



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**  
**NUTRICIÓN ANIMAL**

**Restricción calórica en dietas para pollo de engorda con dos fuentes concentradas de energía y su efecto en el rendimiento productivo, de la canal y pigmentación de la piel.**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

**JOSÉ LUIS MUÑOZ OROZCO**

**TUTOR: DR. ARTURO CORTES CUEVAS**

**FMVz**

**COMITÉ TUTORAL: DR. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ**

**FMVz**

**DR. MARIANO GONZÁLEZ ALCORTA**

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

**MÉXICO, D.F.**

**OCTUBRE, 2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **DECLARACIÓN**

Doy mi consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que esta tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario

**Atentamente**

-----

**José Luis Muñoz Orozco**

## DEDICATORIAS

### **A Dios:**

Por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida y poder compartirlo con la gente que amo. Hoy sé que tus planes son perfectos...

### **A mis padres:**

Por su amor, comprensión y apoyo sin condiciones. En los momentos más difíciles siempre estuvimos juntos.

### **A mi hermana:**

Por tus sugerencias y comentarios. Además de ser buena amiga, eres una buena compañía para habitar el mismo techo.

### **A mis amigos:**

Por compartir sus experiencias, sus triunfos y sus aventuras. Agradezco su lealtad y su infinita paciencia.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Universidad Nacional Autónoma de México:**

Máxima Casa de Estudios, que me ha abrigado durante los últimos 12 años de mi vida, brindándome así, grandes oportunidades de superación.

### **Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología:**

Por el apoyo brindado durante la maestría, sin él, no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto.

### **Al Dr. Ernesto Ávila González:**

Una gran persona. Por su paciencia, su dedicación y su entera disponibilidad. Gracias por mostrarme el camino de mi profesión.

### **Al Dr. Carlos López Coello:**

Por ser mi guía en este proceso y mostrarme que detrás del doctor reconocido hay un gran amigo y un gran ser humano. Por el privilegio de escuchar sus cátedras.

### **Al Dr. Arturo Cortés Cuevas:**

Por su paciencia y dedicación durante estos más de dos años de este proyecto.

### **A mi comité tutorial:**

Por todas sus observaciones y consejos.

### **A la empresa Evonilk:**

Por su ayuda en la realización de los análisis de materia prima para llevar a buen término este proyecto de tesis

## CONTENIDO

DEDICATORIAS	I
AGRADECIMIENTOS	II
CONTENIDO	III
LISTA DE CUADROS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
ABREVIATURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	20
HIPÓTESIS	21
MATERIAL Y METODOS	22
RESULTADOS	26
DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	38

## LISTA DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES PARA POLLOS DE ENGORDA EN INICIACIÓN, CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN.	<b>38</b>
<b>CUADRO 2.</b> PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS PARA EL ACEITE CRUDO DE SOYA Y EL ACEITE ACIDULADO DE SOYA.	<b>39</b>
<b>CUADRO 3.</b> REPORTE ANALÍTICO DE AMINOACIDOS DEL SORGO Y PASTA DE SOYA MEDIANTE LA TÉCNICA NIR	<b>40</b>
<b>CUADRO 4.</b> CONTENIDO DIGESTIBLE DE AMINOACIDOS DEL SORGO Y PASTA DE SOYA ESTANDARIZADOS PARA POLLO DE ENGORDA	<b>41</b>
<b>CUADRO 5.</b> EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, INCLUSIÓN DE DOS TIPOS DE ACEITE DE SOYA E INFLUENCIA DEL SEXO SOBRE LA GANANCIA DE PESO DEL POLLO DE ENGORDA DURANTE 7 SEMANAS DE PRODUCCIÓN	<b>42</b>
<b>CUADRO 6.</b> EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, INCLUSIÓN DE DOS TIPOS DE ACEITE DE SOYA E INFLUENCIA DEL SEXO SOBRE EL CONSUMO ALIMENTICIO DEL POLLO DE ENGORDA DURANTE 7 SEMANAS DE PRODUCCIÓN.	<b>43</b>
<b>CUADRO 7.</b> EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, INCLUSIÓN DE DOS TIPOS DE ACEITE DE SOYA E INFLUENCIA DEL SEXO SOBRE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA DEL POLLO DE ENGORDA DURANTE 7 SEMANAS DE PRODUCCIÓN.	<b>44</b>

<b>CUADRO 8.</b> EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, INCLUSIÓN DE DOS TIPOS DE ACEITE DE SOYA E INFLUENCIA DEL SEXO SOBRE LA MORTALIDAD DEL POLLO DE ENGORDA DURANTE 7 SEMANAS DE PRODUCCIÓN.	<b>45</b>
<b>CUADRO 9.</b> RESPUESTA PRODUCTIVA DEL POLLO DE ENGORDA CON RESPECTO A LAS VARIABLES: ENERGÍA, ACEITE Y SEXO DURANTE LA ETAPA DE INICIACIÓN (0-10 DÍAS)	<b>46</b>
<b>CUADRO 10.</b> RESPUESTA PRODUCTIVA DEL POLLO DE ENGORDA CON RESPECTO A LAS VARIABLES: ENERGÍA, ACEITE Y SEXO DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO (11-25 DÍAS)	<b>47</b>
<b>CUADRO 11.</b> RESPUESTA PRODUCTIVA DEL POLLO DE ENGORDA CON RESPECTO A LAS VARIABLES: ENERGÍA, ACEITE Y SEXO DURANTE LA ETAPA DE FINALIZACIÓN (26-48 DÍAS)	<b>48</b>
<b>CUADRO 12.</b> RESPUESTA PRODUCTIVA DEL POLLO DE ENGORDA CON RESPECTO A LAS VARIABLES: ENERGÍA, ACEITE Y SEXO DURANTE LAS ETAPAS DE INICIACIÓN, CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN	<b>49</b>
<b>CUADRO 13.</b> RESPUESTA PRODUCTIVA DEL POLLO DE ENGORDA CON RESPECTO A LAS VARIABLES: ENERGÍA, ACEITE Y SEXO DESPUES DEL PROCESAMIENTO	<b>50</b>



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, SOBRE LA GANANCIA DE PESO DURANTE LAS 7 SEMANAS PRODUCCIÓN DEL POLLO DE ENGORDA. 51
- FIGURA 2.** EFECTO DEL SEXO, SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO DURANTE LAS 7 SEMANAS PRODUCTIVAS DEL POLLO DE ENGORDA. 52
- FIGURA 3.** EFECTO DE SEXO SOBRE EL CONSUMO ALIMENTICIO DURANTE LAS 7 SEMANAS PRODUCTIVAS DEL POLLO DE ENGORDA. 53
- FIGURA 4.** EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, SOBRE CONVERSIÓN ALIMENTICIA DURANTE LAS 7 SEMANAS PRODUCTIVAS DEL POLLO DE ENGORDA. 54
- FIGURA 5.** EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, INCLUSIÓN DE DOS TIPOS DE ACEITE DE SOYA Y SEXO SOBRE EL CONSUMO ENERGÉTICO DURANTE LA ETAPA DE INICIACIÓN DEL POLLO DE ENGORDA. 55
- FIGURA 6.** EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, DOS TIPOS DE ACEITE Y SEXO SOBRE LA CONVERSIÓN DE EM DURANTE LA ETAPA DE INICIACIÓN DEL POLLO DE ENGORDA. 56
- FIGURA 7.** EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA, DOS TIPOS DE ACEITE Y SEXO SOBRE LA CONVERSIÓN DE EM DURANTE LA ETAPA DE INICIACIÓN DEL POLLO DE ENGORDA. 57

<b>FIGURA 8.</b> EFECTO DEL SEXO Y DE DOS TIPOS DE ACEITE SE SOBRE LA GANACIA DE PESO DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>58</b>
<b>FIGURA 9.</b> EFECTO DE TRES NIVELES DE ENERGÍA SOBRE EL CONSUMO ALIMENTICIO DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>59</b>
<b>FIGURA 10.</b> EFECTO DEL SEXO Y EL ACEITE SOBRE EL CONSUMO DE EM DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>60</b>
<b>FIGURA 11.</b> EFECTO DEL SEXO Y ENERGÍA SOBRE LA GANACIA DE PESO DURANTE LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>61</b>
<b>FIGURA 12.</b> EFECTO DEL SEXO Y ENERGÍA SOBRE LA GANACIA DE PESO DURANTE TODO EL CICLO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>62</b>
<b>FIGURA 13.</b> EFECTO DE ENERGÍA Y ACEITE SOBRE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA DURANTE TODO EL CICLO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>63</b>
<b>FIGURA 14.</b> EFECTO DE ENERGÍA Y SEXO SOBRE PIGMENTACIÓN DE LA PIEL DURANTE TODO EL CICLO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDA.	<b>64</b>
<b>FIGURA 15.</b> EFECTO DE ENERGÍA Y SEXO SOBRE PESO FINAL Y PESO DE LA CANAL EN EL PROCESAMIENTO DEL POLLO DE ENGORDA	<b>65</b>

## ABREVIATURAS

**ACS:** Aceite crudo de soya

**AAS:** Aceite acidulado de soya

**CA:** Consumo alimenticio

**CEM:** Consumo de energía metabolizable

**CONV A:** Conversión alimenticia

**CONV EM:** Conversión de energía metabolizable

**ED:** Energía digestible

**EM:** Energía metabolizable

**EN:** Energía neta

**GP:** Ganancia de peso

**PC:** Proteína cruda

**NIR:** Espectroscopia del infrarrojo cercano

## RESUMEN

### **RESTRICCIÓN CALÓRICA EN DIETAS PARA POLLO DE ENGORDA CON DOS FUENTES CONCENTRADAS DE ENERGÍA Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO, DE LA CANAL Y PIGMENTACIÓN DE LA PIEL.**

Con la finalidad de evaluar 3 diferentes niveles de energía metabolizable (EM) y dos tipos de aceite: aceite crudo de soya (ACS) y aceite acidulado de soya y grasa animal o grasa mezclada (AAS), en dietas sorgo+pasta de soya para pollos de engorda, se realizó el presente experimento. Se utilizaron 1008 pollos mixtos de la estirpe Ross 308. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2x3; un factor fue el sexo (macho y hembra), otro factor los aceites (ACS y AAS) y el tercer factor los 3 niveles de EM en las tres fases de alimentación (iniciación (1-10 días), crecimiento (11-25 días) y finalización (26-48 días). Los tratamientos utilizados fueron: 1.-ACS con 3010, 3175 y 3200 kcal/kg, 2.-ACS con 2920, 3085 y 3110 kcal/kg, 3.-ACS con 2920, 3085 y 3200 kcal/kg, 4.-AAS con 3010, 3175 y 3200 kcal/kg, 5.-AAS con 2920, 3085 y 3110 kcal/kg, y 6.-AAS con 2920, 3085 y 3200 kcal/kg. Los tratamientos 1 y 4 con alta EM, 3 y 6 media y 2 y 4 baja en EM. Los resultados obtenidos en 48 días de experimentación, indicaron que los mejores resultados ( $P<0.05$ ) en machos respecto a hembras; la ganancia de peso, conversión alimenticia y pigmentación de la piel, los obtuvieron los tratamientos con alta y mediana cantidad de EM ( $P<0.05$ ). El peso final, peso de la canal y pigmentación de la piel en frío, fue mejor en las aves alimentadas con alta y mediana cantidad de EM ( $P<0.05$ ). No se encontró efecto ( $P>0.05$ ) entre tipos de aceite; sin embargo las aves alimentadas con ACS mostraron ( $P<0.05$ ) mejor conversión alimenticia a los 48 días. Con los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir, que es factible reducir 90 kcal/kg de EM por debajo de lo señalado por el manual de la estirpe durante las etapas de iniciación y crecimiento sin afectar el rendimiento productivo.

## ABSTRACT

### **CALORIC RESTRICTION IN DIETS FOR BROILER WITH TWO CONCENTRATED ENERGY SOURCES AND THEIR EFFECT ON PERFORMANCE, CARCASS YIELD AND SKIN PIGMENTATION.**

In order to evaluate 3 different levels of metabolizable energy (ME) and two sources of oil: raw soybean oil (RSO) and soapstock soybean oil with animal fat or blended fat (SSO), in sorghum + soybean meal diets for broilers. Were employed 1008 unsexed Ross 308 chicks 1-48 days old. A completely randomized design with factorial 2x2x3, one factor was sex (male and female), second factor were oils (RSO and SSO) and third factor were 3 levels of ME in three phases (starting 1-10 days old), growing (11-25 days old) and finishing (26-48 days old). The treatments were: 1.-RSO with 3010, 3175 and 3200 kcal / kg, 2.-RSO with 2920, 3085 and 3110 kcal / kg, 3.-RSO with 2920, 3085 and 3200 kcal / kg, 4. - SSO 3010, 3175 and 3200 kcal / kg, 5.-SSO with 2920, 3085 and 3110 kcal / kg, and 6.-SSO with 2920, 3085 and 3200 kcal / kg . Data obtained on 48 days indicated better results ( $P<0.05$ ), in males than females; weight gain, feed conversion and skin pigmentation, was obtained in treatments with high and medium ME ( $P<0.05$ ). Final weight, carcass yield and skin pigmentation was better in chicks fed with high and medium ME in diets ( $P<0.05$ ). No differences were found ( $P<0.05$ ) between sources of oil; however chicks fed with RSO had at 48 days of age ( $P<0.05$ ), better feed conversion. Data obtained in this trial indicated is feasible decreased 90 kcal/kg of ME below Ross manual recommendations, during starting and growing phases without effect on performance.

## INTRODUCCIÓN

La avicultura es la actividad agropecuaria más importante y una de las ramas de la ganadería con mayor tradición en el país, ya que la cría de aves de corral se practicaba desde antes de la época de la conquista, contando actualmente con el mayor dinamismo y con los más altos grados de tecnificación en la presente década<sup>1,2</sup>.

En la actualidad, el sector avícola participa con el 64% de la producción pecuaria, el 29% lo aporta la producción de huevo y el 35% lo aporta la producción de pollo. Esto ha permitido que México se ubique internacionalmente como el cuarto productor de carne de pollo y como el quinto en la producción de huevo<sup>2</sup>.

Otro indicador certero de este crecimiento, es que, en los últimos años el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual de 3.4%, destacando además, que la avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal a proteína animal<sup>2</sup>.

En México, la producción de carne de ave se obtiene bajo tres sistemas de producción que son; tecnificado, semitecnificado y de traspatio<sup>2</sup>.

El sistema tecnificado maneja los adelantos tecnológicos disponibles a nivel mundial, adaptados a los requerimientos de su producción y a las condiciones del mercado nacional. Aunque este tipo de sistema se practica en muchas entidades del país, sobresalen los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Nuevo León, Puebla, Yucatán, Veracruz, México y la Comarca Lagunera. Se estima que este estrato productivo aporta el 70% de la carne de pollo que se produce en el país<sup>2</sup>.

El sistema productivo semitecnificado se encuentra distribuido prácticamente en todo el país, aunque predomina en entidades como Chihuahua, Tamaulipas, Michoacán, Chiapas, Hidalgo y Morelos. Opera bajo sistemas variables de tecnificación, lo que se traduce en diferentes niveles de productividad. Se estima que el 20% de la producción nacional de carne de pollo se efectúa bajo este sistema<sup>2</sup>.

El sistema de traspatio es el que tiene mayor tradición entre la población rural del país y se localiza en todo el territorio nacional. La principal fuente de abasto de pollo para engorda en este sistema son las propias aves rurales. El destino de la producción es el autoabastecimiento y la venta local de excedentes, por lo que su producción no se vincula con el mercado nacional. Se estima que este estrato productivo aporta alrededor del 10% de la producción nacional<sup>1, 2</sup>.

Sin embargo a pesar del continuo crecimiento de la avicultura en México, existen grandes retos para superar.

Uno de los grandes retos y preocupaciones actuales se debe a los esfuerzos por sustituir el petróleo por combustibles alternativos, menos costosos y más “limpios”, comúnmente llamados bioenergéticos o biocombustibles<sup>2, 3</sup>.

Una fuente potencial de energía alternativa es el etanol o alcohol etílico, producido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en productos como el maíz, trigo, caña de azúcar, remolacha, entre otros. En los últimos años, el etanol ha empezado a penetrar como combustible alternativo en el mercado internacional. Este bioenergético es producido por la fermentación de la caña de azúcar en países latinoamericanos y a través del maíz, trigo o soya en los Estados Unidos<sup>3, 4</sup>.

La exigencia de mayor producción de biocombustibles derivados del maíz en el mundo, pero principalmente en los Estados Unidos, es considerado como uno de los factores que han presionado el aumento del precio del maíz en el contexto internacional y en México<sup>3</sup>.

Solo en los Estados Unidos, la tendencia de mayor demanda de etanol ha llevado a destinar una quinta parte de la cosecha total de maíz para la producción de este bioenergético<sup>3</sup>.

La creciente demanda del maíz en el mundo para producir bioenergéticos, aunque también para uso agropecuario e industrial, disminuye la disponibilidad de este grano en el comercio exterior, situación que afecta a México, uno de los principales importadores de maíz estadounidense. De hecho, el maíz representa actualmente el 51% del consumo total del sector pecuario mexicano, equivalente a 13.6 millones de toneladas y de esto, el 15% corresponde a maíz blanco y el 85% a maíz amarillo. Por lo tanto, se puede esperar que al doblar o triplicar la producción de etanol se incremente los precios de dicho grano<sup>2,3</sup>.

