

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS UTILIZANDO TRES
NIVELES CRECIENTES DE GLICEROL EN DIETAS PARA POLLOS DE
ENGORDE**

Diana Carolina Pulgarin Casallas

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2015**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS UTILIZANDO TRES
NIVELES CRECIENTES DE GLICEROL EN DIETAS PARA POLLOS DE
ENGORDE**

DIRECTOR

**Álvaro Hugo Jaramillo Benavides
Zootecnista UN.
MSc. Ciencias Agrarias**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2015**

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por este gran logro, por haberme dado fortaleza en momentos de debilidad y soledad, por haber guiado mi camino durante toda mi carrera y por permitirme una vida llena de aprendizaje.

Agradezco infinitamente a mi mamá, Blanca Casallas, porque sin su esfuerzo, tenacidad, paciencia, mano fuerte y mucho amor, este logro no hubiese sido posible. Que a pesar de que ha tenido que luchar sola para que yo esté en el lugar en el que me encuentro, siempre me brindó su mejor ejemplo, me enseñó que en la vida nada es fácil y que lo que aprendemos es nuestro mejor legado. Gracias madre.

A Mauro que más que mi papá fue mi amigo, mi mano derecha y que sin él tampoco hubiese sido posible de lograr.

A mi director y mentor, Álvaro Jaramillo, ejemplo de desarrollo profesional a seguir, que sin su apoyo, conocimiento y dedicación de tiempo no hubiese sido posible estar culminando un escalón más en mi carrera profesional. A usted mil gracias profesor.

A ti Felipe, que con amor me mostraste que se debe luchar por lo que se quiere, que nada vale la pena si no se está feliz y que la tristeza no tiene cabida cuando queremos alcanzar nuestros sueños.

Al Centro de Biotecnología Agropecuaria SENA, por abrir las puertas de sus instalaciones y contribuir a esta gran experiencia de desarrollo profesional.

A Fredy, Luz Marina y José, por ese gran sentido de colaboración para conmigo, sin su ayuda las cosas no hubiesen sido tan buenas. Gracias.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Biotecnología Agropecuaria (CBA) SENA del municipio de Mosquera, Cundinamarca, situado a 2540 msnm, sobre la microcuenca hidrográfica media del río Bogotá, en el kilómetro 7 sobre la vía principal que conduce a este municipio, con una temperatura promedio anual de 12.6°C. y tuvo como objetivo general evaluar los parámetros productivos con la inclusión de niveles crecientes de glicerol en pollos de la línea cobb-avian 48 en la fase de iniciación y engorde.

Para este estudio se alojaron 200 pollos machos Cobb-Avian 48, distribuidos en 12 jaulas metabólicas (2 m de ancho x 6 m de largo) con 16 animales cada una, dotadas de todos los elementos necesarios para su recepción. Los animales fueron distribuidos en las 4 dietas experimentales formuladas, siendo: T0: Dieta control: sin inclusión de glicerol, T1: Dieta con inclusión de 3% de glicerol, T2: Dieta con inclusión de 6% de glicerol y T3: Dieta con 9% de inclusión de glicerol.

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar, que consistió en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales. Por ello se utilizaron unidades experimentales homogéneas, como animales de la misma edad y del mismo sexo que fueron asignados de manera aleatoria a los diferentes tratamientos. Se manejó un periodo experimental de 42 días, tiempo en el que se pesó el alimento a suministrar y el sobrante, los animales por tratamiento, el consumo promedio por animal por tratamiento, y su rendimiento en canal, estimando de manera conjunta el coeficiente alométrico de los órganos. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Info-Stat y para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

Se suministró alimento elaborado directamente en el CBA de Mosquera dos veces al día (07:30 y a las 16:00 horas), en forma de harina. Las raciones de

las cuatro dietas se balancearon utilizando el programa Wuffda para aves, que permitió balancear raciones a mínimo costo, siendo dietas isoprotéicas e isioenergéticas.

De acuerdo a los resultados en esta investigación se determinó que los niveles de inclusión del glicerol hasta un 9% de la dieta en pollos de engorde no afectaron los parámetros productivos como la ganancia de peso y conversión alimenticia, pero si el consumo de alimento, siendo menor con la inclusión del glicerol.

ABSTRAC

This study was conducted at the Center for Agricultural Biotechnology (CBA) SENA the municipality of Mosquera, Cundinamarca, located 2540 meters above the average river Bogotá River watershed, at kilometer 7 on the main road leading to this municipality, with an average annual temperature of 12.6 ° C. and had as general objective to evaluate the productive performance with the inclusion of increasing levels of glycerol in chickens from avian cobb-line 48 in the initiation phase and fattening

For this study, 200 male broilers Cobb-Avian 48, distributed in 12 metabolic cages (2 m wide x 6 m long) with 16 animals each, equipped with all the necessary elements for reception stayed. The animals were divided into 4 formulated experimental diets, where: T0: control diet: no inclusion of glycerol, T1: diet including 3% glycerol, T2: diet including 6% glycerol and T3: Diet 9 % inclusion of glycerol.

The experimental design was a completely randomized design, consisting of the allocation of treatments in a completely random manner to the experimental units. Therefore homogeneous experimental units, like animals of the same age and the same sex they were assigned at random to the different treatments so used. An experimental period of 42 days, at which the food to be delivered and the remaining was weighed, the animals for treatment, the average consumption per animal per treatment, and carcass yield, considering jointly the allometric coefficient was handled the organs. For statistical analysis program was used Info-Stat and to determine differences between treatments Tukey test was used.

prepared food was supplied directly in the CBA Mosquera twice daily (7:30 and 16:00), into flour. Portions of the four diets were balanced using the WUFFDA program for birds, which allowed for a minimal cost balanced rations being isoproteic and isioenergéticas diets.

ÍNDICE

	Pag.
Resumen	5
Abstrac	7
Introducción	11
2. Planteamiento del problema	16
3. Objetivos	
3.1 Objetivo General	17
3.2 Objetivos Específicos	17
4. Revisión de Literatura	18
4.1 Características generales de los diferentes órganos que conforman el aparato digestivo del ave y específicamente del pollo de engorde	18
4.2 Crecimiento alométrico del sistema digestivo	23
4.3 Glicerol	26
4.3.1 Características fisicoquímicas de la glicerina y subproductos de la producción del biodiesel.	27
4.3.2 Grados de pureza del glicerol	27
4.4 Características fisicoquímicas de la glicerina	29
4.5 Absorción del glicerol	31
4.6 Metabolización del glicerol	32
4.7 Enzimas importantes en el metabolismo del glicerol	33
4.8 Experimentos empleando glicerol	33
4.9 Glicerol en dietas usadas en la avicultura	35
5. Materiales y Métodos	36
5.1 Localización	36
5.2 Materiales	37
5.3 Métodos	38
6. Resultados	42
7. Conclusiones y recomendaciones	60
8. Bibliografía.	62

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Especificaciones de calidad para cada grado de glicerina
- Tabla 2. Composición química del aceite de palma, glicerina de diferentes grados de pureza y subproductos de la producción del biodiesel.
- Tabla 3. Composición mineral del aceite de palma, glicerina de diferentes grados de pureza y subproductos de la producción del biodiesel.
- Tabla 4. Consumo promedio fase De Iniciación
- Tabla 5. Consumo promedio Fase De Engorde
- Tabla 6. Consumo promedio 42 días
- Tabla 7. Ganancia de peso promedio fase de iniciación
- Tabla 8. Ganancia de peso promedio fase de engorde
- Tabla 9. Ganancia de peso 42 días
- Tabla 10. Curva de crecimiento durante toda la fase experimental
- Tabla 11. conversión fase de iniciación
- Tabla 12. conversión fase de engorde
- Tabla 13. conversión 42 días
- Tabla 14. Porcentaje de mortalidad acumulada
- Tabla 15. Rendimiento en canal por tratamiento
- Tabla 16. Coeficiente alométrico del intestino delgado por tratamiento
- Tabla 17. Coeficiente alométrico de la molleja por tratamiento
- Tabla 18. Coeficiente alométrico del páncreas por tratamiento
- Tabla 19. Coeficiente alométrico del hígado por tratamiento
- Tabla 20. pH intestinal inicial
- Tabla 21. pH intestinal Final
- Tabla 22. Porcentaje de grasa abdominal
- Tabla 23. Costos

INDICE DE GRÁFICAS

- Gráfica 1. Consumo promedio fase de iniciación
- Gráfica 2. Consumo promedio fase de engorde
- Gráfica 3. Consumo promedio total
- Gráfica 4. Ganancia promedio fase de iniciación
- Gráfica 5. Ganancia promedio fase de engorde
- Gráfica 6. Ganancia promedio 42 días
- Gráfica 7. Curva de crecimiento durante toda la fase experimental
- Gráfica 8. Conversión fase de iniciación
- Gráfica 9. Conversión fase de engorde
- Gráfica 10. Conversión 42 días
- Gráfica 11. Porcentaje de mortalidad acumulada
- Gráfica 12. Rendimiento en canal por tratamiento
- Gráfica 13. Coeficiente alométrico del intestino delgado por tratamiento
- Gráfica 14. Coeficiente alométrico de la molleja por tratamiento
- Gráfica 15. Coeficiente alométrico del páncreas por tratamiento
- Gráfica 16. Coeficiente alométrico del hígado por tratamiento
- Gráfica 17. pH intestinal inicial
- Gráfica 18. pH intestinal final
- Gráfica 19. Porcentaje de grasa abdominal total

INTRODUCCIÓN

A pesar de la fuerte alza del dólar y la devaluación del peso que han impactado la economía del país, la producción de carne de pollo y huevo, productos claves en la canasta familiar de los colombianos, tuvo entre enero y septiembre del presente año un crecimiento del 5% en relación con el mismo periodo del año anterior (*Fenavi 2015*). La Federación Nacional de Avicultores, Fenavi, reporta que la producción del sector avícola superó el millón y medio de toneladas, lo que significa un aumento de 77 mil toneladas en relación con las cifras reportadas durante enero y septiembre del 2014. Esto significa, que durante el lapso de nueve meses, los colombianos llevaron a su mesa más de un millón de toneladas de pollo.

Por tal razón se busca aumentar la producción de carne de pollo en el país y a su vez fuentes energéticas benéficas en la alimentación aviar a más bajo costo, como es el caso del biodiesel, que a diferencia de los alimentos considerados básicos en la formulación de los piensos, como el maíz, harina de soja, salvado de trigo, posee una composición química muy variable debido a las grasas utilizadas para su producción ya que se obtiene a partir de diversas fuentes y técnicas como es el caso del procesamiento de biodiesel (*Pasquetti, 2011*). Según *Perez et al., (2005)*, la adición de glicerol en la dieta de cerdos en crecimiento no afecta el rendimiento y la calidad de la carne animal. Resultados similares son encontrados en la investigación con los pollos de engorde y ponedoras.

El glicerol es considerado una fuente adecuada de energía, porque cuando la grasa es digerida, se obtienen dos moléculas de ácidos grasos (AG) y una molécula de monoglicerido. Cuando la digestión es completa, se obtienen tres moléculas de ácidos grasos y una molécula de glicerol. Esta última molécula, por su bajo peso molecular se absorbe fácilmente por difusión. Una vez absorbido, el glicerol se convierte en glucosa a través de la gluconeogénesis, para la producción de energía a través de la glucólisis y el ciclo de Krebs,

(*Robergs y Griffin, 1998*). El metabolismo de glicerol predominantemente se produce en el hígado y los riñones.

El glicerol es un componente del metabolismo normal del animal, encontrado en la circulación y en las células. Se deriva de la lipólisis en el tejido adiposo, a través de la hidrólisis de los triglicéridos y la grasa de la dieta (*Lin 1977*). Aunque el glicerol no es un nutriente, tiene fuente de energía similar a los hidratos de carbono. Su fórmula contiene carbono, hidrógeno y oxígeno y está presente en la estructura del cuerpo, principalmente en la forma de triacilglicerol en diferentes especies animales (*BRISSON et al., 2001*).

La glicerina que se comercializa para la alimentación animal, incluida en el catálogo de materias primas para concentrados (13.8.1 ó 13.8.2; Reg. 575/2011 de la Comisión UE), se obtiene tras limpiar, destilar y neutralizar la glicerina cruda original, a fin de eliminar los residuos de ácidos grasos libres y jabones, y recuperar el metanol que se añadió en exceso.

Dozier et al. (2008) Determinaron la EMAn (energía metabolizable aparente corregido para la retención de nitrógeno) de glicerol en pollos de diferentes edades, y los valores encontrados fueron 3.621 kcal / kg para los pollos de 4 a 11 días de edad, 3331 kcal / kg para los pollos de engorde de edades comprendidas entre 17 y 24 días de edad y 3349 kcal / kg para pollos entre 38 a 45 días de edad. Estas cifras provienen de los valores de energía de glicerol crudo, que permitió inferir que este ingrediente tiene alta digestibilidad.

Waldroup (2007) describe la glicerina como un suplemento dietético para suplementar la energía en la dieta de los pollos, una fuente de calorías que puede proporcionar la energía para el mantenimiento y crecimiento sin ningún efecto adverso sobre la calidad de la carne.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los parámetros productivos con utilización de tres niveles crecientes de glicerol y análisis del coeficiente alométrico de algunos órganos digestivos. Se realizó en un periodo experimental de 42 días, utilizando 200 pollos machos Cobb-Avian 48, de un

día de edad, distribuidos en 12 jaulas metabólicas, con 16 animales cada una, asignados a los 4 tratamientos con tres repeticiones.

La glicerina es una sustancia soluble en agua, viscosa, sin olor y sabor dulce. Se deriva de fuentes naturales, que constituyen aproximadamente el 10% de triglicéridos de grasas animales y aceites vegetales como la industria petroquímica. Los triglicéridos se obtienen del proceso de producción de jabones, el aislamiento de ácidos grasos y en la actualidad por transesterificación para la obtención de biodiesel, (Merck, 2000).

Sin embargo, los procesos necesarios para que la glicerina cruda alcance una pureza total para su uso con fines alimenticios y productos farmacéuticos es complejos y costoso (DINIZ, 2005), La glicerina cruda tiene impurezas como agua, ácido alcalinos, alcohol (sin reaccionar) que emana impurezas de los reactivos, ésteres, etanol o metanol, propanodiolos, monoésteres, oligómeros glicerina y polímeros (Pinto et al., 2008).

Por lo tanto, una alternativa eficaz y viable en cuanto a costo sería el uso de glicerina cruda para alimentación animal. (MOUROT et al., 1994; KIJORA et al., 1995; LAMMERS et al., 2007). HOLTKAMP et al. (2007) reportaron que la glicerina cruda, a partir de la producción de biodiesel, contiene aproximadamente el 85% de glicerol, 10% agua y 3.7% de sal. Tiene energía bruta en el rango de 3600 a 3850 kcal / kg, dependiendo de su pureza (glicerol puro contiene 4305 kcal / kg de energía bruto).

La glicerina, además de ser una fuente de energía se puede utilizar en las dietas para mejorar la calidad de los pellets (gránulos). Groesbeck (2002), trabajó con dietas para cerdos y mostró que la inclusión de glicerina cruda mejora la calidad de los pellets y la disminución del costo de peletización, obteniendo los mejores resultados con 3 y 6% de inclusión de glicerina cruda.

