (Renner y Hill, 1960). Carew *et al.* (1972) identificaron un incremento en la absorción entre el día 2 y 5 de edad cuando el sebo y aceite de maíz fueron incorporados en las dietas. Sell *et al.* (1986) encontraron que la digestibilidad de sebo y de una mezcla de aceites vegetales fue de 66.4% y 83.7% en pavipollos de 2 semanas de edad y de 90.8% y 96.5% en pollos de engorde de 8 semanas de edad.

La digestibilidad de las grasas aumenta significativamente con la edad de los pollos Petersen (1971) citado por Krogdahl (1985), sugiere la siguiente ecuación:

$$D = 60.0 + 4.0 A - 0.07 A^2 \quad r = 0.81$$

Donde:

D= digestibilidad de la grasa.

A= edad de los animales en semanas.

Como se aprecia en la ecuación, la digestibilidad es muy baja en la primera semanas de edad, independientemente de que la grasa no digerida va a permanecer en el sistema digestivo y puede oxidarse en el alimento o en el lumen intestinal, y provocar problemas, los peróxidos son producidos por la rancidez oxidativa de los lípidos y comprometen la integridad anatómica del sistema digestivo y de las células en general, así como la disponibilidad de otros nutrientes como son las vitaminas liposolubles. También representa una fuente de energía para los microorganismos presentes en el intestino, o bien se puede presentar un cuadro clínico de esteatorrea (Krogdahl, 1985).

La relación triglicéridos: ácidos grasos libres también afecta la digestibilidad de los lípidos en las aves jóvenes. En la medida que exista una mayor cantidad de ácidos grasos libres en la dieta, la digestibilidad de los lípidos es menor. Wiseman y Salvador (1991) demostraron que los ácidos grasos libres alteran la digestibilidad de los lípidos, y su efecto era más marcado cuando la fuente de lípidos era sebo y aceite de palma en comparación con el aceite de soya. Aparentemente la falta de monoglicéridos en el lumen intestinal reduce la

digestibilidad de los lípidos en este periodo de vida de los pollitos (Wiseman y Salvador, 1991).

En términos de actividad digestiva enzimática en aves, la mucosa del intestino delgado es inmadura al nacimiento y durante los primeros 7 a 10 días de vida, la actividad de la lipasa y la secreción de sales biliares no es adecuada para una digestión suficiente de las grasas/aceites, el problema es mayor cuando se incluyen ácidos grasos saturados (Cherry, 1989). La utilización de los ácidos grasos saturados así como, la energía metabolizable aparente de las grasas puede ser incrementada por la presencia de los ácidos grasos insaturados en una mezcla de grasas (Young, 1961).

Li *et al.* (1990) demostraron que la combinación en la dieta de aceite de coco y soya más un 10% de grasa a la segunda semana de edad y un 5% a la tercera semana tuvieron una mejor ganancia de peso y conversión alimenticia. La longitud de las vellosidades fue significativamente mayor, comparada con los animales que solamente recibieron aceite de coco o aceite de soya y sin grasa.

3. 3. PROPIEDADES DEL SISTEMA INMUNE DEL POLLO

3.3.1. Generalidades del sistema inmune

El sistema inmune está conformado por múltiples poblaciones y subpoblaciones celulares con funciones bien diferentes, pero que trabajan en conjunto para mantener al organismo libre de agentes extraños (Tizard, 2002). El término inmunidad es derivado de la palabra en latín “inmunitas” acuñada desde el siglo V a. C. en el imperio romano dentro del cual los senadores de esa época contaban con “inmunidad” (protección total) por parte del emperador. Por lo tanto el sistema inmune, tiene como función principal la protección contra agentes externos infecciosos, los cuales pueden ser de origen bacteriano, parasitario o viral.

3.3.2. Células que forman el sistema inmune

La respuesta inmune a un agente infeccioso, es una suma de todos los subsistemas inmunes trabajando simultáneamente para generar diferentes tipos de barreras que bloquean al agente infeccioso. De una manera simplificada (Tizard, 2002) la estructura del sistema inmune puede representarse por las diferentes respuestas y poblaciones de células que lo componen (Cuadro 3).

Estos mecanismos se clasifican como:

Respuesta inmune innata o inespecífica: como la piel, mucosas, enzimas de los tejidos, fagocitosis, sistema de complemento e interferón.

Respuesta inmune específica: se caracteriza por ser especializada y tener memoria.

Cuando un agente infeccioso invade el organismo del ave, el que se desarrolle o no la enfermedad dependerá de la capacidad del sistema inmune para neutralizarlo. Los agentes infecciosos a su vez desarrollan mecanismos para evadir la acción del sistema inmune, por ejemplo alterando la integridad y funcionalidad de los componentes o de las células generadoras de la respuesta. Los agentes infecciosos que causan inmunosupresión consiguen protegerse para replicarse y/o para establecerse dentro del organismo del ave en forma permanente. Adicionalmente el ave afectada queda con una capacidad de respuesta disminuida hacia otro tipo de infecciones.

Aproximadamente el 75% de las células inmunitarias del ave están localizadas en el intestino delgado, asociadas al tejido linfoide. En las aves, bolsa de Fabricio y timo, son los órganos linfoides primarios; en tanto el bazo divertículo de Meckel, glándula de Arderían y placas de Peyer son los secundarios. A la eclosión, el sistema inmunitario es inmaduro y evoluciona más lentamente que el sistema digestivo, por lo que durante la primera semana de vida, el pollito depende en gran medida del ambiente en que se encuentra. La presión genética sobre la velocidad de crecimiento, tiene un impacto negativo sobre el sistema inmunitario como consecuencia la capacidad de producir anticuerpos se hace menor en el transcurso de generaciones sucesivas.

3.3.3. Fuente de energía e inmunidad

Mucho del interés en nutrientes con relación a inmunidad, han sido enfocados a dietas con AGPI y particularmente sobre los AG n-3 sobre la respuesta inmune de animales y humanos (Wang *et al.*, 2000), ya que los AG n-3 son esenciales para el crecimiento y desarrollo normal y pueden jugar un papel importante en la prevención y tratamiento de enfermedades arterio-coronarias, hipertensión, diabetes, artritis, y otros desórdenes inflamatorios y autoinmunes, incluso en cáncer (Simopoulos, 2000; Calder, 2001).

Dos clases principales de AGPI inmunomoduladores pueden ser distinguidas: los AG n-6 y n-3. El principal precursor de los AGPI n-6 es el ácido linoleico (AL; 18:2n-6) mientras que el principal precursor de los AGPI n-3 es el ácido alfa-linolénico (AALN; 18:3n-3) (Simopoulos, 2000; Sijben *et al.*, 2001).

Los AG n-6 están presentes en aceites provenientes de semilla de girasol, soya, maíz, y cártamo (Sijben *et al.*, 2001). Mientras que los AG n-3 se encuentran principalmente en la grasa de alimentos como carne animal, pollo, huevos, pescado, aceite de soya, aceite de canola, y aceite de linaza (Lewis *et al.*, 2000; Simopoulos, 2000).

En el tejido animal el AGPI n-6 AL es convertido a ácido araquidónico (AA) y el AALN es el precursor para la producción de los inmunorreguladores eicosanoides (ácido eicosapentaenoico AEP; 20:5n-3 y ácido docosahexaenoico ADH; 22:6n-3), tales como prostaglandinas, tromboxanos, y leucotrienos (Sijben *et al.*, 2000).

Cuadro 3. Algunas de las acciones más importantes del sistema inmune.

	Nombre	Respuesta	Descripción de la acción	Células generadoras
Respuesta específica	Humoral específica	Producción de inmunoglobulinas específicas	Marcar o bloquear estructuras del agente infeccioso	Plasmocitos, derivados de los linfocitos B
	Celular específica	Destrucción de células infecciosas	Reconocimiento de la estructura normal o anormal de la membrana celular	Linfocitos T citotóxicos
Respuestas no específicas	Fagocitosis	Engolfamiento y procesamiento de agentes extraños	Digestión del agente y presentación de antígenos a las otras células del sistema inmune	Macrófagos
	Complemento	Destrucción de agentes infecciosos y de células infectadas	Cascada de reacciones químicas	Monocitos, macrófagos, células asesinas naturales
	Regulación (ayudadoras supresoras)	Liberación de citokinas	Linfocitos T reguladores	Activación y modulación del complemento de otras células

Fuente: Tizard (2002).

La ruta metabólica de los AG n-6 y n-3 a eicosanoides, es caracterizada por la competencia por el sitio de unión de las enzimas desaturasa y elongasa y en el último estado de síntesis de eicosanoides, ciclooxigenasa y lipoxigenasa (Sijben *et al.*, 2000). Los eicosanoides derivados de los AG n-6 poseen propiedades opositoras a las derivadas de los AG n-3, debido principalmente al reemplazamiento parcial de AA en la membrana celular por AEP. Lo anterior permite decrecer la producción de mediadores derivados de AA, resultando en la alteración de la función de los linfocitos y la supresión en la producción de citocinas proinflamatorias por macrófagos. Por lo tanto un balance entre n-6 y n-3 es esencial para la salud (Calder, 1997; Simopoulos, 2000; Calder, 2001; Sijben *et al.*, 2001).

Los AGPI inducen las acciones inmunomodulatorias después de su incorporación al tejido linfóide y su composición en la bolsa de Fabricio, timo y medula ósea es determinado por la dieta (Sijben *et al.*, 2000). También ha sido reportado que las ratas o ratones alimentados con niveles altos de AGPI n-3, AEP, ADH resulta en una marcada supresión de la proliferación *in vitro* de linfocitos en el bazo, timo, nódulos linfoides, y en sangre periférica (Wang *et al.*, 2000). Sin embargo, Kastel *et al.* (1999) demostraron en cobayos un mejoramiento en el aumento ($P < 0.05$) del valor absoluto de monocitos en sangre periférica, como en la actividad metabólica de los fagocitos y el número de la población de linfocitos fue visiblemente mayor. Otro aspecto importante que encontraron fue el incremento ($P < 0.05$) del factor de crecimiento β -1 debido principalmente a que AGPI n-3 interfiere con la síntesis de prostaglandinas y la influencia de los ácidos grasos sobre el metabolismo. La respuesta inmune humoral es otro aspecto importante de la inmunidad y puede ser apreciado midiendo la producción de anticuerpos y su actividad (Wang *et al.*, 2000).

Fritsche *et al.* (1991a) concluyeron que la fuente de grasa tiene un impacto significativo sobre la respuesta inmune en pollos. Estos mismos autores (1991b) midieron el efecto de la composición de los AG de diferentes fuentes de grasa sobre las células inmunes del pollo indicando sus resultados que la composición de los AG en el suero y tejido inmune del pollo reflejan la grasa en la dieta. El contenido relativo de AGPI-CL varia considerablemente entre tejidos inmune, bazo, bolsa de Fabricio y timo (Fritsche *et al.*, 1991a; Kaku *et al.*, 2001).

Wang *et al.* (2000) mostraron el efecto de la fuente de grasa sobre la respuesta inmune en gallinas alimentadas con el 5% de aceite de linaza y aceite de pescado en la dieta elevó la proporción de inmunoglobulinas M (IgM) más los linfocitos en el bazo, sin embargo el aceite de pescado solamente incremento la concentración de la IgG en el suero. Además el crecimiento del timo, bazo, y bolsa de Fabricio fue impactado significativamente por la cantidad de AGPI en la dieta y la proporción de AG n-6 y n-3, y los componentes de los AG n-3. Por otra parte, los mismos autores mencionan que los resultados contradictorios obtenidos en estudios con mamíferos sobre el efecto con dietas de AGPI n-6 y n-3 con relación a la producción de anticuerpos (Ac) y la población de células inmunes (CD8⁺, linfocitos T) puede ser debido a las diferentes especies animales, dieta basal, cantidad de grasa, proporción entre n-6 y n-3, diferentes AG n-3 usados para los estudios.

Sijben *et al.* (2001) concluyen que son varios los factores que afectan la respuesta de los Ac; primero, la interacción entre AGPI n-6 y n-3 es más importante que el efecto individual de n-6 y n-3; segundo, la acción de la dieta con AGPI fue diferente entre antígenos de naturaleza distinta; tercero, fue la naturaleza del efecto del antígeno cuando la dieta con AGPI ejerce su acción y la persistencia de estos efectos.

3. 4. ENFERMEDAD INFECCIOSA DE LA BURSA

3.4.1. Generalidades

La enfermedad infecciosa de la bolsa de Fabricio (IBF), es una virosis aguda altamente contagiosa que afecta a pollos jóvenes. La denominación de Gumboro procede del nombre de una pequeña ciudad en la península de Delmarva (USA), al sur de New Jersey, donde la enfermedad se observó por primera vez en pollos de engorda.

Las células linfoides son las células blancas primarias y el tejido linfoide de la bursa cloacal es la más severamente afectada. La atrofia e inhibición que provoca en la bolsa de Fabricio, deja al organismo indefenso frente a las infecciones.

El virus es citolítico y se replica en los linfocitos B, especialmente de la bolsa de Fabricio. Si la infección ocurre a una edad temprana, destruirá la matriz de linfocitos B aún en maduración en la bursa. Las aves afectadas carecerán entonces de un adecuado suministro de células para el establecimiento de poblaciones linfocitarias periféricas. El resultado es la disminución de células productoras de inmunoglobulinas.

Las infecciones tempranas ocurren cuando las poblaciones linfocitarias periféricas aún no se han establecido, por esto, cuanto más temprano ocurra la infección, más severo y permanente será el daño a la capacidad de producción de inmunoglobulinas.

3.4.2. Epizootiología

Cosgrove la reportó por primera vez en Delaware, Estados Unidos (1962); Correa (México 1965) aisló un agente infeccioso similar a la IBF y en 1969 reprodujo la enfermedad. B. Lucio en 1972 confirmó la enfermedad en México. La enfermedad se encuentra ampliamente difundida en el mundo y su propagación es sumamente rápida entre las aves (Báez, 1994).

Los primeros signos aparecen tres días después de la infección. La morbilidad puede llegar hasta el 80% y una mortalidad muy variable que va del 5 al 30%. Las pérdidas económicas reportadas pueden ser del 20% en una parvada infectada y las subsecuentes pueden ser infectados, atribuida a la contaminación previa en las casetas (Woernle, 1994).

La severidad de la enfermedad depende de la edad, raza, inmunidad materna, condiciones ambientales, virulencia y patogenicidad del virus. Es uno de los virus aviáres más resistentes, en presencia de materia orgánica puede durar hasta años en una granja vacía, además es resistente a desinfectantes comunes y sensibles al formol y compuestos yodado esto puede trabajar en beneficio o no del productor de pollo (Báez, 1994).

3.4.3. Transmisión

A través del agua, alimento, cama y fómites contaminados con heces, y por vectores mecánicos (Báez, 1994).

3.4.4. Patogenia

En las primeras dos semanas de edad, las variantes del virus IBF causan atrofia de la bursa y supresión inmune precoz. El virus se multiplica en células linfoides de la bursa e induce atrofia de este órgano como resultado de necrosis de los linfocitos durante los dos o tres primeros días del brote (Lukert y Saif, 1991; Rosales *et al.*, 1989).

Las cepas clásicas y las cepas muy virulentas (vvIBF) del virus IBF, pueden provocar edema con contenido mucoso de color amarillo y, ocasionalmente, hemorragia de la bursa. Al cuarto o quinto día la bursa entonces disminuye rápidamente hasta un tercio de su tamaño normal los pollitos muestran diarrea acompañada de una intensa deshidratación, llevando a la supresión del sistema inmunitario o, en el caso de las cepas vvIBF, a un porcentaje más alto de mortalidad. Los síntomas incluyen anorexia, incoordinación y depresión. Las aves infectadas se tornan susceptibles a diversos agentes infecciosos, tales como *E. coli*, *Staphylococcus spp.*, *Clostridium spp.* y virus respiratorios, inclusive a las vacunas vivas respiratorias (reacción vacunal rodante). El cuadro clínico y el efecto de la supresión inmune pueden ser agravados por infecciones concomitantes por el virus de la anemia infecciosa aviar. A la necropsia destacan los depósitos de ácido úrico en los riñones y el gran aumento que experimenta la bolsa de Fabricio, recubriendo la cloaca. En los animales sobrevivientes existe lesión de la bolsa de Fabricio (Báez, 1994).

3. 5. CLASIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD INFECCIOSA DE LA BURSA

3.5.1. Aspectos básicos

El virus de Gumboro se clasifica (Cardoso y Morales, 2000) de acuerdo a:

Variación antigénica; determinada por anticuerpos monoclonales hay virus clásicos y virus variantes.

Patogenicidad; determinada por la virulencia o capacidad de desarrollar Gumboro clínico (virus poco virulentos y muy virulentos).