Dentro de la industria de alimentos procesados, la industria integrada que genera alimento para la producción de pollo y huevo, demanda 4.8 millones de toneladas de maíz amarillo, y la independiente que es aquella que se dedica solamente a la producción de alimento balanceado para su venta a otras industrias utiliza 2.4 millones de toneladas, lo que hace un total de 7.2 millones de toneladas de maíz, de las cuales la mayor parte es de importación<sup>3</sup>.

Los datos anteriores reflejan la importancia que el sector pecuario representa en la demanda de maíz, sobre todo por la creciente relevancia que ha adquirido la avicultura en nuestro país, pues el principal aporte de energía en la alimentación de las aves son los carbohidratos de cereales como el maíz y el sorgo, sin



embargo, para la producción del pollo de engorda en donde los requerimientos de energía son relativamente altos, 3200 Kcal/kg, (NRC, 1994) se tienen que incluir ingredientes a la dieta como grasas, aceites vegetales o combinación de ellas, para cubrir sus necesidades de energía metabolizable (EM) que permita desarrollar su potencial genético<sup>5</sup>.

Estos ingredientes desempeñan un papel muy importante y central en la nutrición de las aves, ya que la energía es necesaria para la realización de todos los procesos metabólicos, primero para el mantenimiento de su organismo y después para la realización de las funciones productivas<sup>6</sup>.

Hoy en día, las materias primas empleadas en la formulación y preparación de alimentos balanceados para animales son 95% de origen agropecuario y de este, el 80% procede de la agricultura, teniendo como principal problemática, la carencia de estos productos, ya que en nuestro país no están en las cantidades ni en las calidades que demanda la industria animal, es decir, la producción nacional y local es insuficiente para satisfacer las demandas y prácticamente el total de producción sólo abastece las necesidades de las regiones cercanas a los puntos de producción<sup>4</sup>.

Tal es el caso particular del aceite de soya, ya que el 98% procede de la importación. Actualmente se utiliza en México como fuente concentrada de energía para la alimentación de las aves, sin embargo, con la creciente producción de biodiesel a partir de sus ácidos grasos, ha tenido una repercusión en sus precios, ya que a consecuencia de una mayor demanda se han elevado considerablemente.

Esto hace que se busquen alternativas factibles y económicamente más rentables como el empleo de aceites acidulados de más bajo costo y de aceptable calidad nutritiva<sup>7, 8</sup>.

El aceite crudo de soya procede de la industria del frijol soya tras la extracción, previo al refinado del aceite para consumo humano. Los lípidos de la soya se encuentran depositados en esferomas. El contenido total de lípidos en la soya va del rango de 18-23%. El aceite de soya contiene 88.1% de lípidos neutros, 9.8% de fosfolípidos y 1.6% de glucolípidos<sup>9, 10</sup>.

Los lípidos neutros consisten principalmente de triglicéridos 95-97%, acompañados de pequeñas proporciones de ácidos grasos libres 0.03-0.7% y esteroides 0.33%. Los principales componentes de los lípidos neutros, fosfolípidos y glucolípidos son los ácidos mirístico 0.1%, palmítico 10.5%, esteárico 3.2%, oléico 22.3%, linoléico 54.5%, linolénico 8.3%, araquidónico 0.2% y eicosenoico 0.9%. El contenido energético oscila entre 8790 y 8950 Kcal/ kg<sup>9, 10, 11</sup>.

La composición de los ácidos grasos del aceite crudo de soya es influenciada por las características genéticas y por las condiciones climáticas bajo las cuales el aceite es sintetizado, por lo tanto, la temperatura tiene un marcado efecto en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y aceite de la soya. El contenido promedio de aceite en base seca de la semilla de soya es cercano al 20%<sup>9, 10</sup>.

Por su parte, el aceite acidulado de soya es un subproducto del proceso de refinado del aceite. Su aspecto es mucho más oscuro que el del aceite crudo de soya del cual procede debido, a la mayor concentración de pigmentos amarillos. Durante el proceso se separan los ácidos grasos libres, responsables de la acidéz de los triglicéridos mediante la adición de NaOH. A continuación se separan las dos fases por centrifugación y decantación y las pastas sódicas resultantes se neutralizan con ácido sulfúrico. Al final, se lava con agua abundante a fin de arrastrar el exceso de ácido sulfúrico, se seca y limpia por decantación<sup>10</sup>.

Es un producto que mantiene gran parte de las ventajas nutricionales de los aceites del cual procede se adiciona grasa animal (40%). Incluso, se ha recomendado como un sustituto para el aceite vegetal como fuente de ácidos grasos poliinsaturados , sin embargo, la mayor diferencia con el aceite crudo de soya es el menor contenido en triglicéridos, lo que implica un valor energético inferior, Cuca et al (2008)<sup>14</sup> indican un contenido de 8100 kcal/kg<sup>9, 10</sup>

Por otra parte, al ser un subproducto exige controles de calidad más rigurosos a fin de evitar mezclas no deseadas con otras fuentes lipídicas o la entrega de productos deficientemente procesados (exceso de humedad, impurezas, sulfato sódico, insaponificables y acidéz mineral)<sup>10</sup>.

En un estudio realizado para determinar los efectos de la adición de aceites acidulados de maíz, girasol, canola y soya sobre la pigmentación de la piel y el rendimiento productivo, se observó que la mayor concentración de xantofilas estaba presente en el aceite acidulado de soya, por lo que se consideró como una fuente importante de pigmento natural en las dietas<sup>11</sup>.

Se observó además, que durante el mezclado del alimento, se redujo la polvosidad ya que el aceite libera partículas que fluyen libremente para lubricar y reducir el efecto de fricción durante la peletización, lo cual mejoró la absorción de los ingredientes en el pollo de engorda<sup>11</sup>.

Por otra parte, se concluyó que la adición del aceite acidulado de soya tuvo mejor respuesta sobre la ganancia de peso de las aves alimentadas de 1 a 7 semanas. Igualmente, en las aves alimentadas con aceite acidulado de soya se observó mejor respuesta en conversión alimenticia, así como mejores resultados en la pigmentación de la piel. Finalmente, no se observaron respuestas negativas con la adición de este aceite<sup>11</sup>.

Por otro lado, existen trabajos conducidos en el Reino Unido indican que los ácidos grasos en su forma libre no son digeridos tan fácilmente como cuando están unidos al glicerol en la forma de mono o diglicéridos Hamilton (2002)<sup>12</sup>, esto se puede deber a una menor eficiencia en la formación de micelas o menor producción de bilis, de ahí que su uso en aves muy jóvenes se debe de limitar su inclusión<sup>13</sup>.

Con lo anterior, es fácil entender el interés que suscita actualmente la energía en la dieta de las aves, ya que por el impacto de los biocombustibles se ha reducido su disponibilidad llevando al aumento de los precios. Sin embargo, al no ser posible prescindir de su inclusión, se hace básico encontrar alternativas para las dietas avícolas con el fin mantener bajo el costo del alimento sin afectar la calidad del mismo para poder alcanzar los parámetros productivos exigidos en el mercado<sup>7</sup>.

En las aves existen una gran variedad de métodos y sistemas para determinar el contenido energético de los alimentos, así como una gran gama de nomenclaturas para definir a los mismos, no habiendo aun total acuerdo sobre el sistema, método y forma en que se debe valorar el contenido energético de los ingredientes, los cuales son valores necesarios para la formulación de las raciones y para predecir con exactitud los rendimientos productivos en todas las circunstancias<sup>6</sup>.

La energía bruta (EB) del alimento no es totalmente disponible para las necesidades del ave. En primer lugar, una parte de la energía del alimento no es digerida y se excreta directamente en las heces. Otra parte es degradada por procesos de fermentación productores de gas, aunque en aves no representa una fracción importante. En la orina existen pérdidas de energía ligadas al metabolismo proteico y finalmente, la utilización metabólica de la energía del alimento va acompañada de unas pérdidas en forma de calor<sup>6</sup>.

Atendiendo a la partición de la energía ingerida en el ave definida por Sibbald (1982)<sup>15</sup>, el valor energético de un alimento puede expresarse en términos de Energía Digestible (ED), Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta (EN); y cada sistema de energía lleva asociado una metodología concreta para determinarla<sup>6</sup>.

Con todo ello, hoy en día se acepta universalmente que la medida de la EM es la más adecuada para expresar el contenido energético de las raciones destinadas a aves; mientras no se disponga de más información y esté más desarrollado el sistema de la EN. La realización de balances *in-vivo* para la determinación de la EM no es practicable a nivel de la industria, por su alto costo en personal, analítico y de disponibilidad de instalaciones, además del factor tiempo. Es necesario disponer de tablas, ecuaciones de predicción o de técnicas rápidas que puedan predecir con suficiente precisión y fiabilidad el valor energético de los ingredientes utilizados en la formulación de raciones para aves<sup>6</sup>.

La EM puede ser determinada con exactitud de la diferencia entre la energía EB del alimento, y la EB de las excretas derivada del alimento<sup>16</sup>.

La EM se evalúa directamente mediante ensayos de balance y requiere la determinación de los calores de combustión de una muestra representativa de excreta y alimento y la medida cuantitativa de la cantidad de excreta con respecto a la ingesta. Dentro del sistema de EM, existen discrepancias sobre la idoneidad de utilizar la forma de energía metabolizable verdadera con corrección de las pérdidas endógenas (EMV) o la forma Aparente (EMA) sin corrección. Además, la energía metabolizable se puede expresar con o sin corrección para una retención de nitrógeno nula (EMVn y EMAn)<sup>6</sup>.

Los valores de la EMn reportados para los alimentos son determinados usualmente en gallos, y ésta información es usada como base para la formulación de dietas para diferentes tipos de aves, incluyendo pollo de engorda. La corrección de nitrógeno es usado para controlar los efectos de las variables de crecimiento y

acumulación de proteínas de las aves, retención de N en huevo, o ambas. La corrección de nitrógeno es también importante si se hacen comparaciones entre estirpes que retienen N a diferentes niveles. Diversos estudios han indicado que los valores para pollo de engorda de EMn son más bajos que los estimados derivados de las aves adultas Leghorn<sup>16</sup>.

La corrección para retención de N, es usada bajo el supuesto de que la oxidación de proteína tisular producirá ácido úrico, que tiene una EB por gramo de N de 8.22 kcal. El valor de corrección es añadido a la energía de la excreta por cada gramo de N retenido. Esto elimina los diferentes efectos en la etapa de crecimiento, que son inherentes de las aves en cualquier tipo de ensayo. En su extensa revisión de EM, Sibbald (1982)<sup>15</sup> reportó valores alternos (8.73 kcal/g de N) más representativos de la combustión total de la mezcla de todos los compuestos nitrogenados de la orina del pollo. La corrección de N ha sido también usada para disminuir la variabilidad de las estimaciones de la EM de los ingredientes que varían en contenido de proteína<sup>16</sup>.

En general se acepta que la corrección a cero de N, es esencial cuando se comparan valores de EM entre especies que inherentemente tienen diferentes tasas de crecimiento y retención de N. Así mismo, la corrección de N parece ser esencial para la comparación de valores de EM determinados con aves jóvenes vs adultas porque en aves jóvenes, la proteína dietética retenida como tejido corporal (crecimiento) no será catabolizada y consecuentemente esta proteína (nitrógeno) no aportará el mismo contenido en heces y orina. Finalmente, en aves adultas, se presenta un catabolismo más elevado, porque los aminoácidos se usan solamente para mantenimiento y como consecuencia, una alta proporción de la proteína ingerida es degradada en ácido úrico<sup>16</sup>.

Por otro lado y como consecuencia de no haber concordancia sobre cuál es el mejor sistema de valoración energética de los ingredientes y raciones completas directamente sobre los animales, el estudio de métodos indirectos no ha

progresado mucho, ya que la validación de los métodos *in-vitro* se tiene que basar en el grado de relación entre los resultados obtenidos *invitro* e *in-vivo* sobre ingredientes o raciones idénticas.

En aves, los métodos indirectos o *in-vitro* se han orientado hacia la simulación de los procesos de digestión, al establecimiento de ecuaciones de predicción y a la aplicación de la técnica NIR (Espectroscopia cercana al infrarrojo)<sup>6</sup>.

Los primeros trabajos, se orientaron a la obtención *in-vitro* de métodos capaces de determinar con precisión la digestibilidad de la proteína en aves y de la materia seca. Se obtuvieron coeficientes de correlación altos entre las medidas *in-vitro* e *in-vivo*, de 0.99 y 0.93 para la digestibilidad de la materia seca y la proteína, respectivamente<sup>6</sup>.

Considerables esfuerzos se han dirigido al establecimiento de ecuaciones de predicción de la EM, tanto de alimentos completos como de ingredientes particulares. Las primeras ecuaciones de predicción están basadas en los componentes digestibles de los alimentos (proteína bruta, materia grasa, almidón y azúcares), actuando todos ellos como factores positivos y teniendo un coeficiente de multiplicación constante, independiente de las condiciones de alimentación y digestibilidad de los nutrientes. Más tarde, se introdujeron factores considerados antinutrimientales o diluyentes de la energía; celulosa, cenizas y paredes celulares. Los errores estándar de las predicciones son menores en este segundo tipo de ecuaciones<sup>6</sup>.

Otro tipo de ecuaciones está basado en los coeficientes de digestibilidad de la proteína, grasa y extracto libre de nitrógeno, como las ecuaciones holandesas, aplicando diferentes coeficientes de digestibilidad de la grasa en función de la edad del animal. La precisión de estas ecuaciones depende del número de valores que se han tomado para su elaboración, del rango y de la variabilidad de los valores, de la precisión del análisis del parámetro que interviene en la ecuación.

Finalmente, la validez de las mismas es limitada y está ligada a las condiciones experimentales de su establecimiento<sup>6</sup>.

Durante los últimos 15 años la técnica de Espectroscopía Cercana al Infrarrojo (NIR), se ha consolidado como un método rápido y preciso de análisis cuantitativo de la mayor parte de constituyentes en productos orgánicos. Es una técnica rápida, de bajo costo, segura y precisa. El principio de la técnica se basa en una muestra que al ser analizada es bombardeada con rayos NIR de diferentes longitudes de onda, por cada longitud de onda, algunos de los rayos serán entonces absorbidos por uniones químicas específicas. Al mismo tiempo, otros rayos serán diseminados y reflejados por otras uniones químicas. Este proceso es comúnmente descrito como Reflectancia NIR. En contraste, algunos de los rayos pasarán a través de la muestra, lo cual es denominado Transmisión NIR (a menudo referida como NIT). Los rayos esparcidos, reflejados y/o transmitidos de cada longitud de onda son concentrados dentro de una célula de medición. Un número de reflejos a diferentes longitudes de onda son medidos, y luego convertidos en resultados analíticos por un microprocesador. El problema de la técnica radica en la necesidad de disponer de calibraciones (relación matemática entre los valores de referencia de una propiedad determinada y las medidas de reflectancia realizadas por la técnica NIR). Para ello, el instrumento debe ser capacitado para reconocer diferentes productos y elementos, justo a esto se le llama procedimiento de calibración. Para la capacitación, un número de muestras son analizadas por métodos químico-analíticos tradicionales para determinar la composición real de las muestras. Cada una de éstas es colocada luego en el instrumento NIR, y se obtienen los valores de reflectancia de las diferentes longitudes de onda. Con la ayuda de un microcomputador y un software químico-métrico, la combinación de los resultados analíticos y los valores de reflectancia son transformados a las constantes de calibración. Para desarrollar una nueva calibración o aún mantener las ya existentes, es importante primeramente procurarse físicamente de un grupo ideal de muestras. De cada producto, el conjunto de muestras procurado debe incluir muestras que representen tantas



variaciones de los componentes analíticos y nutritivos con las que puedan contarse. Este grupo debe idealmente contener también muestras representando la variación natural que pueda darse. Esto incluye la variación en variedades de cultivos, áreas de crecimiento, condiciones de crecimiento, y temporadas de crecimiento<sup>6</sup>.

Considerando entonces que la energía es el nutriente que más impacta en el costo del alimento y que esta puede afectar directamente el desempeño productivo de las aves, es necesario enfatizar que el incremento en la cantidad de energía en las dietas de los pollos mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia; sin embargo, el consumo excesivo de la misma, aumenta principalmente la deposición de grasa corporal. Por lo tanto, hoy en día los nutriólogos buscan reducir la energía en la dieta con la finalidad de reducir costos y obtener el mismo rendimiento productivo y sin afectar calidad de la canal respecto de aquellas dietas que no son reducidas en energía<sup>17</sup>.

En la actualidad, la formulación de alimentos balanceados para la producción intensiva de las aves, permite optimizar el uso de nuevas alternativas alimentarias que puedan sustituir en costo y en valor nutritivo a los alimentos tradicionales, sin dejar a un lado que para que un pollo produzca carne, debe comer lo suficiente en la etapa crecimiento, con la finalidad de proveer energía adicional para la síntesis de tejido<sup>18</sup>.