Los niveles máximos de inclusión en pollos han sido del 5% (FEDNA, 2010), sin embargo en otros estudios se han trabajado niveles hasta del 10% (Walldrop, 2008), sin afectar los parámetros productivos, rendimiento y calidad

de la canal. Estudios como el de *Simon et al. (1996)* quienes evaluaron niveles de 5, 10, 15, 20 y 25% de inclusión de glicerina en la dieta, concluyendo que hasta 10% de subproducto puede promover resultados benéficos en el rendimiento productivo de los animales.

En Colombia se puede encontrar el glicerol comercialmente, sin embargo su grado de pureza y composición pueden variar dependiendo de la materia prima utilizada y de las condiciones del proceso de producción de biodiesel. Pero su bajo valor lo hace interesante para incluirlo en dietas para aves. Los trabajos de investigación encontrados con la utilización del glicerol en aves muestran mejoramiento en parámetros productivos y disminución de los costos del alimento. Como es el caso de *MENTEN et al. (2008)*, quien evaluó la harina de soja enriquecida con 10% de glicerol y llegó a la conclusión de que se puede utilizar glicerol durante todo el período de cría, sin afectar el rendimiento de las aves, siempre y cuando los ajustes adecuados de nutrición se hagan en términos de energía, aminoácidos y sodio, generando una disminución considerable en costos de producción.

LAMMERS et al. (2008), trabajando con la inclusión de glicerina hasta el 15%, encuentro que las aves a las 40 semanas de edad no tienen sus características productivas afectadas (la producción de huevos, masa huevo, consumo de alimentos).

Waldroup (2006) encontraron que cuando se incluye 10% de glicerina cruda en la dieta el rendimiento productivo de las aves no se ve comprometido, no afecta negativamente el consumo de alimento, peso final y ni conversión alimenticia de los pollos. En cuanto a las características de la canal, el mismo tratamiento no genera reducción en el peso de tórax, alas y muslos.

Groesbeck et al. (2008) utilizando inclusión de 3,0; 6,0 a 12,0% de glicerol asociado con aceite de soja, observó un efecto lineal positivo en la ganancia diaria de peso de los animales alimentados con la dieta de glicerina cruda, sin que se afectara el consumo diario de alimento y conversión alimenticia.

Los resultados reportados por *Lessard y col, 1993, Cerrate y Col, 2006* y *Sbd-Elsamee y Col, 2010*, determinan que la glicerina cruda no afecta significativamente el rendimiento de cada una de las fracciones de la canal de los pollos de engorde, con adiciones de hasta 5% de glicerina.

Teniendo como referencia los estudios anteriormente citados se realizó un estudio experimental en el que se evaluó parámetros productivos en pollos machos CobbAvian 48 y análisis de coeficientes alométricas de los órganos de los pollos, con inclusión de niveles crecientes de glicerol (3, 6 y 9%).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la cadena de alimentos balanceados para animales -ABA- se define como la interrelación de actividades de producción e importación de materias primas hasta la producción de alimentos balanceados para aves y porcinos, siendo esto último insumo en las cadenas de la avicultura y la porcicultura. Las materias primas utilizadas en la producción de alimentos balanceados provienen del sector primario (maíz, sorgo, soya, yuca y aceite crudo de palma), y del sector secundario (harina de carne, harina de pescado, salvado, tortas de ajonjolí, afrecho de cereales, entre otros). Según la ANDI, la gran mayoría de las materias primas son importadas, aproximadamente el 90% de las necesidades de materias primas para la elaboración de alimentos balanceados es importado y el 10% corresponde a la producción nacional (ANDI 2010)

Por este marcado aspecto es necesario buscar nuevas alternativas en la inclusión de ingredientes que puedan sustituir en parte estas materias primas. Una de estas puede ser el glicerol, subproducto producido en la elaboración del biodiesel, que debido a su potencial energético es utilizado como ingredientes en la alimentación animal. Para poder reafirmar este destacado beneficio del glicerol se han realizado varios estudios para verificar su eficiencia. *Guerra et al. (2011)* encontró un aumento lineal en el consumo y la conversión alimenticia durante el período inicial en pollos de engorde (1 a 21 días de edad) y el mismo comportamiento se observó para el consumo de alimento y conversión en el período de 1-42 días sin afectar el desarrollo productivo de los pollos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar parámetros productivos con la inclusión de niveles crecientes de glicerol en pollos de la línea Cobb-Avian 48 en la fase de iniciación y engorde.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar parámetros productivos dentro del experimento como, PV, CNS, GP, RC, % GA y CA en cada tratamiento.
- Determinar el coeficiente alométrico de algunos órganos digestivos
- Evaluar el pH intestinal
- Determinar los costos e ingresos marginales en cada tratamiento

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DIFERENTES ÓRGANOS QUE CONFORMAN EL APARATO DIGESTIVO DEL AVE Y ESPECÍFICAMENTE DEL POLLO DE ENGORDE:

Pico: el pico es el representante en las aves de las mandíbulas, de los labios y en parte de los carrillos. Su fundamento es óseo y está revestido por una vaina córnea de dureza variable, según la especie de ave. La valva superior del pico se compone de la raíz o base, el lomo (dorso del pico) y el borde. La valva inferior consta de una parte media impar (gonium), de la cual salen las ramas que comprenden el ángulo maxilar. Las gallinas poseen esta membrana solamente en la base del pico. Está provista de numerosas terminaciones sensitivas del trigémino, que la convierten en un órgano táctil. La mayor parte de estas terminaciones nerviosas se encuentran en la punta del pico. El alimento solo permanece un tiempo en la cavidad del pico. El pico es la principal estructura prensil. El alimento se retiene en la boca sólo por corto tiempo.

Cavidad Bucal: las circunstancias que concurren en la boca de las aves la hacen difícilmente comparable con las cavidades bucal y faríngea de los mamíferos. No existe separación neta entre la boca y la faringe. En las paredes de la cavidad bucal se hallan numerosas glándulas salivares. La cantidad de saliva segregada por la gallina adulta en ayunas en 24 horas varía de 7 a 25 ml. siendo el promedio de 12 ml. El color de la saliva es gris lechoso a claro; el olor, algo pútrido. La reacción es casi siempre ácida, siendo el promedio del pH 6,75. La amilasa salival está siempre presente. También se encuentra una pequeña cantidad de lipasa.

Lengua: la lengua de las aves es generalmente mucho menos móvil que la de los mamíferos. Su forma depende en gran medida de la conformación del pico. Así en la gallina es estrecha y puntiaguda. La lengua está suspendida del

hioides, formando con él un conjunto móvil. Los músculos linguales propiamente dichos, que constituyen la base del órgano de referencia, son rudimentarios, de ahí que su movilidad sea escasa. Toda la lengua está revestida por una mucosa tegumentaria, recia, muy cornificada sobre todo en la punta y en el dorso en la gallina. En el dorso de la lengua de la gallina existe una fila transversal de papilas filiformes o cónicas dirigidas hacia atrás. En la mucosa lingual hay además corpúsculos nerviosos terminales, que sirven para la percepción táctil. Las yemas gustativas se presentan sólo aisladas. La actividad funcional de la lengua consiste en la aprensión, selección y deglución de los alimentos. (Castello, 1989)

Esófago y Buche: el esófago está situado a lo largo del lado inferior del cuello, sobre la tráquea, pero se dirige ya hacia el lado derecho en el tercio superior de éste. Después se sitúa en el borde anterior derecho, donde está cubierto solamente por la piel, hasta su entrada en la cavidad torácica. El esófago es algo amplio y dilatado, sirviendo así para acomodar los voluminosos alimentos sin masticar. De allí se encuentra en la gallina una evaginación extraordinariamente dilatada, dirigida hacia delante y a la derecha, que es lo que se llama buche. El buche es un ensanchamiento estructural diversificado según las especies que cumplen distintas funciones, pero fundamentalmente dos: almacenamiento de alimento para el remojo, humectación y maceración de estos y regulación de la repleción gástrica. Además, colabora al reblandecimiento e inhibición del alimento junto a la saliva y secreción esofágica, gracias a la secreción de moco. En el buche no se absorben sustancias tan simples como agua, cloruro sódico y glucosa. La reacción del contenido del buche es siempre ácida. La reacción promedio es, aproximadamente de un pH 5. En cuanto a la duración promedio del tiempo que tiene el alimento en el buche es de dos horas. La actividad motora del buche está controlado por el sistema nervioso autónomo y presenta dos tipos de movimientos: contracciones del hambre con carácter peristáltico y vaciamiento del buche gobernado reflejamente por impulsos provenientes del estómago fundamentalmente.

Estomago: consta en las aves domésticas de dos porciones o cavidades, claramente distinguibles exteriormente, que son el estómago glandular y el estómago muscular. El estómago glandular también denominado proventrículo, es un órgano ovoide, situado a la izquierda del plano medio, en posición craneal con respecto al estómago muscular. Se estrecha ligeramente antes de su desembocadura en el estómago muscular. Constituye en gran manera un conducto de tránsito para los alimentos que proceden del buche y que se dirigen hacia la molleja. Está recubierto externamente por el peritoneo. Le sigue la túnica muscular, compuesta de una capa externa, muy fina, de fibras longitudinales y de otra interna, de fibras circulares. La mucosa del estómago glandular contiene glándulas bien desarrolladas, visibles macroscópicamente, de tipo único, que segregan HCl (ácido clorhídrico) y pepsina. La formación de pepsina y del HCl se hallan bajo la influencia del sistema nervioso parasimpático.

El estómago muscular o molleja, se adhiere a la porción caudal del proventrículo y está cubierto en su extremo anterior de los dos lóbulos hepáticos. Presenta un pH de 4,06, por lo que tiene una reacción ácida. Es desproporcionadamente grande y ocupa la mayor parte de la mitad izquierda de la cavidad abdominal. Su forma es redondeada y presenta sus lados aplanados. En esta parte no se segrega jugo digestivo. La parte más esencial de la pared del estómago está constituida por los dos músculos principales, los cuales son la capa córnea y túnica muscular, unidos a ambos lados por una aponeurosis de aspecto blanco-azulado. La pared gástrica esta desprovista de aponeurosis y está ocupada por dos músculos intermedios. Está recubierta interiormente de una mucosa de abundantes pliegues, cuyas glándulas se asemejan a las glándulas pilóricas de los mamíferos. Sobre esta mucosa se extiende una capa córnea formada por el endurecimiento de la secreción de las glándulas del epitelio. La túnica muscular está formada por dos parejas de músculos que rodean a la cavidad gástrica. Por su adaptación al tipo de alimento, la molleja es particularmente fuerte y bien desarrollada en las aves granívoras. Sin embargo, este órgano no es absolutamente indispensable para la vida. (Sturkie, 1995).

Intestino delgado: El intestino delgado se extiende desde la molleja al origen de los ciegos. Es comparativamente largo y de tamaño casi uniforme por todas partes. Se subdivide en duodeno, yeyuno e íleon.

En el duodeno desembocan de dos a tres conductos pancreáticos, uno biliar y uno hepático. La reacción del contenido del duodeno es casi siempre ácida, presentando un pH de 6,31, por lo que posiblemente el jugo gástrico ejerce aquí la mayor parte de su acción. La longitud es de unos 22 a 35 cm, un diámetro de 0.8 a 1.2 cm en la gallina, esta irrigado por la arteria celiaca.

El yeyuno empieza donde una de las ramas de la U del duodeno se aparta de la otra. El yeyuno de la gallina consta de unas diez asas pequeñas, dispuestas como una guirnalda y suspendidas de una parte del mesenterio. Presenta un pH de 7,04. El yeyuno lo delimita la entrada de la arteria mesentérica craneal a irrigar el tubo intestinal. Su color es pardo-verdoso o verde-grisáceo, ocupa la mitad derecha de la cavidad visceral y lo forman 11 asas externas y 10 internas. La longitud del yeyuno es de 85 a 120 cm, termina en el divertículo de Meckel, el cual es el vestigio del tallo del saco vitelino y funciona como órgano linfoide, se localiza en la parte terminal del yeyuno. El Íleon, cuya estructura es estirada, se encuentra en el centro de la cavidad abdominal. El pH fluctúa entre 6,8 y 7,6. En el lugar del íleon, donde desembocan los ciegos, empieza el intestino grueso. El íleon es del mismo color que el duodeno, va desde el divertículo de Meckel al inicio de los ciegos, lateralmente lo acompañan los dos ciegos en la gallina y están unidos por los ligamentos ilioccales. Su longitud es de 13 a 18 cm.

Intestino grueso: el intestino grueso, que se subdivide también en tres porciones, las cuales son ciego, recto y cloaca. El ciego de las aves domesticas, como son las gallinas, son dos tubos con extremidades ciegas, que se originan en la unión del intestino delgado y el recto y se extienden oralmente hacia el hígado. El pH del ciego derecho es de 7,08, mientras que el pH del ciego izquierdo es de 7,12. La porción terminal de los ciegos es mucho más ancha que la porción inicial. Los ciegos además tienen como función continuar la desintegración de los principios nutritivos y la absorción de agua. Miden cada uno de 12 a 25 cm. El recto es corto y derecho, se expande para

formar la cloaca, su función es la de acumular las heces. La longitud es de 8 a 12 cm incluyendo la cloaca. En el colon se realiza la absorción de agua y las proteínas de los alimentos que allí llegan. La Cloaca es un órgano común a los tractos urinario, digestivo y reproductivo. Por lo tanto, la orina y las heces se eliminan juntas.

Hígado: El hígado en las aves es grande, de color caoba, formado por dos lóbulos, derecho, izquierdo y un istmo; cada lóbulo está encerrado en una bolsa serosa. Las gallinas y los pollos de engorde poseen vesícula biliar, la cual está localizada en el lóbulo derecho. De cada lóbulo hepático sale un conducto biliar propio, el del lóbulo izquierdo desemboca directamente en el duodeno, el del derecho desemboca en la vesícula biliar y de ahí sale un conducto que lleva el contenido de la vesícula biliar al duodeno en límites entre el duodeno y el yeyuno. En las aves el hígado se localiza en la zona craneal de la cavidad toraco-abdominal y sus porciones craneoventrales rodean la punta o vértice del corazón. Los lóbulos tienen tamaños similares en la gallina, el lóbulo izquierdo se subdivide en dos partes: lateral y medial, en los animales grandes es posible palparlo debajo del esternón. El color del hígado puede ser marrón-rojizo pero depende del estado nutricional del ave, puede ser marrón claro o de color amarillo si la dieta es rica en grasas. El hígado en las aves representa del 2 al 5% del peso corporal. (*Marcari, 1994*).

Páncreas: Está formado por tres lóbulos de tejido glandular, localizado entre las asas duodenales. La secreción es similar a la de los mamíferos, aunque el pH es más alcalino, en algunas gallinas pueden existir hasta tres conductos pancreáticos. Produce las hormonas Insulina y Glucagon siendo la secreción de esta última mayor que en los mamíferos, las aves son más tolerantes a la insulina. El color del páncreas es amarillo pálido o gris rojizo, está cubierto por una serosa y fijado al duodeno por los ligamentos pancreático duodenales. Su longitud es variable, depende de la especie, en la gallina mide de 8 a 14 cm, su peso oscila entre 3 a 6.5 g.; sus tres lóbulos son: dorsal, ventral y esplénico. Este órgano en general posee una estructura tubulosa y con abundantes islotes pancreáticos. (*Pariente, 1988*).