Clasificación molecular; ayuda a conocer el origen y la relación entre diferentes aislamientos virales, sin embargo desde el punto de vista práctico en el control de la enfermedad, no tiene función.

Los virus clásicos pueden ser desde muy suaves como el virus vacunal cepa Lukert, pasando por virus intermedios, a virus muy virulentos altamente patogénicos, causando la muerte del pollito en pocas horas.

3.5.2. Edad de susceptibilidad y desarrollo de la protección

Mientras más joven el pollito, más susceptible es a la infección por el virus de Gumboro. Después de la vacunación con una cepa intermedia, se requieren aproximadamente 5 días para el desarrollo de una protección más concreta, aunque a los 3 días ya hay alguna protección.

Normalmente el pollito promedio tiene 6.3×10^{14} IgM/ml de sangre y 8.4×10^{15} IgG/ml de sangre. El título promedio de vacuna de Gumboro es de 10^4 que representa solamente 10,000 partículas virales activas por dosis, es decir, la cantidad de anticuerpos requerida para neutralizar los virus no es suficiente para determinar una caída en el título de anticuerpos maternos. Cuando se hace el monitoreo de pollitos con el mismo título, vacunados o no, no hay diferencia significativa en el descenso de los títulos. El beneficio de la vacunación al día de edad esta en que cuando pollitos sin protección de anticuerpos maternos son vacunados al primer día de edad, ellos estarán protegidos contra el desafío. De la misma manera que los virus de campo necesitan las células blanco para infectar el pollito, el virus vacunal vivo infecta los mismos linfocitos inmaduros. Sin la infección no

habrá un reconocimiento del tejido de una presencia de antígeno y consecuentemente la producción de inmunidad humoral y celular. Lo importante aquí no es tanto la producción de anticuerpos, sino la "infección" de la bursa por virus vacunales (Cardoso y Morales, 2000).

La producción de anticuerpos por parte de los pollitos va a ser más alta mientras más virulento es el virus, fácilmente infectando la célula, por lo tanto cepas vacunales más fuertes tienen la capacidad de producir una protección más rápida, pero las lesiones también son más severas. Una cepa fuerte puede producir una enfermedad de Gumboro subclínica o hasta clínica con alta mortalidad si los pollitos no están protegidos por anticuerpos maternos. Cuando se vacuna con cepas suaves la respuesta por anticuerpos es muy baja, comparada con una respuesta por infección de campo (Cardoso y Morales, 2000).

3.5.3. Monitoreo serológico

La serología para pollos se utiliza normalmente para conocer los niveles de anticuerpos maternos, conocer el estatus sanitario, monitorear programas de vacunación y como complemento del diagnóstico ante la sospecha de un brote (Cardoso y Morales, 2000).

Los títulos de anticuerpos que normalmente se encuentran en pollos de engorda después de la vacunación se presenta en la Figura 4.

Lo ideal es que los títulos tengan un coeficiente de variación bajo, tanto en anticuerpos maternos, que facilita el desarrollo de un plan vacunal, como en el final, que indica una buena cobertura vacunal.

Al momento de interpretar las pruebas serológicas y los resultados de la vacunación se deben considerar dos aspectos básicos:

- 1.- La vacuna sirve para prevenir la enfermedad evitando que el agente patógeno induzca el desarrollo de signos con la consecuente pérdida de la salud y rendimiento de los animales. Sin embargo la vacuna no impide la infección. Por eso, cuando hay positividad serológica, el significado es que hubo una infección, pero si no hay pérdidas, es que la vacuna y el programa de vacunación están cumpliendo su papel.

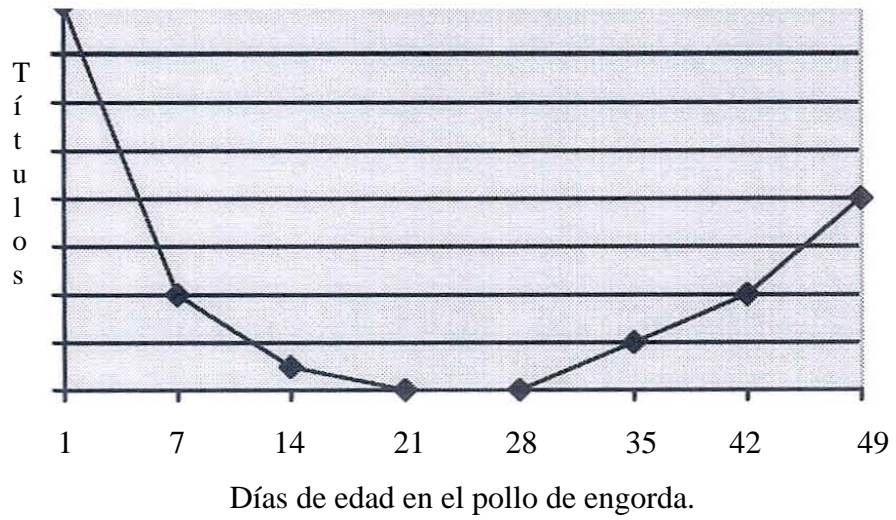


Figura 4. Curva de títulos de anticuerpos maternos contra infección de la bolsa de Fabricio en pollos de engorda (Cardoso y Morales, 2000).

2.- Debido a que la población de las aves es grande y se presenta contacto permanente entre ellas, es necesario que los cuidados en el proceso de la vacunación sean extremos, buscando la mayor cobertura posible. Aves que queden sin vacunar pueden enfermarse convirtiéndose en fuente de infección para las aves vacunadas, con la consecuente mortalidad de un porcentaje del lote e infección de las demás aves en producción.

La manipulación en el consumo de las grasas, la cantidad absoluta o la proporción entre ácidos grasos individuales o la clase de éstos son críticas en la determinación del efecto del desarrollo del sistema digestivo y la respuesta inmune; aunado a lo anterior las investigaciones sobre los efectos de dietas con ácidos grasos sobre el sistema digestivo y la respuesta inmune en pollos de engorda son relativamente limitadas.

Por las razones anteriormente presentadas es necesario realizar investigaciones aplicadas al uso alternativo de fuentes de energía en climas cálidos, con mira a hacer más eficiente la alimentación, producción y productividad avícola de forma integral involucrando sistemas intrínsecos, básicamente el digestivo e inmunológico, en edad temprana. Partiendo de igual forma de las escasas investigaciones realizadas en el trópico sobre el tema planteado, donde el modelo productivo, genético y materiales se importan de países desarrollados predominantemente de clima templado.

IV MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en tres fases:

4. 1. EXPERIMENTO 1.- EVALUAR LA LONGITUD DE VELLOSIDADES DEL INTESTINO DELGADO (DUODENO, YEYUNO E ILEON), ÍNDICE DEL DIÁMETRO DE LA BURSA CON RESPECTO AL PESO CORPORAL, TÍTULOS DE ANTICUERPOS CONTRA IBF, CONCENTRACIONES DE IgG E IgA, EN POLLOS DE ENGORDA A LOS 11 Y 21 DÍAS DE EDAD ALIMENTADOS CON UNA DIETA INICIADOR INCLUYENDO COMO FUENTE ENERGÉTICA UNA COMBINACIÓN DE GRASA DE CERDO Y BOVINO, COMBINACIÓN DE GRASA ANIMAL Y ACEITE VEGETAL, Y DEL ACEITE DE SOYA CRUDO EN DOS NIVELES DE EM (3000 Y 3200 KCAL/KG), VACUNADOS O NO CONTRA LA IBF.

4.1.1. Ubicación estudio

Se realizó en la granja de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán (FMVZ-UADY) ubicada en la ex-hacienda X`matkuil, municipio de Mérida, Estado de Yucatán a 20° 58' N 89°36' O, a una altura de 9 msnm correspondiendo el clima al tipo Aw₀ que se caracteriza por ser el más seco de los climas cálidos, sub-húmedos de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973), con una temperatura anual entre 21.0 y 33.8°C (Itza *et al.*, 2006). La caseta avícola experimental es de ambiente natural con piso de cemento, contando con 48 lotes de 1 x 1 m, equipados con un comedero de tolva de 45 cm de diámetro, un bebedero iniciador de 25 cm de diámetro y un bebedero de niple tipo val. Cada lote experimental recibió calor artificial con criadoras de gas modelo DYC-50.

4.1.2. Distribución pollitos

Se utilizaron 480 pollitos machos de la estirpe Hubbard provenientes del mismo lote de reproductora y máquina incubadora desde el día 0 hasta los 21 días de edad, distribuidos de forma aleatoria en doce tratamientos con cuatro repeticiones de diez pollos cada uno, manteniendo una densidad de población inicial de 10 aves/m² (Cuadro 4).

4.1.3. Alimento experimental

Se evaluaron tres diferentes fuentes concentradas de energía, bajo dos distintos niveles de EM (3000 y 3200 kcal/kg).

Las fuentes energéticas fueron: A) Aceite crudo de soya (ACS), compuesto por 84.1% de grasas insaturadas, 16.2% de AGS y 0.7 % de ácidos grasos libres (AGL); con 8370 kcal/kg de EM (NRC, 1994). B) Una combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%) (GCB) menos saturada que la grasa per se, para obtener los siguientes perfiles: 56.4% de AGI, 40.17% de AGS y 3.43% de AGL; con un valor de 7997 kcal/kg de EM (NRA, 1993). C) Una combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%) (GAV) proveniente de refinado de grasas y aceites de cocina con 74.83% de AGI, 23.76% de AGS y 1.41% de AGL; siendo por ello menos saturada que la GCB pero más saturada que el ACS, con un valor energético de 8495 kcal/kg de EM (NRA, 1993). El perfil de los ácidos grasos de las fuentes B y C fueron determinados mediante la técnica descrita en la AOAC (1980) por cromatografía de gases usando un cromatógrafo modelo HP 5890 (Cuadro 5).

Las dietas experimentales fueron elaboradas con base en pasta de soya y maíz amarillo en presentación de harina (Cuadro 6). El alimento y agua fueron proporcionados *ad libitum*. El programa de iluminación fue de 24 horas/día los primeros 4 días de vida, continuando con 20 horas/día hasta el final del experimento.

Cuadro 4. Número de aves en los tratamientos de acuerdo al nivel de energía metabolizable y la fuente energética en pollitos alimentados con una dieta iniciador de 0 a 21 días.

Tratamientos	Vacunados		No vacunados	
	EM baja	EM alta	EM baja	EM alta
	3000 kcal/kg	3200 kcal/kg	3000 kcal/kg	3200 kcal/kg
ACS	40	40	40	40
GCB	40	40	40	40
GAV	40	40	40	40

ACS: Aceite crudo de soya.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 5. Contenido de ácidos grasos insaturados y saturados de cadena larga (C18) en las fuentes energéticas (g/100 ml).

	Ácidos Grasos %			
	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
ACS ^a	4.90	28.20	50.20	5.60
GCB ^b	24.03	40.32	10.13	1.05
GAV ^b	3.50	38.76	24.89	2.60

^a NRC, 1994.

^b Analizados por la FMVZ-UADY

ACS: Aceite crudo de soya.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 6. Dietas experimentales y análisis calculado (Experimento 1).

Ingrediente	EM baja 3000 kcal/kg			EM alta 3200 kcal/kg		
	0 a 21 días			0 a 21 días		
Maíz amarillo (8.5%)	492.47	483.30	491.23	445.11	429.36	442.96
Pasta de soya (46%)	405.35	406.73	405.00	414.14	416.41	413.56
ACS*	53.31	-	-	91.91	-	-
GCB**	-	61.10	-	-	105.35	-
GAV***	-	-	54.90	-	-	94.66
Carbonato de calcio (36%)	18.40	18.39	18.40	18.33	18.31	18.33
Ortofosfato de calcio (21% / 18%)	17.51	17.53	17.50	17.62	17.65	17.61
DL-Metionina (99%)	3.51	3.52	3.51	3.54	3.55	3.54
Sal yodatada	3.35	3.35	3.35	3.36	3.36	3.36
Bicarbonato de sodio	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Flavomicina (4%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezcla Minerales****	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Cloruro Colina 60%	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Robenidina 13.2 %, Etopabato 0.10%	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
E.T.Q. (20%)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premezcla Vitaminas*****	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Treonina (98%)	0.23	0.24	0.23	0.29	0.31	0.28
HCl-Lisina (78.5%)	0.17	0.14	0.18	0.00	0.00	0.00
Totales	1000	1000	1000	1000	1000	1000

* ACS: Aceite crudo de soya. ** GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

*** GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

**** Manganeseo 80 g; Zinc 100 g; Hierro 90 g; Cobre 10 g; Yodo 0.70 g; Selenio 0.20 g; Cobalto 0.2 g; Excipiente c.b.p. 750 g

***** Vit A 12,000,000 UI; D₃ 3,000,000; Vit E 50 g; Vit K₃ 5 g; Vit B₁ 3 g; Vit B₂ 6 g; Vit B₆ 6 g; Vit B₁₂ 50 mg; Biotina 300 mg; Ac. Fólico 2 g; Niacina 50 g; Ac. Pantoténico 25 g; Excipiente c.b.p. 250 g

El porcentaje de nutrientes estimado para las dietas experimentales fue: Proteína cruda 23, lisina 1.3, metionina 0.65, metionina + cistina 0.97, treonina 0.82, triptofano 0.27, calcio 1.0, fósforo disponible 0.48 y sodio 0.18%; estableciendo 3000 y 3200 kca/kg de EM para los tratamientos con baja y alta densidad energética.

4.1.4. Manejo de la vacuna

Los pollitos fueron recibidos de la misma incubadora y lote sin vacunar. El grupo con vacuna fue inmunizado en granja a los 12 días de edad contra la infección de la bolsa de Fabricio (IBF- Fort Dodge Bursine[®]- 2, virus vivo, lote 1052405A) en el agua de bebida. Previamente se retiraron los beberos temprano en la mañana por 3 horas y posteriormente, se dio la vacuna, aproximadamente 25 ml/pollito, durante 45 minutos.

4.1.5. Toma, procesamiento y evaluación de muestras

4.1.5.1. Parámetros productivos. A los 21 días de edad se obtuvieron los siguientes parámetros productivos: peso corporal (PC) (g), consumo de alimento (g), conversión alimenticia (consumo de alimento/peso de las aves vivas) (g/g).

4.1.5.2. Toma muestra suero sanguíneo. A los 11 y 21 días de edad se tomaron muestras de sangre a 2 pollitos por réplica para un total de 192 aves. La muestra de sangre se tomó a partir de la vena radial de acuerdo a la NOM-062-ZOO-1999 (<http://www.sagarpa.gob.mx>), con una jeringa de 3 ml y aguja de 23 G x 25 mm, colocándola en un tubo de ensayo de 6.5 ml, dejándola reposar 1 hora a una temperatura ambiental de 32° C. El suero fue separado del coagulo por centrifugación a 2500 rpm por 10 min y congelado a -20° C hasta su análisis (Grajeda y Merino, 2002).

4.1.5.3. Toma muestra bolsa de Fabricio. Los pollitos muestreados fueron pesados y sacrificados por dislocación cervical con base a la NOM-033-ZOO-1995 (<http://www.sagarpa.gob.mx>). A la necropsia se diseccionó la BF para medir el diámetro con un Vernier y con ello obtener la relación diámetro BF:PC de acuerdo a la ecuación $(DBF/PC)*1000$ (modificado de Ismail *et al.*, 1991).

4.1.5.4. Toma de las muestras de las partes del intestino delgado, para la medición de vellosidades. Adicionalmente en los pollitos sacrificados se tomaron muestras del intestino de un segmento transversal, aproximadamente 1.5 centímetros de largo de la parte media del asa descendente del duodeno; un segundo segmento a 1 cm posterior al divertículo de Meckel;

y un tercero en el íleon teniendo como referencia la zona inmediata anterior del inicio de los ciegos. Las muestras destinadas a longitud de vellosidades fueron fijadas y conservadas en formalina neutra al 10%.

4.1.5.5. Toma muestra sección de intestino delgado (lavado intestinal). También, las porciones de intestino destinadas al lavado (duodeno, yeyuno e íleon), tomadas de la zona inmediata a las anteriores y con la misma longitud, fueron conservadas en una solución PBS (0.16 g KH_2PO_4 , 0.54 g Na_2HPO_4 , 8.5 g, NaCl en 1 lt de agua destilada) dentro de un tubo de ensayo de 6.5 ml. Posteriormente se lavaron y exprimieron 3 veces con el mismo PBS del tubo, el contenido intestinal fue centrifugado a 2500 rpm durante 20 minutos, el sobrenadante se conservó, aproximadamente 1 ml, en viales, en congelación (-29°C).

4.1.5.6. Procedimiento de detección títulos de anticuerpos contra IBF. Se inició diluyendo la muestra de suero 1:500 con el diluyente para la muestra tampón. Se dejaron equilibrar los reactivos a temperatura ambiente y luego se agitó por inversión y con un movimiento circular.