Esto hace que la concentración de energía disponible en la dieta, sea un factor determinante para los rendimientos productivos del pollo de engorda. A pesar de que la selección genética tiene una marcada influencia sobre el rendimiento productivo y la deposición de grasa y proteína del ave y de la canal, y que esto puede variar de acuerdo a las diferentes líneas genéticas de los pollos de engorda, las manipulaciones nutricionales siguen influenciando marcadamente sobre estos patrones<sup>6,17, 18, 19,20</sup>.

Por dichas razones, es preciso tener un mejor conocimiento de los requerimientos energéticos del pollo de engorda, para mejorar así las características cualitativas de la canal y a su vez, disminuir en lo posible los costos de producción, encontrando un nivel óptimo en la suplementación de energía en las dietas.

Hay ocasiones en las que resulta económico disminuir los niveles de energía en las dietas elaboradas para pollo de engorda, sobre todo en los casos en que hay aumento en el costo de los granos de cereales y de las fuentes concentradas de energía, o cuando disminuye la disponibilidad de los mismos. Tal es el caso de un experimento realizado con pollos de engorda de la estirpe Cobb 500, en el cual se emplearon dos niveles de energía metabolizable para 3 etapas de producción (2960-3280 Kcal/kg para iniciación, 3030-3355 Kcal/kg para crecimiento y 3105-3440 Kcal/kg para finalización). Al finalizar el estudio se observó que no hubo efecto significativo en la modificación de la energía de la dieta sobre el rendimiento productivo de las aves a los 49 días de edad, por lo tanto, se ha recomendado hacer ajustes en las necesidades energéticas de las aves, disminuyendo la EM de la dieta cuando los costos de producción sean más elevados de lo conveniente, sobre todo, con lo que respecta a la suplementación de aceites<sup>21</sup>.

Sizemore y Sigel (1993)<sup>22</sup>, realizaron un estudio en el cual redujeron aún más la EM de las dietas. Utilizando dos grupos experimentales, implementaron dietas formuladas con dos niveles de EM durante la etapa inicial (0 a 21 días con 2712 Kcal/kg y 3190 Kcal/kg). Al final del estudio, reportaron una mayor ganancia de peso, menor consumo de alimento y una mejora en el índice de conversión alimenticia en los pollos alimentados con la dieta alta en energía, que se tradujo en un mayor peso corporal a los 49 días de edad.

Hidalgo et al. (2004)<sup>23</sup>, no encontraron diferencias en ganancia de peso, consumo alimenticio y conversión alimenticia cuando se disminuyó la EM de la dieta de

3196 a 3020 Kcal/kg. Sin embargo, cuando se redujo la EM hasta las 2976 Kcal/kg la ganancia de peso se disminuyó.

Dozier et al. (2006)<sup>24</sup>, realizaron un experimento en el cual aumentó el contenido energético de la ración, de 3023 Kcal/kg a 3383 Kcal/kg, es decir, aumentó la energía en 11.9%, sin embargo, observó que el consumo de alimento no disminuyó proporcionalmente, pues se redujo apenas 5.2%.

Dozier et al (2007)<sup>22</sup>, concuerdan con la investigación anterior. Realizaron un estudio en donde se utilizaron dos niveles de EM, el primer nivel contenía 3220 Kcal/kg y el segundo nivel contenía un mayor aporte calórico, 3310 Kcal/kg. El consumo de alimento y conversión alimenticia disminuyó a medida que EM de la dieta aumentó. Sin embargo, a pesar de que los pollos tienen la capacidad de ajustar el consumo de alimento para compensar las variaciones de EM en la dieta, la ingesta no se modificó significativamente entre los tratamientos, ya que la utilización eficiente de la energía consumida tiende a declinar con el aumento del contenido energético de la dieta<sup>21,25</sup>.

Barbour et al. (2006)<sup>26</sup> realizaron un experimento en pollos de engorda en donde redujo los niveles de EM en 3.3%, utilizando sólo dos etapas de producción (0-21 y 22-49), observó una mejora lineal en el peso corporal de las aves que se alimentaron con la dieta que contenía el nivel de energía más alto. Además enfatizó que en dicho experimento, las diferencias entre tratamientos fueron más evidentes a los 49 días que a los 21 días de edad, y fue atribuido a una mayor digestibilidad de la grasa y una mejor utilización de la misma en la última etapa, proponiendo que es más rentable la suplementación de niveles altos de energía en esta etapa de la producción.

Se han realizado diversos estudios encaminados a la reducción de la EM en dietas elaboradas para pollo de engorda, varios de ellos partiendo de 2800 kcal/kg hacia 3000 kcal /kg. Sin embargo, al emplear estos niveles, se ha observado una mayor

ganancia de peso y una mejor conversión alimenticia en las dietas que contienen mayor aporte calórico<sup>26</sup>.

En contraste Dozier et al. (2008)<sup>27</sup>, no encontraron diferencias en la ganancia de peso de 0 a 15 días ni de 0 a 40 días de edad cuando se incrementó la EM de 3040 a 3140 Kcal/kg en pollos de engorda, cuando se criaron a temperaturas ideales.

Por otra parte Andreotti et al. (2004)<sup>28</sup> demostraron en un estudio realizado con diferentes niveles de EM, que los niveles de inclusión del aceite de soya tuvieron efecto sobre la ganancia de peso. Ya que los valores más altos fueron para las aves en las fases de crecimiento y finalización con los niveles más altos.

Lesson et al. (1996)<sup>29</sup> proponen que el nivel óptimo de energía para suplementar en pollos de engorda es de 3,000 ME kcal/kg pues han observado que las aves alimentadas con estos niveles de energía mejoran la ganancia de peso y reducen el consumo alimenticio.

Por su parte, Lara et al. (2008)<sup>30</sup> observaron una reducción en el consumo de alimento cuando la energía suplementada en la dieta aumentaba, sin embargo, observaron que el consumo de energía no decrecía lo suficiente.

Se han realizado diversas investigaciones para determinar los niveles óptimos de energía para los pollos de engorda y es interesante observar la variación entre las diferentes tablas de recomendaciones.

Meinerz et al. (2001)<sup>31</sup> observaron una mayor eficiencia de las aves para regular el CA, sobre todo en dietas peletizadas, en donde al utilizar la granulometría adecuada se aumenta el aprovechamiento del alimento, haciéndolo probablemente más digestible para las aves.

Rostagno (2011)<sup>32</sup> indica 5 etapas productivas para pollos de engorda catalogados con desempeño superior: 1-7, 8-21, 22-33, 34-42 y 43-46 días, en los cuales los niveles de EM serían 2960, 3050, 3150, 3200 y 3250 Kcal/kg respectivamente.

Por otro lado el manual de la estirpe Ross 308 sugiere solamente 3 etapas de alimentación para pollos de engorda mayores a 3kg que van de: 0-10 días, 11-24 días y de 25 días hasta el sacrificio, con sus respectivos niveles de EM: 3025, 3175 y 3200 Kcal/kg<sup>33</sup>.

En la actualidad es de suma importancia la formulación de dietas que promueven la reducción de los requerimientos de EM, con el fin de tener una utilización eficiente de energía para la correcta deposición de proteína y grasa, y a la vez una importante disminución de los costos de producción<sup>34, 35</sup>.

Otro parámetro productivo a considerar es la pigmentación, pues se dice que la apariencia es uno de los factores más importantes que afecta la elección de los consumidores, y la pigmentación de la piel ha sido reconocida por mucho tiempo como un atributo crítico de calidad.

La demanda por parte del consumidor hacia el color de la canal sigue siendo de vital importancia en diferentes regiones de México, donde los consumidores prefieren la piel amarilla, ya que éstos la asocian con la salud del ave basándose en un tono amarillo o amarillo-naranja. La diferenciación del producto, así como la relación del color con la salud del pollo, definitivamente constituye una ventaja comercial, que se traduce en mejor precio de venta y preferencia por pollos que tengan la piel y los tarsos pigmentados, que aquellos que no las tienen o presentan una coloración más clara. Sin embargo, las preferencias sobre la coloración de la piel varían en diferentes partes del mundo y generalmente están basadas en hechos históricos o en función de las preferencias tradicionales basadas en la región, y puede estar influenciada por la estirpe del pollo así como

por la cantidad y tipo de pigmentos de la dieta, estado de salud de las aves, el sexo, el procesamiento y la disponibilidad de las fuentes de alimento<sup>36, 37, 38</sup>.

La pigmentación se obtiene mediante la inclusión del pigmento natural amarillo, obtenido a partir de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) originaria de México. Las xantofilas de *Tagetes erecta* son obtenidas por un proceso de prensado, deshidratación y molienda de la flor. Posteriormente se realiza una extracción mediante solventes para obtener una oleorresina (carotenoides esterificados con ácidos grasos mirístico y palmítico), dando esta mezcla un rendimiento de 70,000 a 120,000 ppm de xantofilas. El producto obtenido es saponificado (hidrólisis alcalina usando NaOH a 90°) dejando a las xantofilas en su forma libre. El producto terminado tiene alrededor de 80 a 90% de luteína, 5% de zeaxantina y de un 5 a 15% de carotenoides como la violaxantina y la criptoxantina. El nivel requerido de xantofilas en una ración para proveer una adecuada pigmentación puede variar ampliamente, dependiendo de la intensidad de pigmentación deseada por el mercado particular.

Cuca et al. (2008)<sup>14</sup>, mencionan que es suficiente proporcionar xantofilas de extractos de flor de cempasúchil durante las cuatro últimas semanas para una buena pigmentación amarilla de la piel. En un estudio realizado por Martínez et al (2004), indican que se requieren 80 ppm de xantofilas amarillas para obtener una pigmentación aceptable de al menos 20 unidades de amarillamiento de la piel *in vivo*<sup>39</sup>.

La pigmentación es evaluada mediante la coloración que da la piel mediante un colorímetro de reflectancia en el sistema CIELAB. La luminosidad (L), es una escala de medición que califica la presencia o no de luz, abarcando desde 0 negro a 100 blanco, en el caso de la piel de pollo el rango aceptable para esta variable es entre 64 a 72. Rojo intenso (a) que corre desde -60 verde a +60 rojo, se necesita un mínimo de 2, y amarillamiento (b) que va desde -60 azul a +60 amarillo, se requiere un mínimo de 41<sup>36,37,38</sup>.

## JUSTIFICACION

Los costos de alimentación de las aves han ido en aumento en los últimos años. Esto obliga a la búsqueda de alternativas específicas y efectivas para tener un nivel elevado de energía en su alimentación, sin afectar los parámetros productivos y obtener un ahorro en la formulación de las dietas. Con estos antecedentes, se realizó el presente estudio con la finalidad de estudiar el efecto de la restricción calórica (90 kcal/kg de EM), con respecto al manual Ross en tres etapas de alimentación del pollo (0-10, 11-25 y 26-49 días de edad); así como, el empleo de dos tipos de aceite (crudo de soya y acidulado con grasa animal), para medir el rendimiento productivo, de la canal y la pigmentación de la piel.

## **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el efecto de la restricción calórica y la utilización de dos tipos de aceites en tres etapas de alimentación del pollo de engorda con respecto al manual Ross, con la finalidad de evaluar el rendimiento productivo, de la canal y pigmentación de la piel en pollos de engorda.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- ▶ Evaluar la restricción de energía metabolizable (90 kcal/kg de EM) en tres etapas productivas del pollo de engorda (0-10, 11-25 y 26-49 días de edad) con dietas sorgo-soya y su efecto en el rendimiento productivo, de la canal y pigmentación de la piel.
  
- ▶ Estudiar la inclusión de aceite acidulado de soya con grasa animal y aceite crudo de soya en dietas sorgo-soya para pollos de engorda con diferentes niveles de EM y su efecto en el rendimiento productivo, de la canal y pigmentación de la piel.



## **HIPÓTESIS**

La restricción calórica de 90 kcal/kg de EM en tres etapas de alimentación del pollo de engorda (0-10, 11-25 y 26-49 días) en dietas sorgo-soya, no altera los resultados en el rendimiento productivo, rendimiento de la canal y pigmentación de la piel.

La inclusión de aceite crudo de soya o aceite acidulado con grasa animal en tres etapas de alimentación del pollo de engorda (0-10, 11-25 y 26-49 días) en dietas sorgo-soya, no afecta los resultados de rendimiento productivo, rendimiento de la canal y la pigmentación de la piel.

## **MATERIAL Y MÉTODOS.**

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón 89 en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15´ latitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo Enero el mes más frío y Mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm.

El estudio se llevó a cabo en una caseta de ambiente natural, con material aislante en el techo, ventanas laterales y piso de cemento, el cual fue cubierto con cama de viruta. Se emplearon 1008 pollos mixtos de un día de edad de la estirpe Ross 308, los cuales fueron distribuidos en 6 tratamientos cada uno con 6 repeticiones de 28 aves. Las aves se alojaron en 36 compartimientos o corrales de reja metálica. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x2x3; un factor fue el sexo (macho y hembra), otro factor los aceites (ACS y AAS) y el tercer factor los 3 niveles de EM.

El agua fue provista por dos tipos de utensilios. Durante los primeros 7 días se emplearon bebederos de iniciación, después de este periodo fueron reemplazados por bebederos automáticos tipo campana, ambos a razón de uno por cada corral. Se utilizó además, un comedero tipo tolva por cada corral, los cuales se fueron adaptando a la altura y necesidades de las aves.

Como fuente de calor para los primeros 21 días de vida se emplearon criadoras infrarrojas de gas con control automático de temperatura y se trabajó con un fotoperiodo natural.

Se formularon dietas a base de sorgo + pasta de soya, para 3 etapas de producción (de 0-10, 11-25 y 26-48 días de edad), las cuales cubrieron las recomendaciones de nutrientes excepto energía metabolizable de acuerdo a lo que menciona el manual de la estirpe y la etapa de producción.

Previo a la elaboración de las dietas, se realizó un análisis de perfil de ácidos grasos para el aceite crudo y el acidulado de soya; además se realizó un análisis de aminoácidos mediante la técnica NIR, para las muestras de sorgo y pasta de soya.

Los tratamientos empleados fueron:

- 1.-Dietas con aceite crudo de soya con 3010, 3175 y 3200 kcal/kg de EM;
- 2.-Dietas con aceite crudo de soya con 2920, 3085 y 3110 kcal/kg de EM;
- 3.-Dietas con aceite crudo de soya con 2920, 3085 y 3200 kcal/kg de EM;
- 4.-Dietas con aceite acidulado de soya con 3010, 3175 y 3200 kcal/kg de EM;
- 5.-Dietas con aceite acidulado de soya con 2920, 3085 y 3110 kcal/kg de EM y
- 6.-Dietas con aceite acidulado de soya con 2920, 3085 y 3200 kcal/kg de EM.

Se llevaron registros semanales y por etapa durante todo el ciclo de producción de los siguientes parámetros productivos:

Ganancia de peso; en cada unidad experimental o corral se obtuvo por semana y por etapa productiva un promedio de peso vivo a partir de los registros de pesos individuales (g) de cada una de las aves.

Consumo de alimento; total de alimento consumido (g) en cada corral, dividido entre el número de aves; este cálculo se llevó a cabo mediante el pesaje del remanente que permanecía en los comederos en el día del muestreo, obteniendo

el consumo de la semana o de la etapa correspondiente restando la cantidad ofrecida al inicio de las mismas.

Conversión alimenticia; se obtuvo dividiendo el consumo de alimento entre la ganancia de peso corporal semanal o de la etapa productiva correspondiente.

Mortalidad; se midió diariamente la mortalidad de cada tratamiento y para cada repetición, se obtuvo la mortalidad (%) semanalmente y por cada etapa productiva, al final, se contempló una mortalidad acumulada para cada una de las replicas de los diferentes tratamientos.

Mortalidad acumulada por Síndrome Ascítico (S.A.); se evaluó semanalmente y por etapa de forma porcentual para cada repetición de cada tratamiento.

A partir de las 5 semanas de edad y hasta el final del experimento, se evaluó semanalmente la pigmentación de la piel del pollo in vivo con un colorímetro de reflectancia CR-400 Minolta, a 10 aves por cada repetición de cada tratamiento, en la región apterilo lateral (vena de la grasa).

Al final del estudio se sacrificaron 2 aves de cada réplica de cada tratamiento, para determinar el rendimiento de la canal, pechuga y pierna con muslo. Las aves, antes del sacrificio, fueron sometidas a 8 horas de ayuno. Se pesaron individualmente, posteriormente se colgaron en ganchos para su sacrificio, se insensibilizaron utilizando un aturdidor comercial bajo los parámetros de 25 volts, 0.25 amp y 460 Hz de corriente directa del tipo pulsátil. El sacrificio se realizó por corte unilateral en cuello para ser desangradas durante 2 minutos. Inmediatamente después se escaldaron en el tanque con agua a 53° C durante un minuto y a continuación pasaron a la desplumadora automática. La evisceración se realizó manualmente, cortando la cloaca circularmente y haciendo un segundo corte perpendicular al corte de la cloaca, para facilitar la extracción de vísceras. La molleja, intestino, hígado, corazón, bazo y el buche fueron extraídos para obtener

finalmente la canal tipo rosticero. Las canales fueron pesadas, para calcular el porcentaje de rendimiento, así como rendimiento de pechuga y de pierna con muslo con hueso. Se midió la pigmentación de la piel después del procesamiento (en la canal caliente y fría).