4.2 CRECIMIENTO ALOMÉTRICO DEL SISTEMA DIGESTIVO

La alometría puede ser definida como el estudio de los cambios proporcionales asociados con la variación en el tamaño, ya sea del cuerpo o de una forma específica u órgano y su relación con características morfológicas, fisiológicas y químicas de los seres vivos. (*Gould, 1966*). La alometría es antagónica a la isometría “una misma medida”, en el cual un organismo o una pieza de maquinaria es escalada manteniendo una similitud geométrica, donde todas las dimensiones del objeto son multiplicadas por el mismo factor. La alometría es puramente una ley empírica, pero provee bases teóricas para explicar varios fenómenos. Es importante enfatizar que los parámetros en las leyes del crecimiento y los parámetros de las leyes alométricas pueden en principio estar relacionados a los parámetros que caracterizan los mecanismos componentes de un sistema intacto (*Savageau, 1979*).

El peso de un órgano y sus funciones correspondientes están correlacionadas con el peso corporal, por lo tanto, se pueden establecer funciones con relación al peso corporal y al peso del órgano. Cualquier incremento en el tamaño corporal de un ser vivo o de sus componentes, requiere de cambios en la forma o en sus proporciones, con el objeto de permanecer de la manera más eficiente para realizar sus funciones. Sin embargo, un aumento en el tamaño significa un descenso en la relación área/volumen, la cual puede ser compensada por: Un aumento diferencial de las superficies por mayor complejidad de las estructuras (ramas). Cambios en la forma (aplanamiento) y una incorporación de materia inactiva o inerte dentro del volumen (*Gunther, 1975*).

Algunas características del esqueleto, así como los pesos de los diferentes órganos, pueden ser definidos adecuadamente por medio de ecuaciones alométricas, que permiten definir algunas características biológicas, morfológicas o fisiológicas. Sin embargo, los estudios alométricos, son solo una herramienta cuyo objeto es obtener ecuaciones de predicción con un mínimo

de variación, así como elucidar interacciones funcionales entre los diferentes órganos sometidos a determinada situación experimental (*Calder, 1987*).

Durante las etapas de desarrollo los diferentes órganos toman formas determinadas por la dinámica del crecimiento; estas formas temporales tienden a lograr el nivel óptimo absoluto que caracteriza la forma de un animal adulto y que se considera un estado estable; mientras alcanzan éste nivel, los órganos se comportan como sistemas abiertos con diversas variaciones en forma y tamaño que ayudan a explicar su papel dentro del crecimiento.

Dentro de los tipos de análisis alométricos se diferencian los siguientes:

* Estudios ontogénicos, donde la edad influye sobre los cambios en crecimiento.

* Estudios intraespecíficos, en los cuales las unidades experimentales son animales adultos de diferentes especies (*Wieser, 1984; Calder, 1987*).

En los estudios de ontogénesis o de alometría del crecimiento, el promedio de un grupo de individuos de una especie en particular son comparados durante diferentes estados de crecimiento, si los registros de crecimiento se llevan a cabo a nivel individual se llaman estudios longitudinales, cuando se toman entre individuos de la misma especie, se denominan horizontales y si existe alguna combinación entre estos, se denominan mixtos longitudinales (*Gunther, 1975*).

Para determinar la ontogénesis del crecimiento de los diferentes órganos y su relación con el peso corporal, se puede utilizar la constante de CA, según la metodología empleada por *Fisher (1984)*, que usa la siguiente ecuación:

$$CA = (O_n / O_h) / (PC_n / PC_h)$$

Dónde: O= peso del órgano; n= días después del nacimiento; h= peso al nacimiento y PC= peso corporal.

Cuando el órgano crece en la misma proporción al peso corporal, el CA es de uno, si el crecimiento del órgano es menor al peso corporal el CA es menor a uno y cuando el C es mayor a uno, hay un crecimiento rápido en relación con la ganancia total de peso corporal.

Las relaciones alométricas entre los componentes químicos y físicos de un cuerpo pueden ser definidos en términos de las tasas de crecimiento. La información requerida para describir el potencial de crecimiento de un ave consiste de 3 parámetros en la función de *Gompertz*, que son el peso inicial, el peso a la madurez y la tasa de madurez. Para este modelo, la edad o el tiempo en que el animal crece con mayor rapidez, es decir, en el punto de inflexión de la curva de crecimiento, puede ser usado como un tercer parámetro en lugar del peso inicial (*Hancock y col. 1995*). La aproximación a la evaluación del crecimiento hecha por *Emmans (1981)*, se basa en definir el potencial de crecimiento y el peso vivo del animal usando las relaciones alométricas que existen entre la proteína, en el agua, las cenizas y los lípidos.

En el periodo temprano post- nacimiento se producen profundos cambios en el tamaño intestinal y su morfología (*Uni y col., 1996*). En este período, el intestino incrementa su peso corporal más rápidamente que el peso corporal total, alcanzando el máximo entre los cuatro a ocho días de edad (*Katanbaf y col., 1988; Sell y col., 1991; Akiba y Murakami, 1995*). En contraste, otros órganos del sistema digestivo como la molleja y el páncreas no muestran un crecimiento paralelo en su tamaño relativo (*Uni y col., 1999*).

Aunque el sistema intestinal del pollo a la eclosión es anatómicamente completo (*Overton y Shoup, 1964; Chambers y Grey, 1979*), la superficie de absorción y la proliferación de enterocitos, se incrementa después del nacimiento (*Moran, 1985*). El crecimiento temprano del sistema gastrointestinal, incluye incrementos rápidos en la longitud de vellosidades y área de superficie. El desarrollo del intestino puede limitar el crecimiento del ave durante la primera semana de vida, y puede ser afectado por la alimentación acelerada o la restricción, por ingredientes en la dieta como antibióticos y, por la microflora intestinal. (*Dibner y col., 1996*). El crecimiento del tejido intestinal a nivel celular puede ser por hiperplasia así como por hipertrofia intestinal (*Cook y Bird, 1973*). En la última semana de incubación e inmediatamente después de la eclosión, el crecimiento intestinal muestra un aumento principalmente por hiperplasia celular (*Uni y col. 1995*).

La longitud y peso del intestino (duodeno, yeyuno e íleon), hígado, páncreas, molleja y proventrículo aumentan significativamente la primera semana de vida, teniendo cada órgano un modelo de crecimiento propio. Páncreas, duodeno y yeyuno se desarrollan, en proporción más rápidamente que el íleon e hígado. En cuanto a la longitud y peso del intestino delgado, se observa un incremento de 3,9 a 5,3 g. y de 13,4 a 16,8 cm (expresado por 100 g de peso corporal) en dietas poco digestibles. Exactamente lo mismo que ocurre con dietas enzimáticamente pobres y altamente fermentables lo que está fuertemente correlacionado con la viscosidad del quilo. (*Nitsan et al. 1991*).

Kamisnka (1989), describió el desarrollo del sistema digestivo del pollito desde las primeras 24 horas de nacimiento, hasta los 7 días de edad, concluyendo que el desarrollo del TGI es intenso, alcanzando 2,5 veces el tamaño inicial en las primeras 24 horas; comparando el crecimiento en el mismo periodo, tanto para aves livianas como pesadas, teniendo en cuenta que las livianas son más lentas.

4.3. GLICEROL

El glicerol es un compuesto químico básico obtenido principalmente como co-producto en la industria oleo-química, mientras que la glicerina es el nombre comercial que reciben las mezclas con alto contenido de glicerol (*SDA, 1990*). La mezcla de una fuente de aceite con un alcohol (normalmente metanol) y un catalizador (hidróxido de sodio o potasio) posibilita la ruptura de moléculas de triglicéridos en metil ésteres llamados biodiesel y glicerol (glicerina ó 1,2,3-propanotiol). Para cada litro de biodiesel producido, se obtienen aproximadamente 80 gr de glicerol bruto que contiene además de glicerina, sal, metanol y ácidos grasos libres. (*Kerr et al., 2008*). El glicerol presenta más de 1500 aplicaciones, desde cosméticos y productos farmacéuticos hasta alimento (*Piesker y Dersjant-Li, 2006*).

4.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA GLICERINA Y SUBPRODUCTOS DE LA PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL

La composición química de la glicerina está relacionada con los grados de pureza clasificándola en alta, media y baja. Estos grados de pureza dependen principalmente de las concentraciones de agua, glicerol, fosforo y etanol; de tal forma que la glicerina con alto grado de pureza se caracteriza principalmente por tener un porcentaje reducido de agua (2.5%) y alto de glicerol (99.8%) (*Schroder y Sudekum, 1999*). La norma técnica Colombiana (NTC 1274, 2001), clasifica el glicerol (glicerina= 1,2,3 – propanodiol) en dos tipos; glicerol crudo y refinado. El glicerol crudo es un líquido homogéneo, higroscópico, viscoso y su color varía entre amarillo y pardo-rojizo. Existen dos grados de clasificación (grado 1 y grado 2) de acuerdo al contenido de glicerol mínimo (88% y 80%), cenizas sulfatadas máximo (1% y 10%) y arsénico máximo 2 ppm. Los grados de glicerol deben estar exentos de azúcar.

Durante el refinamiento del biodiesel y de la glicerina se producen varios subproductos y residuos tales como: ácidos grasos de glicerina, compuestos principalmente por ácidos grasos libres; tierras de glicerina, residuo con altos niveles de glicerol y extracto etéreo; tierras usadas, con alta concentración de extracto etéreo, cenizas y sales glicerinosas; efluente sólido cuya composición es básicamente MONG (materia orgánica no-glicerina). (*Ariza y Col, 2012*)

4.3.2 GRADOS DE PUREZA DEL GLICEROL

Kerr et al (2008) mencionaron que la calidad del glicerol obtenido de la reacción química depende del equipo empleado. Esta aseveración fue confinada en el laboratorio de nutrición animal de Nutron Alimentos Ltda. (*Penz y Gianfellici, 2007*)

Comercialmente se pueden encontrar tres tipos principales de glicerol en función de su grado de pureza: a) glicerina crudo (Subproducto del proceso de transesterificación en la producción de biodiesel, b) glicerina grado técnico (purificación requerida, adecuada para aplicaciones de tipo industrial), c)

glicerina refinado grado USP o FCC (usado en cosméticos, farmacéuticos y alimentos) (Posada, Cardona y Cetina, 2009)

Tabla 1. Especificaciones de calidad para cada grado de glicerina

Propiedades	Glicerina cruda	Glicerina grado técnico	Glicerina refinada grado USP (99,7%)
Contenido de glicerol	40 – 88%	98% min	99,7% máx.
Ceniza	20% máx.	NA	NA
Contenido de humedad	NA	2% máx.	0,3% máx.
Cloruros	NA	10 ppm máx.	10 ppm máx.
Color	NA	40 máx. (pt-co)	10 máx. (APHA)
Gravedad específica	NA	1,262 (@25°C)	1,262 min
Sulfato	NA	NA	20 ppm máx.
Análisis	NA	NA	99 – 101% (base seca)
Metales pesados	NA	5 ppm máx.	5 ppm máx.
Componentes clorados	NA	30 ppm máx.	30 ppm máx.
Residuos de ignición	NA	NA	100 ppm máx.
Ácidos grasos y esterres	NA	1 máx.	1.000 máx.
Agua	12% máx.	5% máx.	0,5% máx.
pH (solución 10%)	4 – 9	4 – 9,1	NA
Residuos orgánicos	2% máx.	2 % máx.	NA

Fuente (SRS Engineering Corporation, 2008)

4.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA GLICERINA

En el laboratorio de Nutrición Animal del Centro de Biotecnología y Bioindustria (CBB) de Corpoica, se determinó en 10 lotes de producción de biodiesel de la planta de Bio D S.A., la composición fisicoquímica de los recursos con potencial de ser utilizados como fuente energética en alimentación animal. Los análisis de laboratorio se adelantaron siguiendo los protocolos aceptados para evaluar recursos de este tipo, así: contenido de agua por método de titulación Karl Fischer, acidez por medio de una valoración ácido-base, glicerol mediante un método de valoración redox, con periodato de sodio, macro-minerales por absorción atómica, metanol mediante cromatografía de gases y energía bruta en bomba calorimétrica, Adiabática.

La concentración de metanol en la glicerina cruda estudiada fue baja (19.7 ppm), comparada con los hallazgos de diferentes autores. *Jung y Batal (2011)* reportan 13300 ppm, para 10 muestras provenientes de diferentes fuentes. Hansen y col, (2009) registraron 41200 ppm, en promedio para 11 muestras de diferentes empresas productoras de biodiesel. *Dasari (2007)*, reporta 1800 ppm, al caracterizar 4 fuentes de este recurso. Por lo que se puede inferir que el nivel de metanol está asociado al nivel de producción de la planta y no a la variación entre lotes de producción (*Ariza C y COL. 2012*). el exceso de este alcohol, puede causar problemas patológicos, por lo cual la concentración máxima de metanol no deberá superar el 0.5% (*Drackley, 2008*) o como lo indica la FDA; niveles superiores a 150 ppm (en el total de la dieta) deben ser considerados inseguros.