- 1.- En una hoja de trabajo se anotó la posición de las muestras que fueron colocadas en la placa recubierta con antígeno de acuerdo a su posición en cada pozo.
- 2.- Se vertieron 100 μl de control negativo NO diluido en los pozos A1 Y A2.
- 3.- Se vertieron 100 μl de control positivo NO diluido en los pozos A3 y A4.
- 4.- Se vertieron 100 μl de muestra diluida en los pozos correspondientes. Todas las muestras se analizaron por duplicado.
- 5.- Se incubaron durante 30 min a temperatura ambiente.
- 6.- Se lavó cada pozo de tres a cinco veces con 350 μl de agua destilada aproximadamente.
- 7.- Se vertieron 100 μl de conjugado (de cabra) anti-pollo:peroxidasa de rábano a cada pozo.
- 8.- Se incubaron durante 30 min a temperatura ambiente.
- 9.- Se repitió el paso 6.

- 10.- Se vertieron 100 µl de la solución de substrato TMB (3,3', 5,5'-tetrametil-bencidina) en cada pozo.
- 11.- Se incubaron durante 15 min a temperatura ambiente.
- 12.- Se vertieron 100 µl de la solución de interrupción en cada pozo para terminar la reacción.
- 13.- Se calibró el lector en blanco con aire.
- 14.- Se midió y se anotaron los valores de absorbancia a 650 nm (IDEXX, Inc., Portland, ME).

4.1.5.7. Procedimiento de la prueba de concentración de IgG e IgA. Las muestras conservadas en solución PBS se procesaron mediante el siguiente método de ELISA:

Se inició diluyendo la muestra 1:20 con el diluyente para la muestra Tampón. Se dejaron equilibrar los reactivos a temperatura ambiente y luego se agitó por inversión y con un movimiento circular.

Se sensibilizó la placa de ELISA de fondo plano (BRAND Cat 701304), de 96 pozos en formato 8 x 12 de mediana sensibilidad, con la adición de anticuerpo de cabra contra IgA o IgG según el caso, diluidos a 1/100 en Buffer carbonatado con pH 9.6 (1.59 g Na₂CO₃, 2.93 g NaHCO₃, en 1 lt de agua destilada).

- 1.- Se anotó la posición de las muestras en una hoja de trabajo que fueron colocadas en la placa recubierta con antígeno de acuerdo a su posición en cada pozo.
- 2.- Se vertieron 100 µl de muestra diluida en los pozos correspondientes. Todas las muestras se analizaron por duplicado.
- 3.- Se incubaron durante 60 min a temperatura ambiente
- 4.- Se lavó cada pozo de tres a cinco veces con 350 µl aproximadamente de una solución salina Bufferada (imidazol 0.002 M con 0.02% de Tween 20).
- 5.- Se vertieron 100 µl de conjugado IgG o IgA según sea el caso a cada pozo.
- 6.- Se incubaron durante 60 min a temperatura ambiente.
- 7.- Se repitió el paso 4.

8.- Se vertieron 100 μ l de la solución de sustrato TMB en cada pozo. La solución sustrato utilizada fue TMB HerdChek de la Marca IDEXX catalogo 45-40581 Lote 6878.

9.- Se dejaron incubar durante 60 min a temperatura ambiente.

10.- Se vertieron 100 μ l de la solución de interrupción en cada pozo para terminar la reacción. La solución de interrupción utilizada fue stop solution IM HCL HerdChek de la Marca IDEXX catalogo 40173-5735.

11.- Se calibró el lector en blanco con aire.

12.- Se midió y se anotaron los valores de absorbancia a 450 nm (Kit Bethyl Lab).

El calculo de las concentraciones de IgG e IgA se realizó con base a un análisis de regresión de acuerdo con la concentración de los estándares sobre el eje de las “x” (15.625, 31.25, 62.5, 125, 250, 500 y 1000 ng/ml; 3.12, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 y 1000 ng/ml; IgA e IgG, respectivamente) y la densidad óptica obtenida de cada una, sobre el eje de las “y”, construyendo con estos datos una curva de calibración.

4.1.5.8. Medición de vellosidades intestinales. Las muestras fijadas y conservadas en formalina neutra al 10%, se procesaron mediante el método convencional de inclusión en parafina, realizando cortes de 4 mm de espesor, tiñéndolos con hematoxilina - eosina. Se midieron 10 vellosidades de forma aleatoria de cada sección del intestino/ave con el objetivo panorámico 4x del microscopio Carl Zeiss Axiolab, desde el límite de la capa muscular interna de la mucosa y la lámina propia, hasta el borde del epitelio en la parte apical de las vellosidades (Figura 5).

4.1.6. Modelo y análisis estadístico

Se aplicó en los tratamientos el siguiente modelo mixto SAS (2002) que explicó el total de la variación es representado como:

$$Y_{ijklm} = \mu + F_i + N_j + I_k + D_l + FN_{ij} + NI_{jk} + \varepsilon_{ijklm}$$

Dónde:

Y_{ijklm} es la m-ésima observación aleatoria de la variable independiente asociada al l-ésimo día de muestreo, sometido a la k-ésima inmunización, consumiendo el j-ésimo nivel de energía a partir la i-ésima fuente energética.

μ es la media general

F_i es el efecto fijo de la i-ésima fuente energética. (i = 1,2,3)

N_j es el efecto fijo del j-ésimo nivel de energía. (j = 1,2)

I_k es el efecto fijo del k-ésimo manejo de inmunización. (k = 1,2)

D_l es el efecto fijo del l-ésimo día de toma de la muestra en el m-ésimo pollito. (l=1,2)

FN_{ij} y NI_{jk} corresponden a las interacciones entre los cuatro efectos anteriores.

y ε_{ijklm} corresponde al error aleatorio $NID(0, \sigma^2)$.

La comparación entre medias fue realizada usando la prueba de rango múltiple según SNK (Mendehall, 1994) tomando como diferencia mínima significativa $P < 0.05$.

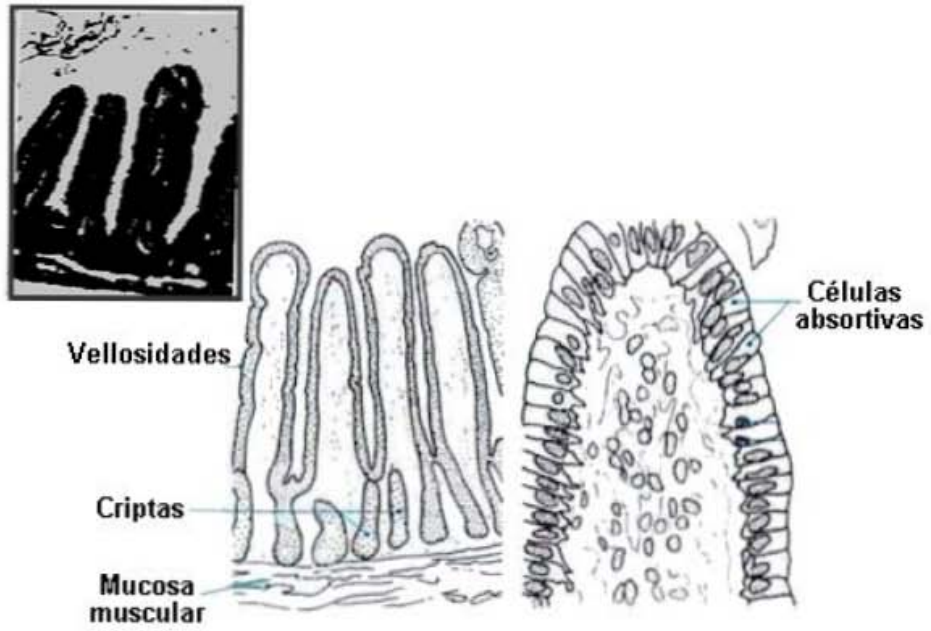


Figura 5. Vellosidades intestinal objetivo panorámico 4x.

4. 2. EXPERIMENTO 2.- LA RESPUESTA DE LA INCLUSIÓN DE UNA COMBINACIÓN DE GRASA DE CERDO Y BOVINO, COMBINACIÓN DE GRASA ANIMAL Y ACEITE VEGETAL, COMO SUSTITUTO DEL ACEITE DE SOYA CRUDO COMO FUENTE DE ENERGÍA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, EL RENDIMIENTO Y PIGMENTACIÓN DE LA CANAL EN POLLOS DE ENGORDA EN UN CICLO DE 49 DÍAS DE PRODUCCIÓN.

4.2.1. Ubicación experimento

La investigación se llevó a cabo en una granja experimental ubicada en el municipio de Charo, Estado de Michoacán a 19° 41' N 101°11' O, a una altura de 1941 msnm, correspondiendo el clima al tipo Cbw₁ que se caracteriza por ser templado húmedo de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973), con una temperatura anual entre -2.4 y 37.5°C. La caseta experimental tiene piso de cemento, siendo de ambiente natural, contando con 28 lotes de 4 x 2.5 m, equipados con 4 comederos de tolva de 45 cm de diámetro y 2 bebederos de campana tipo Plasson de 65 cm de diámetro.

4.2.2. Distribución pollitos

Se usaron 3000 pollitos no sexados de la estirpe Ross x Ross desde el día 0 hasta los 49 días de edad provenientes de un solo lote de reproductoras, nacidas en la misma máquina incubadora, fueron distribuidos de forma aleatoria en 5 tratamientos con 5 repeticiones de 120 pollos cada una, manteniendo una densidad de población inicial de 12 aves/m². Durante las primeras cuatro semanas de vida, se proporcionó calor artificial con criadoras catalíticas las cuales se utilizaron 1 por cada 2 repeticiones.

4.2.3. Dieta experimental

Se evaluaron las tres mismas fuentes energéticas del Experimento 1 (ACS, GCB, y GAV). En los tratamientos 1, 2 y 3 se incluyó una de las tres fuentes energéticas (ACS, GCB, y GAV) durante todo el periodo experimental; en el caso de los tratamientos 4 y 5 durante los primeros 21 días de edad se utilizó ACS, a partir del día 22 se cambió por la GCB (ACS/GCB) y la GAV (ACS/GAV) respectivamente (Cuadro 7).

Los alimentos experimentales se elaboraron con base en pasta de soya y maíz amarillo en presentación de harina en las tres fases (iniciación 0 a 21 días, crecimiento 22 a 35 días y finalización 36 a 49 días) (Cuadro 8), siendo isonitrogenadas e isoenergéticas, cumpliendo o excediendo las recomendaciones de los requerimientos nutricionales de los pollos de engorda (NRC, 1994) y la única diferencia fue la fuente de energía. El alimento y agua fueron ofrecidos *ad libitum*. El programa de iluminación consistió en un fotoperiodo de luz natural de 11.5 horas.

4.2.4. Manejo vacunación

El programa de manejo y sanitario fue similar para todas las aves; en la planta incubadora se aplicó la vacuna contra la enfermedad de Marek y en la granja se vacunó contra la enfermedad de Newcastle por vía ocular y oral (cepa LaSota) a los 8 y 25 días de edad respectivamente; y contra la enfermedad de Gumboro a los 14 días de edad.

4.2.5. Toma, procesamiento y evaluación de muestras

Al día 21, 35 y 49 de edad se evaluaron como variables de respuesta el PC (g), consumo de alimento (g), conversión alimenticia (consumo de alimento/ganancia de peso de las aves vivas) (g/g), mortalidad general (%) y se identificó la ocasionada por el Síndrome ascítico (SA). A los 49 días de edad se pesaron aleatoriamente 8 hembras y 8 machos/ repetición (40 pollos/tratamiento) para obtener el coeficiente de variación del peso corporal. El índice de eficiencia (IE) se determinó mediante la siguiente ecuación (Ross Breeders, 1996):

$$I E = \left(\frac{\text{Viabilidad} \quad \% \quad x \quad \text{Peso} \quad \text{corporal} \quad (\text{kg})}{\text{Edad} \quad \text{días} \quad x \quad \text{Conversión} \quad \text{alimento}} \right) x 100$$

Se obtuvo también el costo por kilogramo producido por concepto de alimento, considerando el mismo valor (\$ 3.20 kg) en Pesos Mexicanos (M. N.) para las diferentes dietas experimentales.

Cuadro 7. Distribución de las fuentes energéticas usadas en las dietas experimentales, combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y aceite crudo de soya en las 3 fases de alimentación de pollos de engorda.

Trata	Iniciación 0 a 21 días	Crecimiento 22 a 35 días	Finalización 36 a 49 días
1	ACS*	ACS	ACS
2	GCB**	GCB	GCB
3	GAV***	GAV	GAV
4	ACS	GCB	GCB
5	ACS	GAV	GAV

* ACS: Aceite crudo de soya.

** GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

*** GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 8. Composición de las dietas de iniciación, crecimiento y finalización (Experimento 2).

INGREDIENTE	INICIACION (0 a 21 A DIAS)			CRECIMIENTO (22 a 35 DIAS)			FINALIZACION (36 a 49 DIAS)		
	Maíz amarillo (8.5%)	570.45	568.85	570.40	577.05	576.05	578.05	634.90	631.55
Pasta de soya (46%)	353.00	352.40	353.95	322.0	319.40	322.15	269.00	268.05	271.40
ACS*	31.00	-	-	58.00	-	-	56.00	-	-
GCB**	-	33.10	-	-	61.50	-	-	60.20	-
GAV***	-	-	30.10	-	-	56.90	-	-	55.10
Ortofosfato de calcio (21/18)	17.00	17.00	17.00	14.0	14.00	14.00	13.00	13.00	13.00
Carbonato de calcio (36%)	14.00	14.00	14.00	13.0	13.00	13.00	12.00	12.00	12.00
DL-Metionina (99%)	3.50	3.60	3.50	3.10	3.15	3.10	2.60	2.65	2.60
Sal yodatada	3.10	3.10	3.10	2.90	2.90	2.90	2.60	2.60	2.60
HCl-Lisina (78%)	2.10	2.10	2.10	1.20	1.25	1.15	1.00	1.05	1.00
Bicarbonato de sodio	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Premezcla vitaminas ****	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cloruro de colina (60%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezcla minerales *****	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Nicarbazina (25%)	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-
Salinomicina (12%)	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
E.T.Q. (20%)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-Treonina (98%)	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10
Flavomicina (8%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Xantofilas amarillas (20 g/kg)	-	-	-	3.00	3.00	3.00	3.25	3.25	3.25
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

ANALISIS CALCULADO

EM. kcal/kg.	3000	2998	2998	3174	3166	3171	3213	3208	3210
Lisina (%)	1.31	1.31	1.31	1.16	1.15	1.16	1.00	1.01	1.01
Metionina (%)	0.65	0.66	0.66	0.59	0.60	0.60	0.52	0.53	0.52
Metionina+Cistina (%)	1.00	1.01	1.00	0.92	0.93	0.93	0.82	0.83	0.83
Treonina (%)	0.82	0.82	0.82	0.75	0.75	0.76	0.66	0.66	0.67
Triptofano (%)	0.27	0.28	0.28	0.25	0.26	0.26	0.22	0.23	0.23
Calcio (%)	1.00	1.00	1.00	0.89	0.90	0.90	0.83	0.83	0.83
Fósforo Disponible (%)	0.50	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Sodio (%)	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.16	0.16	0.16

* ACS: Aceite crudo de soya. ** GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

*** GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

**** Vit A 12,000,000 UI; D₃ 3,000,000; Vit E 50 g; Vit K₃ 5 g; Vit B₁ 3 g; Vit B₂ 6 g; Vit B₆ 6 g; Vit B₁₂ 50 mg; Biotina 300 mg; Ac. Fólico 2 g; Niacina 50 g; Ac. Pantoténico 25 g; Excipiente c.b.p. 1000 g

***** Manganeso 80 g; Zinc 100 g; Hierro 90 g; Cobre 10 g; Yodo 0.70 g; Selenio 0.20 g; Cobalto 0.2 g; Excipiente c.b.p. 500 g

4.2.6. Toma, procesamiento y evaluación de rendimiento de canal y pigmentación

A los 49 días de edad, se seleccionaron 2 machos y 2 hembras por repetición (20 aves/tratamiento), que tuvieran el peso promedio del lote experimental, se identificaron en el tarso derecho y se sometieron a un ayuno de alimento de 8 horas, posteriormente se obtuvo el PC y fueron enviadas al rastro para su sacrificio. Se determinó el peso del paquete intestinal, hígado, canal, grasa abdominal, pechuga, muslos y piernas. La canal fue introducida en agua a 4° C durante 120 minutos y se evaluó la pigmentación en la piel de la región de pterilos izquierda de la pechuga con el colorímetro de reflectancia Minolta CR-300 utilizando la escala de CIELab.