Los datos obtenidos de las variables en estudio, se analizaron conforme a un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Las diferencias estadísticas entre tratamientos, se analizaron con una comparación de medias mediante la prueba de Tukey considerando una significancia de ( $P < 0.05$ ). Se empleó para el análisis estadístico el paquete estadístico SPSS versión 17<sup>40</sup>.

## RESULTADOS

En el Cuadro 1, se muestra la composición y análisis de las dietas empleadas.

En el Cuadro 2, se exhiben los resultados del análisis de perfil de ácidos grasos para el aceite crudo de soya y algunas características el aceite acidulado de soya con grasa animal.

El reporte analítico del análisis NIR del sorgo y pasta de soya puede ser observado en el Cuadro 3. En el Cuadro 4, se puede apreciar el contenido de aminoácidos digeribles estandarizados del sorgo y pasta de soya para pollo de engorda.

En el Cuadro 5, se muestra la ganancia de peso (GP) por semana del pollo de engorda de 1-7 semanas para los 3 factores evaluados (energía, aceite y sexo); con respecto al factor energía, no se observó diferencia ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos durante las primeras 5 semanas, sin embargo, en la semana 6 y 7 existió diferencia ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos con mayor GP en las aves tratadas con alta y mediana cantidad de energía en comparación a las que se alimentaron con baja cantidad de energía. Al final de la séptima semana el tratamiento con baja energía obtuvo 6.6 y 6.3% menos de GP respecto al tratamiento con alta y mediana cantidad de energía, dichas diferencias pueden ser apreciadas en la Figura 1.

Los resultados para el factor aceite, demuestran diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las semanas 1 y 5, siendo 2.5% superior la GP en los animales tratados con aceite crudo de soya que los tratados con aceite acidulado ( $P < 0.05$ ). En el caso de el factor sexo, existió mayor GP en los machos con 5.4% más que las hembras; sin embargo, este efecto se pudo observar a partir de la quinta semana ( $P < 0.05$ ). Los resultados se pueden apreciar con mayor claridad en la Figura 2.

El consumo alimenticio (CA) del pollo de engorda durante cada una de las 7 semanas productivas con respecto a los factores en estudio, se pueden ver en el Cuadro 6. Los datos indicaron que no hubo diferencia ( $P>0.05$ ), entre tratamientos en CA respecto al factor energía. Con respecto al factor aceite, se obtuvo mayor CA en las aves alimentadas con aceite crudo de soya a partir de la semana 1 y hasta la semana 4 con 2.2% más que en las aves alimentadas con aceite acidulado; sin embargo, a partir de la semana 5, no se registró diferencia ( $P<0.05$ ) entre tratamientos. En el factor sexo, se hallaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) a partir de la tercera semana y hasta el final del ciclo, habiendo mayor CA en los machos con 6.2% más respecto a las hembras, tal como se puede observar en la Figura 3.

En el Cuadro 7, se muestran los resultados de conversión alimenticia por semana. Los datos obtenidos indicaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) respecto al factor energía, donde existió una mejor conversión en la séptima semana en los tratamientos donde las aves fueron alimentadas con dietas con contenido alto y medio de energía respecto a las aves tratadas con baja cantidad de energía. Por otra parte, en el factor aceite las aves tratadas con aceite crudo de soya tuvieron 4.6% más eficiencia que las alimentadas con aceite acidulado, tal como se aprecia en la Figura 4 y 5. Respecto al factor sexo, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

Los resultados sobre mortalidad general se presentan en el Cuadro 8; los datos indicaron que se encontró diferencia ( $P<0.05$ ) para el factor sexo a partir de la semana 5, siendo el porcentaje total acumulado para los machos de 7.5% y en las hembras de 4.6%; es decir 63.0% mayor en los machos en relación a las hembras. En lo que respecta a los factores energía y aceite, no se hallaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

En el Cuadro 9, se muestran los resultados de la de la primera etapa productiva del pollo de engorda (iniciación, 0-10 días). Con respecto GP, conversión alimenticia y mortalidad no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con ninguno de los factores evaluados. En lo que respecta a CA existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) únicamente con respecto al factor aceite, pues los animales alimentados con aceite crudo de soya consumieron 3.4% más que los alimentados con aceite acidulado. Igualmente para el Consumo Energético (CE), hubo sólo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el factor aceite, pues resultó mayor en 5.4% en los animales alimentados con aceite crudo de soya respecto al aceite acidulado ( $P < 0.05$ ), dicho análisis se puede apreciar en la Figura 6. Respecto a la Conversión Energético (CVE) se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) únicamente en el factor energía, siendo mejor en alta y mediana que en baja, dichos datos se pueden apreciar mejor en la Figura 7.

Los resultados de la segunda etapa, (crecimiento, 11-25 días) se aprecian en el Cuadro 10; en cuanto a GP, existieron diferencias estadísticas con respecto al factor aceite pues las aves que consumieron crudo de soya obtuvieron 3.5% más GP que las que consumieron acidulado ( $P < 0.05$ ), también existieron diferencias para el factor sexo ya que los machos tuvieron 2.3% más GP que las hembras ( $P < 0.05$ ). Con respecto a CA, existieron únicamente diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) para el factor aceite ya que las aves que se alimentaron con aceite crudo de soya consumieron 2.4% más que las alimentadas con aceite acidulado. Vale la pena mencionar que el factor energía no evidenció diferencias ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los casos anteriores (para GP y CA), sin embargo hay cierta tendencia numérica a mostrarse más productivas las aves tratadas con dietas elaboradas con alta y mediana cantidad de energía que las alimentadas con dietas con baja restricción calórica. Lo anterior se refleja en la Figura 8 y 9, respectivamente.

Por otra parte, en conversión alimenticia, hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) exclusivamente en el factor sexo, pues resultaron 3.2% más eficientes las hembras que los machos. En cuanto a CE no evidenció diferencia ( $P < 0.05$ ) en el



factor energía; en el factor aceite, los animales alimentados con aceite crudo consumieron 2.5% más de energía con relación a los alimentados con aceite acidulado tal como se muestran en la Figura 10. Para el factor sexo los resultados indican que los machos consumieron en 3.9% más energía que las hembras. La CVE mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) únicamente en el factor sexo, ya que los machos fueron 2.1% más eficientes que las hembras. No existieron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en cuanto a los factores energía y aceite. En lo que concierne a mortalidad, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en ninguno de los factores en estudio.

En el Cuadro 11, se muestran los resultados de la tercera etapa de producción (finalización, 26-48 días); la variable GP mostró diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en el factor sexo pues se obtuvieron mejores parámetros en machos, 1.9% más GP que en hembras. Hubo también diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el factor energía ya que las aves alimentadas con dietas que contenían alta y mediana cantidad tuvieron mayor GP (10.2% y 9.7% respectivamente) que las alimentadas con bajo contenido de energía, estos resultados se pueden observar más claramente en la Figura 11. El factor aceite no evidenció diferencias estadísticas, solo ciertas tendencias numéricas con mejores resultados en los tratamientos con aceite crudo de soya ( $P > 0.05$ ). Con respecto a CA, el factor sexo demostró ser mayor ( $P < 0.05$ ) en machos (6.6%) respecto a las hembras. Para los factores energía y aceite los resultados no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ). En cuanto a conversión alimenticia, se obtuvieron mejores resultados ( $P < 0.05$ ) en los pollos alimentados con dietas que contenían alta y mediana cantidad de energía (9.5 y 9%) respecto a los alimentados con dietas con restricción calórica. En contraste, no se evidenció diferencia ( $P > 0.05$ ) en los factores sexo y aceite. En CE, no hubo diferencias en cuanto a los factores energía y aceite ( $P > 0.05$ ), solamente existió diferencia ( $P < 0.05$ ) al factor sexo, ya que los machos consumieron 6.6% más alimento que las hembras; en CVE no se hallaron diferencias en ninguno de los factores ( $P > 0.05$ ). Por último, en mortalidad general no se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos.

El resumen global de los parámetros productivos evaluados durante el experimento se pueden observar en el Cuadro 12. En referencia a la GP, las aves con mejores resultados ( $P < 0.05$ ) fueron las tratadas con dietas alta y mediana cantidad de energía (6.7 y 6.3%) más que en dietas con baja energía. También existió diferencia ( $P < 0.05$ ) en el factor sexo, ya que los machos tuvieron 5.4% más GP que las hembras. No se evidenció diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) en factor aceite, sin embargo existió cierta tendencia numérica, tal como se puede observar en la Figura 12. Por otra parte, con lo que respecta a CA los factores energía y aceite no tuvieron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), en contraste, el factor sexo, donde los machos consumieron 6.2% más alimento que las hembras ( $P < 0.05$ ). En cuanto a conversión alimenticia se refiere, esta se vió influenciada por el factor energía, pues las dietas elaboradas con alta y mediana cantidad de energía fueron 4.6 % más eficiente que las que contenían baja cantidad. En el factor aceite también se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) ya que las aves que consumieron las dietas que contenían aceite crudo de soya fueron 4.6% más eficientes ( $P < 0.05$ ) que las que consumieron aceite acidulado. No hubo diferencias para el factor sexo; dichos resultados, es posible apreciarlos en la Figura 13.

En CE, sólo existieron diferencias ( $P < 0.05$ ) en el factor sexo, ya que los machos obtuvieron los mayores índices, para ser exactos, 6.1% más respecto a las hembras; no se hallaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los factores energía y aceite entre tratamientos. En la CVE existió diferencia ( $P < 0.05$ ) en el factor aceite, mostrándose 4.5% más eficientes en las aves alimentadas con aceite crudo de soya, no así en los demás factores, donde no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

En lo que respecta a mortalidad, se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) para el factor sexo, ya que las hembras presentaron menor mortalidad que los machos (2.9%), no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en los demás factores. Por otra

parte, la variable pigmentación de la piel fue influenciada por el factor energía, ya que los mejores resultados se obtuvieron en los pollos alimentados a partir de dietas con alta y mediana cantidad de energía con 1.5 unidades de pigmentación mayor que en dietas con baja cantidad de energía. Otro factor que influyó sobre este parámetro productivo fue el sexo, ya que las hembras obtuvieron 4.2 unidades de pigmentación ( $P < 0.05$ ) mayor que los machos. Con respecto al factor aceite no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos, tal como se puede apreciar en la Figura 14.

Los parámetros productivos obtenidos durante y después del procesamiento de la canal se exhiben en el Cuadro 13; respecto al peso final (PF) de los pollos alimentados con altas y medianas cantidades de energía tuvieron 9.8 y 6.7 % más de peso que las aves alimentadas con cantidades bajas de energía ( $P < 0.05$ ). En relación al factor sexo, los machos tuvieron 9.9% más de peso que las hembras ( $P < 0.05$ ). No se registraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el factor aceite. En los datos de peso de la canal (PC) existió ( $P < 0.05$ ) mayor respuesta al factor energía ya que los pollos tratados con alta y mediana cantidad de energía las cuales tuvieron 7.0 y 5.3% más de peso de la canal que los pollos tratados con cantidades bajas de energía. También hubo diferencias en el factor sexo, ya que en los machos obtuvieron mayores pesos, 9.8% más con respecto a las hembras ( $P < 0.05$ ). En contraste, en el factor aceite no hubo diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos; lo anterior puede verse claramente en la Figura 15.

En lo que respecta a la variable peso de la pechuga (PP), sólo se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) al factor sexo, siendo mayor en machos que en las hembras (9.3%). Para la variable peso de pierna con muslo (PPM) se obtuvo 14.4% más en los machos respecto a las hembras, los factores energía y aceite no tuvieron influencia en estos parámetros ( $P > 0.05$ ). Por otra parte, el rendimiento de la pechuga y el rendimiento de pierna con muslo, no se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para ninguno de los factores. Finalmente, con respecto a la variable pigmentación, el factor energía tuvo diferencias significativas

( $P < 0.05$ ) pues las dietas bajas en energía tuvieron 2 unidades menos de pigmentación. El factor sexo también tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), ya que las hembras obtuvieron mayor pigmentación (3 unidades) que los machos. Para el factor aceite no hubo efecto ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

## DISCUSIÓN

Con base a los datos obtenidos en el análisis por semana, el factor energía influyó en la GP, a partir de la sexta semana, debido a que las aves alimentadas con dietas de baja cantidad de energía tuvieron menor ganancia de peso, que las aves alimentadas con las dietas de alta y mediana energía; incluso, estas últimas tuvieron resultados similares, por lo tanto, en los pollos tratados con baja cantidad energética la ganancia de peso se incrementó conforme se incrementó el nivel energético de la ración. Estos resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por Andreotti et al. (2004), quienes atribuyen este efecto al aumento en el consumo de aceite por las aves durante dicha fase de alimentación.

Además, estos datos coinciden en parte con los obtenidos por Skinner et al. (1993), quienes no encontraron efectos de la energía sobre el rendimiento productivo en pollos de engorda cuando emplearon dos niveles de energía metabolizable para 3 etapas de producción y observaron que no hubo efecto significativo en la modificación de la energía de la dieta sobre el rendimiento productivo de las aves a los 49 días de edad.

Cabe resaltar, que dichos autores emplearon sólo dos niveles de EM y las cantidades de energía utilizadas fueron considerablemente más altas, que las empleadas en este estudio donde sí existió efecto al nivel más bajo de energía (iniciación 2960-3280 vs 2920, 2920 y 3010, crecimiento 3030-3355 vs 3085, 3085 y 3175, y finalización 3105-3440 vs 3110, 3200 y 3200), por lo que es necesario la búsqueda de un margen más amplio de EM en las dietas para no afectar el rendimiento productivo del pollo de engorda y beneficiar los costos de producción.

Resultados similares se obtuvieron también en un experimento realizado por Hidalgo et al (2004) quienes no encontraron diferencias en GP, CA y conversión alimenticia, cuando se disminuyó la EM de la dieta de 3196 a 3020 Kcal/kg.

Por otra parte, Sizemore y Sigel (1993), reportaron una mayor GP, un menor CA y una mejor conversión alimenticia en la etapa de finalización en pollos alimentados con dietas altas en energía (3190 kcal/kg), lo que concuerda con este estudio, excepto en el consumo alimenticio, pues en este caso no hubo diferencias en ningún tratamiento. Así mismo, nuestros resultados bien pueden concordar con el experimento realizado por Hidalgo et al (2004), quienes al reducir la EM hasta 2976 Kcal/kg la GP disminuyó considerablemente.

Los resultados obtenidos por semana para el factor aceite, demuestran diferencias significativas en GP en la semana 1 y en la semana 5 así como una mejor conversión alimenticia hacia la séptima semana, resultando más eficientes las aves alimentadas con aceite crudo de soya que las alimentadas con aceite acidulado, mientras que la literatura indica limitar la inclusión de aceites acidulados en aves muy jóvenes debido a que puede afectar la digestión y absorción de nutrientes con una subsecuente baja en el rendimiento productivo<sup>13</sup>.

Sin embargo, en un estudio realizado por Pardío et al (2001), quienes evaluaron una gran diversidad de aceites acidulados, en donde observaron que el de soya tuvo la mejor respuesta sobre la ganancia de peso de la aves alimentadas de 1 a 7 semanas, por lo que a pesar de las ligeras diferencias de GP y conversión observadas en el presente estudio, al momento de compararlo con el aceite crudo de soya, se puede contemplar como una opción viable en la alimentación del pollo de engorda.

Incluso, Baião (2005), ha recomendado al aceite acidulado de soya como un sustituto para el aceite vegetal como fuente de ácidos grasos poliinsaturados. Sin embargo otros autores señalan que este ingrediente energético tiene un valor de energía inferior, tal es el caso del aceite acidulado de soya con grasa animal empleado que es alrededor de 10% menor su contenido<sup>14</sup>.

Por otra parte, con base en los datos obtenidos a partir del análisis por etapas, el factor energía evidenció diferencias con respecto a GP, ya que las aves con mayor ganancia fueron las alimentadas con cantidades altas y medianas en EM (6.7 y 6.3% más GP que en dietas con baja cantidad de energía, respectivamente), esto concuerda en cierta forma con lo observado por Barbour (2006)<sup>25</sup>, quien realizó un experimento con pollos de engorda, donde redujo los niveles de EM en 3.3%, utilizando sólo dos etapas de producción (0-21 y 22-49). En dicho trabajo, se observó una mejora lineal en la GP de las aves que se alimentaron con la dieta que contenía el nivel de energía más alto. Además, enfatizó que las diferencias entre tratamientos, fueron más evidentes en la segunda etapa de alimentación respecto a la primera, lo que coincidió también con el presente trabajo, ya que las diferencias fueron más notables hacia la última etapa de producción. Esto puede ser atribuido, a que los pollos en esta etapa presentan una mayor digestibilidad de las grasas y un mejor aprovechamiento de las mismas. Por lo cual, se puede proponer la existencia de una mayor rentabilidad con la suplementación de niveles altos de energía en la última etapa de producción.