Tabla 2. Composición química del aceite de palma, glicerina de diferentes grados de pureza y subproductos de la producción del biodiesel (promedio \pm desviación estándar, n = 10)

Subproducto	Energía bruta (cal/g)	Humedad (%)	Glicerol (%)	Extracto etéreo (%)	MONG (%)	Metanol (%)
Aceite de palma	9330 ± 389	0.2 ± 0.1	-	99.8 ± 3.3	-	0.4 ± 0.6
Glicerina cruda	3453 ± 131	22.4 ± 10.6	67.1 ± 11.2	1.0 ± 0.3	7.0 ± 1.7	19.7 ± 30.3
Glicerina técnica	3854 ± 255	4.1 ± 3.6	91.6 ± 5.3	1.3 ± 0.9	4.3 ± 2.6	4.5 ± 6.0
Glicerina USP	4123 ± 66	1.1 ± 0.2	94.9 ± 1.7	0.2 ± 0.2	4.1 ± 1.7	0.8 ± 0.7
Ácidos grasos	9105 ± 389	0.2 ± 0.1	-	99.9 ± 3.3	-	3.6 ± 0.6
Sales glicéricas	3835 ± 483	4.9 ± 10.1	10.8 ± 2.2	0.5 ± 0.4	73.4 ± 13.2	9.3 ± 5.6
Tierras usadas	3545 ± 582	3.4 ± 10.1	0.0 ± 2.2	33.4 ± 0.4	43.8 ± 5.7	37.6 ± 5.6
Tierras de glicerina	5865 ± 574	12.5 ± 1.9	17.3 ± 3.5	23.2 ± 9.7	49.7 ± 10.2	19.3 ± 13.0

Materia orgánica no glicerolada (MONG = 100 – (Humedad + glicerol + cenizas) (Ariza, y COL. 2012)

Los subproductos del biodiesel evaluados mostraron concentraciones de extracto etéreo que representan, la concentración de ácidos grasos libres, después del proceso de transesterificación con valores de 99.9% para el subproducto ácidos grasos libres, 33.4% para las tierras usadas y 23.2% para las tierras de glicerina. El mayor contenido de glicerol fue encontrado en las sales glicéricas (66.0%), las cuales presentaron un contenido importante de cenizas (10.8%). (Ariza C y COL. 2012)

Tabla 3. Composición mineral del aceite de palma, glicerina de diferentes grados de pureza y subproductos de la producción del biodiesel (promedio ± desviación estándar, n = 10)

Subproducto	Cenizas (%)	Na (%)	K (%)	Na:K (mEq/kg)	Cl (%)	Ca (%)	P (%)
Aceite de palma	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.001	0.01 ± 0.001	2.5 ± 0.8	-	0.02 ± 0.01	0.041 ± 0.01
Glicerina cruda	3.5 ± 0.82	1.10 ± 0.20	0.06 ± 0.08	31.1 ± 3.8	1.30 ± 0.03	0.06 ± 0.08	-
Glicerina técnica	-	-	-	-	-	-	-
Glicerina USP	-	-	-	-	-	-	-
Ácidos grasos	0.13 ± 0.13	0.04 ± 0.03	0.02 ± 0.01	3.4 ± 2.7	-	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
Sales glicerinosas	10.8 ± 2.16	2.38 ± 0.77	0.01 ± 0.18	423.9 ± 187	2.08 ± 0.75	0.06 ± 0.03	0.09 ± 0.01
Tierras usadas	52.7 ± 6.28	0.21 ± 0.04	0.55 ± 0.09	0.6 ± 0.1	0.39 ± 0.37	0.64 ± 0.06	0.39 ± 0.06
Tierras de glicerina	20.5 ± 6.04	0.38 ± 6.04	0.07 ± 0.01	9.76 ± 2.7	0.66 ± 0.15	4.41 ± 1.42	0.41 ± 0.42

(Ariza y COL. 2012)

4.5. ABSORCIÓN DEL GLICEROL

La mayor parte del glicerol que es ingerido hace parte de los triglicéridos de la dieta. En la digestión intestinal de los lípidos a cargo de la lipasa pancreática se liberan pequeñas cantidades de glicerol (Bauer et al., 2005). En forma natural el glicerol aparece en bajas cantidades en la célula (<0,1 mmol/L) (Shields, 2009). El glicerol se absorbe en forma pasiva en la sangre mesentérica y de aquí pasa al sistema sanguíneo porta. El glicerol en la célula de la mucosa intestinal puede ser un precursor para la re-síntesis de triglicéridos (Church et al., 2004).

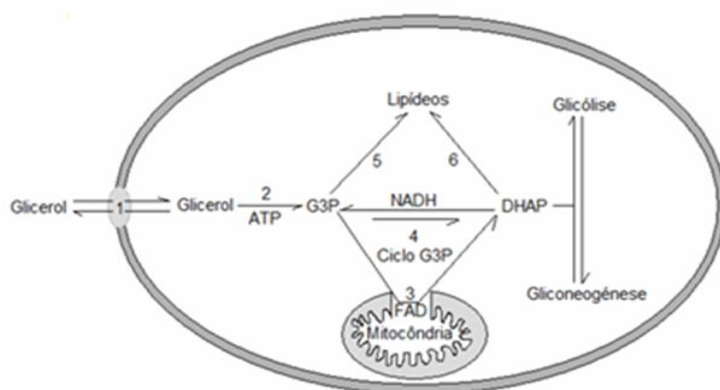
El glicerol sanguíneo es tomado por las células a través de las aquagliceroporinas por gradiente osmótico o de concentración. En el citoplasma celular, el glicerol es activado a glicerol 3-fosfato el cual no puede atravesar la membrana celular quedando retenido en la célula (Della Casa et al., 2009). El metabolismo del glicerol está regulado principalmente por la enzima glicerol quinasa en hígado y riñón, que esta involucrada en la fosforilación del glicerol a glicerol 3 fosfato (glicerol 3P). El glicerol quinasa utiliza como fuentes de energía ATP mayoritariamente, UDP y CTP. El ADP inhibe la glicerol quinasa, mientras que el ATP y el glicerol la activan. Otra enzima importante en el metabolismo del glicerol es la glicerol 3P oxidoreductasa, principalmente en músculo esquelético y, en menor cantidad, en hígado y riñón, produce glicerol 3P para la síntesis de triglicéridos y fosfolípidos, ayuda a mantener los niveles de NAD citosólico en la glicólisis anaeróbica y cataliza el paso de glicerol 3P a dihidroxiacetona fosfato (DHA). (Shields, 2009).

4.6. METABOLIZACIÓN DEL GLICEROL

Con respecto a la metabolización del glicerol, Saunders y Dawson (1962) demostraron que él puede ser transformado en ácido láctico en un trabajo realizado con ratas (“in vitro”) los autores observaron que el glicerol puede ser metabolizado hasta CO₂. La absorción de ácidos grasos estimuló la incorporación de glicerol de los triglicéridos, Esta síntesis y esta fusión se hacen en la mucosa intestinal. Con experimentos, in vivo, Saunders y Dawson, (1962) comprobaron que una cantidad significativa de glicerol marcado, proporcionado en el duodeno de ratas, era recuperado en los lípidos del conducto torácico. Según los autores, muchas pesquisas anteriores tenían resultados negativos cuando eran usadas sondas gástricas. Bajo estas condiciones, el glicerol y los ácidos grasos dejaron el estómago a diferente tasa de pasaje y fueron absorbidos con diferentes velocidades, en diferentes partes del intestino causando una pequeña cantidad de glicerol esterificado en los lípidos.

4.7. ENZIMAS IMPORTANTES EN EL METABOLISMO DEL GLICEROL

Principalmente, la metabolización del glicerol se hace por tres enzimas que son, la glicerol quinasa, la glicerol 3 fosfato deshidrogenasa citosólica (G3P deshidrogenasa) también llamada G3P oxireductasa, al tener acción reversible y dependiente de NAD y el glicerol 3 fosfato deshidrogenasa mitocondrial, que es dependiente de FAD (Lin et al, 1976)



1. Proteína transportadora de glicerol; 2.glicerol quinasa; 3. Glicerol 3P deshidrogenasa;
- 4.Glicerol 3 Fosfato oxireductasa (glicerol 3-fosfato deshidrogenasa citoplasmática);
- 5.Glicerol 3 fosfato Aciltransferasa; 6.Dihidroxiacetona fosfato aciltrasnferasa (G3P-Glicerol 3 fosfato. DHAP-dihidroxiacetona fosfato)

Figura 1. Principales reacciones de glicerol y la participación de las enzimas

Tomado de Lin, 1997

4.8. EXPERIMENTOS EMPLEANDO GLICEROL EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Cerrate et al (2006) realizo experimentos con pollos de engorde, machos, Cobb 500, en periodos experimentales hasta 42 días de edad. El primer experimento empleo 0,5 y 10% de glicerina bruta y en el segundo experimento utilizaron 0 – 2,5 y 5% de la misma glicerina. La inclusión de 10% de glicerina bruta no afecto el rendimiento del pollo hasta los 14 días de edad. Después de esta fase, la inclusión de 10% de glicerina bruta comprometi6 el peso corporal de los pollos, promovi6 una reducci6n significativa de la canal del ala, muslo y pierna, en

comparación con otras dietas. También comprometió la calidad de la cama que era más húmeda que aquella de los pollos de otros tratamientos. La dieta con 10% de glicerina bruta se caracterizó por tener un nivel más elevado de potasio que las demás (mayor que 0,15%). Esto puede haber contribuido a una mayor humedad en la cama.

Dozier et al (2008) desarrollo experimentos con pollos de edades diferentes. Las edades experimentales fueron de 4 a 11 días de edad, en el que se utilizaron dietas con 0 y 6% de inclusión de glicerol y otro grupo experimental con edades de 17 a 24 días y de 38 a 45 días, donde usaron dietas con 0,3 – 6 y 9% de inclusión de glicerol. Los valores determinados de EMAn fueron 3621 – 3331 y 3349 kcal/kg, respectivamente, para cada uno de los periodos evaluados. Los valores no se diferenciaron mucho del valor de la energía bruta, demostrando una gran capacidad de metabolización del glicerol por los pollos.

Topal y Ozdogan (2013), evaluaron el efecto de glicerol crudo en el desempeño del crecimiento, peso de los órganos internos, y la composición química de los músculos de pollos de engorde. Un total de 360 pollos de engorde Ross 308 de 1 día de edad recibieron dietas con 0, 40, y 80 g de glicerol / kg de dieta, durante 42 días. La ganancia de peso se mejoró ($P < 0.01$) con la inclusión de 40 y 80 g de glicerol / kg de dieta a los 21 días, mientras que los pollos alimentados con la dieta con 80 g de glicerol / kg obtuvo la mayor ganancia de peso a los 42 días. Estadísticamente no hubo diferencia entre tratamientos, pero la inclusión de glicerol mejoro el índice de conversión (IC) de 0 a 21 días de edad y de 0 a 42 días de edad. No se observó ningún efecto negativo de la inclusión de glicerol en el rendimiento de la canal o los pesos de los órganos internos de pollos de engorde, excepto para el peso del corazón de los machos. La inclusión de glicerol a 40 y 80 g / kg de dieta puede ser utilizado como una fuente eficaz de energía en pollos de engorde, especialmente de 0 a 21 días de edad. Además, la inclusión de glicerol disminuyó significativamente el extracto etéreo en los músculos de los machos y las hembras.

Carlote M, Claire L y Pierre A, (2000) evaluaron el impacto de una incorporación de la glicerina en el rendimiento en canal y crecimiento de pollos

de engorde Ross PM3 de 1 a 35 días de edad, los animales fueron criados en el suelo con una densidad de 11,75 pollos / m². Fueron alimentados ad libitum, con una dieta control que contiene 5% de glicerol en la fase de iniciación y crecimiento, y 10% en la dieta de finalización.

4.9. GLICEROL EN DIETAS USADAS EN LA AVICULTURA

Simon et al. (1996) en su investigación probaron la influencia de la suplementación de glicerol sobre la ganancia de peso corporal, índice de conversión y balance de N en pollos de engorde. Los animales tuvieron acceso ad libitum a alimento a voluntad con 0, 5, 10, 15, 20 y 25% de glicerol. Se afirmó que el resultado de una dieta de 31 días con alimento complementado de 5 y 10% de glicerol produjo efectos superiores con respecto a los parámetros anteriores.

Al suministrar niveles más altos de glicerol, la GP, IC el balance de N en pollos de engorde disminuyó. Se observaron cambios patológicos en el riñón y el hígado cuando se añadió la dosis más alta de glicerol. Cuando se añade 10% de glicerol al alimento, el pollo necesita más agua (*Simon, 1996*). En experimentos adicionales, *Simon et al. (1997)* observaron una correlación entre la adición de glicerol a la dieta baja en carbohidratos y un aumento de la retención de N. Este efecto no se observó en las dietas de alto contenido de carbohidratos.

Cerrate et. al. (2006) evaluaron la utilidad del glicerol en bruto de la producción de biodiesel como fuente de energía en las dietas de engorde. Los experimentos se dividieron en dos pasos, cada dieta duró 42 días. En la primera fase, se añadió 0, 5, y 10% de glicerol crudo al alimento. En la segunda fase, se utilizó 2,5 y 5% de glicerol. Con un aumento del glicerol en bruto en el alimento, se redujo la cantidad de maíz, la cantidad de harina de soja y de aceite, manteniendo estas dietas isocalóricas e isonitrogenadas.

La conclusión después de la primera fase de esta investigación fue que la dieta suplementada con 5% de glicerol no tuvo influencia en el rendimiento de pollos de engorde en comparación del tratamiento sin glicerol. También se observó

que el alimento con 10% de glicerol no fue palatable para los animales, lo que se tradujo en una disminución de la ganancia de peso corporal. La segunda fase de estos experimentos demostró que la suplementación de alimento con 2,5 y 5% de glicerol no tenía ninguna influencia sobre la GP.

Abd-Elsamee et al. (2010) utilizaron alimento con niveles de inclusión de 0, 2, 4, 6, y 8% de glicerol en bruto en dietas para pollos de engorde. Observando mayor peso corporal y aumento de la ganancia diaria de peso cuando se utilizó el alimento con 6% de glicerol, lo que es importante. La dieta con el 8% de glicerol no causó ningún resultado negativo en el rendimiento del pollo ni en la utilización de nutrientes o características de la canal.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación y Características agro climatológicas. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Biotecnología Agropecuaria (CBA) SENA del municipio de Mosquera Cundinamarca a 2540 msnm, sobre la microcuenca hidrográfica media del río Bogotá, en el kilómetro 7 sobre la vía principal que conduce a este municipio, en la vereda San José. La zona de vida según la clasificación de Holdridge es de bosque seco, montano bajo, con una temperatura promedio anual de 12.6° c y una precipitación promedio anual de 670 mm (*Ruiz Sanabria, Octubre 2012*)

5.2. Animales e instalaciones. El experimento en campo se realizó en el Centro de Biotecnología Agropecuaria (CBA) SENA del municipio de Mosquera Cundinamarca.

Se utilizaron 200 pollitos machos de la estirpe CobbAvian 48 que fueron distribuidos en 12 jaulas metabólicas (2 m de ancho x 6 m de largo) con 16 animales cada una, dotadas de todos los elementos necesarios para su recepción y periodo experimental.

5.3. Tratamientos y diseño experimental: Los animales se distribuyeron a las 4 dietas experimentales formuladas, variando según la inclusión de glicerol en

la dieta utilizada, siendo: T0: Dieta control sin inclusión de glicerol, T1: Dieta con inclusión de 3% de glicerol T2: Dieta con inclusión de 6% de glicerol y T3: Dieta con 9% de inclusión de glicerol.

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar, que consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales. Por ello se utilizó unidades experimentales homogéneas, como animales de la misma edad y del mismo peso que fueron asignados de manera aleatoria a los diferentes tratamientos. Se manejó un periodo experimental de 42 días, tiempo en el que se pesó el alimento a suministrar y el sobrante, los animales por tratamiento, el consumo promedio por animal por tratamiento, y su rendimiento en canal, estimando de manera conjunta el coeficiente alométrico de los órganos (CoA). Para el análisis estadístico se utilizó el programa Info-Stat y para determinar diferencias entre tratamientos se utilizará la prueba de Tukey.