4.2.7. Análisis de datos y modelo estadístico

Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente aleatorizado; el modelo general estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en tratamiento i , repetición j $i = 1, 2, \dots, t$

μ = media general. $j = 1, 2, \dots, r$

t_i = efecto del i ésimo – tratamiento.

E_{ij} = error aleatorio.

Los valores obtenidos fueron analizados por el método de mínimos cuadrados por el procedimiento de GLM de SAS (2002). La diferencia entre medias de las variables bajo estudio fueron analizada mediante la prueba de rango múltiple según SNK (Mendenhall, 1994), tomándose como diferencia mínima significativa $P < 0.05$. Los resultados expresados en porcentajes fueron transformados a la proporción arco seno raíz cuadrada para su análisis.

4. 3. EXPERIMENTO 3.- EL VALOR (*in vivo*) DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA CORREGIDA A NITRÓGENO DE UNA COMBINACIÓN DE GRASA DE CERDO Y BOVINO, COMBINACIÓN DE GRASA ANIMAL Y ACEITE VEGETAL, Y DEL ACEITE DE SOYA REFINADO DE ACUERDO A SU NIVEL DE INCLUSIÓN (4:96, 8:92 Y 12:88) EN UNA COMBINACIÓN CON MAÍZ AMARILLO MOLIDO MEDIANTE LA ALIMENTACIÓN PRECISA EN GALLOS LEGHORN.

4.3.1. Ubicación estudio

El presente estudio se realizó en la caseta experimental del área de nutrición de la FMVZ-UADY ubicada en la ex-hacienda X´matkuil Municipio de Mérida, Estado de Yucatán a 20° 58' N 89°36' O, a una altura de 9 msnm correspondiendo el clima al tipo Aw₀ que se caracteriza por ser el más seco de los climas cálidos sub-húmedos de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973), con una temperatura anual entre 21.0 y 33.8°C (Itza *et al.*, 2006).

4.3.2. Distribución de gallos

Se usaron 44 gallos de 18 semanas de la estirpe ISA Babcock B300 con un peso promedio de 1350 ±110 g distribuidos en 3 tratamientos con 3 niveles de inclusión más un testigo negativo (solamente maíz) y un grupo de ajuste en ayuno para determinar las pérdidas endógenas de nitrógeno y energía. Cada tratamiento, testigo negativo y grupo de ajuste contó con 4 repeticiones considerándose un gallo una unidad experimental.

4.3.3. Dieta experimental

Se evaluaron dos de las tres fuentes energéticas del Experimento 1 (GCB y GAV) más el aceite de soya refinado (ASR), compuesto por 84.5% de grasas insaturadas, 15.5% de grasas saturadas y 0.10% de ácidos grasos libres, con un contenido de 8375 kcal/kg de EM (Kerntke, 1992; NRC, 1994). El perfil de los ácidos grasos de estos ingredientes fue determinado mediante la técnica descrita en la AOAC (1980) por cromatografía de gases usando un cromatógrafo modelo HP 5890 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Composición del perfil de ácidos grasos insaturados y saturados de cadena larga (C18) de las fuentes energéticas usada en la dieta (g/100 ml).

	Perfil de Ácidos Grasos %			
	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Maíz ^a	0.10	1.17	1.82	0.09
ASR ^a	3.90	19.80	57.90	6.80
GCB ^b	24.03	40.32	10.13	1.05
GAV ^b	3.50	38.76	24.89	2.60

^a perfil por NRC, 1994

^b perfil por FMVZ-UADY

Maíz: grano molido de maíz amarillo.

ASR: aceite de soya refinado.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cada fuente energética usada se administró mezclada con maíz amarillo como vehículo para un total de 5 kg en las siguientes relaciones porcentuales maíz: fuente energética 96:4, 92:8, 88:12. Las fuentes de energía usadas son de naturaleza líquida y no permiten la determinación de EM por el método de bioensayo (Wiseman, 1984); por lo que simultáneamente se determinó la EM del maíz.

4.3.4. Procedimiento

Los gallos tuvieron un periodo de adaptación en jaula por 7 días. El experimento inició dejando a todos los gallos en ayuno por un periodo de 24 h recibiendo solamente 40 ml de una solución de glucosa anhidra al 50% directamente en el buche, usando un embudo de aluminio con un tubo de acero inoxidable de 40 cm de longitud y 1.25 cm de diámetro. Posteriormente los gallos continuaron el ayuno por otras 24 h en la jaula, solamente con agua a libre acceso, con la intención de dejar libre el sistema digestivo del alimento consumido durante la adaptación. Al término de este periodo solamente el grupo en ayuno recibió 40 ml de solución glucosa anhidra al 50%; el testigo negativo 30 g de maíz y los tratamientos de las fuentes energéticas recibieron 30 g de una de las 9 mezclas elaboradas, mediante la técnica de alimentación precisa (forzada) descrita por Sibbald (1976).

4.3.5. Obtención, manejo de muestras y variable evaluada

Se colocó una charola de metal debajo de cada jaula para la recolecta de excretas durante un período de 48 h, las muestras fueron identificadas y secadas en estufa a 55°C hasta que alcanzaron un peso constante. La energía bruta del maíz, las mezclas y excretas fue determinada con una bomba calorimétrica Parr 1134115B y el contenido de nitrógeno con el Nitrógeno-Carbono CN-2000, Modelo 602-000-200, Serie 3740 (Tejada, 1992).

Se calculó la EMVn mediante la siguiente ecuación (Sibbald, 1982).

$$EMV_n = \frac{FE_f - [EE_f - ((N_{fe} - N_f) * 8.22)] + [EE_u - (N_u * 8.22)]}{\text{Consumo g}}$$

Donde FE_f es la cantidad de energía consumida, EE_f y EE_u la energía excretada por los gallos alimentados o en ayuno, respectivamente; N_{fe} , N_f y N_u el nitrógeno excretado, consumido y endógeno excretado por los gallos alimentados o en ayuno, respectivamente; 8.22 representa el valor de energía combustible de ácido úrico por gramo de nitrógeno (Hill y Anderson, 1958).

El cálculo de EM para cada combinación de fuente energética se realizó utilizando la ecuación plantada por Sibbald y Slinger (1962):

$$E.M. \text{ Kcal/kg del insumo prueba} = \frac{\left[E.M. \text{ kcal/kg dieta prueba} - \left(E.M. \text{ kcal/kg dieta basal} * \frac{\% \text{ basal en la dieta prueba}}{100} \right) \right]}{\% \text{ insumo prueba en la dieta prueba}} * 100$$

4.3.6. Análisis estadístico

Las variables de respuestas fueron evaluadas usando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3 más un testigo negativo para la EMVn en la dieta y fuente energética; en adición se realizó un análisis de polinomios ortogonales y análisis de regresión por fuente energética (Mendanhall, 1994) usando el software estadístico SAS (2002). Se determinó la diferencia entre medias usando la prueba SNK (Mendanhall, 1994) en la comparación entre los niveles de cada fuente y la prueba de Dunnett (Mendanhall, 1994) en la comparación del testigo negativo contra los niveles de cada fuente tomándose como diferencia $P < 0.05$.

V. RESULTADOS

5. 1. EXPERIMENTO 1.- EVALUAR LA LONGITUD DE VELLOSIDADES DEL INTESTINO DELGADO (DUODENO, YEYUNO E ILEON), ÍNDICE DEL DIÁMETRO DE LA BURSA CON RESPECTO AL PESO CORPORAL, TÍTULOS DE ANTICUERPOS CONTRA IBF, CONCENTRACIONES DE IgG E IgA, EN POLLOS DE ENGORDA A LOS 11 Y 21 DÍAS DE EDAD ALIMENTADOS CON UNA DIETA INICIADOR INCLUYENDO COMO FUENTE ENERGÉTICA UNA COMBINACIÓN DE GRASA DE CERDO Y BOVINO, COMBINACIÓN DE GRASA ANIMAL Y ACEITE VEGETAL, Y DEL ACEITE DE SOYA CRUDO EN DOS NIVELES DE EM (3000 Y 3200 KCAL/KG), VACUNADOS O NO CONTRA LA IBF.

La concentración de los ácidos grasos determinada en las tres fuentes energéticas evaluadas aparece en el Cuadro 5, mostrando que la ACS tiene mayor proporción de AGI, en la GCB se encuentra una cantidad más elevada de AGS y en el caso de la GAV la concentración de AGS y AGI están a un nivel intermedio con respecto a las otras dos fuentes.

5.1.1. Parámetros productivos

En el Cuadro 10, se presenta la respuesta productiva de los pollitos a los 21 días de edad; observando mejores parámetros en PC y conversión alimenticia ($P<0.05$) al utilizar el ACS y los menos eficientes con la GCB; también existe un efecto positivo en los que consumieron 3200 kcal/kg en comparación con los que recibieron 3000 kcal/kg de EM; y para el PC y conversión alimenticia en las aves no vacunadas cuando consumieron 3200 kcal/kg de EM.

Por otra parte, para peso y conversión alimenticia se detectó un efecto de interacción del nivel de EM por la vacunación, con mejor peso, consumo y conversión alimenticia en los animales que recibieron 3200 kcal/kg de EM en la dieta ($P<0.05$), la interacción fue debida a que los animales vacunados y que recibieron 3000 kcal/kg y consumieron el ACS y la GAV tuvieron pesos comparables con los que ingirieron 3200 kcal/kg y se vacunaron.

5.1.2. Diámetro BF y relación DBF y PC

No se detectó efecto de las fuentes estudiadas en DBF. Con respecto al DBF y su relación con el PC, como se ve en el Cuadro 11. En la relación DBF/PC es significativamente mayor ($P<0.05$) con la GCB a los 11 días de edad, situación que no se observó a los 21 días.

5.1.3. Longitud de vellosidades intestinales

Los resultados sobre la longitud de las vellosidades del duodeno, yeyuno e ileon, se encuentran en el Cuadro 12, presentando diferencia ($P<0.05$) a los 11 días de vida entre el ACS y la GAV en ileon, así como una mayor longitud en duodeno y yeyuno a los 21 días ($P<0.05$) en los pollos vacunados.

5.1.4. Títulos de anticuerpos contra IBF y concentración de IgG e IgA

Los valores encontrados referentes a los títulos de anticuerpos contra IBF y la concentración sérica de IgG e IgA de lavado intestinal se encuentran en el Cuadro 13, observándose diferencia ($P<0.05$) a los 11 días de edad para los títulos de anticuerpos contra la IBF y en la concentración de IgA a los 21 días de vida de acuerdo a la fuente de energía; se detectaron valores superiores con el ACS y menores con GCB. La mayor concentración de EM de la dieta tanto a los 11 como a los 21 días de edad, indica títulos de anticuerpos contra IBF más altos ($P<0.05$). Las aves vacunadas mostraron diferencias significativas en la concentración de IgG e IgA con los dos niveles de energía.

Cuadro 10. Respuesta productiva a los 21 días de edad (Media \pm D.E.). Experimento 1

Variables		Peso corporal (g)	Consumo alimento (g)	Conversión alimenticia (g/g)	
	ACS	666.8 \pm 47.1 ^a	1014.1 \pm 46.4 ^c	1.53 \pm 0.2 ^c	
	GCB	623.8 \pm 53.1 ^b	1109.9 \pm 42.1 ^a	1.79 \pm 0.2 ^a	
	GAV	644.1 \pm 66.6 ^{ab}	1077.5 \pm 77.2 ^b	1.69 \pm 0.2 ^b	
	3000	624.8 \pm 51.9 ^b	1095.9 \pm 64.5 ^a	1.76 \pm 0.2 ^a	
	3200	665.0 \pm 57.4 ^a	1038.4 \pm 62.2 ^b	1.58 \pm 0.2 ^b	
3000	No vacunado	611.2 \pm 42.7 ^a	1079.0 \pm 39.1 ^a	1.77 \pm 0.1 ^a	
	Vacunado	638.3 \pm 58.4 ^a	1112.8 \pm 80.9 ^a	1.76 \pm 0.2 ^a	
3200	No vacunado	689.0 \pm 58.0 ^a	1011.7 \pm 50.7 ^b	1.48 \pm 0.2 ^b	
	Vacunado	641.0 \pm 47.5 ^b	1065.0 \pm 63.1 ^a	1.67 \pm 0.2 ^a	
3000	No vacunado	ACS	619.2 \pm 43.1 ^a	1041.4 \pm 38.5 ^b	1.69 \pm 0.1 ^{ab}
		GCB	602.0 \pm 26.8 ^a	1092.2 \pm 25.2 ^a	1.82 \pm 0.1 ^a
		GAV	612.5 \pm 62.6 ^a	1103.4 \pm 23.6 ^a	1.81 \pm 0.2 ^a
	Vacunado	ACS	663.8 \pm 31.3 ^b	1041.5 \pm 48.2 ^b	1.57 \pm 0.1 ^b
		GCB	610.5 \pm 57.3 ^a	1163.0 \pm 35.1 ^a	1.94 \pm 0.1 ^a
		GAV	640.6 \pm 79.6 ^b	1134.0 \pm 98.5 ^a	1.78 \pm 0.2 ^{ab}
3200	No vacunado	ACS	718.8 \pm 38.5 ^b	979.4 \pm 16.2 ^b	1.38 \pm 0.0 ^c
		GCB	668.1 \pm 76.0 ^b	1074.1 \pm 31.2 ^a	1.62 \pm 0.2 ^{ab}
		GAV	678.0 \pm 56.6 ^b	981.8 \pm 20.3 ^a	1.45 \pm 0.2 ^c
	Vacunado	ACS	665.2 \pm 11.8 ^b	994.0 \pm 50.4 ^b	1.49 \pm 0.1 ^c
		GCB	614.5 \pm 27.0 ^a	1110.2 \pm 10.5 ^a	1.81 \pm 0.17 ^a
		GAV	643.4 \pm 75.4 ^b	1090.9 \pm 39.3 ^a	1.71 \pm 0.2 ^a

Peso y conversión alimenticia: interacción nivel de energía por estado inmunización (no vacunado contra vacunado) ($P < 0.05$).

Literales iguales entre columnas de acuerdo al nivel de energía y fuente energética no son diferentes ($P > 0.05$).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 11. Efecto de la fuente energética, cantidad de EM (kcal/kg) y vacunación sobre el peso corporal (g) diámetro de la bolsa de Fabricio (mm) y relación bolsa de Fabricio/ peso corporal (Media \pm D.E.). Experimento 1

Variable	Muestreo a los 11 días			Muestreo a los 21 días	
	Peso corporal (g)	DBF (mm)	DBF/PC	DBF (mm)	DBF/PC
ACS*	265.2 \pm 82.4 ^a	0.90 \pm 0.2 ^a	3.59 \pm 1.1 ^b	1.27 \pm 0.1 ^a	1.83 \pm 0.2 ^a
GCB**	228.0 \pm 62.1 ^b	0.95 \pm 0.2 ^a	4.25 \pm 0.8 ^a	1.29 \pm 0.1 ^a	2.01 \pm 0.2 ^a
GAV***	248.3 \pm 68.9 ^{ab}	0.86 \pm 0.2 ^a	3.64 \pm 0.8 ^b	1.30 \pm 0.1 ^a	1.92 \pm 0.2 ^a
3000	237.9 \pm 69.8 ^b	0.91 \pm 0.2 ^a	4.02 \pm 1.0 ^a	1.27 \pm 0.1 ^a	1.93 \pm 0.2 ^a
3200	256.5 \pm 73.8 ^a	0.90 \pm 0.2 ^a	3.63 \pm 0.8 ^a	1.30 \pm 0.1 ^a	1.91 \pm 0.2 ^a
	3000	No vacunado 21 días		1.24 \pm 0.1 ^b	1.92 \pm 0.2 ^a
		Vacunado 21 días		1.31 \pm 0.1 ^a	1.94 \pm 0.2 ^a
	3200	No vacunado 21 días		1.30 \pm 0.2 ^a	1.92 \pm 0.2 ^a
		Vacunado 21 días		1.30 \pm 0.1 ^a	1.90 \pm 0.3 ^a
Muestreo a 21 días					
			ACS	1.29 \pm 0.1 ^a	1.93 \pm 0.28 ^b
		No vacunado	GCB	1.22 \pm 0.6 ^a	1.98 \pm 0.2 ^a
	3000		GAV	1.21 \pm 0.1 ^a	1.85 \pm 0.3 ^b
		Vacunado	ACS	1.24 \pm 0.1 ^a	1.77 \pm 0.2 ^b
			GCB	1.33 \pm 0.1 ^a	2.02 \pm 0.2 ^a
			GAV	1.35 \pm 0.1 ^a	2.04 \pm 0.2 ^b
		No vacunado	ACS	1.28 \pm 0.1 ^a	1.86 \pm 0.2 ^b
	3200		GCB	1.25 \pm 0.1 ^a	1.87 \pm 0.1 ^a
			GAV	1.37 \pm 0.2 ^a	2.03 \pm 0.2 ^b
		Vacunado	ACS	1.28 \pm 0.1 ^a	1.77 \pm 0.1 ^b
			GCB	1.37 \pm 0.1 ^a	2.14 \pm 0.4 ^a
			GAV	1.25 \pm 0.1 ^a	1.78 \pm 0.2 ^b

Literales iguales entre columnas de acuerdo al nivel de energía y fuente energética no son diferentes (P>0.05).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%). GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%). DBF: Diámetro de la bolsa de Fabricio. DBF/PC: Relación diámetro bolsa de Fabricio y peso corporal.