Con respecto a CA, no se hallaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, lo cual contrasta con la investigación realizada por Dozier et al (2006)<sup>23</sup>, quienes al disminuir el contenido energético de la ración, de 3383 Kcal/kg a 3023 Kcal/kg, observaron que el CA disminuyó proporcionalmente, debido a que el consumo se redujo 5.2%. Esta diferencia en los resultados, pueden ser explicados por la cantidad de EM en las dietas, ya que en el presente trabajo, la EM se redujo 2.9%, mientras que Dozier et al. (2006)<sup>23</sup> observaron una reducción del 10%, afectando además otros parámetros productivos.

También difiere con lo indicado por Leeson *et al.* (1996)<sup>28</sup> y Lara *et al.* (2008)<sup>29</sup> quienes al realizar diversos estudios observaron una reducción en el consumo a medida que aumentó el nivel de energía de la dieta, poniendo en evidencia que el ave es capaz de regular su consumo.

En otro estudio realizado por Dozier et al (2007)<sup>21</sup>, utilizaron dos niveles de EM, el primer nivel contenía 3220 Kcal/kg y el segundo nivel contenía un mayor aporte calórico, 3310 Kcal/kg, por lo tanto, la EM se disminuyó en 2.9% y se observó que el CA y el GP no se modificó significativamente entre los tratamientos, lo cual también puede estar justificado, ya que la utilización eficiente de la energía consumida tiende a declinar con el aumento del contenido energético de la dieta, haciendo notar que Dozier et al (2007)<sup>21</sup> quienes utilizaron niveles más altos de EM que los propuestos en este trabajo.

La conversión alimenticia también se vio influenciada por la cantidad de EM, ya que las aves tratadas con cantidades bajas de energía, fueron 4.6% menos eficientes que las alimentadas con mediana y alta cantidad energética. Lo anterior coincide con varios estudios encaminados a la reducción de la EM para pollo de engorda, algunos de ellos partieron de 2,800 kcal/kg hasta 3,000 kcal /kg, ya que al emplear estos niveles, se ha observado una mayor GP y una mejor conversión alimenticia en las dietas que contienen mayor aporte calórico, lo que deja claro que el nivel óptimo de EM para no afectar parámetros productivos y disminuir los costos en la alimentación del pollo de engorda, se encuentra muy posiblemente en los niveles de EM altos y medios con los que se trabajó en esta investigación.

En lo que respecta al consumo de EM, no se observó un efecto del nivel de energía de la ración sobre el consumo de energía en el pollo de engorde a los 48 días de edad, opuesto a lo encontrado por Lara et al. (2008)<sup>29</sup> quienes reportaron un mayor consumo de energía cuando aumentaron los niveles energéticos de la ración. Esto se puede atribuir a la igualdad entre los consumos a pesar de que se suplementaron diferentes niveles de energía en las dietas.

Al no encontrar diferencia en el consumo de EM y por consecuencia en la conversión energética con relación a los niveles de energía empleados, se puede deducir que las aves no regularon el consumo alimenticio ni lo hicieron proporcional a la energía contenida en las dietas. Este resultado contradice a lo



publicado por Meinerz et al. (2001)<sup>30</sup> quienes observaron cierta eficacia de las aves para regular el CA, siendo importante resaltar que esto sucedió principalmente en dietas peletizadas, donde se emplea una granulometría determinada que puede mejorar la digestibilidad y el aprovechamiento del alimento por el ave.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones experimentales empleadas se puede inferir:

1. El peso del pollo y de la canal disminuyeron con la reducción del 2.9% de EM (90 kcal/kg) en las dietas señalados por el manual en las etapas de iniciación, crecimiento y finalización.
2. La coloración de la piel de la pechuga disminuyó al disminuir 90 kcal/kg de EM en las dietas de iniciación crecimiento y finalización.
3. El empleo de aceite acidulado de soya con grasa animal resultó ser una alternativa al aceite crudo de soya en dietas para pollos de engorda.
4. La eficiencia en la utilización de la energía resultó más favorable con el empleo de aceite crudo de soya respecto al aceite acidulado de soya con grasa animal.
5. La formulación de dietas para pollos de engorda con diferentes concentraciones de EM con aceite acidulado de soya como reemplazo al aceite crudo de soya, permite ser una alternativa viable para reducir los costos de alimentación sin afectar el rendimiento productivo, de la canal y la pigmentación de la piel en pollos de engorda.
6. Finalmente, es factible alimentar al pollo de engorda durante las etapas de iniciación y crecimiento, con dietas reducidas en EM, por debajo de lo que estipula el manual de la estirpe Ross 308, sin afectar el rendimiento productivo, de la canal y pigmentación de la piel.

**Cuadro 1.** Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda en iniciación, crecimiento y finalización.

INGREDIENTE	Iniciación (kg)		Crecimiento (kg)		Finalización (kg)	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Sorgo	540.133	561.155	544.084	565.132	603.184	623.647
Pasta de soya	375.793	371.633	354.025	349.859	294.813	291.288
Aceite vegetal	36.035	19.106	59.344	42.408	56.521	39.626
Ortofosfato	18.536	18.482	16.281	16.228	15.107	15.05
Carbonato de calcio	15.334	15.361	13.856	13.883	13.344	13.371
Cloruro de sodio	4.34	4.337	3.831	3.827	3.846	3.843
DL-Metionina 99%	2.204	2.19	3.193	3.179	1.494	1.486
L-lisina HCL	3.068	3.165	1.436	1.534	0	0
Vitaminas*	1	1	1	1	1	1
Minerales**	1	1	1	1	1	1
Cloruro de colina 60%	1	1	1	1	0.8	0.8
Cocciostato***	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pigmento avelut	0	0	0	0	7.94	7.94
Bacitracina MD	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
L-treonina	0.607	0.62	0	0	0	0
Antioxidante	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
<b>NUTRIENTE</b>	<b>Análisis calculado</b>					
Proteína %	23	23	22	22	19	19
Metionina%	0.554	0.554	0.639	0.638	0.43	0.43
Met+cist%	0.9	0.9	0.97	0.97	0.73	0.731
Lisina%	1.4	1.44	1.25	1.25	0.967	0.96
Calcio%	1	1	0.9	0.9	0.85	0.85
Fósforo disp. %	0.5	0.5	0.45	0.45	0.42	0.42
EM (kcal/kg)	3010	2920	3175	3085	3200	3110

\*Vitamina A (12,000,000 UI), vitamina D3 (2,500,000 UI), vitamina E (15,000 UI), vitamina K (2.0g), vitamina B1 (2.25g), vitamina B2 (7.5g), vitamina B6 (3.5g), vitamina B12 (20mg), ácido fólico (1.5g), biotina (125mg), ácido pantoténico (12.5g), niacina (45g); \*\*Hierro (50g), zinc (50g), manganeso (110g), cobre (12g), yodo (0.30g), selenio (0.20g), Cobalto (0.20g). Cantidades adicionadas de vitaminas y minerales por tonelada de alimento

\*\*\* Nicarbazina durante iniciación y crecimiento y monensina durante finalización

**Cuadro 2.** Perfil de ácidos grasos para el aceite crudo de soya y el aceite acidulado de soya.

<b>ACIDOS GRASOS (%)</b>	<b>ACS</b>	<b>AAT</b>
MIRÍSTICO (C14:0)	0.11±.01	.47±.03
PALTMÍTICO (C16:0)	11.74±.14	11.62±.17
PALMITELÁIDICO (C16:1T)	ND	.29±.09
PALMITOLEICO (C16:1)	0.18±.10	.33±.03
HEPTADECANOICO (C17:0)	0.11±.01	.14±.01
CIS 10-HEPTADECANOICO (17:1)	ND	ND
ESTEÁRICO (18:0)	4.17±.24	3.34±.18
ELÁIDICO (C18:1 TRANS)	ND	1.13±.01
OLEICO (C18:1)	22.3±2.22	43.67±.49
CIS-VACCÉNICO (18:1)	0.87±.20	1.42±.30
LONOLEICO (LA)(C18:2)	51.09±.42	28.01±.30
ALFA-LONOLÉNICO(ALA)(C18:ω3)	7.52±.10	6.59±.11
ARAQUÍDICO (20:0)	0.32±.02	ND
EICOSENOICO (20:1)	0.23±.03	.82±.12
EICOSAPENTAENOICO (EPA) (C20:5ω3)	0.36±.01	ND
OTROS ACIDOS GRASOS	0.86	0.94
TOTAL SATURADOS (%)	16.5	16.97
TOTAL MONOINSATURADOS (%)	23.67	47.17
TOTAL DE POLIINSATURADOS (%)	58.97	34.92

**Cuadro 3.** Reporte analítico de aminoácidos del sorgo y pasta de soya mediante la técnica NIR\*.

<b>Fracción (%)</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Pasta de soya</b>
Proteína cruda	8.74	46.88
Materia seca	87.11	89.20
Metionina	0.147	0.637
Cistina	0.163	0.714
Metionina + cistina	0.308	1.364
Lisina	0.171	2.915
Treonina	0.275	1.838
Triptofano	0.095	0.636
Arginina	0.300	3.430
Isoleucina	0.338	2.114
Leucina	1.208	3.539
Valina	0.423	2.219
Histidina	0.200	1.253
Fenilalanina	0.452	2.375

\*Realizado por espectroscopía NIR gentilmente por EVONIK

**Cuadro 4** Contenido digestible de aminoácidos del sorgo y pasta de soya estandarizados para pollo de engorda.

<b>Fracción (%)</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Pasta de soya</b>
Proteína cruda	8.74	46.88
Materia seca	87.11	89.20
Metionina	0.130	0.580
Cistina	0.129	0.586
Metionina + cistina	0.258	1.173
Lisina	0.154	2.624
Treonina	0.228	1.562
Triptofano	0.082	0.566
Arginina	0.264	3.190
Isoleucina	0.305	1.882
Leucina	1.063	3.150
Valina	0.368	1.952
Histidina	0.168	1.153
Fenilalanina	0.402	2.114

\*Realizado por espectroscopía NIR gentilmente por EVONIK

**Cuadro 5. Efecto de tres niveles de energía, inclusión de dos tipos de aceite de soya e influencia del sexo sobre la ganancia de peso del pollo de engorda durante 7 semanas de producción\*.**

GANANCIA DE PESO	ENERGÍA				SEXO			ACEITE			INTERACCIONES				
	ALTA	MEDIA	BAJA	p	MACHO	HEMBRA	p	CRUDO	ACIDULADO	p	MED±EE	E*A	E*S	A*S	E*A*S
SEMANA 1	92±2a	95±2a	93±2a	0.677	93±2a	94±2a	0.629	97±2a	90±2b	0.031	93±1	0.94	0.67	0.825	0.385
SEMANA 2	316±5a	323±5a	329±5a	0.212	328±4a	317±4a	0.052	317±4a	328±4a	0.059	322±3	0.414	0.714	0.678	0.63
SEMANA 3	698±9.9a	714±9.9a	710±9.9a	0.458	687±8a	728±8a	0.001	720±8a	695±8a	0.035	707±6	0.997	0.478	0.746	0.748
SEMANA 4	1121±8a	1130±8a	1124±8a	0.757	1127±7a	1122±7a	0.592	1144±7a	1105±7b	0.001	1125±5	0.724	0.76	0.92	0.958
SEMANA 5	1814±27a	1800±27a	1780±27a	0.673	1723±22a	1873±22b	0.000	1820±7a	1775±7a	0.163	1798±16	0.744	0.954	0.722	0.744
SEMANA 6	2420±20a	2409±20a	2330±20b	0.01	2357±17a	2415±17b	0.022	2402±17a	2370±17a	0.185	2386±12	0.784	0.941	0.365	0.204
SEMANA 7	3138±48a	3125±48a	2931±48b	0.008	2981±39a	3149±39b	0.005	3115±39a	3015±39a	0.082	3065±27	0.147	0.592	0.625	0.622

\*Peso promedio inicial al día de edad 41 g

**Cuadro 6.** Efecto de tres niveles de energía, inclusión de dos tipos de aceite de soya e influencia del sexo sobre el consumo alimenticio del pollo de engorda durante 7 semanas de producción.

CONSUMO (g)	ENERGÍA				SEXO			ACEITE			INTERACCIONES				
	ALTA	MEDIA	BAJA	p	MACHO	HEMBRA	p	CRUDO	ACIDULAD O	p	MED±EE	E*A	E*S	A*S	E*A*S
SEMANA 1	112±4a	119±4a	120±4a	0.272	115±3a	119±3a	0.439	122±2a	112±2b	0.038	117±2	0.838	0.673	0.548	0.516
SEMANA 2	432±6a	436±6a	435±6a	0.87	428±5a	441±5a	0.087	447±4a	423±4b	0.003	435±4	0.65	0.527	0.756	0.906
SEMANA 3	1172±14a	1196±14a	1189±14a	0.483	1158±12a	1214±12b	0.002	1210±8a	1162±8b	0.007	1186±8	0.888	0.418	0.873	0.933
SEMANA 4	2025±16a	2046±16a	2045±16a	0.6	1990±13a	2088±13b	0.000	2061±7a	2016±7b	0.022	2039±9	0.294	0.179	0.619	0.442
SEMANA 5	3414±24a	3433±24a	3432±24a	0.818	3381±19a	3471±19b	0.003	3448±7a	3404±7a	0.126	3426±14	0.17	0.514	0.211	0.559
SEMANA 6	4893±42a	4931±42a	4910±42a	0.811	4817±34a	5007±34b	0.001	4906±17a	4917±17a	0.826	4912±24	0.275	0.657	0.583	0.196
SEMANA 7	6522±75a	6552±75a	6482±75a	0.805	6313±61a	6724±61b	0.000	6467±39a	6570±39a	0.248	6518±43	0.978	0.528	0.732	0.19



**Cuadro 7.** Efecto de tres niveles de energía, inclusión de dos tipos de aceite de soya e influencia del sexo sobre la conversión alimenticia del pollo de engorda durante 7 semanas de producción.

CONVERSION	ENERGÍA				SEXO			ACEITE			INTERACCIONES				
	ALTA	MEDIA	BAJA	p	MACHO	HEMBRA	p	CRUDO	ACIDULADO	p	MED±EE	E*A	E*S	A*S	E*A*S
SEMANA 1	1.22±.06a	1.25±.06a	1.29±.06a	0.384	1.25±3a	1.26±3a	0.761	1.26±2a	1.24±2a	0.717	1.26±.04	0.697	0.198	0.618	0.772
SEMANA 2	1.37±.02a	1.35±.02a	1.32±.02a	0.333	1.35±5a	1.35±5a	0.749	1.36±4a	1.34±4a	0.305	1.35±.01	0.171	0.199	0.468	0.663
SEMANA 3	1.68±.01a	1.67±.01a	1.67±.01a	0.907	1.69±12a	1.67±12a	0.148	1.68±8a	1.67±8a	0.549	1.68±.01	0.638	0.808	0.748	0.672
SEMANA 4	1.80±.02a	1.81±.02a	1.82±.02a	0.914	1.77±13a	1.86±13a	0.001	1.80±7a	1.83±7a	0.340	1.81±.01	0.557	0.249	0.843	0.705
SEMANA 5	1.88±.03a	1.89±.03a	1.93±.03a	0.571	1.96±19a	1.85±19a	0.005	1.81±7a	1.92±7a	0.500	1.91±.02	0.816	0.779	0.788	0.890
SEMANA 6	2.02±.02a	2.05±.02a	2.07±.02a	0.232	2.05±34a	2.05±34a	0.732	2.03±17a	2.06±17a	0.234	2.05±.02	0.302	0.781	0.224	0.226
SEMANA 7	2.08±.02a	2.10±.02a	2.21±.02b	0.016	2.13±61a	2.14±61a	0.787	2.08±39a	2.18±39b	0.009	2.13±.02	0.178	0.567	0.373	0.305

**Cuadro 8.** Efecto de tres niveles de energía, inclusión de dos tipos de aceite de soya e influencia del sexo sobre la mortalidad del pollo

MORTALIDAD	ENERGÍA				SEXO			ACEITE			INTERACCIONES				
	ALTA	MEDIA	BAJA	p	MACHO	HEMBRA	p	CRUDO	ACIDULADO	p	MED±EE	E*A	E*S	A*S	E*A*S
SEMANA 1	2±.6a	.6±.6a	1±.6a	0.294	.7±.5a	2±.5a	0.080	2±2a	.7±2a	0.080	1±.4	0.23	0.434	0.636	0.364
SEMANA 2	1±.3a	.9±.3a	1±.3a	0.294	1±1a	1±1a	0.080	1.2±4a	1.1±4a	0.080	1±.2	0.23	0.434	0.636	0.364
SEMANA 3	2±2a	1±2a	2±2a	0.681	1±.6a	2.7±.6a	0.054	2.2±8a	1.6±8a	0.506	2±.4	0.498	0.471	0.506	0.774
SEMANA 4	2±1a	2±1a	2±1a	0.87	1±.9a	3±.9a	0.067	2.6±7a	2±7a	0.544	2±.6	0.585	0.501	0.445	0.835
SEMANA 5	3±1a	2±1a	3±1a	0.773	2±.8a	4±.8b	0.026	2.98±7a	2.58±7a	0.544	3±.6	0.646	0.139	0.272	0.905
SEMANA 6	5±1a	4±1a	5±1a	0.467	3±1a	6±1b	0.039	5±17a	4±17a	0.346	5±.7	0.452	0.508	0.922	0.726
SEMANA 7	6±1a	5±1a	7±1a	0.560	4±1a	7±1b	0.034	7±39a	5±39a	0.578	6±.8	0.359	0.465	0.641	0.287