La realización de las pruebas alométricas tuvieron como objetivo analizar el crecimiento de los órganos con respecto a la edad y peso del animal, teniendo en cuenta que cuando el órgano crece en la misma proporción al peso corporal, el CoA es de uno, si el crecimiento del órgano es menor al peso corporal el CoA es menor a uno y cuando el CoA es mayor a uno, hay un crecimiento rápido en relación con la ganancia total de peso corporal, para ello se sacrificaron dos aves de cada repetición al día 1, día 7, día 14 y día 21 de edad, evaluando el desarrollo alométrico del intestino delgado completo, páncreas, hígado, y molleja. Para realizar la división de cada uno de los segmentos intestinales, se procedió de la siguiente manera: duodeno, desde el final de la molleja hasta el final del conducto pancreático y biliar; yeyuno, desde el final del duodeno hasta el divertículo de Meckel y el íleon desde el divertículo de Meckel hasta donde comienza la división de los ciegos (Fisher, 1998). Para determinar la ontogénesis del crecimiento de los diferentes órganos y su relación con el peso corporal, se utilizó la constante de CA, según la metodología empleada por Fisher, 1998 que usa la siguiente ecuación:

$$\text{CoA} = (O_n / O_h) / (P_{Cn} / P_{Ch})$$

Dónde: O= peso del órgano; n= días después del nacimiento; h= peso al nacimiento y PC= peso corporal

Cuando el órgano crece en la misma proporción al peso corporal, el CA es de uno, si el crecimiento del órgano es menor al peso corporal el CA es menor a uno y cuando el CA es mayor a uno, hay un crecimiento rápido en relación con la ganancia total de peso corporal (Romero, 2004).

Manejo alimenticio y periodo experimental. Los animales se alimentaron dos veces al día, a las 07:30 y a las 16:00 horas, en forma de ración completa. En todas las 4 dietas la fuente de alimento fue concentrado elaborado directamente en CBA a base de maíz, torta de soja, harina de pescado, aceite de soja, carbonato de calcio, fosfato de calcio, lisina, metionina, premezcla de vitaminas y minerales, sal y los respectivos niveles de glicerol.

Se suministró alimento elaborado directamente en el CBA de Mosquera dos veces al día (07:30 y a las 16:00 horas), en forma de harina. Las raciones de las cuatro dietas se balancearon utilizando el programa Uffda para aves, que permite balancear raciones a mínimo costo, siendo dietas isoprotéicas e isoenergéticas.

Fabricación de las Dietas: Se prepararon cuatro dietas experimentales para la fase de iniciación y cuatro para la fase de engorde con las materias primas anteriormente nombradas. Se balancearon las raciones utilizando el programa Uffda para aves que permite balancear raciones a mínimo costo, utilizando dietas isoprotéicas e isoenergéticas. Para la mezcla de micronutrientes se utilizó una micromezcladora y posteriormente se mezcló las otras materias primas en presentación de harina. En las dietas no se utilizaron coccidiostatos por el manejo que se hace en el centro, de la no inclusión de antibióticos en el alimento (sin coccidiostatos ni promotores de crecimiento).

Durante el periodo experimental se realizó un pesaje semanal de los pollos ubicados en cada uno de los tratamientos y repeticiones, antes de suministrar

alimento en horas de la mañana. Posterior al pesaje se sacrificaron 2 animales de cada replica por tratamiento y se procedió a realizar el análisis alométrico de los órganos de cada pollo. También se pesó el alimento a suministrar y el sobrante en cada una de las raciones, para estimar el consumo promedio por animal por tratamiento.

5.4. Parámetros productivos a evaluar

Consumo de alimento

Se suministró un consumo del 5% superior al que muestran las tablas de la línea genética establecida (AvianCobb 48, tabla para machos) diariamente de acuerdo al número de aves que se tenían en cada replica, para posteriormente (24 horas) pesar la comida sobrante y de esta manera calcular los consumos a voluntad por grupo, replica, ave y por día. Dado que los consumos por día para la primera semana no se encontraban en la tabla de la línea genética, se tomó como referencia los consumos promedios que se tienen en las tablas guías en Colombia para la primera semana, en este caso tome como referencia la tabla de consumo para pollos machos de concentrados Cipa.

Ganancia de peso

Los pollitos se pesaron y asignaron aleatoriamente a los diferentes tratamientos una vez llegaron de la incubadora (de un día de edad) y se registraron los pesos promedio por tratamiento y replica. Posteriormente se pesó el total de los pollos por replica, el pesaje se realizó con balanza digital en las primeras horas de la mañana sin haber suministrado el primer alimento del día.

Conversión alimenticia

La conversión que se calculó fue la conversión alimenticia acumulada por semana, la cual es igual al consumo acumulado por semana dividido entre el peso final por semana.

$$\text{CA} = \text{Consumo acumulado} / \text{peso final por semana}$$

Eficiencia alimenticia

Esta es igual al inverso de la conversión alimenticia y se calcula semanalmente por 100.

$$\text{EA} = \text{Peso final por semana} / \text{consumo acumulado} \times 100$$

Factor de eficiencia europea en pollo

Este parámetro se calculó al final del ciclo productivo del pollo, en este caso a los 42 días y es igual al peso al sacrificio multiplicado por porcentaje de supervivencia dividido entre la conversión alimenticia por días al sacrificio

$$\text{FEEP} = \text{Peso sacrificio} \times \% \text{supervivencia} / \text{conversión alimenticia} \times \text{días al sacrificio}$$

Mortalidad

La mortalidad y morbilidad se determinaron diariamente. Se identificó la causa de la muerte de cada pollo a través de una necropsia y se registró para posteriormente analizarlas. Para corregir la conversión se tuvo en cuenta el número de animales restantes y la cantidad de alimento a suministrar.

Rendimiento en canal

Para calcular este parámetro se sacrificaron 2 pollos por replica por tratamiento al día 42. Se aplicó el ayuno respectivo que se basa en dejar sin alimento 8 horas antes del sacrificio, y dejando agua a voluntad. Se pesó cada pollo y se realizó el sacrificio utilizando sangría en la yugular, para posteriormente realizar el escaldado en marmita para el desplume del animal. Se extrajeron las vísceras blancas y rojas cortando cabeza y patas, pesando el restante y relacionándolo con el peso en pie, para luego calcular el rendimiento en canal en porcentaje.

Análisis de coeficientes alométricas:

- Peso relativo del intestino delgado, hígado, páncreas y molleja.

Los pesos de cada uno de estos órganos se realizaron máximo 1 hora después del sacrificio. Para el intestino delgado se cortó a partir de la salida de la molleja y final del íleon donde comienzan los dos ciegos. Para el pesaje del hígado, se extrajo este órgano removiendo la vesícula biliar. La molleja se cortó al final del proventrículo, se retiró el contenido de alimento para pesarlo (sin quitar la capa de kohilina). Todos estos órganos se secaron superficialmente y se pesaron en fresco.

Parámetros de laboratorio

- pH en intestino delgado y duodeno

Para determinar el pH del intestino delgado se tomó 0,2 g de muestra de contenido de duodeno, se suspendieron en 2,5 ml de agua destilada desionizada. El pH de la suspensión se midió dentro de los 45 minutos subsiguientes al sacrificio de las aves siguiendo las recomendaciones de *Hinton, et al., (1990)*.

5.5 Análisis estadístico.

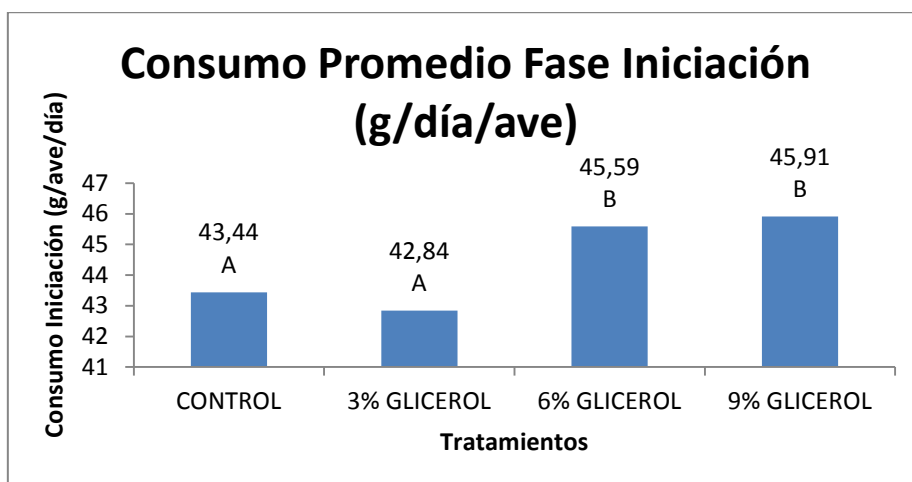
Los resultados se analizaron por el programa G-Stat. Para cada análisis de varianza se aplicó la Prueba de Barnett, que determina la normalidad de medias que es necesario que se cumpla para este tipo de análisis y finalmente para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey con el 5% de probabilidad

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Consumo de alimento: En esta variable se encontraron diferencias altamente significativas durante la fase de iniciación, engorde y durante todo el período experimental.

Tabla 4. Consumo Promedio Fase De Iniciación (g/día/ave)

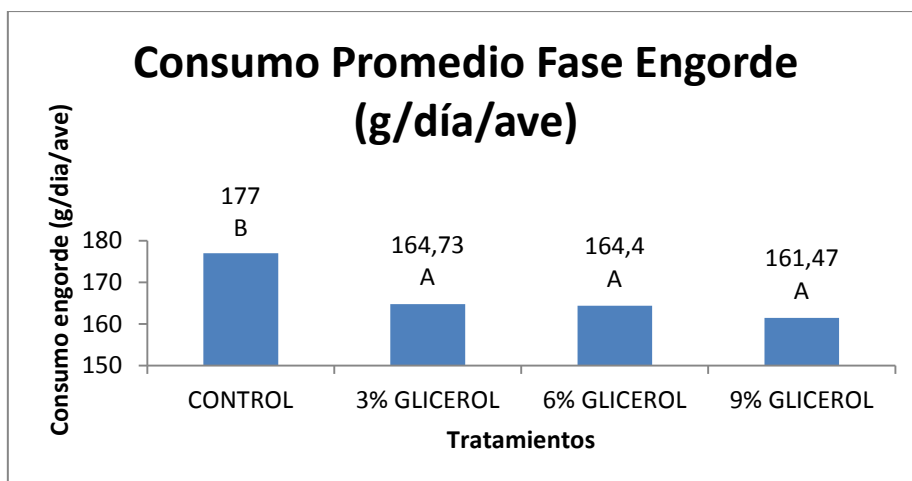
Consumo Promedio Fase De Iniciación			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
43,44	42,84	45,59	45,91



Grafica 1. Consumo Promedio Fase De Iniciación

Tabla 5. Consumo Promedio Fase De engorde (g/día/ave)

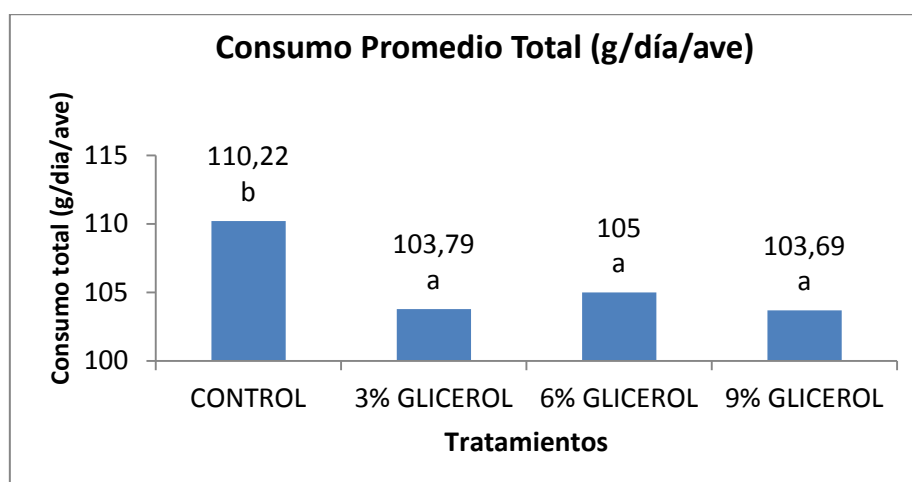
Consumo Promedio Fase De Engorde			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
177	164,73	164,4	161,47



Grafica 2. Consumo Promedio Fase De Engorde

Tabla 6. Consumo Promedio Total (g/día/ave)

Consumo Promedio Total			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
110,22	103,79	105	103,69



Grafica 3. Consumo Promedio Fase Total

Analizando la tabla de consumo a los 21 días se muestra que hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes niveles de glicerol comparados con el control. La diferencia entre el consumo de los tratamientos con glicerol oscilaron entre 7.52% a 7.94% superiores al tratamiento testigo (no inclusión de glicerol). De acuerdo a estos resultados durante esta fase, probablemente el sabor dulce del glicerol mejoró el consumo de las aves, comparado con el testigo, como lo muestran algunos trabajos de investigación realizados en cerdos.

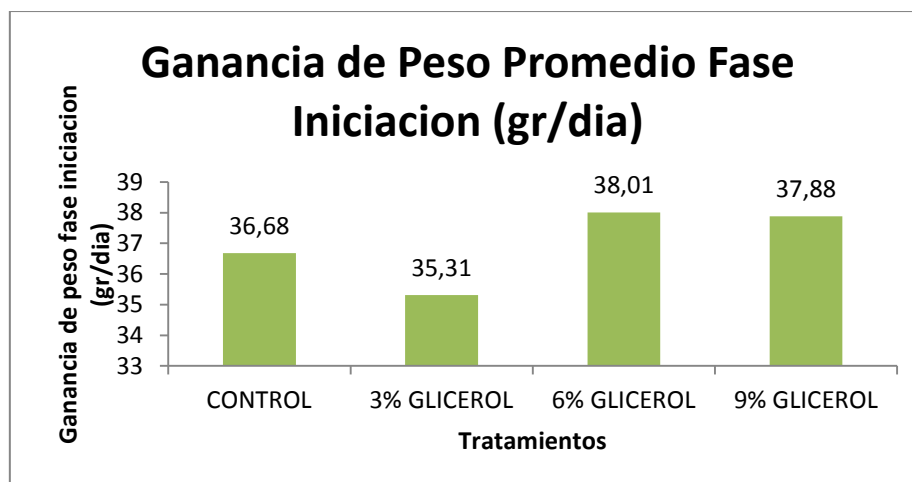
Para la fase de engorde y durante todo el periodo experimental los resultados fueron contrarios a la fase de iniciación, es decir que no se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento. Los consumos promedios por días fueron de 105.45 g/día; 104.77 g/día; 106.64 g/día y 106.15 g/día respectivamente, para los tratamientos control, 3% de glicerol, 6% de glicerol y 9% de glicerol. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por *Ariza C y colaboradores*, donde no encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento total en pollos de engorde a los 42 días. Sin embargo en este mismo experimento durante la fase de iniciación encontraron diferencias significativas en el consumo siendo menores a medida que aumentaban los niveles de glicerol (6% de glicerol) en comparación al 4%, 2% y control.

Las aves no tienen desarrollado el sabor y olor, como lo tienen algunos mamíferos como el cerdo en los que se ha determinado variaciones en el consumo de alimento con la inclusión del glicerol en el alimento, dado a los diferentes receptores que tiene el cerdo para percibir variados sabores en especial el sabor dulce.

6.2 Ganancia de peso: Se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso en la fase de engorde. Las ganancias de peso fueron superiores en el tratamiento control en 3,33%, 6,19% y 8,26%, respectivamente para los niveles de inclusión crecientes del 3%, 6% y 9%. No se encontraron diferencias estadísticas en el período de iniciación y durante toda la fase de crecimiento.