Cuadro 12. Efecto de la fuente energética, cantidad de EM (kcal/kg) y vacunación sobre la longitud (μ) de las vellosidades del intestino delgado (Media \pm D.E.). Experimento 1

Variable	Muestreo					
	11 días			21 días		
	Duodeno	Yeyuno	Ileon	Duodeno	Yeyuno	Ileon
ACS	1772 \pm 126.2 ^{ab}	864 \pm 131.7 ^{ab}	746 \pm 148.6 ^{ab}	1991 \pm 201.6 ^{aA}	1153 \pm 155.5 ^{aA}	881 \pm 186.3 ^{aA}
GCB	1771 \pm 138.8 ^{ab}	814 \pm 152.7 ^{ab}	708 \pm 135.1 ^{abB}	1943 \pm 179.1 ^{aA}	1097 \pm 190.6 ^{aA}	841 \pm 115.9 ^{aA}
GAV	1712 \pm 125.7 ^{ab}	852 \pm 180.5 ^{ab}	632 \pm 65.0 ^{bB}	1934 \pm 248.1 ^{aA}	1121 \pm 264.0 ^{aA}	809 \pm 101.0 ^{aA}
3000	1745 \pm 129.7 ^a	860 \pm 178.3 ^a	725 \pm 130.1 ^a	1949 \pm 241.8 ^a	1115 \pm 247.2 ^a	836 \pm 120.4 ^a
3200	1760 \pm 133.9 ^a	827 \pm 128.0 ^a	667 \pm 122.7 ^a	1965 \pm 206.4 ^a	1133 \pm 157.4 ^a	851 \pm 158.8 ^a
3000	No vacunado 21 días			1805 \pm 98.3 ^b	1023 \pm 139.1 ^b	836 \pm 110.4 ^a
	Vacunado 21 días			2092 \pm 205.2 ^a	1208 \pm 299.8 ^a	837 \pm 134.7 ^a
3200	No vacunado 21 días			1870 \pm 127.9 ^b	1117 \pm 154.8 ^b	904 \pm 176.1 ^a
	Vacunado 21 días			2059 \pm 230.3 ^a	1149 \pm 160.2 ^a	799 \pm 125.0 ^a
Muestreo a 21 días						
			ACS	1823 \pm 60 ^a	1091 \pm 145 ^a	851 \pm 149 ^a
	No vacunado		GCB	1897 \pm 40 ^a	1102 \pm 80 ^a	891 \pm 100 ^b
			GAV	1696 \pm 116 ^a	877 \pm 96 ^a	765 \pm 63 ^a
3000			ACS	2065 \pm 301 ^a	1255 \pm 240 ^a	832 \pm 118 ^a
	Vacunado		GCB	2017 \pm 183 ^a	946 \pm 236 ^a	813 \pm 171 ^b
			GAV	2194 \pm 144 ^a	1421 \pm 189 ^a	866 \pm 33 ^a
			ACS	1935 \pm 126 ^a	1142 \pm 125 ^a	1003 \pm 264 ^a
	No vacunado		GCB	1917 \pm 48 ^a	1160 \pm 231 ^a	885 \pm 106 ^b
			GAV	1757 \pm 126 ^a	1048 \pm 120 ^a	825 \pm 102 ^a
3200			ACS	2144 \pm 111 ^a	1124 \pm 75 ^a	839 \pm 201 ^a
	Vacunado		GCB	1942 \pm 334 ^a	1182 \pm 142 ^a	774 \pm 57 ^b
			GAV	2092 \pm 202 ^a	1141 \pm 256 ^a	782 \pm 100 ^a

Literales minúsculas iguales entre columnas de acuerdo al nivel de energía y fuente energética no son diferentes ($P > 0.05$).

Literales mayúsculas diferentes entre líneas de acuerdo al día de muestreo son diferentes ($P < 0.05$).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 13. Efecto de la fuente energética, cantidad de EM (kcal/kg) y vacunación sobre los títulos de anticuerpos contra la IBF y concentración de inmunoglobulinas (ng/ml) (Media \pm D.E.). Experimento 1

Variable	Títulos (MG)*	Muestreo				
		11 días IgG (ng/ml)	IgA (ng/ml)	Títulos (MG)*	21 días IgG (ng/ml)	IgA (ng/ml)
ACS*	1706 \pm 520 ^a	631 \pm 16 ^a	376 \pm 213.19 ^a	250 \pm 91 ^a	667 \pm 145 ^a	773 \pm 25 ^a
GCB**	1432 \pm 436 ^b	635 \pm 27 ^a	356 \pm 226.73 ^a	304 \pm 127 ^a	659 \pm 180 ^a	649 \pm 27 ^b
GAV***	1626 \pm 634 ^{ab}	622 \pm 23 ^a	377 \pm 190.92 ^a	265 \pm 94 ^a	657 \pm 156 ^a	732 \pm 22 ^{ab}
3000	1469 \pm 528 ^b	359 \pm 201 ^a	634 \pm 26 ^a	243 \pm 84 ^b	732 \pm 154 ^a	667 \pm 26 ^a
3200	1708 \pm 532 ^a	383 \pm 215 ^a	626 \pm 19 ^a	304 \pm 118 ^a	705 \pm 181 ^a	656 \pm 23 ^a
	3000	No vacunado 21 días		250 \pm 106 ^a	677 \pm 92 ^b	657 \pm 17 ^b
		Vacunado 21 días		236 \pm 59 ^a	787 \pm 185 ^a	678 \pm 29 ^a
	3200	No vacunado 21 días		338 \pm 140 ^a	675 \pm 130 ^b	650 \pm 14 ^b
		Vacunado 21 días		269 \pm 84 ^a	735 \pm 222 ^a	661 \pm 29 ^a
Muestreo a 21 días						
			ACS	239 \pm 97 ^a	659 \pm 15 ^a	709 \pm 104 ^a
		No vacunado	GCB	321 \pm 139 ^a	644 \pm 18 ^a	639 \pm 121 ^a
			GAV	191 \pm 32 ^a	667 \pm 10 ^a	681 \pm 48 ^a
	3000		ACS	200 \pm 46 ^a	686 \pm 14 ^a	806 \pm 212 ^a
		Vacunado	GCB	275 \pm 52 ^a	686 \pm 33 ^a	787 \pm 118 ^a
			GAV	231 \pm 65 ^a	660 \pm 34 ^a	765 \pm 255 ^a
			ACS	317 \pm 139 ^a	661 \pm 7 ^a	754 \pm 72 ^a
		No vacunado	GCB	354 \pm 204 ^a	645 \pm 18 ^a	571 \pm 172 ^a
			GAV	344 \pm 96 ^a	644 \pm 9 ^a	699 \pm 61 ^a
	3200		ACS	244 \pm 39 ^a	661 \pm 44 ^a	822 \pm 185 ^a
		Vacunado	GCB	266 \pm 103 ^a	663 \pm 18 ^a	599 \pm 261 ^a
			GAV	296 \pm 108 ^a	657 \pm 28 ^a	783 \pm 202 ^a

Literales iguales entre columnas de acuerdo al nivel de energía y fuente energética no son diferentes (P>0.05).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%). GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

*MG: Media geométrica en títulos de anticuerpos contra la IBF usando el método de ELISA.

5. 2. EXPERIMENTO 2.- LA RESPUESTA DE LA INCLUSIÓN DE UNA COMBINACIÓN DE GRASA DE CERDO Y BOVINO, COMBINACIÓN DE GRASA ANIMAL Y ACEITE VEGETAL, Y DEL ACEITE DE SOYA CRUDO COMO FUENTE DE ENERGÍA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, EL RENDIMIENTO Y PIGMENTACIÓN DE LA CANAL EN POLLOS DE ENGORDA EN UN CICLO DE 49 DÍAS DE PRODUCCIÓN.

5.2.1. Parámetros productivos

No hubo efecto en peso y consumo entre fuentes $P>0.05$; sin embargo a los 21 días de edad se observaron diferencias ($P<0.05$) para la conversión alimenticia y la conversión alimenticia ajustada a mortalidad, siendo más eficiente en los tratamientos que recibieron el ACS y menor en el caso de la GCB, sin que hubieran diferencias en consumo de alimento o peso corporal (Cuadro 14) entre tratamientos.

Las variables evaluadas a los 35 días de edad (14 días después de que se realizaron los cambios de ACS por GCB y GAV), no mostraron diferencias ($P>0.05$) (Cuadro 14).

Al final de la prueba biológica (49 días de edad), no hubo diferencia en PC y consumo de alimento entre tratamientos. Se observa diferencia ($P<0.05$) en consumo de alimento, encontrando que el tratamiento que recibió ACS + GAV, mostró mayor consumo que los tratamientos GCB y GAV (Cuadro 14).

Para el índice de eficiencia (224, 220, 214, 226 y 222), y el coeficiente de variación en el peso corporal (13.3, 13.1, 14.2, 15.4 y 13.7%), no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P>0.05$).

5.2.2. Rendimiento de canal y pigmentación de la piel

En cuanto a las variables obtenidas antes y después del proceso en el rastro, el análisis estadístico reportó diferencias ($P<0.05$) para tres de ellas: peso de intestinos que fue mayor en las aves que consumieron el ACS en comparación con los que recibieron GAV y ACS/GAV; peso del hígado, que resultó superior en el caso de ACS/GAV y ACS/GCB con respecto al tratamiento con GCB; el contenido de grasa abdominal mostró diferencias entre GCB con ACS/GCB y ACS, siendo mayor en el primer caso (Cuadro 15).

En referencia a la pigmentación de la piel, las variables de respuesta más importantes fueron el amarillamiento y el enrojecimiento no observando diferencias entre tratamientos ($P>0.05$), en el caso de la luminosidad, se aprecia una cantidad menor ($P<0.05$) cuando se incluyó el ACS (Cuadro 16).

Cuadro 14. Parámetros productivos a los 21, 35 y 49 días de edad (Media \pm D.E.).

Experimento 2

Tratamiento	Peso	Consumo	Conversión	Mortalidad (%)	
	corporal (g)	alimento (g)	alimenticia (g/g)	General	SA
21 días de edad					
ACS [*]	674 ^a \pm 29	957 ^a \pm 42	1.49 ^a \pm 0.03	3.00 ^a \pm 3.3	0
GCB ^{**}	642 ^a \pm 38	954 ^a \pm 24	1.58 ^b \pm 0.11	2.40 ^a \pm 2.3	0
GAV ^{***}	647 ^a \pm 26	935 ^a \pm 37	1.53 ^{ab} \pm 0.04	2.80 ^a \pm 2.1	0
ACS/GCB	671 ^a \pm 27	958 ^a \pm 38	1.50 ^a \pm 0.03	2.20 ^a \pm 0.8	0
ACS/GAV	683 ^a \pm 19	958 ^a \pm 30	1.48 ^a \pm 0.01	3.20 ^a \pm 1.3	0
35 días de edad					
ACS	1539 ^a \pm 44	2457 ^a \pm 93	1.60 ^a \pm 0.07	4.60 ^a \pm 4.2	0.40 ^a \pm 0.5
GCB	1479 ^a \pm 46	2397 ^a \pm 71	1.64 ^a \pm 0.03	3.40 ^a \pm 2.9	0.60 ^a \pm 1.3
GAV	1514 ^a \pm 43	2378 ^a \pm 81	1.56 ^a \pm 0.05	6.80 ^a \pm 5.0	2.20 ^a \pm 3.4
ACS/GCB	1519 ^a \pm 29	2448 ^a \pm 64	1.62 ^a \pm 0.05	4.80 ^a \pm 2.5	1.20 ^a \pm 2.1
ACS/GAV	1554 ^a \pm 24	2485 ^a \pm 92	1.59 ^a \pm 0.05	7.00 ^a \pm 5.1	1.40 ^a \pm 2.6
49 días de edad					
ACS	2377 ^a \pm 57	4526 ^{ab} \pm 75	1.84 ^a \pm 0.02	14.8 ^a \pm 6.4	6.40 ^a \pm 2.3
GCB	2310 ^a \pm 25	4406 ^a \pm 98	1.88 ^a \pm 0.03	11.8 ^a \pm 3.8	5.40 ^a \pm 2.6
GAV	2319 ^a \pm 36	4414 ^a \pm 90	1.89 ^a \pm 0.05	14.4 ^a \pm 7.8	7.80 ^a \pm 4.0
ACS/GCB	2344 ^a \pm 72	4505 ^{ab} \pm 64	1.90 ^a \pm 0.06	9.8 ^a \pm 4.3	4.20 ^a \pm 2.3
ACS/GAV	2365 ^a \pm 78	4573 ^b \pm 81	1.88 ^a \pm 0.02	13.2 ^a \pm 4.5	5.60 ^a \pm 3.2

Literales similares entre columnas no muestran diferencias ($P > 0.05$).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

SA: Síndrome Ascético.

Cuadro 15. Peso de canal, intestinos, grasa abdominal, pechuga, piernas y muslos (g) a los 49 días de edad de acuerdo a las fuentes energéticas (Media \pm D.E.).
Experimento 2

Tratamiento/ Parámetro (g)	ACS*	GCB**	GAV***	ACS/GCB	ACS/GAV
Peso vivo	2370 ^a \pm 183	2363 ^a \pm 196	2325 ^a \pm 128	2331 ^a \pm 114	2312 ^a \pm 104
Peso canal	1842 ^a \pm 150	1839 ^a \pm 143	1787 ^a \pm 130	1798 ^a \pm 65	1776 ^a \pm 78
Rendimiento canal (%)	77.7 \pm 6.1	77.8 \pm 6.3	76.9 \pm 4.8	77.1 \pm 3.3	76.8 \pm 3.4
Intestinos	116 ^a \pm 24	107 ^{ab} \pm 12	97 ^b \pm 21	100 ^{ab} \pm 17	96 ^b \pm 10
Hígado	57 ^{ab} \pm 7	54 ^b \pm 4	55 ^{ab} \pm 4	59 ^a \pm 6	60 ^a \pm 8
Grasa abdominal	32 ^b \pm 4	41 ^a \pm 9	36 ^{ab} \pm 9	34 ^b \pm 9	39 ^{ab} \pm 7
Pechuga	347 ^a \pm 21	354 ^a \pm 19	344 ^a \pm 26	347 ^a \pm 34	358 ^a \pm 29
Piernas	206 ^a \pm 17	200 ^a \pm 22	198 ^a \pm 20	195 ^a \pm 17	192 ^a \pm 14
Muslos	207 ^a \pm 26	202 ^a \pm 28	201 ^a \pm 28	198 ^a \pm 12	202 ^a \pm 13

Literales distintas entre filas son diferentes (P<0.05).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%). GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 16. Luminosidad (I*), enrojecimiento (a*) y amarillamiento (b*) en la piel de pollos a los 49 días de edad (Media \pm D.E.). Experimento 2

Tratamiento	Luminosidad	Enrojecimiento	Amarillamiento
ACS	68.26 ^b \pm 1.1	1.30 ^a \pm 1.6	37.85 ^a \pm 3.7
GCB	69.75 ^a \pm 1.7	1.61 ^a \pm 2.2	36.84 ^a \pm 3.7
GAV	70.32 ^a \pm 2.3	0.87 ^a \pm 2.8	34.90 ^a \pm 3.7
ACS/GCB	69.68 ^a \pm 2.1	1.59 ^a \pm 1.4	35.95 ^a \pm 4.6
ACS/GAV	69.55 ^{ab} \pm 2.7	0.58 ^a \pm 2.8	36.69 ^a \pm 4.5

Literales distintas en la columna son diferentes (P<0.05).

ACS: Aceite crudo de soya. GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

5. 3. EXPERIMENTO 3.- EL VALOR (*in vivo*) DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA CORREGIDA A NITRÓGENO DE UNA COMBINACIÓN DE GRASA DE CERDO Y BOVINO, COMBINACIÓN DE GRASA ANIMAL Y ACEITE VEGETAL, Y DEL ACEITE DE SOYA REFINADO DE ACUERDO A SU NIVEL DE INCLUSIÓN (4:96, 8:92 Y 12:88) EN UNA COMBINACIÓN CON MAÍZ AMARILLO MOLIDO MEDIANTE LA ALIMENTACIÓN FORZADA EN GALLOS LEGHORN.