**Cuadro 9.** Respuesta productiva del pollo de engorda con respecto a las variables: energía, aceite y sexo durante la etapa de iniciación (0-10 días)

FACTORES	GANACIA DE PESO		CONSUMO ALIMENTICIO		CONVERSION ALIMENTICIA		CONSUMO DE EM (KCAL)		CONVERSION DE EM		MORTALIDAD	
<b>ENERGIA</b>												
alta 3010		226±3.5a		309±4.4a		1.37±.02a		929±13a		4.1±.06a		0.6±.2a
media 2920		231±3.5a		312±4.4a		1.35±.02a		910±13a		4±.06a		0.2±.2a
baja 2920		235±3.5a		311±4.4a		1.32±		908±13a		4±.06b		0.5±.2a
probabilidad		0.212		0.87		0.333		0.476		0.028		0.314
<b>ACEITE DE SOYA</b>												
crudo		235±2.9a		319±3.6a		1.36±.02a		940±11a		4±.05a		0.6±.16a
acidulado		227±2.9a		302±3.6b		1.33±.02a		891±11b		4±.05a		0.2±.16a
probabilidad		0.059		0.003		0.305		0.003		0.316		0.075
<b>SEXO</b>												
macho		235±2.9a		315±3.6a		1.34±.02a		929±11a		4±.05a		0.6±.16a
hembra		226±2.9a		306±3.6a		1.35±.02a		902±11a		4±.05a		0.2±.16a
probabilidad		0.052		0.87		0.749		0.086		0.764		0.075
<b>INTERACCION</b>												
E*A		0.414		0.65		0.171		0.672		0.173		0.34
E*S		0.714		0.527		0.199		0.521		0.201		0.431
A*S		0.678		0.746		0.468		0.743		0.461		0.753
E*A*S		0.63		0.906		0.663		0.906		0.652		0.501
MEDIA±EE		231±2		310±2.5		1.4±.01		916±7.5		4±.04		.4±.1

**Cuadro 10.** Respuesta productiva del pollo de engorda con respecto a las variables: energía, aceite y sexo durante la etapa de crecimiento (11-25 días)

FACTORES	GANACIA DE PESO		CONSUMO ALIMENTICIO		CONVERSION ALIMENTICIA		CONSUMO DE EM (KCAL)		CONVERSION DE EM		MORTALIDAD	
<b>ENERGIA</b>												
alta 3175		788±5a		1229±11a		1.55±.01a		3902±36a		4.9±.03a		0±.1a
media 3085		800±5a		1248±11a		1.55±.01a		3851±36a		4.8±.03a		0.2±.1a
baja 3085		739±5a		1245±11a		1.56±01a		3841±36a		4.8±.03a		0±.1a
probabilidad		0.28		0.453		0.78		0.442		0.118		0.383
<b>ACEITE DE SOYA</b>												
crudo		808±4a		1256±9a		1.55±.01a		3912±29a		4.8±.03a		0±.1a
acidudalo		780±4b		1226±9b		1.56±.01a		3817±29b		4.9±.03a		0.1±.1a
probabilidad		0.0001		0.03		0.163		0.031		0.17		0.327
<b>SEXO</b>												
macho		803±4a		1273±9a		1.58±.03b		3966±29a		4.9±.03a		0.1±.1a
hembra		785±4b		1208±9b		1.53±.03a		3763±29b		4.8±.03b		0±.1a
probabilidad		0.006		0.0001		0.0001		0.0001		0.001		327
<b>INTERACCION</b>												
E*A		0.855		0.629		0.49		0.641		0.647		0.383
E*S		0.519		0.256		0.483		0.253		0.431		0.383
A*S		0.754		0.588		0.79		0.59		0.692		0.327
E*A*S		0.476		0.574		0.732		0.579		0.608		0.383
MEDIA±EE		794±3		1241±7		1.56±.01		3865±20		4.9±.02		.06±.06

**Cuadro 11.** Respuesta productiva del pollo de engorda con respecto a las variables: energía, aceite y sexo durante la etapa de finalización (26-48 días)

FACTORES	GANACIA DE PESO		CONSUMO ALIMENTICIO		CONVERSION ALIMENTICIA		CONSUMO DE EM (KCAL)		CONVERSION DE EM		MORTALIDAD	
<b>ENERGIA</b>												
alta 3200		2357±38a		4984±67a		2.12±.02a		15949±214a		6.8±2a		1.3±.3a
media 3200		2343±38a		4991±67a		2.13±.02a		15972±214a		6.8±2a		1±.3a
baja 3110		2118±38b		4923±67a		2.34±02b		15319±214a		6.8±2a		1.4±.3a
probabilidad		0.0001		0.755		0.017		0.069		0.113		0.765
<b>ACEITE DE SOYA</b>												
crudo		2294±31a		4892±55a		2.14±.04a		15509±175a		6.8±2a		1.3±.3a
acidudalo		2251±31a		5042±55a		2.25±.04a		15984±175a		7.1±2a		1.1±.3a
probabilidad		0.337		0.066		0.163		0.067		0.098		0.669
<b>SEXO</b>												
macho		2320±31a		5136±55a		2.22±.04a		16280±175a		7.0±2a		1.4±.3a
hembra		2225±31b		4799±55b		2.20±.04a		15215±175b		6.9±2a		1±.3a
probabilidad		0.04		0.0001		0.391		0.0001		0.391		0.248
<b>INTERACCION</b>												
E*A		0.691		0.908		0.708		0.912		0.723		0.805
E*S		0.835		0.496		0.703		0.523		0.7		0.421
A*S		0.519		0.758		0.583		0.744		0.57		0.734
E*A*S		0.558		0.075		0.185		0.174		0.179		0.122
MEDIA±EE		2273±3		4967±39		2.2±.03		15747±124		6.9±.1		1.2±.2

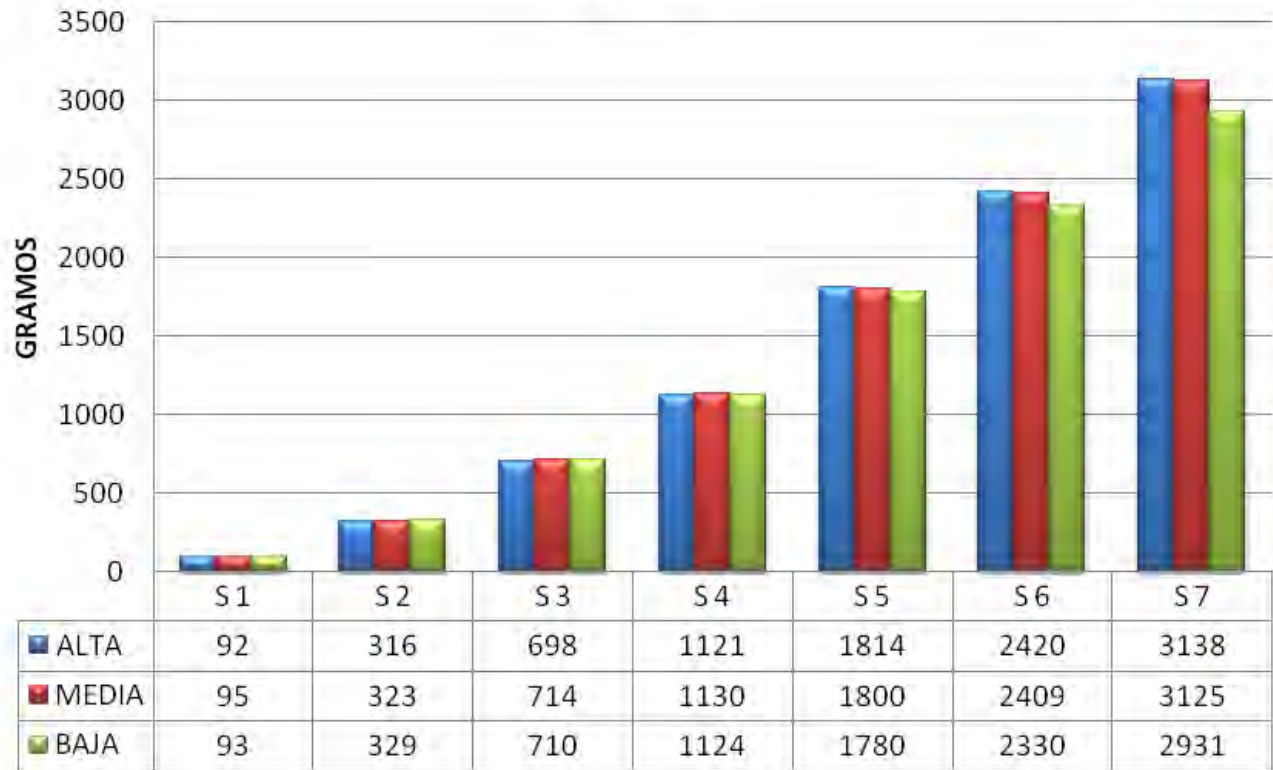
**Cuadro 12.** Respuesta productiva del pollo de engorda con respecto a las variables: energía, aceite y sexo durante las etapas de iniciación, crecimiento y finalización.

FACTORES	GANACIA DE PESO		CONSUMO ALIMENTICIO		CONVERSION ALIMENTICIA		CONSUMO DE EM (KCAL)		CONVERSION DE EM		MORTALIDAD	PIGMENTACION		
<b>ENERGIA</b>														
alta 3200		3138±48a		6522±75a		2.1±.03a		20400±230a		6.5±.1a		6.5±1.34a		20.1±.3a
media 3200		3125±48a		6552±75a		2.1±.03a		20100±230a		6.5±.1a		4.7±1.34a		20±.3a
baja 3110		2930±48b		6482±75a		2.2±03b		19692±230a		6.7±.1a		6.8±1.34a		18.6±.3b
probabilidad		0.008		0.805		0.017		0.114		0.14		0.56		0.006
<b>ACEITE DE SOYA</b>														
crudo		3115±39a		6476±61a		2.1±.03a		19907±188a		6.4±.1a		6.7±1.09a		19.7±.3a
acidudalo		3015±39a		6570±61a		2.2±.03B		20221±188a		6.7±.1b		5.3±1.09a		19.4±.3a
probabilidad		0.082		0.248		0.01		0.248		0.009		0.578		0.466
<b>SEXO</b>														
macho		3149±39a		6724±61.11a		2.1±.03a		20695±188a		6.6±.1a		7.5±1.09a		17.5±.3b
hembra		2981±39b		6313±61.11b		2.1±.03a		19434±188b		6.5±.1a		4.6±1.09a		21.7±.3a
probabilidad		0.005		0.0001		0.79		0.0001		0.796		0.034		0.0001
<b>INTERACCION</b>														
E*A		0.147		0.978		0.188		0.98		0.178		0.359		0.256
E*S		0.592		0.528		0.585		0.599		0.58		0.465		0.243
A*S		0.625		0.732		0.381		0.734		0.375		0.641		0.907
E*A*S		0.622		0.09		0.308		0.091		0.31		0.287		0.718
MEDIA±EE		3064.7±27		6518.5±43		2.1±.02		20064±133		6.6±.1		6.05±.77		19.6±.19

**Cuadro 13.** Respuesta productiva en 49 días en pollo de engorda con respecto a las variables: energía, aceite y sexo después del procesamiento.

FACTORES	PESO FINAL(g)	PESO CANAL (g)	REND CANAL (%)	PESO PECHUGA (g)	REND PECHUGA (%)	PESO PIERNA MUSLO (g)	RENDIMIENTO PIERNA MUSLO (%)	PIGMENTACION
<b>ENERGIA</b>								
alta 3200	3152±46a	2260±47a	72±.6a	900±31a	40±1a	699±24a	31±.8a	43±.4a
media 3200	3048±46a	2199±47a	72±.6a	815±31a	38±1a	649±24a	30±.8a	43±.4a
baja 3110	2846±46b	2083±47b	73±.6a	796±31a	37±1a	655±24a	31±.8a	41±.4b
probabilidad	0.0001	0.041	0.22	0.063	0.265	0.305	0.691	0.007
<b>ACEITE DE SOYA</b>								
crudo	3064±38a	2226±38a	73±.5a	869±25a	39±.8a	685±20a	31±.6a	42±.3a
acidudalo	2967±38a	2136±38a	72±.5a	805±25a	38±.8a	651±20a	31±.6a	42±.3a
probabilidad	0.083	0.11	0.313	0.09	0.37	0.229	0.805	0.997
<b>SEXO</b>								
macho	3171±38a	2292±38a	72±.5a	877±25a	38±.8a	719±20a	31±.6a	40±.3b
hembra	2860±38b	2069±38b	72±.5a	796±25b	39±.8a	616±20b	30±.6a	43±.3a
probabilidad	0.0001	0.0001	0.983	0.033	0.567	0.0001	0.185	0.0001
<b>INTERACCION</b>								
E*A	0.866	0.862	0.145	0.317	0.104	0.99	0.512	0.498
E*S	0.056	0.15	0.104	0.292	0.744	0.815	0.247	0.39
A*S	0.434	0.327	0.258	0.982	0.453	0.768	0.646	0.434
E*A*S	0.476	0.729	0.86	0.746	0.831	0.479	0.546	0.547
MEDIA±EE	3016±27	2181±27	72±.3	837±18	39±.6	668±14	31±.5	42±.2

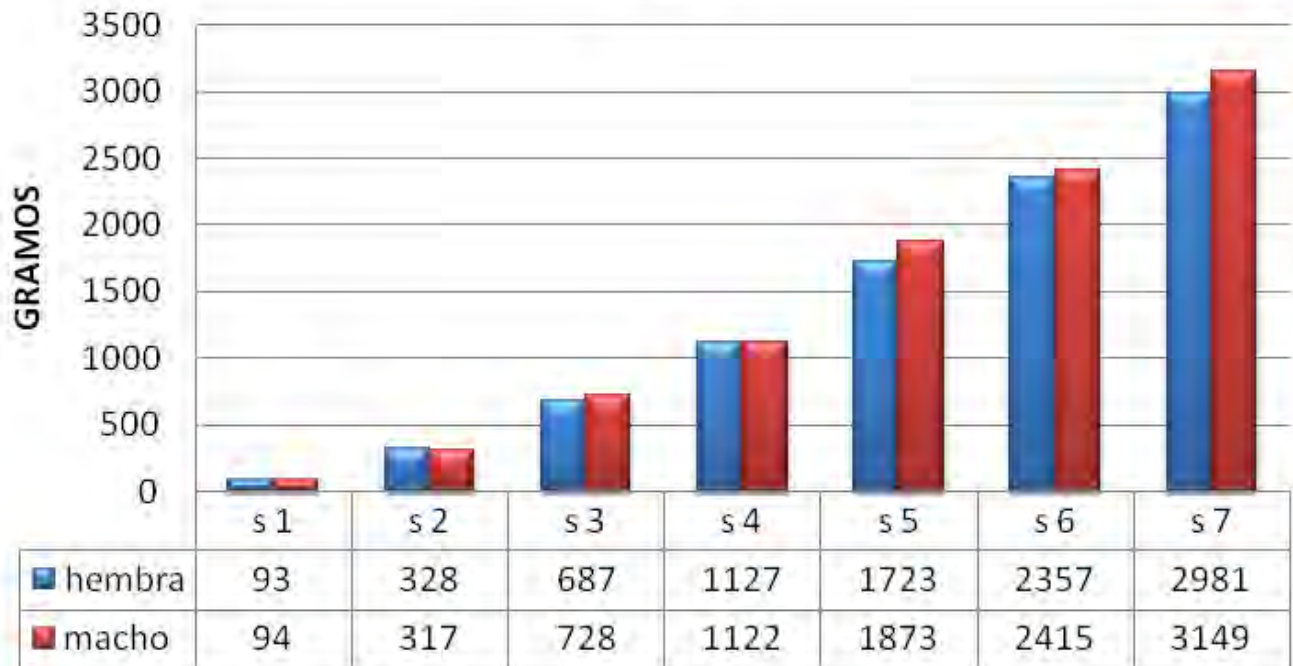
## GP



**Figura 1.** Efecto de tres niveles de energía, sobre la ganancia de peso durante las 7 semanas producción del pollo de engorda.

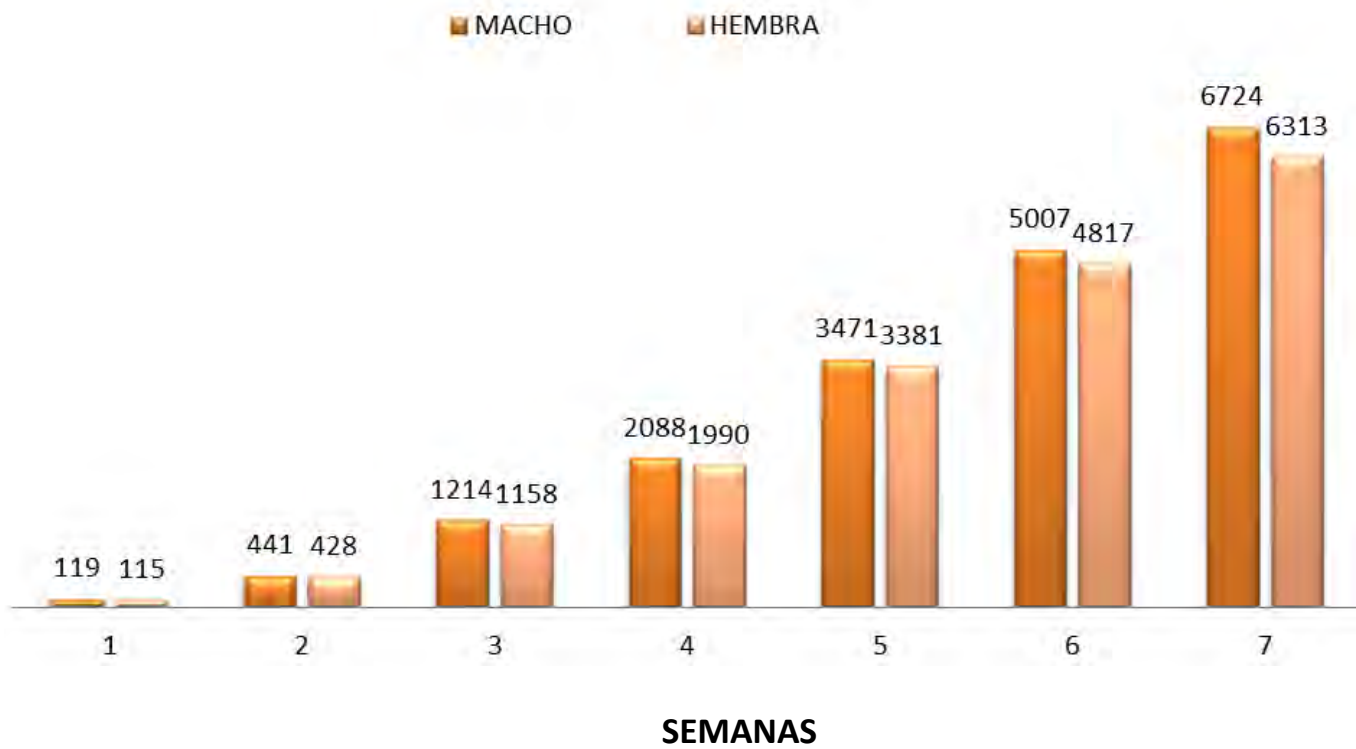


## GP



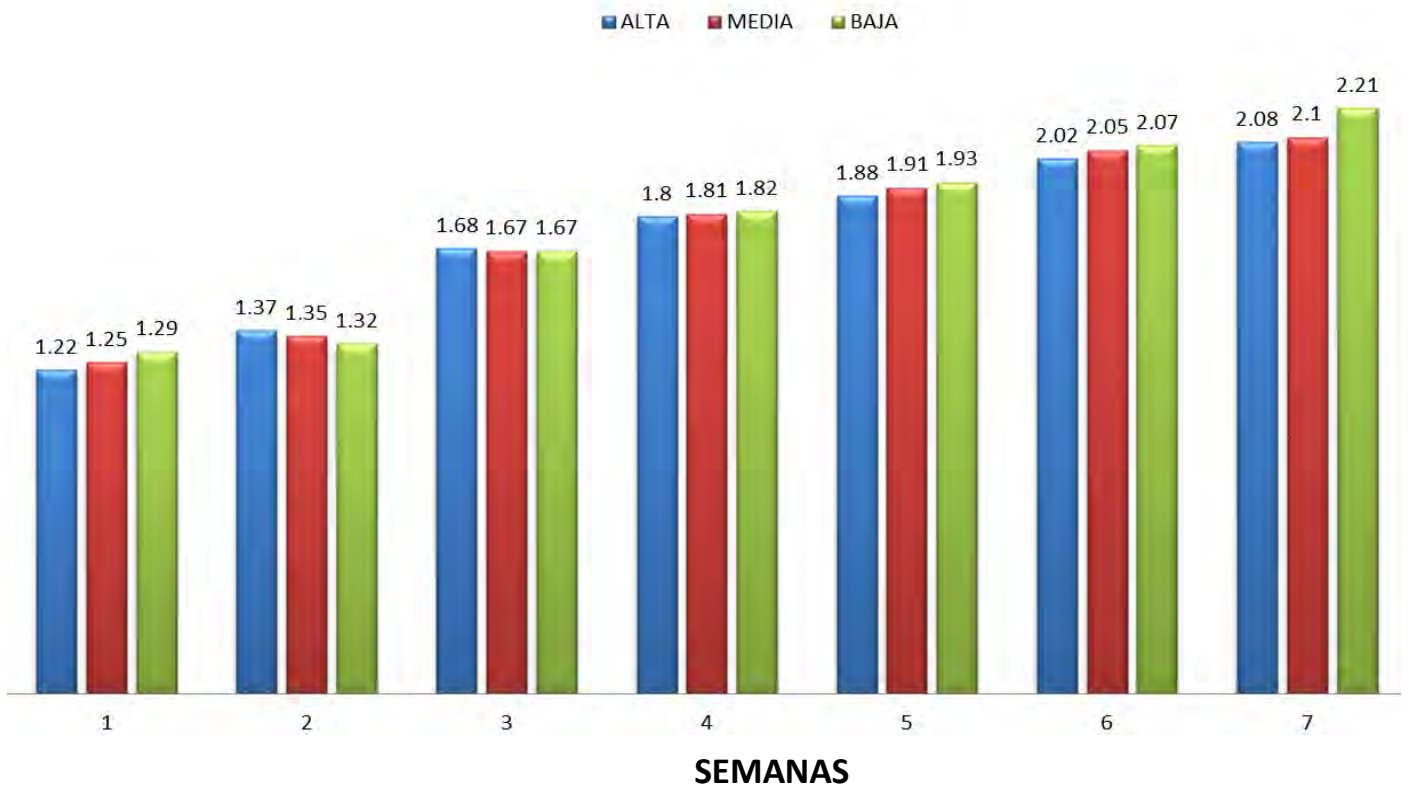
**Figura 2.** Efecto del sexo, sobre la ganancia de peso durante las 7 semanas productivas del pollo de engorda.

## CONSUMO ALIMENTICIO



**Figura 3.** Efecto de sexo sobre el consumo alimenticio durante las 7 semanas productivas del pollo de engorda.

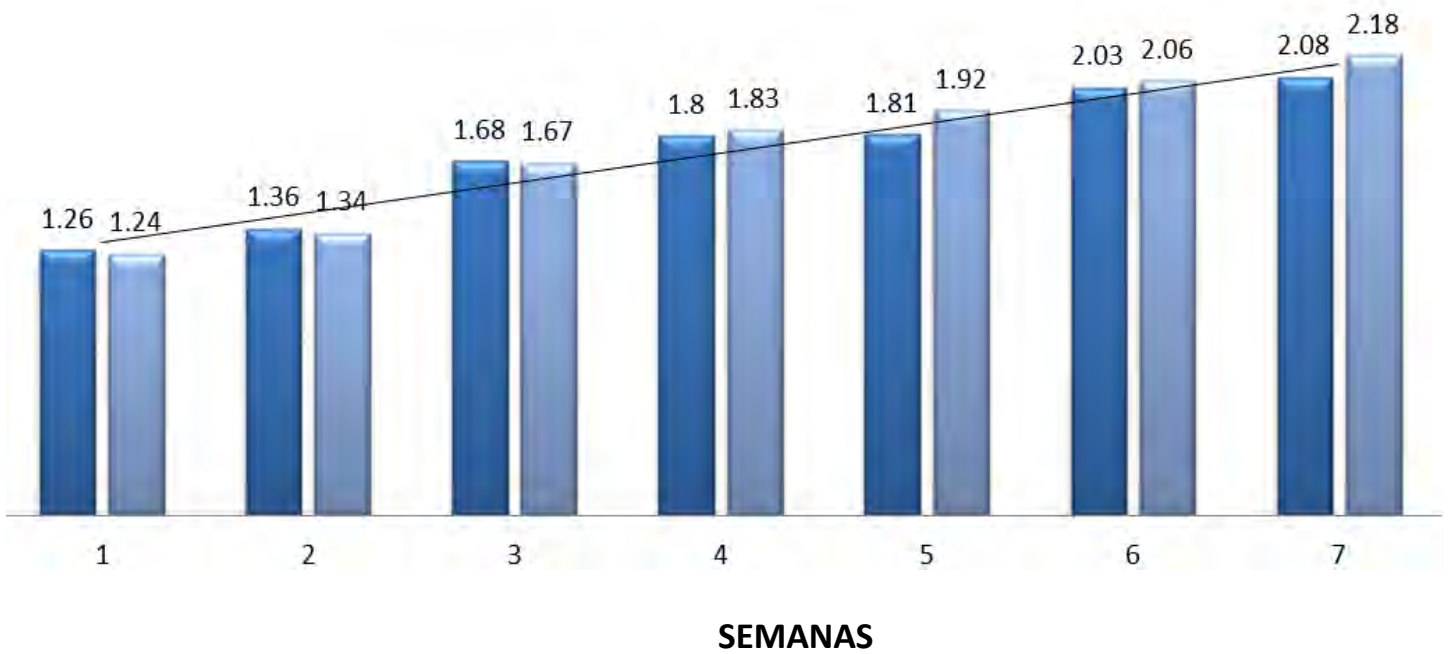
## CONVERSION ALIMENTICIA



**Figura 4.** Efecto de tres niveles de energía, sobre conversión alimenticia durante las 7 semanas productivas del pollo de engorda.

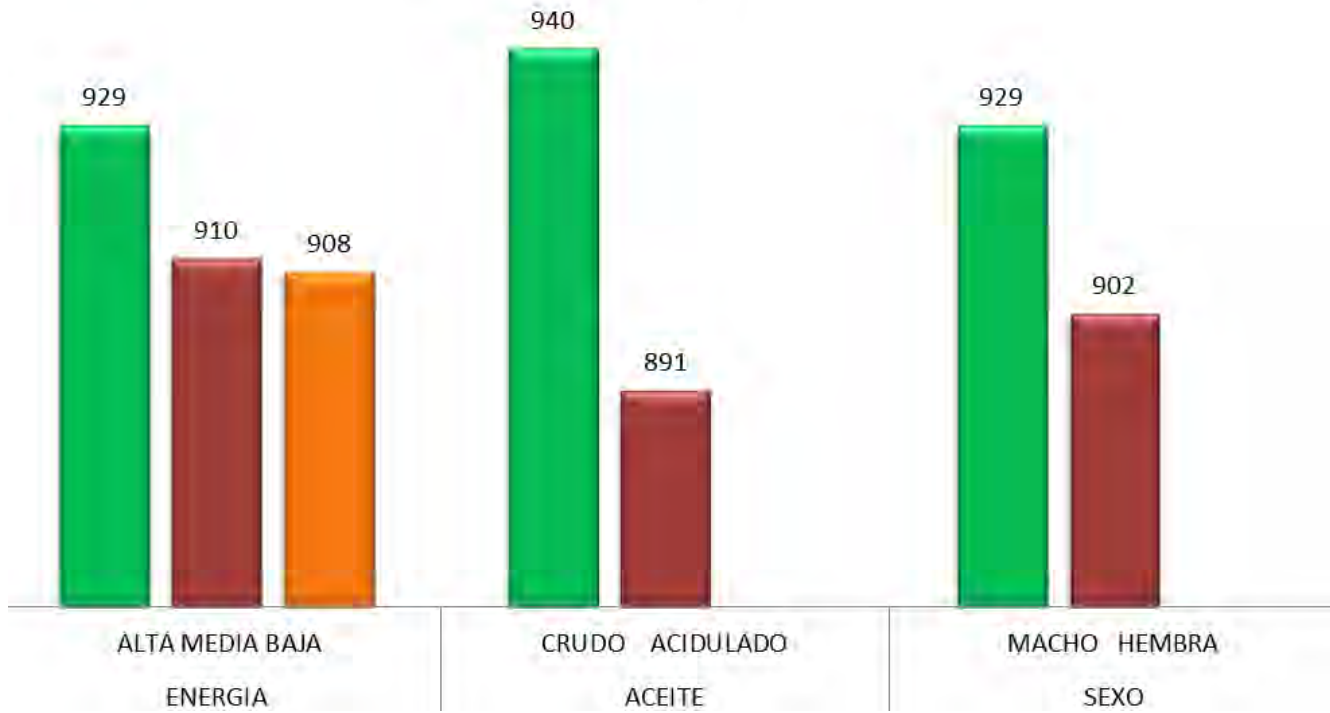
## CONVERSIÓN ALIMENTICIA

■ CRUDO ■ ACIDULADO — Lineal (CRUDO)



**Figura 5.** Efecto de la inclusión de dos tipos de aceite de soya sobre la conversión alimenticia durante las 7 semanas productivas del pollo de engorda.

## CONSUMO EM (KCAL)

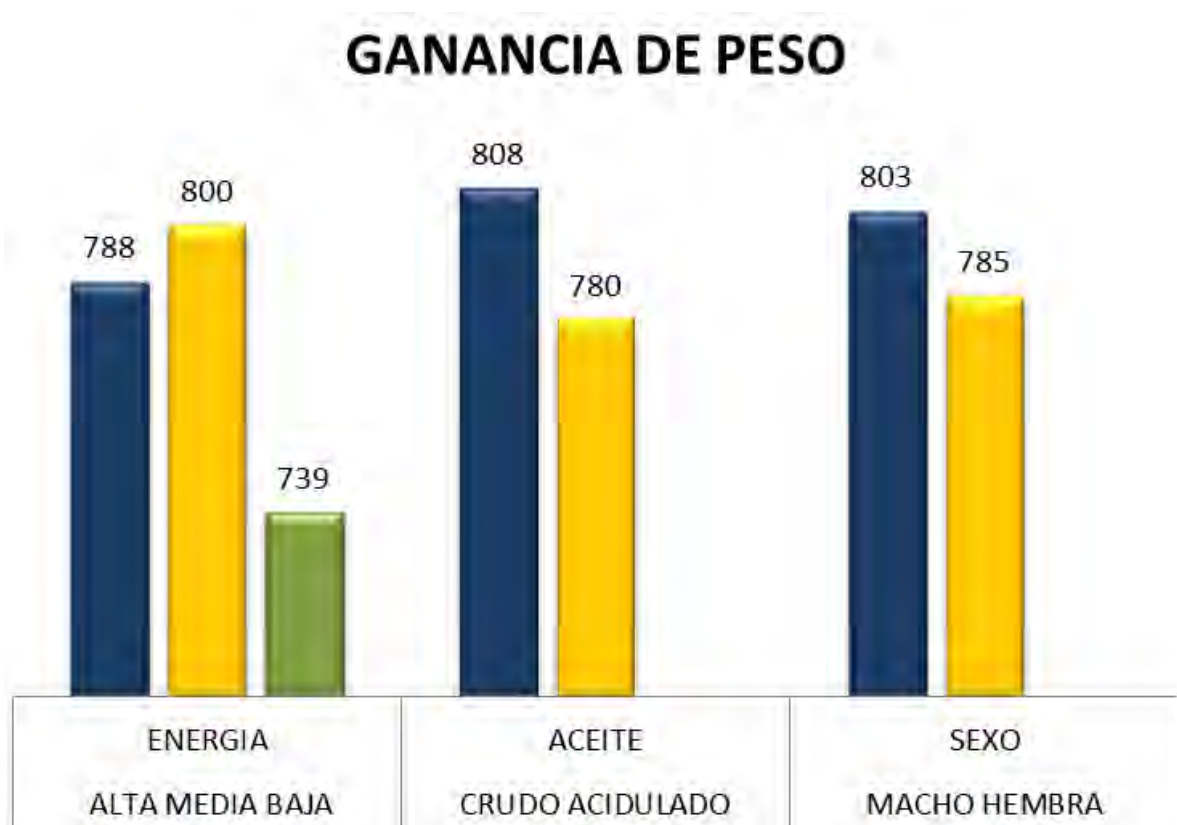


**Figura 6.** Efecto de tres niveles de energía, inclusión de dos tipos de aceite de soya y sexo sobre el consumo energético durante la etapa de iniciación del pollo de engorda

## CONVERSIÓN DE EM



**Figura 7.** Efecto de tres niveles de energía, dos tipos de aceite y sexo sobre la conversión de EM durante la etapa de iniciación del pollo de engorda.



**Figura 8.** Efecto de tres niveles de energía, dos tipos de aceite y el sexo se sobre la ganancia de peso durante la etapa de crecimiento del pollo de engorda

## CONSUMO ALIMENTICIO



**Figura 9.** Efecto de tres niveles de energía, dos tipos de aceite y sexo sobre el consumo alimenticio durante la etapa de crecimiento del pollo de engorda.



## CONSUMO DE EM

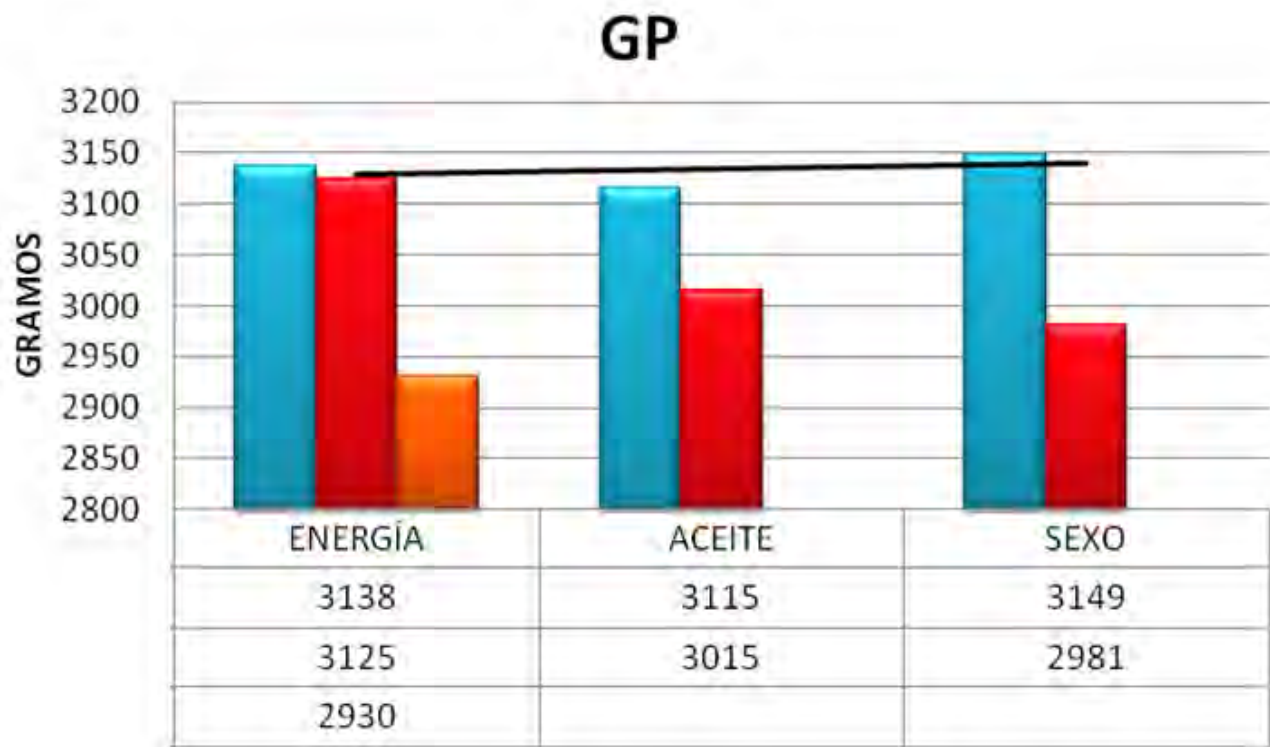


**Figura 10.** Efecto de tres niveles de energía, dos tipos de aceite y sexo sobre el consumo de EM durante la etapa de crecimiento del pollo de engorda.

## GANANCIA DE PESO

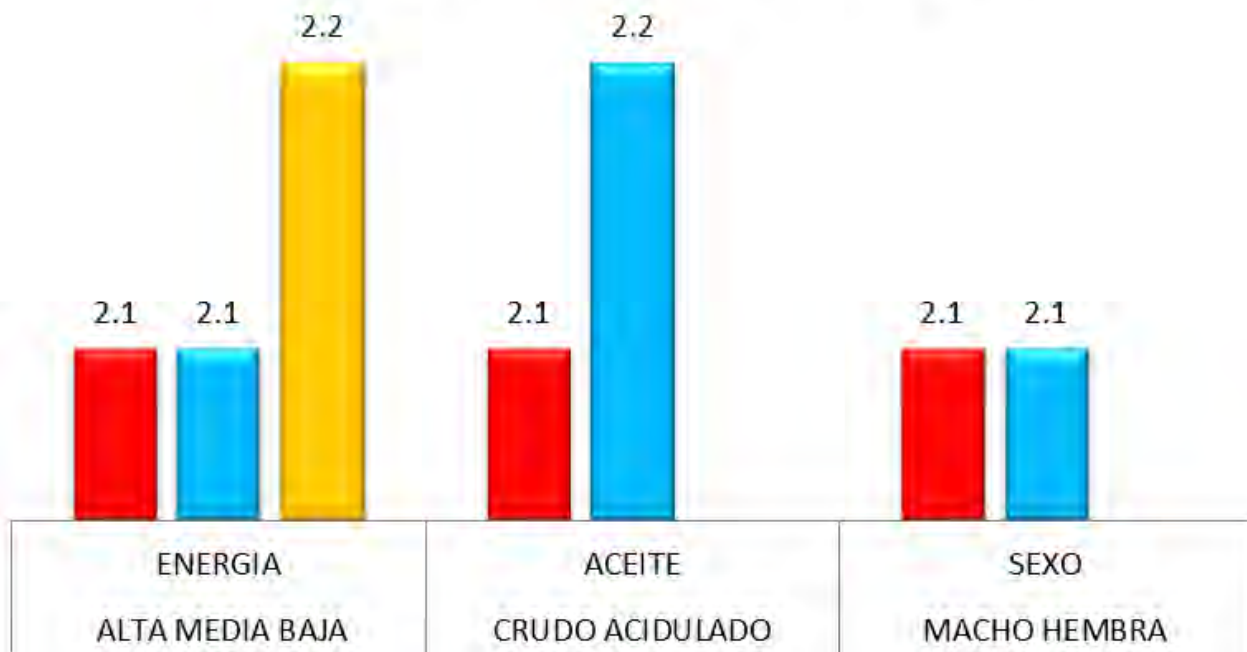


**Figura 11.** Efecto del sexo y energía sobre la ganancia de peso durante la etapa de finalización del pollo de engorda.



**Figura 12.** Efecto del sexo y energía sobre la ganancia de peso durante todo el ciclo productivo del pollo de engorda.

## CONVERSIÓN ALIMENTICIA

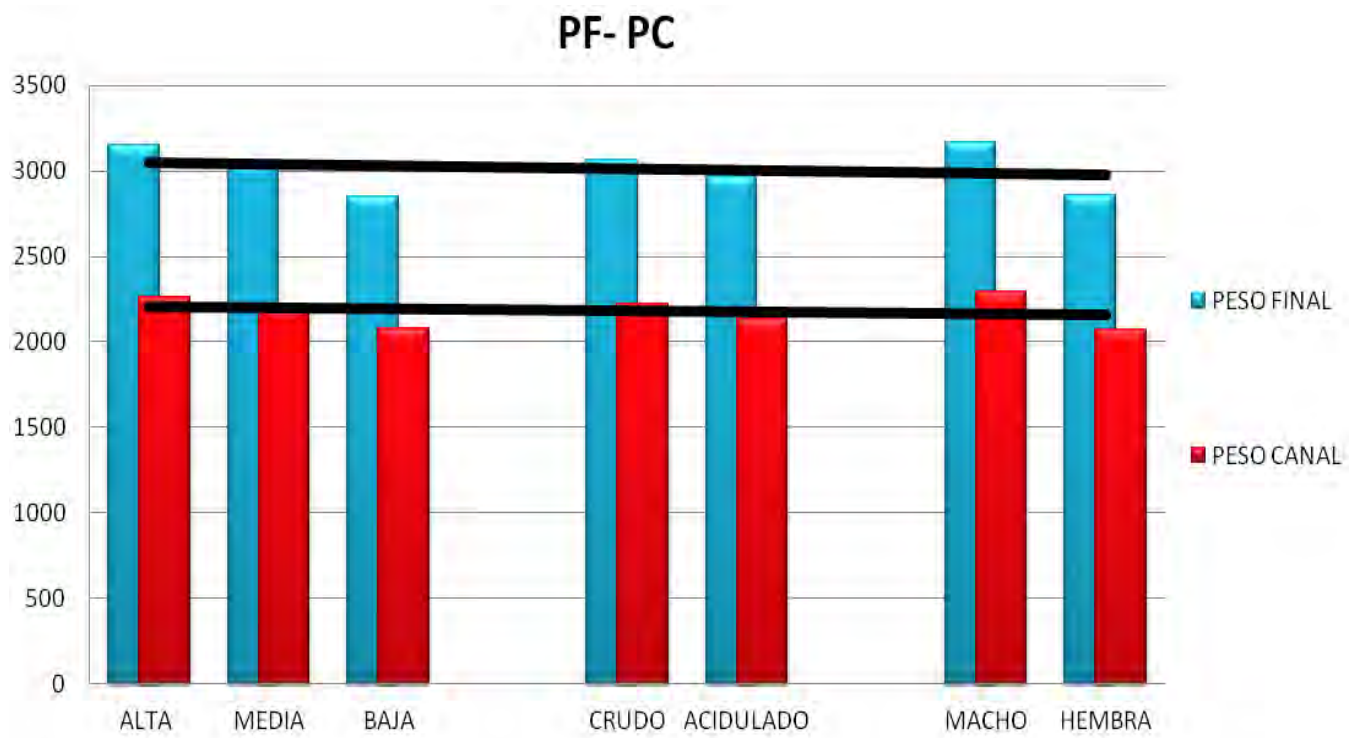


**Figura 13.** Efecto de energía y aceite sobre la conversión alimenticia durante todo el ciclo productivo del pollo de engorda.

## PIGMENTACIÓN



**Figura 14.** Efecto de tres niveles de energía, dos tipos de aceite y sexo sobre pigmentación de la piel durante todo el ciclo productivo del pollo de engorda



**Figura 15.** Efecto de energía y sexo sobre peso final y peso final de la canal en el procesamiento del pollo de engorda

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Cervantes, SJ, Saldaña JJ. Desarrollo de la tecnología avícola industrial en México en la primera mitad del siglo XX\* *Memorias del X Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 2006.
- 2.- Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios de México [www. sagarpa. gob. mx/ ganaderia /Publicaciones/Lists/.../conargen.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/.../conargen.pdf)
- 3.- Pimentel, D. Ethanol fuels: energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research* 2003; 12: 127-134
- 4.- Pimentel, D and T.W. Patzek Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research* 2005;14: 65-76
- 5.- Itzá, OM. López, CC. Ávila, GE. Sergio Gómez, RS. Menocal, AJ. Velásquez, MP. Effect of energy source and level on the length of intestinal villi, immune response and the production performance in broilers. *Vet Méx* 2008; 39: 357-376.
- 6.- Francesch, M. Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. *Prod. Anim.* 2001; 9: 35-42.
- 7.- Altieri, M.A. and W. Pengue GM soybean: Latin America's new colonizer. *Seedling* January issue. 2006
- 8.- Erickson, D.R., Pryde, E.H., Brekke, O.L., Mounts, T.L. and Falb, R.A. (eds.). *American Soybean Association and American Oil Chemists' Society*, St. Louis, MO and Champaign, IL. 5th ed. Pp. 13-31. 1990
- 9.- PRYDE, E.H. Composition of soybean oil. In *Handbook of Soy Oil Processing and Utilization*.
- 10.- Baião, NC. Oil and Fat in Broiler Nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2005; 7: 129-141.

- 11.- Pardo, VT. Landin, LA. Waliszewski, KN. Badillo, C. Perez-Gil, F. The Effect of Acidified Soapstocks on Feed Conversion and Broiler Skin Pigmentation. *Poult Sci* 2001; 80:1236–1239.
- 12.- Hamilton, CR. Value of animal fats and recycled greases in animal feeds. Darling International report. 2002.
- 13.- Leeson, S. Summers, JD. Commercial Poultry Nutrition. 3rd ed. University of Guelph, Canada 2005.
- 14.- Cuca, GM. Avila, GE. Pro MA. Alimentación de las aves. 8va ed. Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo; 2008.
- 15.- Sibbald, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedstuffs. *Canadian Journal of Animal Science*, 1982; 62: 983-1048.
- 16.- Lopez, G. Leeson, S. Relevance of nitrogen correction for assessment of metabolizable energy with broilers to forty-nine days of age. *Poult Sci* 2009; 88: 316-322.
- 17.- López, OL. Cortés, CA, Ávila GE. Respuesta productiva en pollos Ross 308 alimentados con dietas sorgo-soya con y sin restricción calórica. Memorias de ANECA; 2010; Oaxaca (Oaxaca) México: Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas de México, A.C.
- 18.- Luna, AC. Determinación de la energía metabolizable y comportamiento productivo de la harina integral de soya boliviana de proceso hidrotérmico en pollos de carne. (Tesis de Maestría, en la Especialidad de Nutrición). Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 1999.
- 19.- Latshaw, JD. Moritz, JS. The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. *Poult Sci* 2009; 88: 98-105.
- 20.- Dvorin, A. Nutritional Aspects of Hydrogenated and Regular Soybean Oil Added to Diets of Broiler Chickens *Poult Sci* 1998; 77: 820-825.



- 21.- Skinner, JT. Cabel, MC. Waldroup, AL. Effects of Abrupt and Multiple Changes in Dietary Nutrient Density on Performance of Broilers J. Appl Poult Res 1993; 2: 33-39.
- 22.- Sizemore, FG. Siegel, HS. Growth, Feed Conversion, and Carcass Composition in Females of Four Broiler Crosses Fed Starter Diets with Different Energy Levels and Energy to Protein Ratios Poult Sci 1993; 72: 2216–2228.
- 23.- Hidalgo, MA. Dozier III, WA. Davis AJ. Gordon, RW. Live Performance and Meat Yield Responses of Broilers to Progressive Concentrations of Dietary Energy Maintained at a Constant Metabolizable Energy to Crude Protein Ratio J. Appl. Poult. Res 2004; 13: 319–327.
- 24.- Dozier, WA III. Price, CJ. Kidd, MT. Corzo, A. Anderson, J. Branton, SL. Growth performance, meat yield, and economic responses of Ross × Ross 308 broilers provided diets varying in metabolizable energy from 30 to 59 days of age during low and moderate temperatures J. Appl. Poult. Res 2006; 15: 383–393.
- 25.- Dozier, WA III. Purswell JL. Kidd, MT. Corzo, A. Branton, SL. Apparent metabolizable energy needs of broilers from 2.0 to 4.0 kg as influenced by ambient temperature J. Appl. Poult. Res 2007; 16: 206–218.
- 26.- Barbour GW. Farran, MT. Usayran, NN. Darwish, AH. Uwayjan, MG. Ashkarian VM. Effect of soybean oil supplementation to low metabolizable energy diets on production parameters of broiler chickens J. Appl. Poult. Res 2006; 15: 190–197.
- 27.- Dozier III, WA. Corzo, A. Kidd MT. Apparent metabolizable energy needs of broiler chicks subjected to diverse ambient temperature regimens J Appl. Poult. Res 2008; 17: 134–140
- 28.- Andreotti, M Junqueira, O. Barbosa, M. Cancherini, L. Araújo, L. Rodrigues, E. . Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia 2004; 33(5):1145-1151.
- 29.- Leeson S, Caston, L. Summers, JD. Broiler response to diet energy. Poult Sci 1996; 75:529-535.

- 30.- Lara, JCL. Teixeira, JL. Baião, NC. Cançado, SV. Rocha, JSR. Michell, BC. Efeito dos níveis de energia da dieta sobre o desempenho e rendimentos de carcaça de frangos de corte. Revista Ceres 2008 55:402-408.
- 31.- Meinerz, V. Ribeiro, AML. Penz, Jr AM. Kessler, AM. Níveis de energia e peletização no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte com oferta alimentar equalizada. Ver. Bras. Zootec 2001.. 30(6S):2026-2032.
- 32.- Rostagno, HS. Tablas brasileñas para aves y credos. 3<sup>rd</sup> ed. Brasil: 2011
- 33.- Maual Ross 308. Broiler. Objetivos de rendimiento. Especificaciones nutricionales. 2008.
- 34.- Sakomura NK. Longo, FA. Oviedo-Rondon EO. Voa-Viagem C. and Ferraudo A. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. Poult Sci 2005; 84: 1363–1369.
- 35.- Pardío, VT. Landín, LA. Waliszewski, KN. Badillo, C. and Perez-Gil, F. The Effect of acidified Soapstocks on Feed Conversion and Broiler Skin Pigmentation. Poult Sci 2001; 80: 1236–1239.
- 36.- Sirri ,F. Petracci , M. Bianchi , M. Meluzzi , A. Survey of skin pigmentation of yellow-skinned broiler chickens. Poult Sci 2010; 89 : 1556–1561.
- 37.- Delgado VF. Pigmentos de flor cempasúchil (*Tagetes erecta*) Caracterización fisicoquímica, procesamiento y eficiencia pigmentante [tesis doctoral]. Irapuato, Guanajuato: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional; 1997.
- 38.- Fletcher DL, Papa CM, Tirado FX. The effect of saponification on the broiler coloring capability of marigold extracts. Poult Sci 1986; 65 (9): 1708-1714.

39.- Martínez PM, Cortes CA, Avila GE. Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*), sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda. Tec Pecu Mex, 2004;42:105-111.

40.- SPSS Inc. SPSS for Windows (computer program) versión 17.0 spssinc (Statistical Package for Social Sciences), 2010.