Tabla 7. Ganancia De Peso Promedio Fase De Iniciación (gr/día)

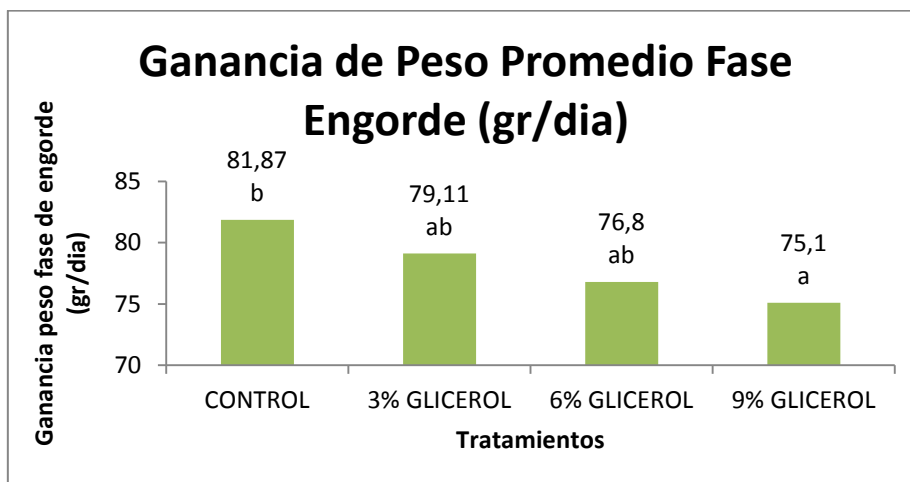
Ganancia De Peso Promedio Fase De Iniciación			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
36,68	35,31	38,01	37,88



Grafica 4. Ganancia De Peso Promedio Fase De Iniciación

Tabla 8. Ganancia De Peso Promedio Fase De Engorde (gr/día)

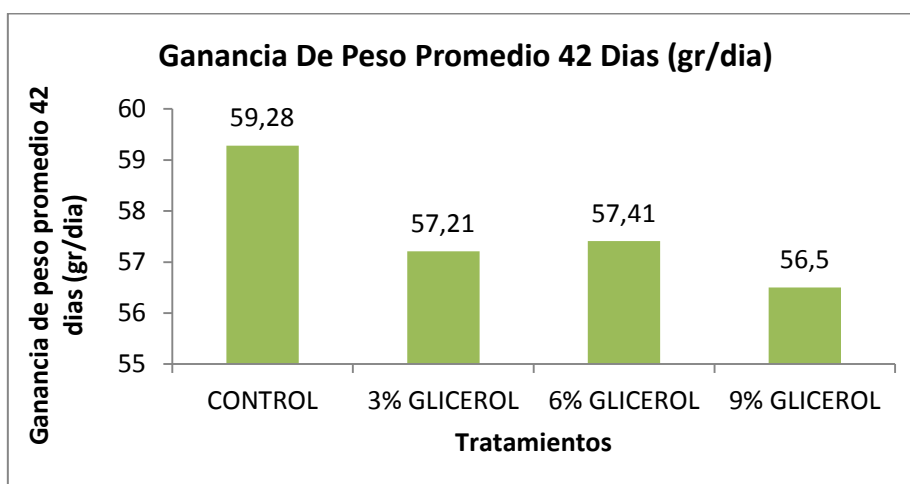
Ganancia De Peso Promedio Fase De Engorde (gr/día)			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
81,87	79,11	76,8	75,1



Grafica 5. Ganancia De Peso Promedio Fase De Engorde

Tabla 9. Ganancia De Peso Promedio 42 días

Ganancia De Peso Promedio 42 días			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
59,28	57,21	57,41	56,5



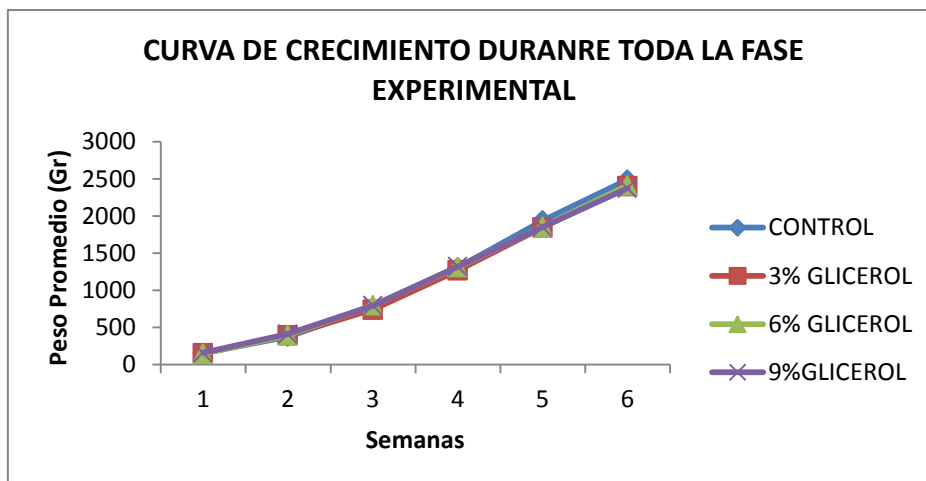
Gráfica 6. Ganancia De Peso Promedio 42 Días

Los resultados obtenidos en la fase de engorde pueden ser debidos a que los niveles de inclusión más altos de glicerol saturan el metabolismo de este compuesto a nivel hepático y disminuyen la ganancia de peso. Durante todo el periodo experimental no se encontraron diferencias estadísticas en la ganancia de peso, pero si numéricas superiores en el tratamiento control en comparación con los que se incluyó glicerol. Estos resultados concuerdan con los consumos obtenidos para toda la fase experimental en los que no se encontraron diferencias estadísticas.

Avellaneda y col.,2009, encontraron diferencias significativas en la fase de iniciación con inclusiones crecientes de glicerina cruda en pollos hembras, donde las ganancias de peso fueron menores cuando aumentaban los niveles de inclusión (2%, 4% y 6% de glicerina cruda), pero no encontraron diferencias estadísticas en la fase de engorde. Simon y col., 1997, reportan tasas de ganancia de peso corporal óptimas con niveles de inclusión del 10%, y un desempeño productivo negativo y presentación de patologías con inclusiones del 20%. Waldrop, 2006, demostró que para aves con 16 días de edad, el glicerol puede utilizarse hasta el 10%. Sin embargo cuando se usa el glicerol durante toda la fase productiva hasta el sacrificio los niveles óptimos de inclusión son hasta el 5% debido a que afectan el consumo, como se determinó en este trabajo de investigación.

Tabla 10. Curva De Crecimiento Durante Toda La Fase Experimental (gr)

SEMANA	CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9%GLICEROL
1	155,52	153,87	148,22	158,83
2	377,14	395,31	398,94	412,65
3	770,33	741,6	798,26	795,66
4	1306,2	1268,06	1312	1320,5
5	1940,16	1847,62	1855,41	1851,89
6	2489,58	2402,83	2411,16	2372,8



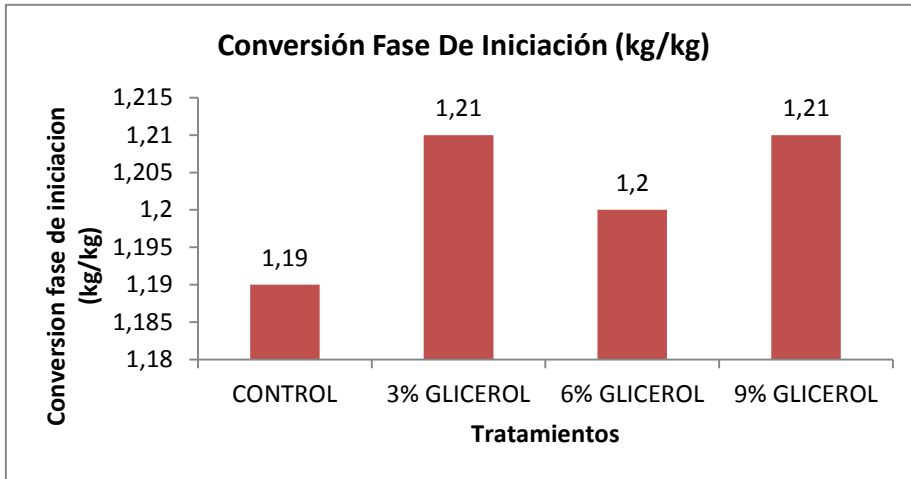
Grafica 7. Curva De Crecimiento Durante Toda La Fase Experimental

La curva de crecimiento muestra un aumento muy similar para cada uno de los tratamientos durante las primeras cinco semanas, pero en la última semana muestra aumentos significativos del grupo control con respecto a los tratamientos en que se adiciono la glicerina cruda o glicerol, que concuerda con las diferencias estadísticas encontradas en la fase de engorde a favor del grupo testigo. Las mejores ganancias de peso del grupo control fueron debidas a los consumos más altos obtenidos en comparación a los tratamientos con glicerol para la última fase de crecimiento.

6.3 Conversión Alimenticia: En la conversión alimenticia no se encontró ninguna diferencia estadística durante la fase de iniciación, engorde y toda la fase de crecimiento, a pesar que los consumos de alimento fueron significativamente menores en el tratamiento control en la fase de iniciación con respecto a los tratamientos en los que se incluyó el glicerol, pero aumentaron en la fase de engorde equilibrando los resultados durante toda la fase experimental, resultando en conversiones y ganancias de peso similares en todos los tratamientos. Se obtuvo mejores conversiones numéricas en el tratamiento control y con la inclusión del 6% de glicerol, comparada con el 3% y 9% de glicerol. Avellaneda y col, 2009, encontraron diferencias significativas en la conversión en la fase de iniciación, pero no en la fase de engorde, con niveles crecientes de glicerina cruda del 2%, 4% y 6%, en pollos de engorde hembras en la Sabana de Bogotá.

Tabla 11. Conversión Fase De iniciación (Kg/Kg)

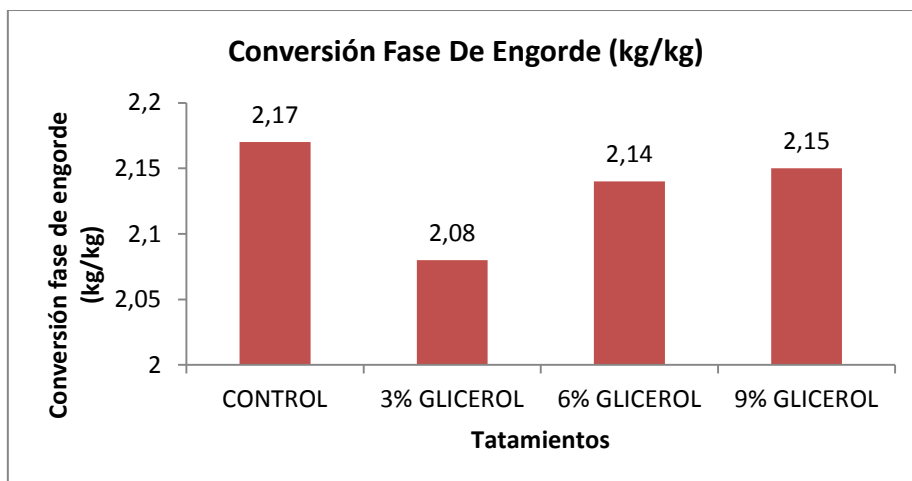
Conversión Fase De iniciación (Kg/Kg)			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
1,19	1,21	1,2	1,21



Grafica 8. Conversión Fase De Iniciación

Tabla 12. Conversión Fase De Engorde (Kg/Kg)

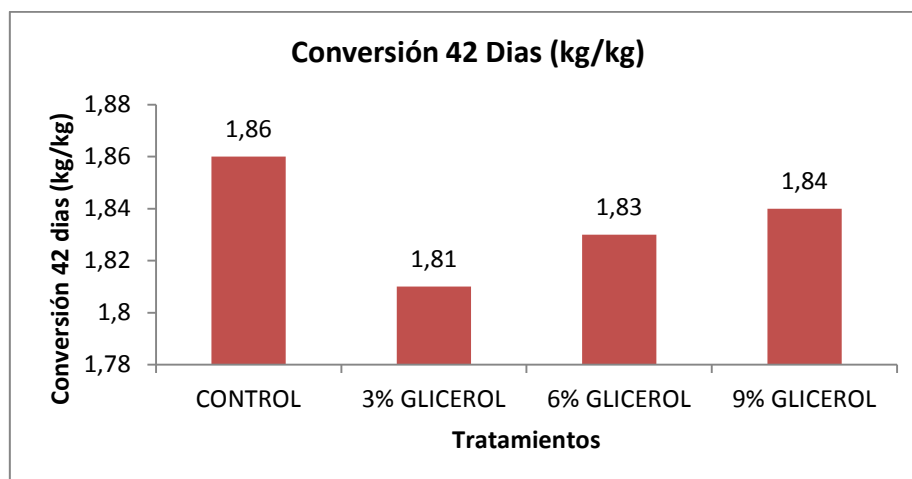
Conversión Fase De Engorde (Kg/Kg)			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
2,17	2,08	2,14	2,15



Grafica 9. Conversión Fase De Engorde

Tabla 13. Conversión 42 Días (Kg/Kg)

Conversión 42 Días (Kg/Kg)			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
1,86	1,81	1,83	1,84



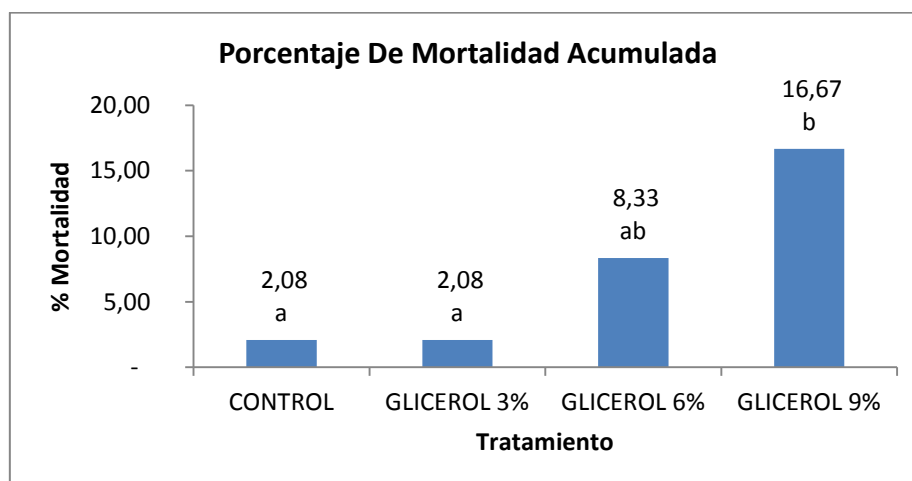
Grafica 10. Conversión 42 Días

6.4 Mortalidad: Durante toda la fase experimental se obtuvieron diferencias altamente significativas con un aumento progresivo de la mortalidad al incrementarse los niveles de inclusión del glicerol, asociadas a asistís aviar principalmente en las dos últimas semanas de vida, teniendo en cuenta que este trabajo se realizó a alturas superiores a los 2500 msnm, en la que se disminuye la oferta de oxígeno y el metabolismo de los pollos aumenta con los consumos voluntarios ofrecidos a las aves, causando una mayor presentación de este síndrome ascítico que concluyó en altas mortalidades. Probablemente al ofrecer estas dietas con programas de restricción alimenticia, las mortalidades hubieran sido menores, y los parámetros productivos pudieran variar también.