5.3.1. Digestibilidad de la materia seca

Los gallos en ayuno excretaron en promedio 50.0 miligramos (mg) de MS/h (2.40 ± 0.41 g durante 48 h), 93.41% ± 0.20 MS; mientras que los gallos alimentados con maíz excretaron 85.83 mg de MS/h (4.12 ± 0.82 g durante 48 h), 92.20% ± 0.66 MS.

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los niveles de inclusión por fuente energética en la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) se puede apreciar (Cuadro 17) que la DAMS aumentó cuando se incrementó el porcentaje de inclusión de GCB o ASR en la combinación maíz: fuente energética. La digestibilidad verdadera de la materia seca (DVMS) al agregar 4% de grasa fue mayor mientras que el ASR al 12% tuvo la mayor digestibilidad en dicho nivel en comparación con las otras fuentes energéticas. La DVMS de la GAV solamente fue mayor cuando se agrego al 8% y decreció al 12%. Cabe mencionar que la DVMS del maíz fue 93.65 ± 1.86 .

5.3.2. Nitrógeno

Los gallos en ayuno, excretaron en promedio 0.401 ± 0.07 g N durante un periodo de 48 h. La cantidad de N consumido disminuyó al aumentar el porcentaje de inclusión de la fuente energética en la dieta (Cuadro 18). Los gallos alimentados tuvieron una excreción de N variable ($P > 0.05$) la cual dependió del porcentaje de inclusión de la fuente energética. El N excretado corregido fue negativo en todos los tratamiento ($P > 0.05$).

Cuadro 17. Digestibilidad de la materia seca corregida (%) en gallos Leghorn alimentados con una combinación de maíz fuente energética en tres niveles de inclusión (Experimento 3).

DIGESTIBILIDAD MATERIA SECA EXCRETADA (%)						
	ASR		GCB		GAV	
	DAMS	DVMS	DAMS	DVMS	DAMS	DVMS
4%	80.06 ±1.86	88.87 ±1.86	80.85 ±1.86	89.70 ±1.86	76.73 ±1.86	85.53 ±1.86
8%	83.58 ±1.86	92.39 ±1.86	81.29 ±1.86	90.05 ±1.86	86.34 ±1.86	95.12 ±1.86
12%	87.28 ±1.86	96.15 ±1.86	82.36 ±1.86	91.20 ±1.86	82.11 ±1.86	90.96 ±1.86

DAMS.- Digestibilidad aparente de la materia seca.

DVMS.- Digestibilidad verdadera de la materia seca.

Materia seca (g) excretado por gallos en ayuno 2.40 ±0.41.

Materia seca (g) excretada por gallos alimentados con maíz 4.12 ±0.82.

Maíz 84.79 ± 1.86 DAMS y 93.65 ±1.86 DVMS.

Maíz: grano molido maíz amarillo.

ASR: aceite de soya refinado.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Cuadro 18. Nitrógeno total consumido, excretado y retenido por gallos Leghorn alimentados con una combinación de maíz fuente energética en tres niveles de inclusión (Experimento 3).

Fuente Energética	Nivel de Inclusión	Nitrógeno (g)				
		Consumido	Excretado	Retenido A ^a	Retenido C ^b	DV N (%)
Maíz		0.499	0.232 ± 0.03	0.267 ± 0.03	-0.134 ± 0.03	79.01 ± 2.52
	4%	0.461	0.621 ± 0.03	-0.160 ± 0.03	-0.561 ± 0.03	45.32 ± 2.52
ASR	8%	0.422	0.427 ± 0.03	-0.005 ± 0.03	-0.406 ± 0.03	52.60 ± 2.52
	12%	0.413	0.345 ± 0.03	0.068 ± 0.03	-0.333 ± 0.03	56.22 ± 2.52
	4%	0.473	0.706 ± 0.03	-0.233 ± 0.03	-0.634 ± 0.03	42.84 ± 2.52
GCB	8%	0.470	0.434 ± 0.03	0.036 ± 0.03	-0.365 ± 0.03	56.26 ± 2.52
	12%	0.456	0.379 ± 0.03	0.077 ± 0.03	-0.324 ± 0.03	58.72 ± 2.52
	4%	0.454	0.385 ± 0.03	0.069 ± 0.03	-0.332 ± 0.03	57.74 ± 2.52
GAV	8%	0.420	0.374 ± 0.03	0.046 ± 0.03	-0.355 ± 0.03	54.31 ± 2.52
	12%	0.418	0.330 ± 0.03	0.088 ± 0.03	-0.313 ± 0.03	57.35 ± 2.52

^a Retenido aparente (consumido – excretado).

^b Retenido corregido (consumido – (excretado + ayuno)).

N excretado por gallos en ayuno 0.401 ± 0.07 g

DV N.- Digestibilidad verdadera del nitrógeno.

Maíz: grano molido maíz amarillo.

ASR: aceite de soya refinado.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

5.3.3. Energía metabolizable en la dieta

Los resultados se presentan en el Cuadro 19. Se encontraron diferencias entre las fuentes energéticas de origen animal con respecto al ASR y el nivel de inclusión por fuente energética ($P < 0.05$).

El análisis de polinomios demostró un efecto cuadrático para las dietas con fuentes energéticas ($P < 0.01$). Se definió la curva de regresión para ASR: $EMV_n \text{ kcal/kg} = 2840 + 162 X - 7 X^2$ ($r^2 = 0.9622$; $CV = 2.22$); GCB: $EMV_n \text{ kcal/kg} = 2830 + 120 X - 4 X^2$ ($r^2 = 0.9743$; $CV = 1.63$); y GAV: $EMV_n \text{ kcal/kg} = 2830 + 136 X - 6 X^2$ ($r^2 = 0.9825$; $CV = 1.26$) donde X = porcentaje de inclusión de la fuente energética en la dieta (Figura 6).

5.3.4. Energía metabolizable de la fuente energética

Se encontraron diferencias ($P < 0.01$) entre la fuente energéticas de origen animal con respecto al ASR ($P < 0.05$), nivel de inclusión (Cuadro 20) y su interacción (Figura 7). El análisis de polinomios demostró un efecto lineal negativo ($P < 0.01$) en todas las fuentes energéticas usadas. Se definió la curva de regresión para cada una de las fuentes energéticas usando los datos estimados por la ecuación Sibbald y Slinger (1962): para ASR: $EMV_n \text{ kcal/kg} = 10828 - 297 X$ ($r^2 = 0.7724$; $CV = 6.83$); GCB: $EMV_n \text{ kcal/kg} = 8207 - 80 X$ ($r^2 = 0.2377$; $CV = 6.82$); y GAV: $EMV_n \text{ kcal/kg} = 9654 - 252 X$ ($r^2 = 0.9036$; $CV = 3.85$) donde X = porcentaje de la fuente energética en la dieta basal (Figura 8).

Cuadro 19. Energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno (kcal/kg) en gallos Leghorn alimentados con una combinación de maíz fuente energética usando la técnica de Sibbald (1982) (Media \pm E.E.). Experimento 3

Inclusión (%)	ASR	GCB	GAV	Media por nivel
4	3426 \pm 24	3268 \pm 24	3300 \pm 24	3332 ^C \pm 14
8	3594 \pm 24	3464 \pm 24	3474 \pm 24	3511 ^B \pm 14
12	3719 \pm 24	3613 \pm 24	3533 \pm 24	3622 ^A \pm 14
Media por fuente	3390 ^a \pm 12	3291 ^b \pm 12	3282 ^b \pm 12	

Literales mayúsculas diferentes en la columnas son diferentes (P<0.05)

Literales minúsculas diferentes entre filas son diferentes (P<0.05)

Energía bruta en base seca excretada por gallos en ayuno 2371 \pm 301

Maíz: grano molido maíz amarillo.

ASR: aceite de soya refinado.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Datos en base fresca y sin impurezas.

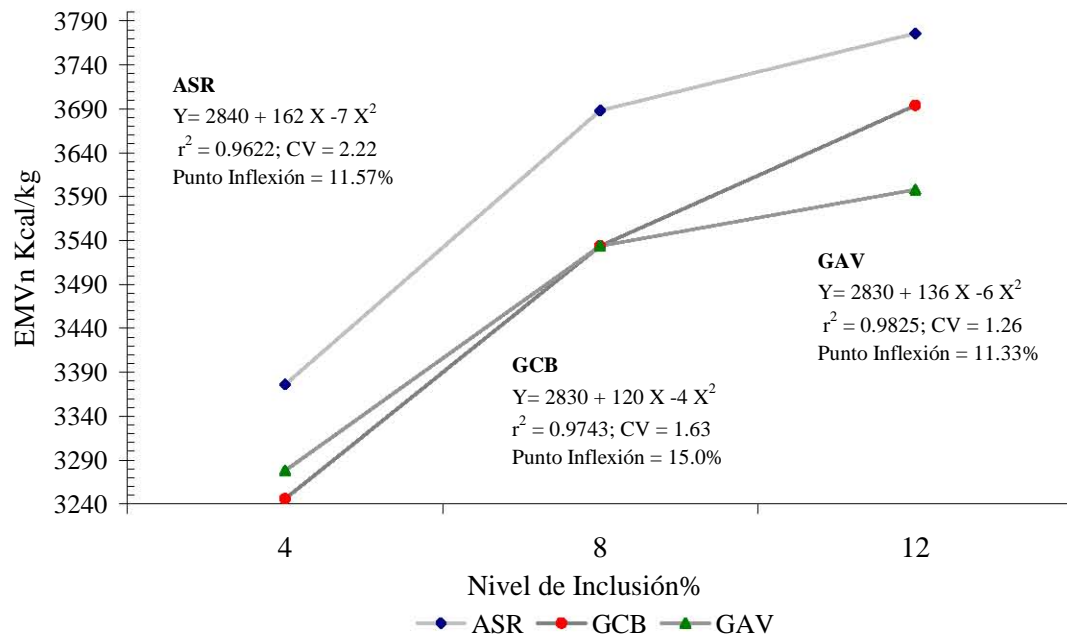


Figura 6. Efecto del nivel de inclusión de la combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado de la dieta con base en maíz en la EMVn Kcal/Kg en gallos Leghorn.

Cuadro 20. Energía metabolizable verdadera corregida a nitrógeno (kcal/kg) de una combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y aceite de soya refinado de acuerdo a su nivel de inclusión, usando maíz como vehículo, calculado con la ecuación de Sibbald y Slinger (1962) (Media \pm E.E). Experimento 3

Inclusión (%)	ASR	GCB	GAV	Media por nivel
4	9755 \pm 244	7848 \pm 244	8597 \pm 244	8733 ^A \pm 141
8	8220 \pm 244	7635 \pm 244	7737 \pm 244	7864 ^B \pm 141
12	7377 \pm 244	7204 \pm 244	6583 \pm 244	7054 ^C \pm 141
Media por fuente	8451 ^a \pm 141	7562 ^b \pm 141	7639 ^b \pm 141	

Literales mayúsculas diferentes en columnas son significativas (P<0.05)

Literales minúsculas diferentes entre filas son significativas (P<0.05)

Maíz: grano molido maíz amarillo.

ASR: aceite de soya refinado.

GCB: Combinación de grasa de cerdo (46.8%) y bovino (53.2%).

GAV: Combinación de grasa animal (39.2%) y aceite vegetal (60.8%).

Datos en base fresca y sin impurezas.

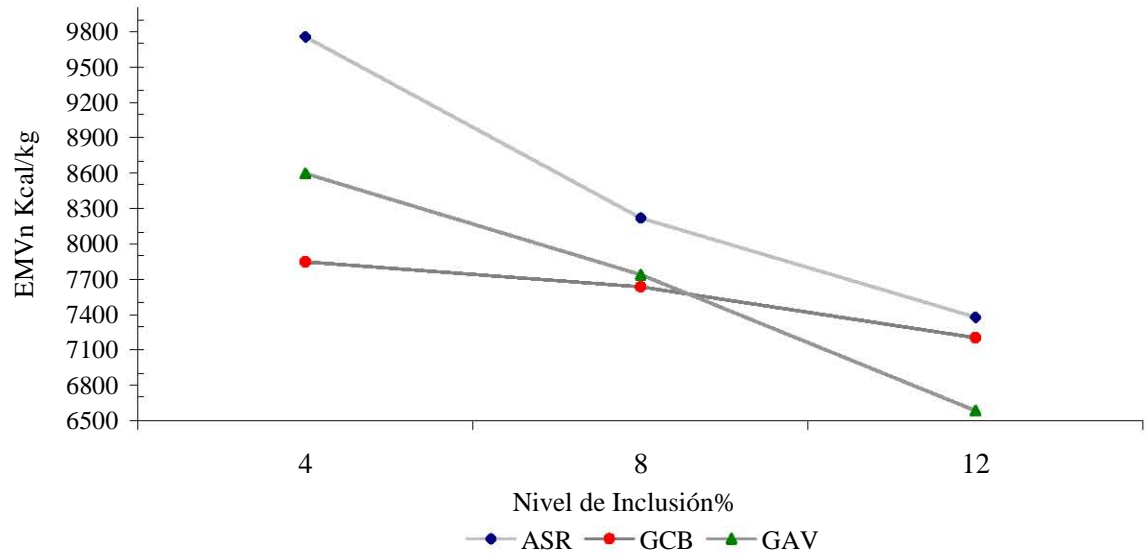


Figura 7. Interacción nivel de inclusión por fuente energética, usando maíz como vehículo, sobre la EMVn Kcal/Kg de la combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado en gallos Leghorn.

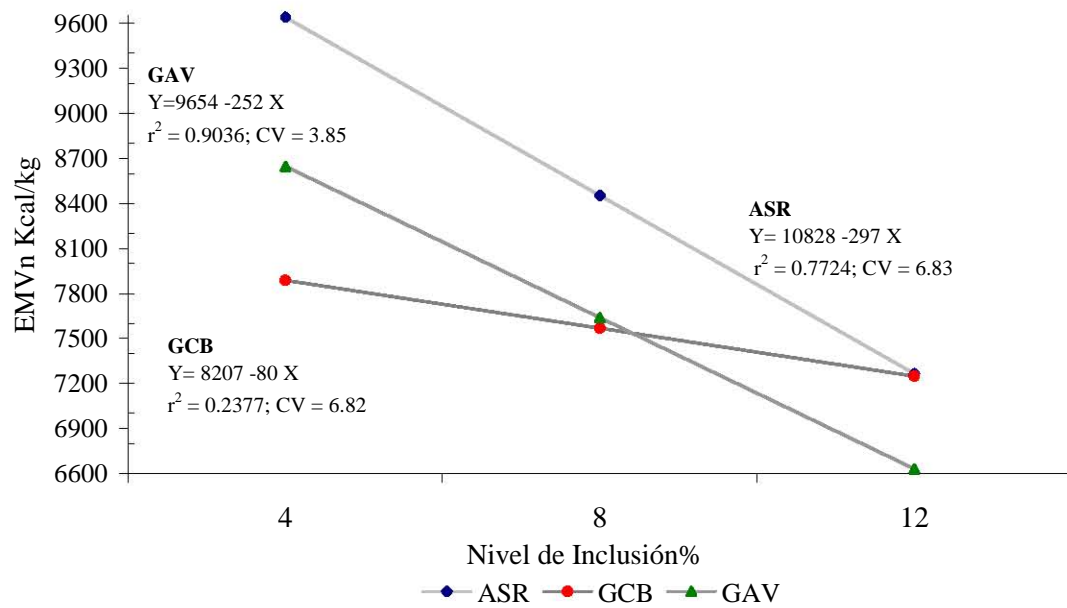


Figura 8. Efecto del nivel energético, usando maíz como vehículo, sobre el valor de la EMVn Kcal/Kg de la combinación de grasa de cerdo y bovino, combinación de grasa animal y aceite vegetal, y del aceite de soya refinado en gallos Leghorn.

VI. DISCUSION

El aprovechamiento de las fuentes concentradas de energía por el pollito antes de la segunda semana de vida es incompleto, debido en gran parte a la inmadurez de las vellosidades intestinales y a la limitada actividad de la lipasa pancreática así como a una circulación enterohepática deficiente de las sales biliares, lo que lleva a una menor emulsificación, consecuentemente a la formación de micelas y a la menor concentración de ácidos grasos libres, que son prerequisites fisicoquímicos indispensables para la mayor absorción de los lípidos, independientemente de la inmadurez de las vellosidades intestinales (Renner y Hill, 1960; Serafin y Nesheim, 1970; Viera y Moran, 1999). La actividad de la α -amilasa y lipasa pancreática es proporcional al peso vivo y del intestino, lo cual indica que el consumo de alimento favorece la secreción de enzimas pancreáticas a una tasa constante de acuerdo al consumo de alimento y crecimiento corporal (Nitsan *et al.*, 1991).