Los aumentos de los niveles de glicerol en las dietas pudieron afectar el metabolismo de las aves con un mayor funcionamiento hepático que agudizó el proceso ascítico. Los porcentajes de mortalidad fueron similares en el control y hasta un 3% de inclusión de glicerol, pero con el 6 y 9% se duplicaron las mortalidades.

Tabla 14. Porcentaje De Mortalidad Acumulada

Porcentaje De Mortalidad Acumulada			
CONTROL	GLICEROL 3%	GLICEROL 6%	GLICEROL 9%
2,08	2,08	8,33	16,67

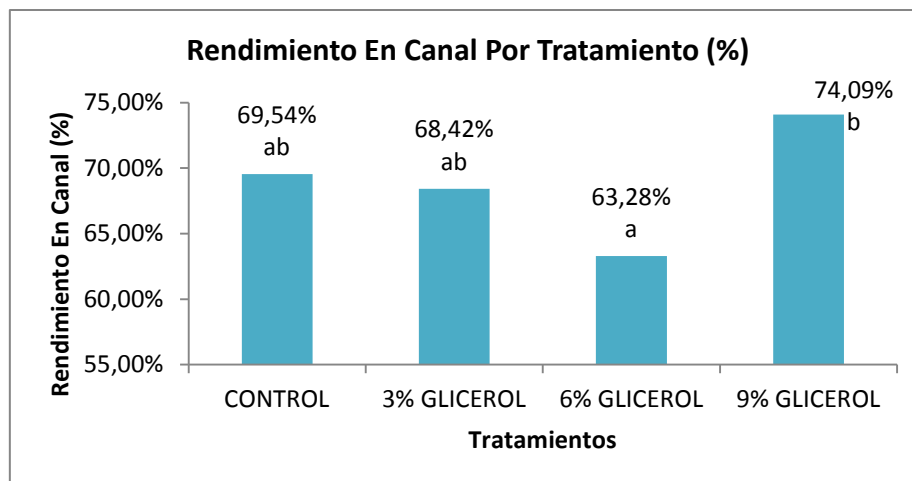


Grafica 11. Porcentaje De Mortalidad Acumulada

6.5 Rendimiento en canal: El rendimiento en canal fue significativamente superior en el tratamiento con 9% de glicerol, posiblemente por el menor peso vivo promedio al sacrificio en comparación a los otros tratamientos o menor grasa abdominal. Resultados que contrastan con *Avellaneda y col, 2009*, y *Waldroup, 2006*, donde encontraron perdida en el rendimiento en canal y pechuga con inclusiones del 6% y 10% de glicerol respectivamente. Este último autor no encontró diferencias significativas en la canal con inclusiones hasta del 5% de glicerol.

Tabla 15. Rendimiento En Canal Por Tratamiento (%)

Rendimiento En Canal Por Tratamiento (%)			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
69,54%	68,42%	63,28%	74,09%

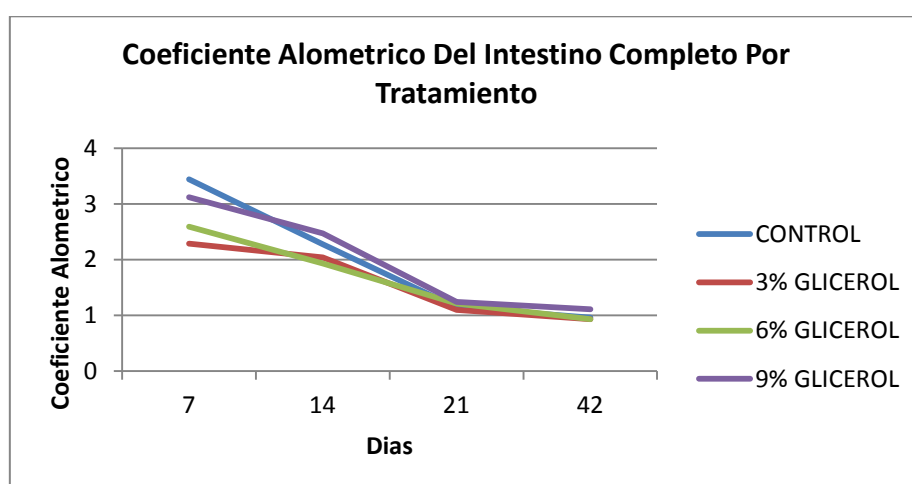


Grafica 12. Rendimiento En Canal Por Tratamiento

6.6 Coeficiente Alométrico del intestino: El coeficiente alométrico del intestino delgado completo durante las diferentes semanas evaluadas fueron disminuyendo a medida que crecían las aves, sin encontrarse diferencias estadísticas. Los diferentes niveles de inclusión del glicerol no afectaron el peso de este órgano que es el principal sitio de absorción de nutrientes. El crecimiento alométrico fue superior hasta el día 21 lo que indica un mayor crecimiento de éste órgano en comparación al peso del ave y al día 42 fue inferior. Sin embargo Avellaneda y col., 2009 encontró diferencias significativas en el peso relativo del íleon con los diferentes niveles de inclusión del glicerol en comparación a un control, siendo mayores a medida que incrementaban, pero no encontró diferencias estadísticas en el duodeno y yeyuno. El principal sitio de absorción de nutrientes del intestino se produce en el duodeno y yeyuno, y en menor proporción en el íleon a pesar de la antiperistalsis producida en este órgano. Las variaciones del pH también cambian durante el paso del alimento a través del intestino siendo menores en el duodeno y mayores en el íleon.

Tabla 16. Coeficiente Alométrico Del Intestino Delgado Completo Por Tratamiento

Coeficiente Alométrico Del Intestino Delgado Completo Por Tratamiento				
DÍA	CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
7	3,44012211	2,28763046	2,5913777	3,12029785
14	2,27742499	2,0386095	1,93157382	2,46890673
21	1,14436152	1,09792402	1,21418946	1,24284874
42	0,96299295	0,93153625	0,93160785	1,11063086



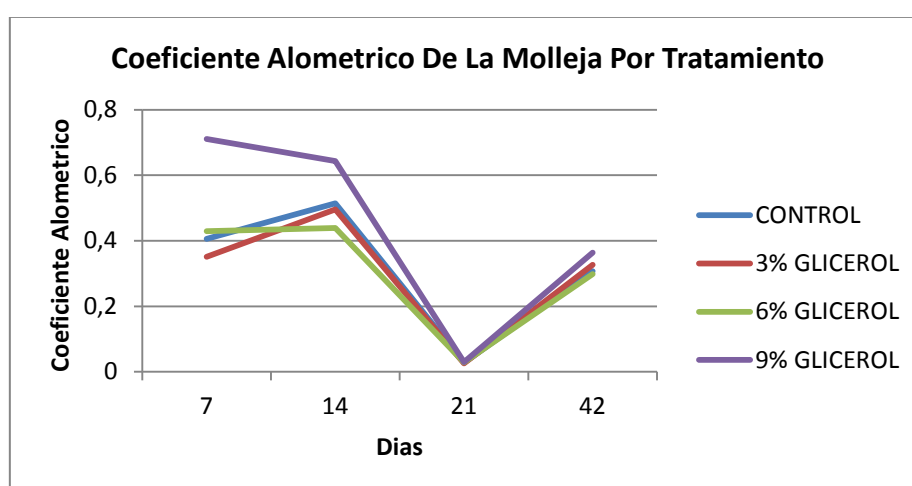
Grafica 13. Coeficiente Alométrico Del Intestino Completo Por Tratamiento

6.7 Coeficiente Alométrico de la molleja: El crecimiento alométrico de la molleja fue inferior a uno durante las diferentes etapas evaluadas, lo que determina un menor crecimiento de este órgano en relación al peso del pollo. Se encontró una diferencia numérica superior a los 7 días de edad de los pollos superior en el control, sin ser significativa. A los 14 días el crecimiento alométrico aumento en los tratamientos con glicerol pero disminuyó en el control. A partir del día 14 a 21 los crecimientos disminuyeron en todos los tratamientos. Hubo un cambio brusco en el crecimiento de este órgano a partir del día 21 en todos los tratamientos aumentando al día 42, debido a que los datos no se tomaron al día 28 y 35, de lo contrario este crecimiento hubiera sido menos perceptible. *Ariza, y col., 2009*, no encontraron diferencias significativas en este órgano.

El peso de la molleja principalmente varía de acuerdo al grado de granulometría, encontrándose que la molleja tiene un mayor crecimiento con alimentos peletizados en comparación con harinas, dado que su función principal es moler el alimento. En la molleja también se originan movimientos peristálticos que influyen en el paso de alimentos al intestino delgado el cual puede afectar en forma indirecta la absorción y degradación de nutrientes. En este trabajo de investigación el alimento en harina ofrecido con los diferentes niveles de inclusión del glicerol, no afecto aparentemente la granulometría y por consiguiente el crecimiento alométrico de este órgano. *Waldroup 2006 y Dossier 2002*, comentan que la adición del glicerol mejora la calidad del peletizado hasta niveles de inclusión máxima del 10%, no encontrándose diferencias en este trabajo hasta un 9% con utilización en harina.

Tabla 17. Coeficiente Alométrico De La Molleja Por Tratamiento

Coeficiente Alométrico De La Molleja Por Tratamiento				
DÍA	CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
7	0,40546997	0,35109291	0,429723	0,71051088
14	0,51419849	0,49595454	0,43868453	0,64365366
21	0,02807737	0,02522106	0,02868287	0,02981138
42	0,30674197	0,32639093	0,29798808	0,36364222



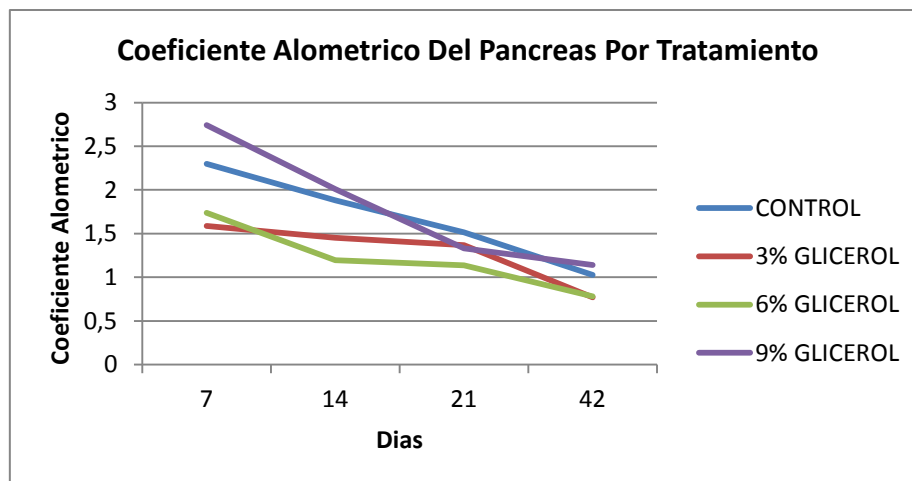
Grafica 14. Coeficiente Alométrico De La Molleja Por Tratamiento

6.8 Coeficiente Alométrico del páncreas: El crecimiento alométrico del páncreas fue superior al del ave desde los 7 días de evaluado y hasta aproximadamente la cuarta semana de acuerdo a la gráfica. Al día 42 del sacrificio los valores fueron menores a uno casi en todos los tratamientos. El páncreas es el órgano que crece en mayor proporción durante los primeros días de crecimiento del ave. Un mayor crecimiento de este órgano indica una mayor actividad en la secreción de las diferentes enzimas pancreáticas, principalmente la tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa, lipasa y amilasa, que actúan directamente en la degradación de los diferentes nutrientes. La inclusión de los diferentes niveles de glicerol no afectaron significativamente este órgano, resultados que contrastan con los encontrados por Avellaneda, 2009, donde encontró diferencias significativas en el peso relativo de éste órgano, el cual aumentó con los niveles de inclusión del glicerol.

Se debe tener en cuenta que un crecimiento anormal del páncreas, en el caso de pancreatitis puede ser producida por factores asociados a patologías y en el caso del alimento a factores antinutricionales en especial a compuestos antitripsinicos que pueden producir hipertrofia de éste órgano.

Tabla 18. Coeficiente Alométrico Del Páncreas Por Tratamiento

Coeficiente Alométrico Del Páncreas Por Tratamiento				
DÍA	CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
7	2,29977232	1,58652823	1,73875334	2,74366431
14	1,87915535	1,45262396	1,19547165	2,00862402
21	1,51481309	1,36864079	1,13518999	1,33160809
42	1,02549709	0,76988775	0,77985503	1,13997807

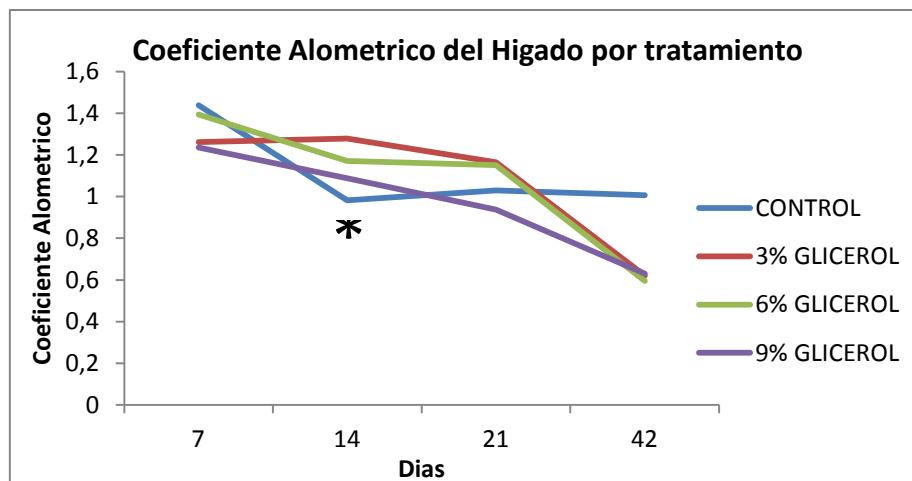


Grafica 15. Coeficiente Alométrico Del Páncreas Por Tratamiento

6.9 Coeficiente Alométrico del hígado: El hígado tuvo un crecimiento alométrico positivo desde el día 7 en todos los tratamientos. Sin embargo fue disminuyendo hasta el día 21 y 42. Al día 14 se presentó diferencias significativas en este órgano siendo superiores con un nivel de inclusión del 3% de glicerol, inferiores en el control e intermedias con el 6% y 9%. El principal sitio donde se metaboliza el glicerol es el hígado, y aparentemente estos niveles de inclusión afectaron su crecimiento al día 14 de edad de los pollos. Estos resultados son similares a los encontrados por Ariza y col, 2008, donde encontraron diferencias numéricas en el peso relativo del hígado, con un decrecimiento lineal con la inclusión creciente del glicerol. Sin embargo en esta investigación el crecimiento relativo fue superior en el control.