Los resultados de los análisis de los AGI y AGS en las tres fuentes de energía, se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura (NRC, 1994). Los AGI tienen una mayor digestibilidad que los AGS (Ketels y De Groote, 1989; Lilburn, 1998), al aumentar la concentración de AGI en el ACS se obtuvo una mejor respuesta ($P < 0.05$) en el peso corporal con respecto a la GCB, así como en el consumo de alimento y conversión alimenticia con relación a la GAV y GCB; por su parte la GAV presentó diferencias en el consumo y una mejor conversión alimenticia al compararla con la GCB. Estos resultados están relacionados a la proporción de AGI, AGS y AGL en el ingrediente. En el caso del ACS se observa una mejor productividad que la GCB, debido a que la cantidad de AGS y AGL en GCB aumentan y los AGI disminuyen; el mayor grado de insaturación y la menor cantidad de AGL, mejoran la capacidad de emulsificación por sales biliares y con ello la absorción (Sklan, 1979). Al combinar una grasa con el aceite se incrementa el valor nutricional como fue el caso de la GAV; conceptos que coinciden con lo reportado por Lewis y Payne (1966).

El DBF ha sido utilizado como referencia indirecta de la integridad de la bolsa de Fabricio, el cálculo de la relación DBF/PC reportado por Nelson *et al.*, (1998) tiene una correlación

entre 0.60 y 0.90 de exactitud sobre el daño en este órgano, la cual es muy amplia; indicando la mayor relación una bolsa saludable. Al existir diferencia entre los tratamientos para el peso corporal; se hubiese esperado que en los de mayor crecimiento, tuviesen una mayor DBF/PC, sin embargo este efecto no se observó ($P>0.05$). Otro factor a considerar es que al aplicar la vacuna de virus vivo, se genera una replicación en la BF originando un mayor tamaño del tejido, lo que debería reflejarse en un menor índice DBF/PC, mismo que no se observó en los tratamientos.

Los AGPI (n-6 y n-3) también inducen acciones inmunomodulatorias después de su incorporación al tejido linfóide (Sijben *et al.*, 2000) y tienen un impacto importante sobre la respuesta inmune (Fritsche *et al.*, 1991a). Los títulos de anticuerpos contra IBF obtenidos a los 11 días reflejan un nivel protector de anticuerpos maternos contra IBF cercanos al valor que confiere una adecuada protección (título de ELISA < 2000) (Nelson *et al.*, 1998), en desafíos virales realizados a los 10 días de edad, se ha reportado que los títulos de anticuerpos contra IBF descienden, incluso en los no vacunados, a menos de 150 (Cardoso y Morales, 2000). Las aves con títulos elevados de anticuerpos contra IBF estarán mejor protegidas, como es el caso de los pollos de 11 días alimentados con ACS y GAV, o con los niveles de 3200 kcal/kg de EM que se mantuvieron hasta los 21 días ($P<0.05$).

Sobre la concentración de IgG e IgA solamente se observó diferencia ($P<0.05$) a los 21 días de edad, siendo favorable para las dietas con ACS y GAV. Takahashi *et al.* (2003) encontraron diferencias ($P<0.05$) en la concentración de IgG cuando se ofrecieron 10 g de C18:2/kg en una dieta experimental, cantidad que está muy por arriba de la concentración de AGI analizada en las fuentes de energía incluidas en las dietas experimentales de éste trabajo.

La prevención mediante la vacunación contra las enfermedades enzoóticas como es el caso de la IBF es recomendable, ya que protegerá a los pollos contra la infección y las complicaciones secundarias, manteniendo un mejor estado de salud, aspecto que se reflejará en el comportamiento productivo con respecto a los infectados sin una previa protección. En éste experimento observó una interacción entre la vacunación y el nivel de energía ($P<0.05$), efecto que se reflejó en una respuesta favorable en el peso, consumo de

alimento y conversión en las aves vacunadas que recibieron las dietas con mayor concentración de EM.

En el proceso de adaptación de una alimentación embrionaria hasta las dos primeras semanas de vida del pollito, ocurren importantes desarrollos anatómicos y fisiológicos para completar la madurez del sistema digestivo y con ello el aprovechamiento de los nutrientes exógenos. La altura de la vellosidad y la profundidad de la cripta se modifican favorablemente después del nacimiento; en el duodeno se tiene un desarrollo completo entre los 4 a 6 días post eclosión, en cambio para el yeyuno e ileon, se requieren 10 días. Este aumento en la superficie de las vellosidades, los cambios enzimáticos y el inicio de los sistemas de transporte activo de nutrientes, incrementan la capacidad de absorción (Noy y Sklan, 1995). Los n-6 y n-3 presentes en las dietas que incluyeron aceites vegetales, influyeron positivamente sobre el número y longitud de las vellosidades (López-Pedrosa *et al.*, 1999), teniendo un efecto proporcional sobre la capacidad de absorción de los nutrientes (Sklan, 2001), esta respuesta se observó ($P > 0.05$) cuando se ofrecieron dietas con ACS al registrar las vellosidades una mayor extensión, a excepción del ileon ($P < 0.05$).

Un programa de alimentación eficiente incluye la incorporación en las distintas fases de producción de ingredientes con mayor disponibilidad de nutrientes, de acuerdo a las condiciones anatómicas y fisiológicas del ave (Sklan, 2001). En el segundo experimento al término del periodo de iniciación se obtuvo una mejor conversión alimenticia ($P < 0.05$) con el ACS resultado de la mayor concentración de AGI (Lewis Payne, 1966), situación que no continuó en el periodo de engorda y finalización, donde ya se tiene plena capacidad digestiva y de absorción para aprovechar los lípidos de la dieta en mayor proporción de AGS (Sklan, 2001).

En las dietas del Experimento 2 el cambio de ACS por GAV o GBC no afectó el peso de los pollos durante el periodo experimental ($P > 0.05$) a pesar que las dietas fueron isoenergéticas y que no se observaron diferencias en la conversión alimenticia, al utilizar ACS las aves tuvieron un menor depósito de grasa abdominal ($P < 0.05$) con respecto a la GCB debido a la mejor proporción de AGI (Lewis Payne, 1966).

El aporte de xantofilas en la ración fue igual en los 5 tratamientos y no se observaron diferencias ($P>0.05$) para el amarillamiento y enrojecimiento de la piel, lo que indica que aparentemente no hay efecto por la fuente de energía evaluada.

En el tercer experimento los resultados de la MS son inferiores a los reportados por Parsons *et al.* (1982) de 157 mg/MS/h (4.71 g durante 30 h) excretado por machos Leghorn adultos. Lo anterior podría ser atribuible a la menor tasa de pasaje gastrointestinal inducida por la fuente energética en la dieta (NRC, 1994) por otra parte, la MS excretada tiene una amplia variación entre pruebas (Huyghebaert *et al.*, 1988) y no al tiempo de recolección donde no se han encontrado diferencias entre 30 y 48 h (Sibbald, 1979; Parsons *et al.*, 1982).

Los resultados obtenidos en la DMS ($P>0.05$) concuerdan con autores como Fuller y Rendon (1979) y Shires *et al.* (1980) que atribuyen la velocidad de excreción a la composición química de la dieta en cuanto a la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, edad, limitaciones fisiológicas y bioquímicas, y al sexo.

El valor superior de nitrógeno excretado por los gallos alimentados con GCB, ASR y maíz es presumiblemente como consecuencia de una gluconeogénesis (Pesti, 1983). Estos resultados son inferiores al promedio de 2.06 g (68.66 mg/N/h) en gallos Leghorn (Pesti, 1983). Sin embargo se debe tomar en cuenta que los resultados presentados son en dietas netamente energéticas, que la cantidad consumida de nitrógeno fue inferior a 0.5 g N y que no existen otros componentes (lípidos, carbohidratos o proteínas) fuera de las aportadas por el maíz con el cual pudieran hacer sinergismo. La cantidad de N excretado es variable dependiendo del tipo de dieta ofrecida, estadio fisiológico y sexo (Parsons *et al.*, 1982).

La cantidad de N excretada por gallos en ayuno (401 ± 0.07 g N durante 48 h) esta dentro del rango reportado de 0.375 y 0.599 g de N eliminado, durante un periodo de 24 h (Sibbald, 1975; Shires *et al.*, 1980) indicando que la cantidad de nitrógeno excretado en gallos en ayuno puede variar.

Se ha demostrado que tanto la composición de la dieta basal como el nivel de inclusión de la fuente energética afectan el valor de la EM (Sibbald y Kramer, 1980). La energía endógena excretada depende del tipo de dieta y nivel de consumo; y ambos factores pueden afectar considerablemente la EMV (Chami *et al.*, 1980; Kussaibati *et al.*, 1982). Los valores en el punto de inflexión son debido principalmente a la proporción de los ácidos

grasos (saturados e insaturados) de la fuente en cuestión (Mateos y Sell, 1980). Consecuentemente, el balance de éstos ácidos grasos y la cantidad de sales biliares excretada son factores importantes en la absorción de las grasas y en consecuencia del valor energético.

Cabe mencionar que aunque los niveles de inclusión usados en el presente trabajo están por debajo de los puntos de inflexión, por lo tanto fuera del rango de estudio, la metodología usada estimó los valores registrados. Sin embargo en el caso de GAV y ASR los valores de inflexión son similares a los recomendados por los fabricantes que sugieren no usar más de un 10% en la dieta (Kerntke, 1992; NRA, 1993) y con base en las ecuaciones obtenidas el valor de uso en la dieta podría extenderse hasta los puntos reportados tomando en consideración la edad para evitar problemas como la esteatorrea.

Autores como Dale y Fuller (1982), Wiseman *et al.* (1986) han observado que al aumentar la inclusión de grasa en la ración la EM decrece en forma lineal. El valor de EM se incrementa conforme decrece el nivel de inclusión de la grasa en la dieta hasta el punto donde la cantidad de grasa agregada (2.5%) es insuficiente para producir un efecto (Sell *et al.*, 1976). Los resultados obtenidos, tuvieron el mismo sentido de respuesta donde el valor más alto de EM se observó cuando el porcentaje de inclusión fue al 4% y decreció al incrementar la proporción de la fuente energética.

Los valores estimados de EMVn de las fuentes energéticas incluidas son similares a los reportados por Sell *et al.*, (1976) quienes también han mencionado valores por arriba de lo esperado en la EMV del sebo (10300 kcal/kg) cuando se agregó al 2% a una dieta base conteniendo 67.75% maíz y 22.7% pasta de soya (Sibbald y Kramer, 1978). Estos mismos autores presentaron un valor de EMV de 10510 kcal/kg para el sebo cuando se incluyó al 5% en una ración conteniendo 68% maíz y 28% pasta de soya, valor superior a las 7480 kcal/kg descrito en las tablas nutricionales. Mateos y Sell (1980) reportan valores elevados de EMV al adicionar 3% de grasa amarilla (11567 kcal/kg), con respecto a lo señalado por la NRC (1994) (6808 a 8551 kcal/kg). Horani y Sell (1977) indicaron que la grasa tuvo un valor de 10300 kcal de EM/kg cuando se agregó al 3% en una dieta base maíz y pasta de soya (62.4% y 20.0% respectivamente); siendo interesante considerar a futuro una

cuantificación precisa de este efecto mediante la combinación de diferentes proporciones de maíz y pasta de soya.

En cuanto a la concentración y perfil de ácidos grasos Sibbald y Kremer (1978) demostraron que existe una relación positiva entre los valores de EMV y el porcentaje de ácido linoleico en la dieta. Renner y Hill (1961) citado por Shannon (1971) mencionan que la inclusión particularmente de ácido linoleico incrementa la absorción de los ácidos grasos saturados. El perfil de los ácidos grasos de las fuentes energéticas bajo estudio indican que la segundo mayor concentración fue el ácido linoleico, después del oleico, situación que apoyaría la mejor digestibilidad, y en consecuencia, los valores registrados ya que autores como Kussaibati *et al.* (1982) señalan que la digestibilidad en la grasa animal del ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2) y el ácido linolénico (C18:3) fue de 69.6%, 93.0%, 92.4% y no registrado, respectivamente. Young (1961) indica una digestibilidad aparente de 68.6%, 92.1%, 87.6% y 71.2% en el mismo orden para la grasa animal. Mientras que para una mezcla de grasas y aceites la digestibilidad fue del 73.2%, 95.6%, 91.2% y 80.0%, y en el aceite de soya correspondió a 84.6%, 93.3%, 97.4% y 97.7%, respectivamente. Young (1961) también reporta que la grasa animal tuvo una absorción del 84% (mayor proporción de ácidos grasos saturados) y la mezcla de grasa animal y aceite vegetal del 85% (mezcla de ácidos grasos saturados e insaturados) y el aceite de soya del 93% (mayor cantidad de AGPI), en inclusiones al 15%.

La digestibilidad de los ácidos oleico y linoleico y varios monoglicéridos, es debida a que forman rápidamente micelas que solubilizan a los ácidos saturados, así hay un mejoramiento en la absorción de los ácidos palmítico y esteárico y por ende de la EM (Scott *et al.*, 1982) proceso conocido como sinergismo entre los ácidos grasos saturados e insaturados.

De las 3 fuentes energéticas evaluadas, la mayor EMVn calculada fue en el ASR se explica por la eficiencia en la formación de micelas y a la menor concentración de ácidos grasos libres, importantes prerequisites fisicoquímicos para la máxima absorción de la fuente energética (Sklan, 1979).

Los datos sugieren que la absorción de los ácidos grasos es más alta cuando los niveles de energía en la dieta son bajos (Sibbald y Slinger, 1962) debido en gran parte a la mayor

capacidad de emulsificación y a la menor cantidad de ácidos grasos libres presentes; habiendo un balance positivo sobre éstos ácidos grasos y la concentración de sales biliares excretadas, el nivel de la fuente energética y su estructura molecular (triglicéridos contra ácidos grasos libres).

Entre los principales factores a considerar para calcular la EM se encuentran la edad de las aves (Sell *et al.*, 1986). Hormonas como la insulina y el glucagon, juegan un papel importante en la regulación de la energía; el nivel de ésta última en el plasma es suprimida por la presencia de los ácidos oleico y linoleico, y en consecuencia la lipólisis (Hazelwood, 1983), el sinergismo entre los ácidos grasos saturados e insaturados, tasa de pasaje, digestibilidad, estructura molecular de los ácidos grasos (Huyghebaert *et al.*, 1988) y la capacidad de utilización de las grasas por el ave que declina progresivamente cuando se incrementa la concentración en la dieta (Dale y Fuller, 1982).

El bioensayo usado en este trabajo y la aplicación de la ecuación empleada dan como resultado cifras superiores a las publicadas en las tablas de contenido nutricional de ingredientes o los que se podrían obtener mediante la combustión de la fuente energética *per se* en una bomba calorimétrica, donde el resultado final es dado únicamente por el aumento de la temperatura del agua, al quemar CO₂ y H₂O.

VII. CONCLUSIONES

- La mayor proporción de AGI con menor cantidad de AGS y AGL presentes en las dietas indudablemente influye sobre la eficiencia de utilización de las grasas en la dieta mejorando los parámetros productivos hasta los 21 días y la concentración de IgA en lavado intestinal, sin detectar una respuesta significativa hacia longitud de las vellosidades intestinales, títulos de anticuerpos contra IBF o concentración total de IgG en suero sanguíneo.

- Al incrementar la EM aumenta la productividad hasta los 21 días y los títulos de anticuerpos contra IBF y con la inmunización mediante la vacunación se obtiene mejor peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia así como protección inmunitaria debido a la mayor concentración de IgG e IgA, teniendo también una mayor longitud de las vellosidades del duodeno y yeyuno.

- Al evaluar el ciclo completo de engorda, el manejo nutricional en la etapa de iniciación es fundamental para lograr que se manifieste el mayor potencial genético de los pollos de engorda, con fuentes como el ACS para continuar las siguientes fases con estrategias nutricionales tendientes a optimizar la rentabilidad y productividad usando la GAV o la GCB que se aprovechan mejor después de los 21 días de edad, resaltando que no se encontraron diferencias en cuanto a la tasa de crecimiento, rendimiento de la pechuga, pierna, muslo y la pigmentación de la piel; sin embargo, la mejor conversión alimenticia encontrada se traduce como un efecto “extra metabólico” que permite la utilización de componentes no lipídicos, proteicos y/o carbohidratos de la dieta basal (Sugandi *et al.*, 1978) que puede ser mejorada por la presencia de maíz en la dieta adicionando grasas en niveles inferiores al 8%. Esta recomendación se lleva a cabo en un buen sector de la industria avícola y con este estudio se confirman sus beneficios.

VII. REFERENCIAS

AOAC. Fatty acid profile: Method 28.057 a 28.068. Official Methods of Analysis. 13th Ed. AOAC, Arlington, VA, 1980.

Aviagen, disponible en <http://aviagen.com/docs/August%202007%20Broiler%20Economics.pdf>

Ávila GE. Alimentación de las aves: Curso de especialización en producción animal área aves. FMVZ-UNAM. México:Trillas, 2001.

Báez AJ. Patología de las aves. México:Trillas, 1994. 138 pag.

Baranyiová E, Holman J. Morphological changes in the intestinal wall in fed and fasted chickens in the first week after hatching. Acta Vet Brno 1976;45:151-158.

Behnke KC. Procesamiento de alimentos balanceados con subproductos de origen animal. Tecnología Avícola 2000;13(152):28-32.

Calder PC. N-3 polyunsaturated fatty acids and immune cell function. Adv Enzyme Regul 1997;37:1997-237.

Calder PC. Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and immunity. Lipids 2001;36(9):1007-1024.

Campabadal CM. Importancia económica del control de calidad de los alimentos para la Avicultura. Avirama 1992;13(106):6-18.

Campabadal CM, Navarro GHA. Sistemas de alimentación para pollos de engorda. Soya Noticias:Asociación Americana de Soya 1997;251:12-21.

CANACINTRA. La industria alimenticia animal en México. Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales AC. México (Mérida):CANACINTRA, 2001.

Cardoso B, Morales O. Enfermedad de Gumboro – el desafío de la vacuna. Apuntes técnicos de Avimex; 2000 Mayo 18; Mérida (Yucatán) México, 2000: 15-20.

Carew LB Jr., Machemmer RH, Shar RW Jr., Foss DC. Fat absorption in the very young chick. Poult Sci 1972;51:738-742.

Castello LJ, Lleonart RF, Campo CJ, Orozco PF. Biología de la gallina. en: Castello LJ, Lleonart RF, editor. Escuela de Avicultura. Barcelona, 1989:192 pag.

Chami DB, Vohra P, Kratzer FH. Evaluation of a method for determination of true metabolizable energy of feed ingredients. Poult Sci 1980;56:569-571.

Cherry J.A. Metabolismo y acumulación de grasa en aves 1. Tecnología avícola 1989;2:23-28.

- CONAFAB. La industria alimenticia animal en México. Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal AC. México DF:CONAFAB, 2006.
- Cuca ME, Ávila EG. Pro M. Alimentación de las aves. Estado de México:Universidad Autónoma Chapingo Montecillo, 1996.
- Dale NM, Fuller HL. True metabolizable energy of fats at low level dietary inclusion. *Poult Sci* 1982;61:2415-2420.
- Dibner JJ, Knight CD, Ivey FJ. The feeding of neonatal poultry. *World Poultry* 1998;5(14):36-42.
- Fritsche KL, Cassity NA, Huang SC. Effect of dietary fat on the fatty acid compositions of serum and immune tissues in chickens. *Poult Sci* 1991a;70(5):1213-1222.
- Fritsche KL, Cassity NA, Huang SC. Effect of dietary fat source on antibody production and lymphocyte proliferation in chicken. *Poult Sci* 1991b;70(3):611-617.
- Fuller HL, Rendon M. Energetic efficiency of corn oil and poultry fat at different levels in broiler diets. *Poult Sci* 1979;58:1234-1238.
- García E. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. UNAM. 1973:246.
- Grajeda DA, Merino GR. Método ELISA para la detección de IgA en intestino de pollos. Memorias de VIII Jornadas Médico Avícolas; 2002 febrero 20-22; México. México (DF): FMVZ-UNAM, 2002: 95.
- Hazelwood RL. Adaptation of metabolism to various conditions: Dynamic Biochemistry of Animal Production. In Riis PM, editors. New York, 1983:1530 pag.
- Hill FW, Anderson DL. Composition of metabolizable energy and productive energy determination with growing chicks. *J Nutr* 1958;64:587-603.
- Hill FW, Dansky LM. Studies of the energy requirements of chickens 1. The effects of dietary energy level on growth and feed consumption. *Poult Sci* 1954;33:112-119.
- Horani F, Sell JL. Effect of grade animal fat on laying hen performance and on metabolizable energy of rations. *Poult Sci* 1977;56:1972-1980.
- Huyghebaert G, De Munter D, De Groote G. The metabolizable (AMEn) of fats for broilers in relation to their chemical composition. *Anim Feed Sci Technol* 1988;20:45-58.
- IDEXX, Inc., Portland, ME.
- Ismail NM, Saif M, Wigle WL, Venstein GB, Jackson C. Infectious bursal disease virus variant from commercial leghorn pullets. *Avian Dis* 1991;34:141-145.

- Itzá MF, García L, Castro FJ. Consumo de alimentación, causa y porcentaje de mortalidad en granjas de postura comercial bajo condiciones climáticas de Yucatán, México. *Vet Méx* 2006;37(3):379-390.
- Kaku S, Yunoki S, Ohkura K, Sugano M, Nonaka M, Tachibana H, Yamada K. 2001. Interactions of dietary fats and proteins on fatty acid composition of immune cells and LTB₄ production by peritoneal exudates cells of rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 2001;65(2):315-321.
- Kastel R, Revajova V, Magic D, Pisl J, Levkut M, Bindas L, Sajbidor J, Horvath M. Effect of oil containing n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) on the immune response and growth factors in piglets. *Acta Vet Hung* 1999;47(3):325-340.
- Katongole JBD, March BE. Fat utilization in relation to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poult Sci* 1980;59:819-827.
- Kerntke U. Soya: No sólo para excéntricos. *Soya Noticias:Asociación Americana de Soya* 1992;231:8-13.
- Ketels E, De Groote G. Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid fraction on utilization and metabolizable energy of added fats in young chicks. *Poult Sci* 1989;68:1506-1512.
- Kit Bethyl Lab, disponible en www.bethyl.com/matrix.asp?catid=3
- Krogdahl A. Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition* 1985;115:675-685.
- Kussaibati R, Guillaume J, Leclercq B. The effects of endogenous energy, type of diet, and addition of bile salts on true metabolizable energy values in young chicks. *Poult Sci* 1982;61:2218-2223.
- Laguna J, Piña GE. Metabolismo de los aminoácidos y de las proteínas. In: Fournier S.A., editors. *Bioquímica*. México D.F.:La prensa medica Mexicana, 1986. 143-185.
- Leeson S, Summers JD. Nutrition of the chicken. In: Leeson S, Summers JD, editors. *University Books*, Guelph, ON, Canada, 2001:523 pag.
- Lewis D, Payne CG. Fats and amino acids in broiler rations: 6 synergistic relationships in fatty acid utilization. *Br Poult Sci* 1966;7:209-218.
- Lewis NM, Seburg S, Flanagan NL. Enriched Eggs as a source of N-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *Poult Sci* 2000;79:971-974.
- Li DF, Thaler RC, Nelssen JL, Harmon DL, Allee GL, Weeden TL. Effect of fat sources and combinations on starter pig performance, nutrient digestibility and intestinal morphology. *Journal Animal Science* 1990;68(11):3694-3704.

- Li X, Nakano T, Sunwoo HH, Paek BH, Chae HS, Sim JS. Effects of egg and yolk weights on yolk antibody (IgY) production in laying chickens. *Poult Sci* 1998;77:266-270.
- Lilburn MS. Practical aspects of early nutrition for poultry. *J Appl Poultry Res* 1998;7:420-424.
- López-Pedrosa JM, Ramirez M, Torres MI, Gil A. Dietary phospholipids rich in long-chain polyunsaturated fatty acids improve the repair of small intestine in previously malnourished piglets. *Journal of Nutrition* 1999;129(6):1149-1155.
- Lukert PD, Saif YM. Diseases of Poultry. In: Calnek BW, Barnes HJ, Beard C W, Reid WM, Yoder HW Jr., editors. Iowa State University Press:Iowa USA, 1991.863 pag.
- Mack ON. Digestión y metabolismo. México (D.F):El manual moderno, 1986
- Mateos GG, Sell JL. True and apparent metabolizable energy values of fat for laying hens: influence of level of use. *Poult Sci* 1980;59:369-373.
- Maynard LA, Loosli JK, Hintz HF, Warner RG. *Nutrición Animal*. 7 ed. México:McGranw-Hill, 1981.
- McNaughton JL, Reece FN. Dietary energy requirements of broilers reared in low and moderate environmental temperatures. Adjusting dietary energy to compensate for abnormal environmental temperatures. *Poult Sci* 1982;61:1879-1884.
- Mendenhall W. Introduction to probability and statistics. In: Mendenhall W, Beaver RJ, Belmont, editors. *Introduction to linear models and the design and analysis of experiments*. California:Duxbury, 1994:244-251.
- Michael E, Hodges RD. Histochemical changes in the fowl small intestine associated with enhanced absorption after feed restriction. *Histochemie* 1973;36:39-49.
- Murakami H, Akiba Y, Horiguchi M. Nutritional aspects in early growth post-hatch of broiler chicks. *Proc. 8th WPSA, Nagoya, Japão*. 861-863. 1988.
- NRA. Pocket information manual – a buyers guide to rendered products. National Renderers Association, 1993.
- NRA. North American Reendering – the source of essential, high quality products. National Renderers Association. 1997.
- NRC. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1994.
- Nelson P, Ching-Ching W, Tsang-Long L, Robert K. Efecto de diferentes niveles de anticuerpos maternos del virus de la enfermedad infecciosa de la bursa sobre la protección de sus progenies contra diferentes cepas del IBDV. *Veterinaria Tropical* 1998;23(2):147-167.

- Newey H, Sanford PA, Smith DH. Effects of fasting on intestinal transfer of sugar and amino acids *in vitro*. J Physiol 1970;208:705-724.
- Nitsan Z, Ben-Avraham G, Zoref Z, Nir I. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. Br Poult Sci 1991;32(3):515-523.
- Noy Y, Sklan D. Digestion and absorption in the young chick. Poult Sci 1995;74:366-373.
- Noy Y, Sklan D. Posthatch development in poultry. J Appl Poult Res 1997;6:344-354.
- Noy Y, Sklan D. Metabolic responses to early nutrition. J. Appl. Poultry Res 1998;7:437-451.
- Parsons CM, Potter LM, Bliss BA. True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium. Poul Sci 1982;61:2241-2246.
- Penz AM, Vieira SL. Broiler Pre-starter feed formulation. Arkansas, 12 a 14 de setembro de 2000. Departamento de Zootecnia Faculdade de Agronomia. Universidad Federal do Rio Grande do Sul.
- Pesti GM. Influence of substitution method and of food intake on bioassays to determine metabolizable energy with chickens. Br Poult Sci 1983;25:495-504.
- Renner R, Hill FW. The utilization of corn oil, lard and tallow by chickens of various ages. Poult Sci 1960;39:849-854.
- Reece FN, McNaughton JL. Effects of dietary nutrient density on broiler performance at low and moderate environmental temperatures. Poult Sci 1982;61:2208-2211.
- Rosales AG, Villegas P, Lukert PD, Fletcher OJ, Mohamed MA, Brown J. Isolation, identification, and pathogenicity of two field strains of infectious bursal disease virus. Avian Dis 1989;33:35-41.
- Ross Breeders. Producing quality broiler meat. Sistema de manejo para pollo Ross. Scotland UK 1996;85 pag.
- Ruthing DJ, Meckling-Gill KA. N-3 and n-6 fatty acids stimulate restitution by independent mechanisms in the IEC-6 model of intestinal wound healing. Journal Nutrition Biochemistry 2002;13(1):27-35.
- Sagarpa, disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/062zoo.pdf>
- Sagarpa, disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/NOM/033zoo.pdf>
- SAS User's Guide. 2001. Version 8.1 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Scott ML, Nesheim MC, Young RJ. Nutrition of the Chicken. In Scott and Associates, editors. Cornell University:New York, 1982:557 pag.

- Sell JL, Horani F, Johnson RL. The “extracaloric” effect of fat in laying hen rations. *Feedstuffs* 1976;48(27):28-29.
- Sell JL, Krogdahl A, Hanyu N. Influence of age on utilization of supplemental fats by young turkeys. *Poult Sci* 1986;65(3):546-554.
- Serafin JA, Nesheim MC. Influence of dietary heat-labile factors in soybean meal upon bile acid pools and turnover in the chick. *Journal of Nutrition* 1970;100(7):786-796.
- Shannon, DWF. The effect of level of intake and free acid content on the metabolizable energy value and net absorption of tallow by the laying hen. *Journal of Agricultural Science* 1971;76:217-221.
- Shires A, Robblee AR, Hardin RT, Clandinin DR. Effect of the age of chickens on the true metabolizable energy values of feed ingredients. *Poult Sci* 1980;59:396-403
- Sibbald IR. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. *Poult Sci* 1976;55:303-308.
- Sibbald IR, Kramer KG. The effect of the basal diet on the true metabolizable energy value of fat. *Poult Sci* 1978;57:685-691.
- Sibbald IR, Kramer JK. The true metabolizable energy values of fats and fat mixtures. *Poult Sci* 1977;56:2079-2086.
- Sibbald IR, Kramer KG. The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of true metabolizable energy lipid, and fatty acids. *Poult Sci* 1980;59:316-324.
- Sibbald IR, Slinger SJ. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. A study of the effect of level of dietary inclusion on the metabolizable energy values of several high protein feedingstuffs. *Poult Sci* 1962;41:1282-1289.
- Sibbald, IR. The effect of feed intake on metabolizable energy values measured with adult roosters. *Poult Sci* 1975;54:1990-1997.
- Sibbald, IR. Effects of level of feed input, dilution of test material, and duration of excreta collection on true metabolizable energy values. *Poult Sci* 1979;58:1325-1329.
- Sibbald IR. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: A review. *Can J Anim Sci* 1982;62:983-1048.
- Sijben JWC, De Groot H, Nieuwland MGB, Schrama JW, Parmentier HK. Dietary linoleic acid divergently affect immune responsiveness of growing layer hens. *Poult Sci* 2000;79:1106-1115.
- Sijben JWC, Nieuwland B, Kemp HK, Parmentier HK, Schrama JW. Interactions and antigen dependence of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids on antibody responsiveness in growing layer hens. *Poult Sci* 2001;80:885-893.

- Simopoulos AP. Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with N-3 PUFA. *Poult Sci* 2000;79:961-970.
- Sklan D. Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides or free fatty acids: Synthesis of monoglycerides in the intestine. *Poult Sci* 1979;58(4):885-889.
- Sklan D. Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal* 2001;57:415-428.
- Sturkie DP. Fisiología de los animales doméstico. In:Dukes HH, Swenson MJ, editors. Aguilar:México, 1981:677 pag.
- Sugandi D, Bird HR, Wahju J, Anggorodi R. Poultry feed formulas based on ingredients indigenous to the tropics. *Poult Sci* 1978;57:740-746.
- Takahashi K, Akiba Y, Iwata T, Kasai M. Effect of a mixture of conjugated linoleic acid isomers on growth performance and antibody production in broiler chicks. *Br J Nutr* 2003;89(5):691-694.
- Tejada HI. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. en: Sistema de educación continua en producción animal A.C., editor. SEP:México, 1992:397 pag.
- Tizard IR. Inmunología veterinaria. 6 ed. McGraw-Hill:México, 2002. 850 pag.
- Uni Z, Noy Y, Sklan D. Posthatch development of small intestine function in poultry. *Poult Sci* 1999;78:215-222.
- Vieira SL. Physiological changes in the intestinal digestive-absorptive system of the posthatch bird. Alabama EUA:Auburn University, 1996.
- Viera SL, Moran ET Jr. Effects of egg of origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poultry Science Journal* 1999;56(2):125-142.
- Vohra PD, Chami E, Oyawoye EO. Determination of metabolizable energy by a fast method. *Poult Sci* 1987;91:766-769.
- Wang YW, Field CJ, Sim JS. Dietary polyunsaturated fatty acids alter lymphocyte subset proportion and proliferation, serum immunoglobulin G concentration, and immune tissue development in chicks. *Poult Sci* 2000;79(12):1741-1748.
- Warren WA, Emmert JL. Efficacy of phase-feeding in supporting growth performance of broilers chicks during the starter and finisher phases. *Poult Sci* 2000;79:764-770.
- Wiseman J, Cole DJA, Perry FG, Vernon BG, Cooke BC. Apparent metabolizable energy values of fats for broiler chicks. *Br Poult Sci* 1986;27:561-576.

Wiseman J, Salvador F, Craigon J. Prediction of the apparent metabolizable energy content of fats fed to broiler chickens. *Poult Sci* 1991;70:1527-1533.

Wiseman J, Salvador F. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. *Poult Sci* 1991;70:573-582.

Wiseman J. *Fats in Animal Nutrition*. Great Britain:Butterworths, 1984. 45 pag.

Woernle H. *Enfermedad de las aves*. España:Acribia, 1994. 127 pag.

Young RJ. The energy value of fats and fatty acids for chicks. *Poult Sci* 1961;40:1225-1233.