Tabla 19. Coeficiente Alométrico Del Hígado Por Tratamiento

DIAS	CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
7	1,43898068	1,26238284	1,39405553	1,23612308
14	0,98224636	1,27976851	1,17148132	1,08893213
21	1,03032609	1,16557223	1,15141221	0,93772213
42	1,00756751	0,62111335	0,59413137	0,63033591

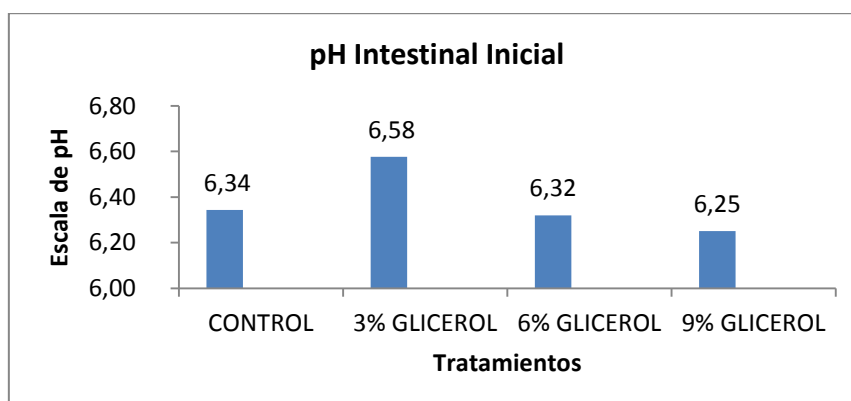


Grafica 16. Coeficiente Alométrico Del Hígado Por Tratamiento

6.10 pH intestinal: El pH intestinal evaluado no presenta diferencias significativas con los diferentes niveles de inclusión del glicerol en comparación con el control. Los niveles de pH evaluados concuerdan, con los niveles fisiológicos encontrados en el intestino del pollo, especialmente en el duodeno, que es ligeramente más ácido que el encontrado en el íleon por su proximidad a las secreciones gástricas ácidas producidas en el proventrículo. Hubo un aumento del pH intestinal tomado al inicio del experimento en comparación al final en todos los tratamientos, debido a las diferencias en las secreciones gástricas producidas en pollos de menor edad en comparación a los adultos tanto en el proventrículo como las producidas por el páncreas.

Tabla 20. pH Intestinal Inicial

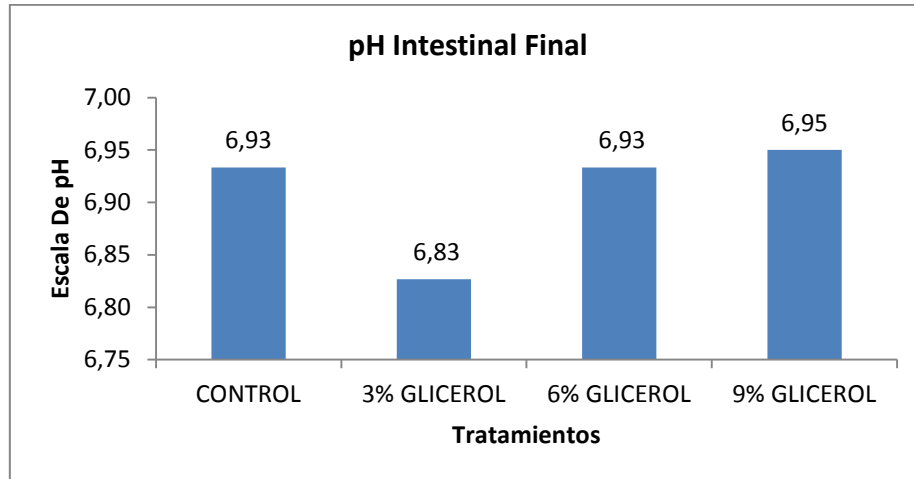
pH Intestinal Inicial			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
6,34	6,58	6,32	6,25



Grafica 17. pH Intestinal Inicial

Tabla 21. pH Intestinal Final

pH Intestinal Final			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
6,93	6,83	6,93	6,95

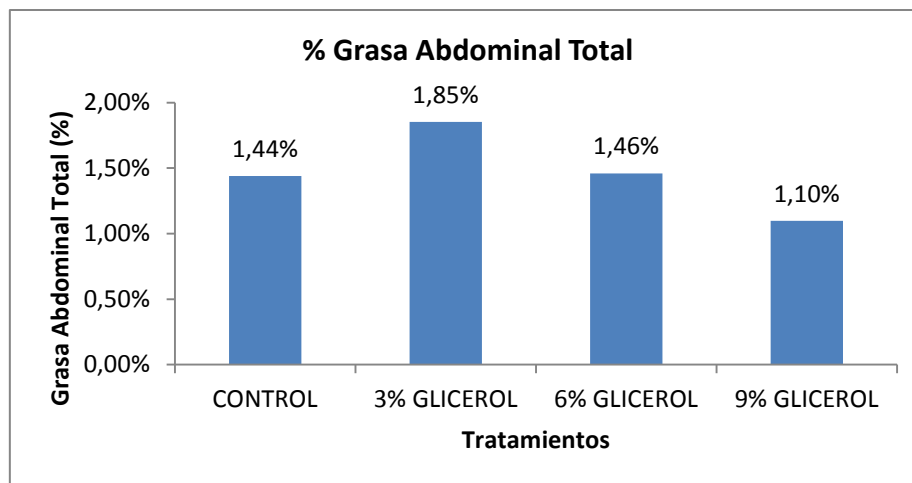


Grafica 18. pH Intestinal Final

6.11 Grasa Abdominal: No se encontró diferencias significativas en la grasa abdominal con los diferentes niveles de inclusión del glicerol. En la gráfica se muestra los porcentajes de rendimiento en grasa abdominal en comparación al peso vivo del ave. Estos resultados son un poco más bajos a los obtenidos por líneas genéticas actuales (Solla, 2012), donde los rendimientos son superiores al 2%. El menor porcentaje de grasa abdominal del tratamiento con el 9% de inclusión del glicerol, concuerda con los mayores rendimientos en canal obtenidos por este tratamiento.

Tabla 22. Porcentaje De Grasa Abdominal Total

Porcentaje De Grasa Abdominal Total			
CONTROL	3% GLICEROL	6% GLICEROL	9% GLICEROL
1,44%	1,85%	1,46%	1,10%



Grafica 19. Porcentaje De Grasa Abdominal Total

6.12 Análisis de costos: La tabla muestra unos mayores ingresos con la inclusión de los diferentes niveles de glicerol en comparación con el control. Las dietas con glicerol tienen unos precios más bajos, debido al menor precio de éste co-producto en relación al maíz. Ingresos superiores al 2% con la inclusión del glicerol, son importantes para poder recomendarlo económicamente en la inclusión de dietas para pollos.

Tabla 23. Costos

TRATAMIENTOS	CONSUMO (Kg)	PESO FINAL (g)	ALIMENTO (\$/kg)	POLLO (\$/kg)	ALIMENTO (\$)	VENTA POLLO (\$)	INGRESOS		DIFERENCIA %
							BRUTOS \$	INGRESOS %	
CONTROL	4.629	2.489	1102,48	2800	5103,67	6970,82	1867,16	26,78	
3% GLICEROL	4359,02	2.402	1096,97	2800	4781,71	6727,92	1946,21	28,92	2,14% (+)
6% GLICEROL	4409,83	2.411	1091,93	2800	4815,23	6751,25	1936,02	28,67	1,89% (+)
9% GLICEROL	4354,96	2.372	1086,43	2800	4731,36	6643,84	1912,48	28,78	2% (+)

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados en esta investigación se determinó que los niveles de inclusión del glicerol hasta un 9% de la dieta en pollos de engorde no afectaron los parámetros productivos como la ganancia de peso y conversión alimenticia, pero si en el consumo de alimento, siendo menores con la inclusión del glicerol.
- En la variable de mortalidad se obtuvo diferencias altamente significativas con un aumento progresivo de la mortalidad al incrementarse los niveles de inclusión del glicerol, asociadas principalmente a ascitis aviar, en las dos últimas semanas de vida.
- El rendimiento en canal fue significativamente superior en el tratamiento con 9% de glicerol, posiblemente por el menor peso vivo promedio al sacrificio en comparación a los otros tratamientos o menor grasa abdominal.
- El crecimiento alométrico de los órganos digestivos no tuvo diferencias significativas durante toda la fase experimental a excepción del hígado, órgano principal donde se metaboliza el glicerol.
- La inclusión de los diferentes niveles crecientes del glicerol no afectaron el pH intestinal.
- Económicamente los ingresos brutos en porcentaje fueron superiores en los tratamientos con glicerol, siendo superior los niveles del 3% y 9%, sin embargo este último tratamiento tuvo bajos peso promedios al sacrificio y debido al porcentaje elevado de mortalidad no se recomendaría para este experimento.

- De acuerdo a las diferentes variables evaluadas se recomienda la utilización del glicerol hasta un 6%, ya que al exceder estos niveles se pueden afectar los parámetros productivos y económicos.
- Se recomienda evaluar los diferentes niveles de inclusión del glicerol con mayor cantidad de aves, analizando las diferencias en machos y hembras, evaluando algunas variables intestinales como la morfometría de vellosidades, enzimas y presencia de bacterias intestinales a través de técnicas moleculares.
- Evaluar pruebas de digestibilidad y presencia de humedad en las camas, aspectos importantes que afectan la productividad de las aves.
- Al utilizar el glicerol o glicerina cruda se debe determinar el grado de pureza, principalmente la presencia de metanol, agua y glicerol, ya que la variación energética puede cambiar bastante.
- Utilizar el glicerol con dietas peletizadas ya que mejora este proceso, en comparación con la harina por la aglomeración que presenta el glicerol al mezclarse principalmente con el maíz.

8. Bibliografía

- Gianfelici M F, médico veterinario/UNRC. Uso del glicerol como fonte de energía para frangos de corte. Universidad federal de Rio Grande. Porto Alegre (RS), Brasil. Marzo de 2009
- Barcellos de Carvalho R ,VianelloMaurície T, Da Costa Ferreira B , De Vargas Junior J.G. Tópicos especiais em Ciência Animal II. Capt 15. Uso de glicerina na alimentação de aves. (Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil) 2013
- G. L. Parsons, M. K. Shelor and J. S. Drouillard. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. J Anim Sci published online Oct 10, 2008.
- Topal E; Ozdogan M. Effects of glycerol on the growth performance, internal organ weights, and drumstick muscle of broilers. Department of Animal Science, Aydın, Turkey. 2013
Cardoso Gomide A.P; Lazarini Lima A; Brustolini P.C; Ferreira A.S; Andreatta Scottá.B; Rdrigues de Azevedo L. Glicerina bruta na alimentação de aves e suínos. 2011
- Carole M; Claire L; Pierre A. IMPACT DE L'UTILISATION DE GLYCERINE SUR LES PERFORMANCES DES POULETS DE 1 A 35 JOURS. INZO° - BP 19 - Chierry -02402 CHATEAU – THIERRY Cedex,
- ANDI. Cadena productiva de alimentos concentrados y balanceados para la industria avícola y porcina diagnóstico de libre competencia. 2010
- Kosmider A; Katarzyna L; Katarzyna C. Improved Utilization of Crude Glycerol. By-Product from Biodiesel Production. Poznań University of Life Sciences. Poland
- E. Vilarrasa; V. Fragua y A.C. Barroeta. Efectos del uso de aceites ácidos esterificados
con diferente contenido en monoglicéridos en la ración del pollo de carne. , Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Edifici V, Universitat Autònoma de Barcelona
- L. McLEA y Col. Efectos de la inclusión de glicerina sobre el crecimiento de los broilers
- Penz Junior A M; Gianfelici M. Desafío del uso de ingredientes en la nutrición de aves.
- Cerrate, S. et al. 2006. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. Int. J. Poultry Sci. 11:1001-1007
- Nagata, A K. et al 2004. Energía metabolizable de algunos alimentos energéticos para frangos de corte, determinada por ensayos metabólicos e por ecuaciones de predicción.

- FEDNA. Necesidades nutricionales para avicultura: pollos de engorde y aves de puesta Abril de 2008.
- Posada Duque J A; Cardona Álzate C A. Análisis de la refinación de glicerina obtenida como producto en la producción de biodisel. Marzo de 2010
- L. McLEA y Col.Efectos de la inclusión de glicerina sobre el crecimiento de los broilers. Revista avicultura .Junio 2012
- FEDNA. Glicerina- 85%. Actualizado Abril de 2012.
- KC Zavarize1*, JFM Menten1, R Pereira1, CLS Silva1, M Bernadino1, L Freitas1, Y Karaccas2.Evaluation of the metabolizable energy of glycerins with different compositions in broiler chickens. Departamento de Ciência Animal e Pastagens, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. 2Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil
- Agência Nacional do Petróleo. 2011. Estatística de Biodiesel. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 25 Feb 2011
- Mynor A; Enríquez L. Metabolismo de triaglicérols y fosfolípidos. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de ciencias médicas fase i. Unidad didáctica: Bioquímica médica. 2º año. Ciclo académico 2,011
- Cardona Álzate C A; Orrego Álzate C E. Avances investigativos en la producción de biocombustibles. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 2009
- Betancourt López L; Pareja R I; Conde Pulgarín A; Castellanos A F; Moreno D; Aguilar F. Nutrición y alimentación animal. Universidad de La Salle.
- Dozier et al (). Valor energético de glicerina para pollos. Servicio de Investigaciones Agrícolas de USDA. Misisipi, Estados Unidos. Marzo de 2009
- Baltes W. Metabolismo de lípidos. Editorial acribia. Química de alimentos. 2006
- King M W. ChREBP: Regulador Maestro de Lípidos en el Hígado. 2013
- Buenaventura García J. La glicerina puede utilizarse como fuente de energía en pollos de engorde. Enero de 2010
- Flores A. Subproductos de biocombustibles podrían ser económicamente viables para los cultivadores. Agricultural Research. Abril de 2009
- Avellaneda Y; Rodríguez D; Afanador Téllez G. Efecto de la inclusión de glicerina cruda sobre el desempeño productivo de hembras de pollos de engorde en la Sabana de Bogotá. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA C.I- Tibaitatá.
- Ariza C; Afanador G; Avellaneda Y; Mejía G; Mayorga O; García G; Pérez C; Ordoñez C; Rubiano A; Ramos Y; Ortiz R; Malagón K; Montañés D; Loaiza A; Reina A; Téllez L; Rodríguez S. Glicerina y subproductos del biodiesel, alternativa energética para la alimentación de aves y cerdos.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA C.I-Tibaitatá.

- Valencia Echavarría D.M.Efecto de la suplementación de dietas para vacas lecheras con glicerina cruda, sobre algunos parámetros de la fermentación ruminal, producción y calidad composicional de la leche.Universidad Nacional de Colombia. Facultad, Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. 2013
- FEDNA. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos.2009
- Silva e Oliveiral J; Antoniassill R; Cordeiro de FreitasII S; Días Müllerl M. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal.
- Gonzalo G, Mateos; Piquer J; García M; Medel P. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en dietas para avicultura. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid.