



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

Y ZOOTECNIA

**ADICIÓN DE UNA MEZCLA DE PROPILENGLICOL Y DEL  
PROPIONATO DE CALCIO COMO FUENTE ENERGÉTICA EN  
DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA DE SEGUNDO CICLO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**INES GUADALUPE LINARES GUTIÉRREZ**

ASESORES

**Dr. BENJAMÍN FUENTE MARTÍNEZ**

**MC. ELIZABETH POSADAS HERNÁNDEZ**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIA

A mi padre David y mis hermanos Guillermo y Reyna que siempre estuvieron para oír mis quejas y darme consejos.

A mi bello Ángel, mi madre Susana que me cuidó en todo momento.

Gracias por confiar y apoyándome en todas mis decisiones y por enseñarme a sonreír en todo momento.

*“Piensa como piensan los sabios, más habla como habla la gente sencilla”*

*Aristóteles*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por brindarme conocimientos, valores, habilidades, experiencias y una formación de calidad que me permitió y permitirá un mejor desarrollo personal y profesional.*

*Al Centro de Enseñanza, Investigación, y Extensión en producción Avícola que me brindó mucha experiencia y satisfacción en el área. A los compañeros de este gran lugar, donde tuve buenas y malas experiencias de las cuales aprendí y me sentí apoyada, teniendo una perspectiva diferente a la vida y una mejor respuesta a mis preguntas. Y a los doctores por su invaluable y valioso apoyo y conocimiento brindado.*

*Al Doctor Ernesto Ávila por la aceptación, apoyo y valiosas aportaciones brindadas para la realización de este proyecto en el CEIEPAv,*

*A mi asesor, el Doctor Benjamín Fuente por tenerme tolerancia y confianza, por brindarme sus conocimientos y experiencias desinteresadamente. Por todo su apoyo, paciencia, orientación y ayuda brindada para desarrollar y terminar este proyecto, y para la culminación de mis estudios de licenciatura, Gracias.*

*A mi asesora, la Maestra Elizabeth Posadas por sus correcciones y comentarios muy atinados a mi tesis.*

*A mis sinodales, el doctor Antonio Díaz y José Antonio Quintana por sus comentarios y sugerencias al trabajo final. A la doctora Analía Balderas por dedicarme tiempo y tener la suficiente paciencia para hacer este trabajo de calidad, además de brindarme sus conocimientos y su valiosa amistad.*

*A la empresa PREPEC en especial al Dr Rodolfo José Medeles Orosco y Dr Héctor Herrera Gutiérrez que confiaron en que era capaz de desarrollar este proyecto además de proporcionarnos el producto y de sus valiosos comentarios.*

*A mi padre por apoyarme económica y moralmente, por brindarme todo su cariño, amor, comprensión, confianza y tolerancia en todo momento, por darme una educación de calidad, una amistad y un ejemplo a seguir para enseñarme a ser una persona responsable, respetable, plena e integra.*

*A mis hermanos Reyna y Guillermo por siempre estar ahí, soportando mis buenos y malos momentos, por llevarme y animarme a seguir, por ser además de mis hermanos, ser mis amigos y apoyar mis proyectos de todas las maneras posibles.*

*A mis amigos que encontré en mi formación básica, Rosmery y María de Jesús, a quienes encontré en mi preciado CCH-SUR, Gabriela, Erick y Sergio. Ya los encontré en mi linda facultad, con los que inicié, Andrea y Sofia, a los que encontré en el camino, Sergio, Abi, Aida, Nadia, Alejandra, Norma, Miriam y a los que me falta mencionar, gracias por siempre estar ahí, por hacer más ligero el camino y lleno de grandes sonrisas, por su apoyo cuando más lo necesitaba y menos lo esperaba, gracias por ser como un ángel y luz que guía mi camino.*

*Y como olvidar a esos grandes amigos que encontré en el CEIEPAv, Adriana, José Luis, Viridiana, Anaysa Azyadeth con quienes pase unos muy agradables momentos y a todos los compañeros de la granja, gracias por brindarme su ayuda, apoyo, comprensión, confianza y conocimientos en todo momento.*

*A dios por brindarme esta hermosa experiencia de haber conocido y estudiado esta bella carrera de MVZ, que me hizo que conociera el paraíso en diferentes lugares de nuestro México y también lindas, carismáticas e inteligentes personas.*

*Y porque no también a mí, por siempre ser perseverante, tolerante, veraz y ver de la mejor manera la vida, luchando por mis metas.*

*Gracias a todas aquellas personas que creyeron en mí, ayudándome y apoyándome para alcanzar mis sueños, para que se volvieran realidad.*

## CONTENIDO

RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Situación actual de la avicultura nacional .....	5
1.1 Fuentes energéticas.....	5
1.2 Principales fuentes energéticas .....	7
1.3 Gluconeogénesis .....	9
1.4 Propionato de calcio.....	12
1.5 Propilenglicol .....	13
1.6 Justificación .....	15
1.7 Hipótesis .....	16
1.8 Objetivo general.....	17
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
2.1 Análisis estadístico.....	21
3. RESULTADOS.....	22
4. DISCUSIÓN.....	24
5. REFERENCIAS .....	28
6. CUADROS Y FIGURAS .....	33

## RESUMEN

LINARES GUTIÉRREZ INES GUADALUPE. Adición de una mezcla de Propilenglicol y del Propionato de calcio como fuente energética en dietas para gallinas de postura de segundo ciclo. (Bajo la dirección del MVZ Dr. Benjamín Fuente Martínez y MVZ MC. Elizabeth Posadas Hernández)

Con el objeto de evaluar el comportamiento productivo y la calidad interna del huevo en gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de una mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio (MPP) como fuente energética. Se utilizaron 288 gallinas de segundo ciclo de la línea Bovans White, las cuales fueron alojadas en jaulas, en una caseta de ambiente natural. Las aves se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 4 tratamientos con 6 réplicas de 12 gallinas cada una. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum* durante todo el experimento. Se emplearon dietas con base en sorgo + pasta de soya que cumplieron con las necesidades nutricionales de la estirpe. Los tratamientos fueron: 1.- Sin inclusión de MPP 2.- Con inclusión de 0.5 kg/ton de MPP; 3.- Con inclusión de 1 kg/ton de MPP; 4.- Con inclusión de 2 kg/ton de MPP a expensas del aceite de la dieta en relación 1:10. Durante los 70 días de experimentación se llevaron registros semanales de porcentaje de postura, peso de huevo (g), masa de huevo ave/día (g), consumo de alimento ave/día (g), índice de conversión alimentaria (kg:kg), porcentaje de huevo sucio, roto y sin cascarón (fárfara). Al final del experimento se evaluó la calidad interna del huevo a 4 huevos por réplica. Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación de las diferentes inclusiones de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía a expensas del aceite no mostraron un efecto negativo sobre el comportamiento productivo ni para calidad interna del huevo (unidades Haugh, color, grosor y resistencia de cascarón) ( $p>0.05$ ).

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos para animales a nivel mundial en los últimos 14 años ha mostrado ser una industria con un crecimiento muy dinámico, debido a que en el periodo de 2001 al 2015 tuvo un incremento del 14%, y 2% para el 2016, con una producción global de alimento de 995.57 millones de toneladas métricas (Alltech, 2016).

La producción promedio por región de alimento balanceado para animales en millones de toneladas fue Asia (350.41), Europa (240.63), Norteamérica (194.08), Latinoamérica (152.28), África (36.13), y Medio Oriente (22.06) (Alltech, 2016).

Los cinco primeros países más importantes en la producción de alimento para animales fue China con una producción de 179.93 millones de toneladas, Estados Unidos con 173.73 millones de toneladas, Brasil con 68.70 millones de toneladas, la India con 31.54 millones de toneladas y México con 31.11 millones de toneladas fabricadas (Alltech, 2016). El 47% de toda la producción a nivel mundial fue destinado al sector avícola manteniéndose así este sector como líder de la industria alimentaria. Teniendo un incremento del 6% anual del total producido a nivel mundial, de los cuales 142 millones de toneladas fueron para las gallinas de postura, 295 millones de toneladas para el pollo de engorda, el resto fue para pavos y otro tipo de aves (Alltech, 2016).



En 2013 México se encontraba en el cuarto lugar, con 29 millones de toneladas de alimento, de las cuales el 6.1 fueron de gallinas de postura y 8.4 de pollos de engorda (CONAFAB, 2013). Siendo la principal fuente de proteína, la pasta de soya y el principal cereal, el maíz para la fabricación de estos alimentos (Alltech, 2016).

El precio promedio a nivel mundial en dólares por tonelada para el alimento de gallinas de postura fue de \$396.80, Norteamérica \$223.31 y para Latinoamérica \$433.20 (Indexmundi, 2016).

Indexmundi (2016) reportó que en el mes de enero del 2015 la tonelada de aceite de soya tenía un costo en pesos mexicanos de \$10,397.090 y para julio del mismo año se incremento el costo en un 6.7%, terminando en enero del 2016 con un incremento de 14.7% respecto al año anterior.

Por otro lado México se encuentra en el quinto lugar como productor de huevo a nivel mundial (Alltech, 2016). Teniendo al alimento como el insumo más caro, con un 67% del costo total de la producción, utilizando como principal base a los granos forrajeros como el maíz y sorgo, con un costo por tonelada en moneda nacional de \$4,064.27 y para la fuente de proteína (pasta de soya) de \$7,119.11 (UNA, 2016). Figurando como los mayores productores de huevo a nivel nacional: Jalisco, Puebla, Sonora, La Laguna, Yucatán y Sinaloa (UNA, 2016).

En el 2015 la avicultura aportó al PIB total nacional 0.792%, y al PIB del sector pecuario 37.25%, generando 131,115 millones de pesos, de los cuales 52,085 millones de pesos fueron producto del sector del huevo (UNA, 2016).

En el periodo de 1994 al 2015 hubo un aumento constante de 2.9% anual, con un consumo per cápita de 22.3 Kg de huevo. Teniendo una producción nacional de 2,637,581 toneladas de huevo de gallina para plato e importándose de Estados Unidos el 0.1% de la producción nacional (UNA, 2016).

## 1.1 Situación actual de la avicultura nacional

La avicultura en México en el 2015 participó en el producto interno bruto total con 0.792%, de cual el huevo representa el 0.308% y la carne 0.484%. En lo que es el sector agropecuario participó con el 22.96%, aportando el huevo 8.92% y la carne de ave 14.04%. Y en el sector pecuario, participó con 37.25% representando la carne de pollo un 22.77% y el huevo, 14.47% (UNA, 2016).

En este mismo año la avicultura aportó a la producción pecuaria el 63.6%, donde el pollo contribuyó con el 34.7%, el huevo con 28.8% y las otras especies el 36.4% (Figura 1) (UNA, 2016).

Consumiéndose 15.5 millones de toneladas de alimento balanceado, de los cuales, el 63 % fueron granos forrajeros como maíz y sorgo (UNA, 2016).

En este mismo año la avicultura produjo 131,115 millones de pesos, de los cuales 39.72% fueron de huevo (con una producción de 2, 637,581 toneladas), 59.81% de carne de pollo, y 0.46% de pavo (UNA, 2016).

## 1.2 Fuentes energéticas

En la dieta de los animales la energía se considera como el combustible del cuerpo del animal expresado en calorías. El valor total de energía o energía bruta de un alimento no es completamente utilizado, ya que el alimento debe ser digerido, absorbido y metabolizado antes que su energía pueda liberarse, por lo cual una

porción considerable de energía se pierde antes de que el animal tenga la oportunidad de obtener su energía neta (Ávila, 2001).

Entre los ingredientes que conforman la dieta de las aves, los alimentos energéticos son los más costosos, dado que se adicionan en un 60% aproximadamente (Milgen, 2007).

La inclusión es tan alta, ya que la energía disponible de dichos ingredientes determina una vez cubiertas las necesidades de mantenimiento y crecimiento el comportamiento productivo del animal (Braña, 2007).

Las aves consumen el alimento en primer lugar para satisfacer sus necesidades energéticas; por lo tanto si una ración es muy baja en esta y rica en fibra, consumirán mayor cantidad de alimento para tratar de cubrir la demanda energética, si no se logra el objetivo se corre el riesgo de que se utilice la proteína para generar energía en vez que sea utilizada para la síntesis de tejidos (Ávila, 2001).

Para la elaboración de las dietas para animales además de la energía, es importante tomar en cuenta a los ácidos grasos esenciales, como son: El ácido linoleico,  $\alpha$ -linolénico, oleico y otros que forman parte de distintas membranas y participan en el transporte de lípidos y ciertas enzimas lipoproteicas. La mayoría de estos están presentes en los aceites vegetales comestibles de importancia comercial (McDonald *et al.* 1999).

La energía requerida para las funciones orgánicas es almacenada y distribuida por el tejido adiposo junto con el tejido hepático. Los adipocitos se encuentran distribuidos de manera extensa de forma subcutánea alrededor de las vísceras y los vasos sanguíneos y en los espacios interfibrilares del tejido muscular (Shimada, 2003).

Las funciones del tejido adiposo son principalmente las que se relacionan con la síntesis y degradación de los triglicéridos y ácidos grasos (Shimada, 2003). Además para que el animal pueda utilizar la energía almacenada en los carbohidratos y lípidos requiere que pasen por un proceso metabólico complejo que finaliza con la síntesis de ATP por medio de la fosforilación oxidativa (Mathews *et al.* 2002). Sin embargo, el animal puede obtener energía a partir de otros sustratos diferentes a los carbohidratos y grasas, llamados precursores gluconeogénicos (Mathews *et al.* 2002).

### 1.3 Principales fuentes energéticas

Las fuentes energéticas se caracterizan por tener más del 50% de extracto libre de nitrógeno, alrededor del 15% de proteína, 18% de fibra cruda y al menos 5% de extracto etéreo con base en la materia seca. Dentro de estos están los granos de cereales y sus subproductos, subproductos agrícolas, subproductos industriales, gramíneas y leguminosas (Agudelo, 2001).

Los granos constituyen la mayor parte de los alimentos ricos en energía. Algunos contienen hasta un 85% de hidratos de carbono (almidón) y el 6% de grasa (Ensminger, 1983). Los más utilizados son el maíz, el sorgo, el trigo, el arroz, la cebada y la avena (Agudelo, 2001).

Sin embargo las grasas y los aceites son la fuente más rica en energía, ya que contienen 2.25 más veces de energía que los carbohidratos (Ávila, 2001). Además de que tienen un bajo costo, contienen vitaminas liposolubles, ayudan a la fijación de pigmentos, mejoran la palatabilidad, disminuyen el polvo en las mezclas y contienen ácidos esenciales (Ensminger, 2001).

Se sabe que si se eleva el contenido de aceite en la dieta, el tamaño del huevo es mayor, ya que aportan ácidos grasos de rápida absorción. Además gran parte de los ingredientes alimenticios son bajos en estos, por lo cual se adicionan grandes cantidades debido a su alto contenido energético ya mencionado.

Hay muchos grados de grasa alimentaria como son (North, 1993):

1. Grasas duras: Casi todas son sólidas a temperatura ambiente y provienen del sacrificio de bovinos, se les conoce como cebo o manteca. Su punto de fusión esté por encima de los 40°C.
2. Grasas suaves: Estas son semisólidas, son de origen animal. Su punto de fusión está por debajo de los 40°C. Un ejemplo es la mantequilla.

3. Grasa animal hidrolizada: Estos son subproductos principalmente para la manufactura de jabones y vendidas como grasa animal hidrolizada o grasa vegetal hidrolizada. Debe contener no menos de 85% de ácido graso total.
4. Aceites vegetales: los de este grupo provienen de las plantas como el aceite de coco y son usados como fuente de energía en alimentos avícolas.

#### 1.4 Gluconeogénesis

Gluconeogénesis, se define como la biosíntesis de hidratos de carbono a partir de precursores de tres y cuatro carbonos, que no tienen naturaleza glúcida. Los principales sustratos de la gluconeogénesis son: 1) el lactato producido fundamentalmente en el eritrocito; 2) los aminoácidos, obtenidos a partir de las proteínas de la dieta o a partir de la degradación endógena durante la inanición; 3) el propionato, procedente de la degradación de algunos ácidos grasos con número impar de átomos de carbono (Fuentes *et al.* 1988), ; 4) el glicerol, procedente de la lipólisis y; 5) otros precursores glucogénicos como el propilenglicol (Mathews *et al.* 2002).

La gluconeogénesis se realiza principalmente en el citosol, aunque algunos precursores se generan en las mitocondrias y deben transportarse al citosol para utilizarse. El principal órgano gluconeogénico de los animales es el hígado y la corteza renal con una contribución menor. Mientras que los principales destinos de la

glucosa formada en la gluconeogénesis son a nivel del tejido nervioso y del músculo esquelético (Mathews *et al.* 2002).

Además, la glucosa es el precursor primario de los demás hidratos de carbono, aminoazúcares, polisacáridos complejos y los componentes hidrocarbonados de las glucoproteínas y los glucolípidos. La necesidad de glucosa como intermediario biosintético hace que la gluconeogénesis sea una ruta importante en las aves (Mathews *et al.* 2002).

En la gluconeogénesis, se utilizan diversas enzimas (Figura 2). Las tres reacciones irreversibles de la glucólisis (las catalizadas por la hexoquinasa, la fosfofructoquinasa y la piruvato quinasa) se evitan mediante enzimas específicas de la gluconeogénesis, que catalizan reacciones que van fuertemente en la dirección de la síntesis de glucosa.

Las siete reacciones restantes de la gluconeogénesis están catalizadas por enzimas glucolíticas que catalizan reacciones reversibles (Mathews *et al.* 2002).

Los pasos de la gluconeogénesis son:

A. Piruvato y Fosfoenolpiruvato:

En la mitocondria se localiza la enzima piruvato carboxilasa, la cual, en presencia de ATP, la vitamina B y CO<sub>2</sub>, convierte al piruvato en oxalacetato (Murray *et al.* 2005). Esta enzima requiere acetil-CoA como activador alostérico. El oxalacetato debe salir de la mitocondria para pasar al citosol, donde tiene lugar el resto de la ruta (Mathews *et al.* 2002)



Una vez en el citosol, el oxalacetato sufre la acción de la fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK), catalizando la conversión de oxalacetato en fosfoenolpiruvato, en esta reacción se necesita fosfato de alta energía en la forma de GTP, liberándose CO<sub>2</sub> (Murray *et al.* 2005).

Por tanto, con la ayuda de estas dos enzimas el lactato se puede convertir en fosfoenolpiruvato, al rebasar la barrera energética entre el piruvato y el fosfoenolpiruvato (Murray *et al.* 2005). Tras esta derivación, el fosfoenolpiruvato se convierte en fructosa-1,6-bisfosfato por la enzima fosfofructoquinasa (PFK), siendo un punto reversible, solo debido a que está impulsada por la transferencia de fosfato de ATP (Mathews *et al.* 2002).

#### B. Fructosa 6-fosfato y fructosa 1,6-bisfosfato

La conversión de fructosa 1,6-bisfosfato en fructosa-6-fosfato, necesaria para lograr la reversión de la glucólisis, se cataliza por la enzima fructosa-1,6-bisfosfatasa (presente en hígado, riñón y músculo estriado). Esta es una enzima clave en el sentido de que su presencia determina si un tejido es o no capaz de sintetizar glucógeno a partir no solo del piruvato sino también de los triosafosfatos (Murray *et al.* 2005).

#### C. Glucosa 6-fosfato y glucosa

La conversión de glucosa 6-fosfato en glucosa se cataliza por otra fosfatasa específica, la glucosa 6-fosfatasa (presente en hígado y riñones), que permiten

agregar glucosa a la sangre, sin embargo en los tejidos muscular y adiposo solo producen glucosa 6-fosfato para sintetizar glucosa para su propio uso (Murray *et al.* 2005).

## 1.5 Propionato de calcio

El propionato se origina a través de dos tipos de fermentación: la fermentación del butirato y la fermentación del succinato, llevado a cabo por eubacterias gram negativas. Teniendo una fórmula como propionato  $C_3H_5O_2$  y como propionato de calcio como  $C_6H_{10}CaO_4$  (Stainer *et al.* 1992).

Los ácidos grasos volátiles (ácido propiónico y butírico) son producidos en el ciego de los pollos, y son absorbidos en la sangre (Annison, *et al.* 1968).

Los propionatos se transforman en el hígado en oxalacetatos, que condensándose con la acetil CoA, entran en el ciclo del ácido tricarboxílico (ciclo de Krebs), incrementando la formación de glucosa y favoreciendo el almacenamiento de glucógeno (precursor de la glucosa) en el hígado. Por otro lado, sin el oxalacetato correspondiente, la acetil CoA se desvía a otra ruta metabólica para la formación de cuerpos cetónicos (Melendez, 2016).

La conversión de propionatos en glucosa, requieren que éstos entren primero al ciclo del ácido tricarboxílico, como succinil CoA. Estas reacciones involucran a dos vitaminas, la biotina y la B12, por lo que la tasa de utilización de los propionatos por

el hígado, depende de la disponibilidad de éstas vitaminas. Así mismo, una carencia en los animales de cobalto, interfiere igualmente en el metabolismo de los hidratos de carbono, lo que origina una disminución de los niveles de ácidos grasos (Melendez, 2016).

El propionato se activa primero con ATP y CoA por una acil-CoA sintetasa apropiada. La propionil-CoA, producto de esta reacción, experimenta una reacción de fijación de CO<sub>2</sub> para formar D-metilmalonil-CoA, catalizada por la propionil-CoA carboxilasa (Figura 3), requiriendo la vitamina biotina como coenzima (Murray *et al.* 2005).

La D-metilmalonil-CoA debe convertirse en su estereoisómero, L -metilmalonil-CoA, por la metilmalonil-CoA racemasa antes de su isomeración final a succinil-CoA por la enzima metilmalonil-CoA isomerasa, la cual requiere vitamina B12 como coenzima (Figura 4) (Murray, *et al* 2005). Ya como Succinil-CoA entra en la gluconeogénesis y de ésta en oxalacetato (Mathews *et al.* 2002).

## 1.6 Propilenglicol

El propilenglicol ó también conocido 1-2 propanodiol, propandiol y 1,2-dehidroxipropano (Barbieri *et al.* 2001), es un componente como resultado del rompimiento del propano, es catalogado como una fuente rica de energía para la alimentación de las aves (Emmanuel, 1976 y Yoshida *et al* 1971) y con acción gluconeogénica (Nielsen y Ingvarsen, 2004).

Físicamente es un líquido estable, incoloro, inodoro y viscoso. Excelente disolvente, y es miscible con agua, además de disolverse en sustancias hidrófobas (Peterson y Talcott, 2006).

Entre los glicoles, el propilenglicol tiene la más baja toxicidad. Está clasificado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) como "generalmente reconocidos como seguros" (GRAS), excepto para su uso en alimentos para gatos (Peterson y Talcott, 2006).

Miller y colaboradores (1953) proponen una ruta metabólica para la conversión de la fosforilación del propilenglicol a ácido láctico con la generación de un enlace fosfato de alta energía y una reducción de dos moles de NAD.

El propilenglicol es metabolizado a nivel hepático y parcialmente excretado en la orina. En el hígado se oxida a ácido láctico y ácido pirúvico, hasta la producción de anhídridos carbónicos y agua (Figura 5) (Barbieri *et al.* 2001).

## 1.7 Justificación

Debido al constante incremento de los precios de las fuentes energéticas convencionales, la mezcla de el propilenglicol y el propionato de calcio pudiera ser una alternativa para la substitución de las fuentes concentradas de energía para gallinas de postura de segundo ciclo por cual se plantea el presente experimento.

## 1.8 Hipótesis

El comportamiento productivo de las gallinas de segundo ciclo alimentadas con una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio, como sustituto de aceite vegetal no se verá afectado.

## 1.9 Objetivo general

Evaluar el comportamiento productivo y la calidad interna del huevo, en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes niveles de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como remplazo del aceite.

### 1.9.1 Objetivos particulares

1. Medir las variables productivas (Porcentaje de postura, consumo de alimento ave/día, peso promedio de huevo, índice de conversión alimentaria, masa de huevo ave/día y ganancia de peso) en gallinas de segundo ciclo alimentadas con diferentes niveles de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.
2. Calcular el porcentaje de huevo roto, sucio, y en fáfara (huevo sin cascarón) en gallinas de segundo ciclo alimentadas con diferentes niveles de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.
3. Determinar la calidad interna del huevo (unidades Haugh, color y grosor del cascarón) en gallinas de segundo ciclo alimentadas con diferentes niveles de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.
4. Evaluar los niveles de glucosa de sangre capilar en gallinas de segundo ciclo alimentadas con diferentes niveles de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.v) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual se localiza en la calle de Manuel M. López S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 msnm entre los paralelos 19°15´ latitud norte 99°02´ Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo Enero el mes más frío y Mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm (García, 1988).

Todos los procedimientos de manejo de las aves cumplieron con los requisitos señalados por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales (CICUA) de la FMVZ de la UNAM, con base en la norma oficial mexicana 062 (NOM-062-ZOO-1999).

Se utilizaron 288 gallinas con muda forzada para un segundo ciclo con 94 semanas de edad y 5 semanas de producción, de la Línea Bovans White con un peso de 1823 ± 37.9 g, las cuales fueron alojadas en jaulas tipo California (600 cm<sup>2</sup>/ave) de dos niveles con una distribución piramidal, ubicadas en una caseta de ambiente natural, con bebederos de copa por cada dos jaulas y un comedero tipo canaleta (13.3 cm/ave) de acuerdo a lo que menciona el manual de estirpe para aves en jaula (ISA A HGC, 2015).



Las gallinas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 4 tratamientos con 6 réplicas de 12 gallinas cada una (3 gallinas por jaula). Se les proporcionó un fotoperiodo de 16 hrs luz por día. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum* durante todo el experimento.

Se emplearon dietas para gallinas de segundo ciclo con base en sorgo + pasta de soya que cumplieron con las necesidades nutricionales de la estirpe de acuerdo a la fase de producción (Cuadros 1a y b) (ISA A HGC, 2015). Las dietas se formularon con el programa computacional Allix2. Ver 5.37.1.

Los tratamientos experimentales consistieron como se señala a continuación:

- Tratamiento 1.- Sin inclusión de una mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio<sup>1</sup>.
- Tratamiento 2.- Con inclusión de 0.5 Kg/Ton de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.
- Tratamiento 3.- Con inclusión de 1 Kg/Ton de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.
- Tratamiento 4.- Con inclusión de 2 Kg/Ton de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.

Durante los 70 días de experimentación se llevaron registros semanales de porcentaje de postura, peso de huevo (g), masa de huevo ave/día (g), consumo de

---

<sup>1</sup> Lipofeed es 1,2 propanodiol al 3.3% y Propionato de sodio o calcio al 6.9% y vehículo c.b.p. 100%. Patente No. 293972.

alimento ave/día (g), índice de conversión alimentaria (kg:kg), porcentaje de huevo sucio, roto y sin cascarón (fárfara). Al inicio y final del experimento, se pesaron 98 gallinas mediante un muestreo aleatorio sin remplazo (Méndez *et al.*, 2004).

En la novena y décima semanas de experimentación se midió la glucosa en sangre con un equipo para medición de glucemia capilar marca Accu-chek® Performa, modelo Aparato de bolsillo, a 3 gallinas por réplica (se midieron siempre las mismas gallinas), 3 veces a la semana sin ayuno previo. La muestra se tomó con la lanceta que provee el equipo en la cresta, las mediciones se iniciaron a las 9:30 am (se inició siempre por la misma gallina).

Al final del experimento, se evaluó la calidad interna del huevo con un equipo de marca TSS y la coloración de la yema con un espectrofotómetro de refractancia marca TSSQCC *Yolk Colour* con transformaciones a valores absolutos de abanico colorimétrico de DSM a 4 huevos por réplica.

## 2.1 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las variables empleadas se analizaron mediante un diseño de observaciones repetidas en el tiempo mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + d_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{i(j)} \quad \begin{array}{l} i=1, 2, 3, 4 \\ k= 1, 2, 3, 4, 5, 6 \\ j= 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 \end{array}$$

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta (porcentaje de postura, peso de huevo (g), masa de huevo ave/día (g), consumo de alimento ave/día (g), índice de conversión alimentaria(kg:kg), porcentaje de huevo sucio, roto y sin cascarón (fárfara)).

$\mu$  = medial general

$\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$d_{ik}$  = error experimental de los tratamientos

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tiempo

$(\alpha\beta)_{ij}$  = interacción entre tiempo y tratamiento

$\varepsilon_{i(j)}$  = error experimental

Las diferencias entre las medias, se compararon con la prueba múltiple de Tukey con una significancia de  $P < 0.05$  (Kuehl, 2001).

### 3. RESULTADOS

Los resultados promedio obtenidos en 70 días de experimentación sobre los parámetros productivos semanales generales, se muestran en el Cuadro 2, donde se observan que para porcentaje de postura hubo un incremento de uno por ciento durante todo el experimento ( $p < 0.01$ ).

Para el peso de huevo se observa una disminución en las semanas tres, cuatro, cinco y seis de un gramo aproximadamente ( $p < 0.01$ ). Debido a que el índice de conversión y la masa de huevo son afectados por la postura y el peso de huevo, estas dos variables, fueron afectadas durante el periodo de experimentación ( $p < 0.01$ ). El consumo de alimento no se vio afectado durante las diez semanas de experimentación ( $p > 0.05$ ). Para el huevo roto, fáfara, sucio (heces y sangre), este se vio incrementado durante el periodo experimental ( $p < 0.01$ ).

En el Cuadro 3, se muestran los resultados de las diferentes inclusiones de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía en el comportamiento productivo de la gallina Bovans White de segundo ciclo. no se encontró un efecto negativo a ninguno de los niveles de inclusión de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio sobre el comportamiento productivo (porcentaje de postura, peso de huevo, consumo de alimento, conversión alimentaria y masa de huevo) así como en el porcentaje de huevo roto, huevo sin cascarón y huevo sucio (heces y sangre) ( $p > 0.05$ ).

Los resultados de la calidad interna de huevo de las gallinas Bovans White de 96 semanas de edad alimentadas con diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía, se muestran en el Cuadro 4, donde no se encontró diferencia entre ninguno de los tratamientos empleados para unidades Haugh, color, grosor y resistencia de cascarón ( $p>0.05$ ).

En el Cuadro 5, se muestran los resultados obtenidos de glucosa en sangre capilar obtenida de la cresta de las aves sin ayuno en donde en ninguno de los tratamientos se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p>0.05$ ).

El peso final de las gallinas, así como su ganancia de peso se muestra en el Cuadro 6, en donde hubo en promedio 0.77 g/ave de ganancia diaria, no se encontraron diferencias a la inclusión de los diferentes niveles de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio, así como tampoco pérdidas de peso ( $p>0.05$ ).

El costo de producción de la dieta testigo fue de \$5.11/kg de alimento (Cuadro 1a), reduciéndose hasta 5.7% en la dieta de máxima inclusión de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio. Al calcular el costo del kg de huevo por concepto de consumo de alimento (Cuadro 3) se obtuvo una reducción de \$0.55 por kg de huevo producido.

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en parámetros productivos en 10 semanas de producción (Cuadro 2), se comportaron como una gallina de segundo ciclo al inicio de la producción, el incremento en el huevo roto y en el huevo sucio es debido a que las aves no inician con un huevo chico (40g), sino un huevo de aproximadamente 66.8g al ser un huevo más grande, las gallinas le adicionan la misma cantidad de calcio al cascarón por lo que se volverá más frágil (Quintana, 2011).

Los resultados obtenidos de los diferentes niveles de inclusión de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio (Cuadro 3), concuerdan en parte con los resultados obtenidos por Jensen y Chang (1976) quienes al añadir diferentes niveles de inclusión de propionato de calcio como fungicida en dietas de gallinas tipo Leghorn blancas (52 semanas de edad), no se afectaron los parámetros productivos con un máximo nivel de inclusión de 8%, nivel muy superior al utilizado en el presente trabajo (0.2%).

Por otro lado trabajos realizados por Bayley *et al.* (1967) y Waldroup y Bowen (1968) en pollo de engorda en fase de crecimiento mencionan es posible remplazar de un 5% a 8% del maíz que se incluye en la dieta por propilenglicol sin afectar negativamente los parámetros productivos.

Para la calidad interna del huevo (Cuadro 4), la resistencia del cascarón fue menor a lo que menciona el manual de la estirpe (ISA, 2015) en un 24.1%, cabe mencionar que el manual de la estirpe no dá valores para gallinas de segundo ciclo por lo que se consideró el último valor que menciona para la gallina de primer ciclo. Por otro lado Quintana (2011) menciona que las gallinas de segundo ciclo producen huevo más grande, y el grosor del cascarón se disminuye debido a que el ave adiciona la misma cantidad de calcio al cascarón. La cantidad de calcio que pudo haber aportado el propionato de calcio (1.47g/ton) no es suficiente para mejorar la resistencia o grosor de cascarón.

Las unidades Haugh fueron muy similares a lo que marca el manual de la estirpe (ISA, 2015). El color de la yema del huevo se encontró dentro de los valores que establece la NMX-FF-079-SCFI-2004 (NOM-079) y por lo mencionado por Montoya (2015) para todos los tratamientos, cabe resaltar que el tratamiento 4 solamente contenía 0.18% de aceite.

En cuanto a la ganancia de peso para las aves fue muy similar pudiendo deberse a que las aves consumieron 29 Kcal más de lo que menciona el manual de la estirpe (ISA, 2015), siendo los resultados muy parecidos a lo que menciona Rostagno *et al.* (2011). Estos consumos de calorías pueden estar relacionados con la cantidad de glucosa presente en sangre ya que los tratamientos que contenían la mezcla de

Propilenglicol a una dosis de 2 kg/ton fueron los que obtuvieron mayores niveles de glucosa sanguíneos (173 mg/dl).

Los resultados obtenidos de glucosa capilar fueron inferiores a lo mencionado por (Brugère *et al.* 1987) quienes mencionan un rango de 10.6 a 19 mmol/L de glucosa en sangre, pero el rango que mencionan estos autores es tanto para pollo como para gallina de postura, por otra parte Balderas en 2003, obtuvo valores alrededor de 14.6mmol/l en sangre completa en gallinas Isa Babcock B-300, la diferencia de valores con estos autores puede deberse a que ellos lo realizaron en sangre completa, buscando glucosa glucosilada por medio de la hemoglobina glicosilada y en el presente estudio se utilizó sangre capilar que es por medio de una reacción enzimática la cual es menos precisa de glucosa glucosilada, por lo que puede ser que se hayan obtenido valores por debajo de lo normal.



## 4.1 Conclusiones

De los resultados obtenidos, bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que los niveles utilizados de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio no afectaron de manera negativa los parámetros productivos ni la calidad interna del huevo en las gallinas de postura Bovans White de segundo ciclo.

Se recomienda en futuros trabajos estudiar las sustancias por separado, además de también incluir un testigo negativo para ver si funcionan.

## 5. REFERENCIAS

1. Alltech. Encuesta de Alimento Balanceado, 2016 *Alltech*, [en línea]. En: [http://cdn2.hubspot.net/hubfs/745395/Spanish/EncuestaAlimentoBalanceado2016\\_.pdf?t=1468008917076](http://cdn2.hubspot.net/hubfs/745395/Spanish/EncuestaAlimentoBalanceado2016_.pdf?t=1468008917076) [consulta: 08 de Julio de 2016].
2. Agudelo GG, 2001. *Fundamentos de nutrición animal aplicada*. Medellín, Colombia: Medellín, universidad de Anquioquia.
3. Annison EF, Colina KJ and Kenworthy R. 1968. Volatile fatty acids in the digestive tract of the fowl. *British Journal of Nutrition*, 22, 207-216.
4. Ávila GE. 2001. *Alimentación de las aves*. 2 ed. D.F, México: Trillas.
5. Balderas GA. 2003. *Efecto de la inclusión de la semilla de jamaica, (Hibiscus sabdariffa) en dietas para gallinas en postura sobre parametros productivos y funcionamiento hepático* [Tesis de licenciatura]. Mexico, D. F.: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
6. Barbieri S, Crimella C, Heinzl E y Luzi, F. 2001. Rol del propilenglicol: pruebas experimentales en el conejo. *Lagomorpha*, 115, 46-52.
7. Bayley HS, Slinger SJ, and Summers JD. 1967. The use of propylene glycol as a source of energy for the chick. *Poultry Science*, 46, 19-21.
8. Braña D. 2007. Regulación de la deposición de proteína en función de la energía y la disponibilidad de amino ácidos. *Primer seminario de actualización en el uso de aminoácidos cristalinos: eficiencia energética AMENA, 25-27 de julio de 2007*. QRO, Querétaro.

9. Brugère-Picoux J et al. 1987. *Biocuidimie clinique en patñologie aviaire. Intérét et limites des dosages enzymatiques chez la Poule*. Red Méd Vét, 163, 1091-1099
10. CONAFAB, C. N. 2013. *Demanda estimada de microingredientes 2014. La industria alimentaria Animal de México*. México, D.F.
11. Emmanuel B. 1976. Effect of 1-3 butanediol and 1,2 propanediol on growth, blood metabolites, and liver glycogen in broiler chickens. *Poultry science*, 55, 2294-1976.
12. Ensminger ME, Olentine CG. 1978. *Alimentos y nutrición de los animales*. Argentina: Librería El Ateneo editorial.
13. Fuentes AX, Castiñeiras LM, y Queralto CJ. 1988. *Bioquímica clínica y patología molecular*. 2 ed., Vol. II. Barcelona, España: Reverte.
14. García ME. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana*. México D.F: Talleres Offset Larios.
15. Indexmundi. *Aceite de soja Precio Mensual - Peso mexicano por Tonelada* [en línea]. En <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-soja&moneda=mxn>. (Consulta: 16 de 02 de 2016).
16. ISA A Hendrix Genetics Company. 2015. *Bovans White Commercial Management Guide*. ISA A Hendrix Genetics Company.
17. Jensen LS, y Chang CH. 1976. Effect of calcium propionate on performance of laying hens. *Poultry Science*, 55, 816-817.

18. Kuehl RO. (2001). *Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación* (2 ed.). The University of Arizona: Thomson Editores, S. A. de C. V.
19. Mathews K, Van Holde E, y Ahern G. 2002. *Bioquímica*. España: Pearson Addison Wesley.
20. McDonald P, Edwards R, Greenhalgh JF, y Morgan CA. (1999). *Nutrición Animal*. 5a ed.). España: Acribia, S. A.
21. Melendez ORJ. *La energía en la producción de la leche*. [en línea]. En <http://www.prepec.com.mx/documents/articulos/la%20energia%20en%20la%20produccion%20de%20leche.pdf>. (consulta: 25 de 08 de 2016).
22. Méndez RI, Eslava GG, y Romero MP. (2004). *Conceptos básicos de muestreo*. México: UNAM-IIMAS.
23. Milgen JV. 2007. *Energy Systems and energy utilization as affected by the animal and its environment. Primer seminario de actualización en el uso de aminoácidos cristalinos: eficiencia energética AMENA, 25-27 de Julio del 2007*. Querétaro, Querétaro.
24. Miller ON, Huggins CG y Arai. 1953. Studies on the metabolism of 1,2-dipropenediol-1-phosphate. *J, Biol. chem*, 202: 263-271
25. Montoya GV. 2015. *Efecto de niveles de Apo-éster y cantaxantina en dietas de gallinas, sobre la coloración de la yema del huevo y la preferencia del consumidor* [Tesis de licenciatura]. Mexico, D.F: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
26. Murray RK, Mayes PA, Granner DK, and Rodwell VW. 2005. *Harper, Bioquímica Ilustrada*. 14a ed. España: Manual Moderno.

27. Nielsen NI, and Ingvarsten KL. 2004. Propylene glycol for dairy cows A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Animal Feed Science and Technology*, 191-213.
28. [NOM-062] Norma Oficial Mexicana, M. [6 dic 1999]. *NOM-062-ZOO-1999*. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. México: DOF-Segob.
29. [NOM-079] Norma Oficial Mexicana, M. [2004]. *NMX-FF-079-SCFI-2004*. Productos avícolas-huevo fresco de gallina. México: DOF-Segob.
30. North MO. 1993. *Manual de producción avícola*. 3a ed. D. F. México: El manual moderno S. A. de C. V.
31. Peterson ME, and Talcott PA. 2006. *Small Animal Toxicology*. 2a ed. Oregon EE.UU: Elsevier.
32. Quintana JA. (2011). *Avitecnia Manejo de las aves domésticas más comunes*. 4a ed. México: Trillas.
33. Rostagno HS, Teixeira ALF, Lopes DJ, Cezar GP, Flávia de Oliveira R, Clementito LD, Frederico ER. 2011. *Tablas Brasileñas para Aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. 3a ed. (H. S. Rostagno, Ed. Brasil: Universidad Federal de Vicosa- Departamento de Zootecnia.
34. Shimada MA. 2003. Metabolismos. *Nutrición animal*. México: Trillas.
35. Stainer RY, Ingraham JL, Wheelis ML, y Painter PR. 1992. *Microbiología*. España: Editorial Reverte S. A.

36. Unión Nacional de Avicultores UNA. 2016. *Compendio de indicadores económicos del sector avícola*. México: Dirección de Estudios Económicos México.
37. Waldroup PW, and Bowen TE. 1968. Evaluation of propylene glycol as an energy source in broiler diets. *Poultry Science*, 47, 1911-1916.
38. Yoshida M, Ikumu H. 1971. Formation of propionaldehyde in caecum of chicken fed 1,2 propanediol. *Agr. Biol. Chem*, 35, 1628-1632

## 6. CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1a. Composición de las dietas experimentales empleadas en gallinas Bovans White de segundo ciclo con diferentes concentraciones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio (kg).

Ingrediente	Inclusión de una mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio (kg/ton)			
	0	0.5	1	2
Sorgo	638.437	646.235	654.039	669.639
Pasta de soya	188.867	187.483	186.098	183.330
Carbonato de calcio	115.975	115.986	115.996	116.016
Aceite vegetal	29.544	22.610	15.675	1.807
Fosfato de calcio	12.031	12.010	11.988	11.945
Sal	4.411	4.410	4.409	4.406
Secuestrante de micotoxinas <sup>1</sup>	3.000	3.000	3.000	3.000
Premezcla de vitaminas y minerales <sup>2</sup>	3.000	3.000	3.000	3.000
L-Lisina HCl	1.920	1.956	1.991	2.062
DL-Metionina	1.354	1.346	1.337	1.321
Pigmento natural rojo <sup>3</sup>	0.800	0.800	0.800	0.800
Bacitracina BMD 11%	0.300	0.300	0.300	0.300
L-Treonina	0.161	0.164	0.167	0.174
Antioxidante <sup>4</sup>	0.150	0.150	0.150	0.150
Pigmento amarillo sintético <sup>5</sup>	0.050	0.050	0.050	0.050
Mezcla de propilenglicol y propionato de calcio <sup>6</sup>	0.000	0.500	1.000	2.000
Total	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000
Costo aproximado (pesos)	\$ 5,111.4	\$ 5,038.4	\$ 4,965.2	\$ 4,819.1

<sup>1</sup> Klinsi I (HELM DE MEXICO, A. A.): Filosilicatos 70%, Tectosilicatos 30 % kg (arcillas Zeolitas)

<sup>2</sup> Vitaminas y minerales/kg: Vitamina A 4 MUl; Vitamina D3 666, 000 Ul; Vitamina E 10, 000 Ul; Rovimix HyD 1.67 g; Vitamina K3 1.17 g; Vitamina B1 0.83 g; Vitamina B2 2.3 g; Vitamina B6 1.16 g; Vitamina B12 0.007 g; Niacina 10 g; Ácido pantoténico 3.33 g; Ácido fólico 0.33 g; Biotina 33.33 g; Colina 100 g; Hierro 20 g; Zinc 26.27 g; Manganeso 36.67 g; Cobre 5 g; Iodo 0.33 g; Selenio 0.1 g; cbp 1000 g.

<sup>3</sup> Avired (PIVEGS) Pigmento avícola extraído del fruto del chile (*capsicum Annum*) 5 g/kg.

<sup>4</sup> Feed-Ox (Dresens Química S. A. de C. V.), BHA (Butil hidroxil anisol) 1.2%, BTH (Butil hidroxil tolueno) 9.0 %, Etoxiquin 4.8

% Agentes quelantes 10 %, excipiente cbp 100%

<sup>5</sup> Carophyll yellow (BASF) :pigmento amarillo sintético: 10 % Apo-ester

<sup>6</sup> Lipofeed (PREPEC): 1 2 propanodiol al 3.3% Propionato de sodio o calcio al 6.9% y vehículo c.b.p. 100%.

Cuadro 1b. Análisis calculado de las dietas experimentales empleadas en gallinas Bovans White de segundo ciclo con diferentes concentraciones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio (kg).

Nutriente	Inclusión de una mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio(kg/ton)*			
	0	0.5	1	2
Energía Metabolizable, Kcal/Kg	2820	2820	2820	2820
Proteína cruda, %	15.0	15.0	15.0	15.0
Metionina+cisteína, %	0.620	0.620	0.620	0.620
Lisina, %	0.820	0.820	0.820	0.820
Treonina, %	0.570	0.570	0.570	0.570
Triptófano, %	0.182	0.182	0.182	0.181
Calcio total, %	4.500	4.500	4.500	4.500
Fósforo disponible, %	0.340	0.340	0.340	0.340
Sodio, %	0.180	0.180	0.180	0.180
Ácido linoleico, %	2.274	1.930	1.597	0.920

\* Se le asignó un valor a la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio de 77,500 kcal/kg de EM



Cuadro 2. Comportamiento productivo de la gallina Bovans White de segundo ciclo\* en diez semanas de producción.

Semana	Postura, %	Peso de huevo, g	Consumo de alimento ave /día, g	Índice de conversión alimentaria, kg:kg	Masa de Huevo ave/día, g	Huevo, %			
						Roto	Fárfara	Sucio	Sangre
1	89.2	67.0	120.8	2.024	59.7	2.6	2.6	0.9	0.07
2	90.4	66.9	114.6	1.898	60.5	2.3	3.4	0.7	0.4
3	85.8	65.7	107.1	1.907	56.4	3.4	3.3	1.5	0.2
4	85.2	66.0	116.6	2.077	56.2	3.1	1.8	2.9	0.3
5	89.7	65.9	115.4	1.953	59.1	2.4	2.0	2.0	0.1
6	91.9	66.8	116.1	1.893	61.5	3.4	3.6	3.2	0.1
7	92.3	67.3	115.4	1.862	62.2	5.5	3.3	3.4	0.07
8	91.2	67.5	111.8	1.819	61.6	4.2	4.7	2.7	0.3
9	91.5	67.3	110.9	1.806	61.5	6.1	5.1	3.1	0.1
10	90.2	67.0	108.7	1.802	60.5	5.4	5.3	3.7	2.6
Promedio	89.8	66.8	113.7	1.904	59.9	3.8	3.5	2.4	0.4
EEM	0.99	0.27	0.88	0.022	0.70	0.62	0.56	0.50	0.30
P<	0.001	0.001	0.09	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

EEM = error estándar de la media

P = probabilidad

\*Las gallinas tenían 96 semanas de edad y 5 semanas de producción

Cuadro 3. Efecto de diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía en el comportamiento productivo de la gallina Bovans White de segundo ciclo\*.

Tratamiento (mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio)	Postura, %	Peso de huevo, g	Consumo de alimento ave /día, g	Índice de conversión alimentaria, kg:kg	Masa de Huevo ave/día, g	Huevo, %			
						Roto	Fárfara	Sucio	Sangre
1.- Sin inclusión	92.1	66.6	112.7	1.839	61.3	3.7	3.5	2.3	0.11
2.- Con inclusión de 0.5 Kg/Ton	87.4	67.1	113.8	1.948	58.7	4.6	3.7	3.1	0.23
3.- Con inclusión de 1 Kg/Ton	90.3	67.1	113.2	1.872	60.6	4.6	3.7	2.1	0.28
4.- Con inclusión de 2 Kg/Ton	89.3	66.1	114.4	1.943	59.1	2.8	3.4	1.3	0.23
EEM	1.35	0.44	1.18	0.024	0.94	0.86	0.80	0.56	0.08

EEM= error estándar de la media

No se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $p > 0.05$ )

Cuadro 4. Comportamiento de la calidad interna del huevo de gallinas Bovans White de segundo ciclo\* alimentadas con dietas con diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía.

Tratamiento (mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio)	Resistencia de cascarón, g/cm <sup>2</sup>	Grosor de cascarón, mm	Unidades Haugh	Color**
1.- Sin inclusión	3164	0.320	78.8	11
2.- Con inclusión de 0.5 kg/ton	3155	0.339	83.5	12
3.- Con inclusión de 1 kg/ton	3162	0.333	84.9	11
4.- Con inclusión de 2 kg/ton	2959	0.332	86.5	11
EEM	132.4	0.005	2.23	0.12

EEM= error estándar de la media

No se encontró diferencia estadística significativa en ninguno de los tratamientos empleados ( $p > 0.05$ )

\*Las gallinas tenían 96 semanas de edad y 5 semanas de producción

\*\* Determinado con un espectrofotómetro de refractancia con transformaciones a abanico de DSM marca TSS

Cuadro 5. Resultados promedio de glucosa en sangre capilar en gallinas Bovans White de segundo ciclo\* alimentadas con diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía

Tratamiento (mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio)	Glucosa en sangre, mg/dl
1.- Sin inclusión	168.8 <sup>a</sup> (9.37)
2.- Con inclusión de 0.5 kg/ton	166.9 <sup>a</sup> (9.26)
3.- Con inclusión de 1 kg/ton	168.5 <sup>a</sup> (9.35)
4.- Con inclusión de 2 kg/ton	173.6 <sup>b</sup> (9.63)
EEM	1.34

Valores entre paréntesis son en mmol/l

EEM= Error estándar de la media

Diferente letra en columna son estadísticamente distintos ( $p < 0.01$ )

\*Las gallinas tenían 96 semanas de edad y 5 semanas de producción

Cuadro 6. Resultados promedio ganancia de peso de gallinas Bovans White de segundo ciclo\* alimentadas con diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía

Tratamiento (mezcla de Propilenglicol y propionato de calcio)	Ganancia de peso, g
1.- Sin inclusión	69.7 (0.99)
2.- Con inclusión de 0.5 kg/ton	44.1 (0.63)
3.- Con inclusión de 1 kg/ton	49.0 (0.70)
4.- Con inclusión de 2 kg/ton	51.8 (0.74)
EEM	29.8

Valores entre paréntesis son ganancias de g/ave/día

EEM= Error estándar de la media

El peso inicial de las gallinas fue de  $1823.8 \pm 37.9$  g

\*Las gallinas tenían 96 semanas de edad y 5 semanas de producción

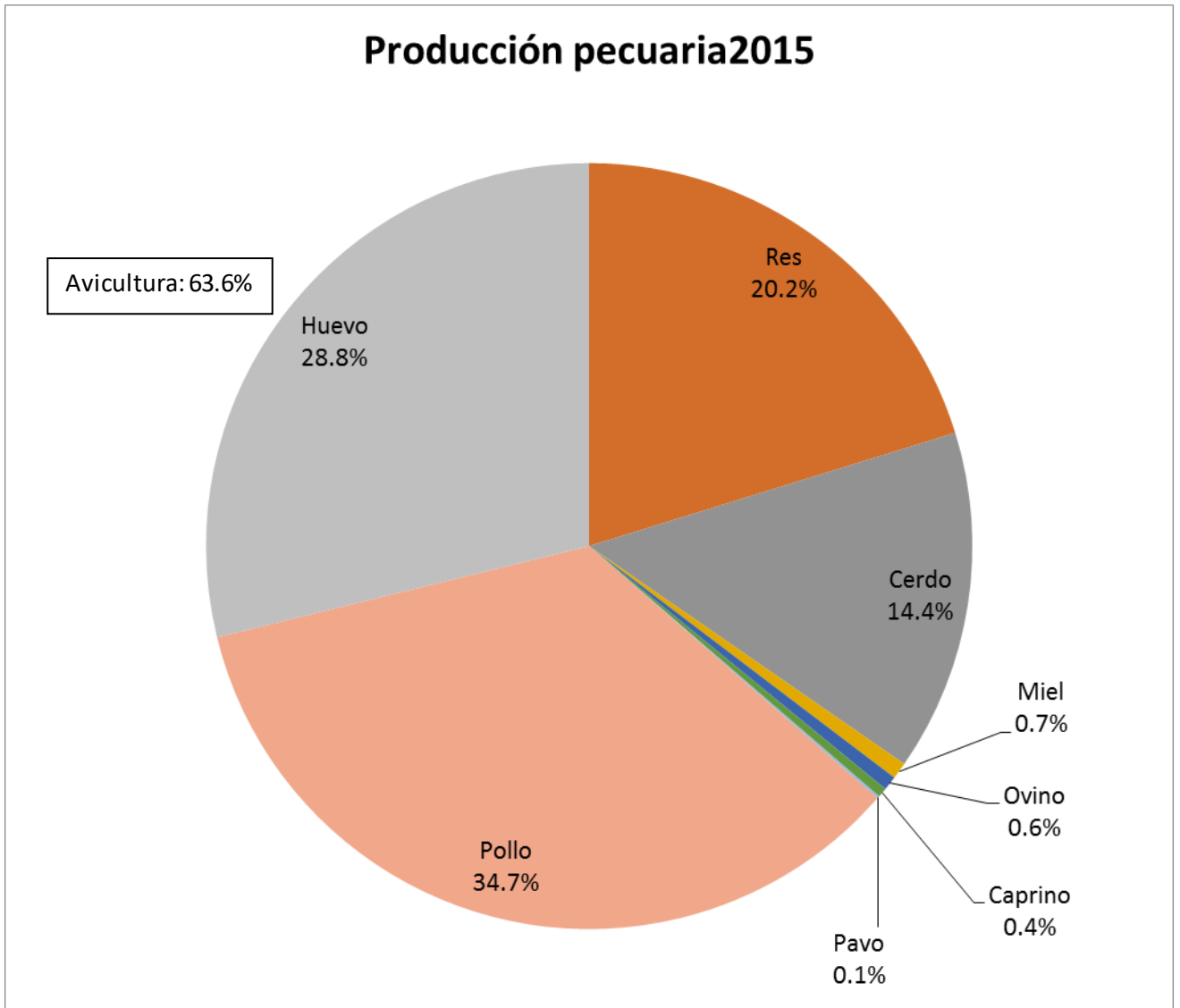


Figura 1. Producción pecuaria total del año 2015. Elaborado por UNA (2016).

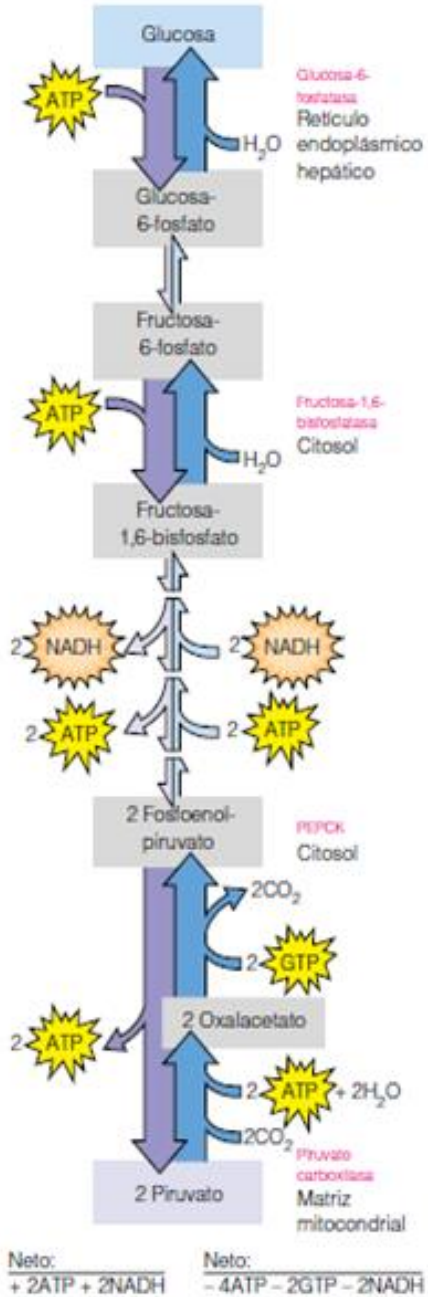


Figura 2. Resumen de la ruta de la gluconeogénesis, Las reacciones irreversibles de la glucólisis se indican de color morado oscuro. Las reacciones opuestas de la gluconeogénesis, que evitan estos pasos, se indican de color azul oscuro. Las flechas claras identifican las reacciones reversibles utilizadas en ambas rutas. (Mathews *Et al.* 2002)

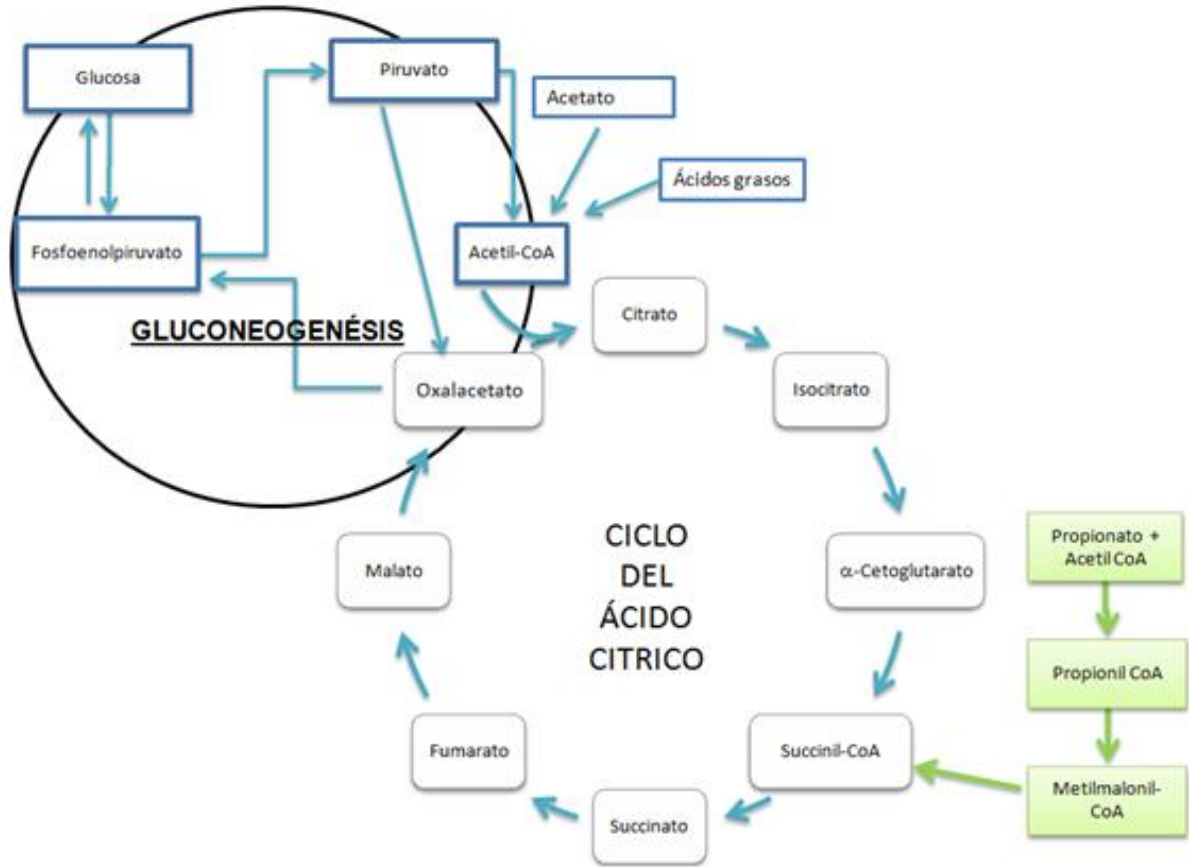


Figura 3. Ruta metabólica del propionato de calcio elaborado por autora

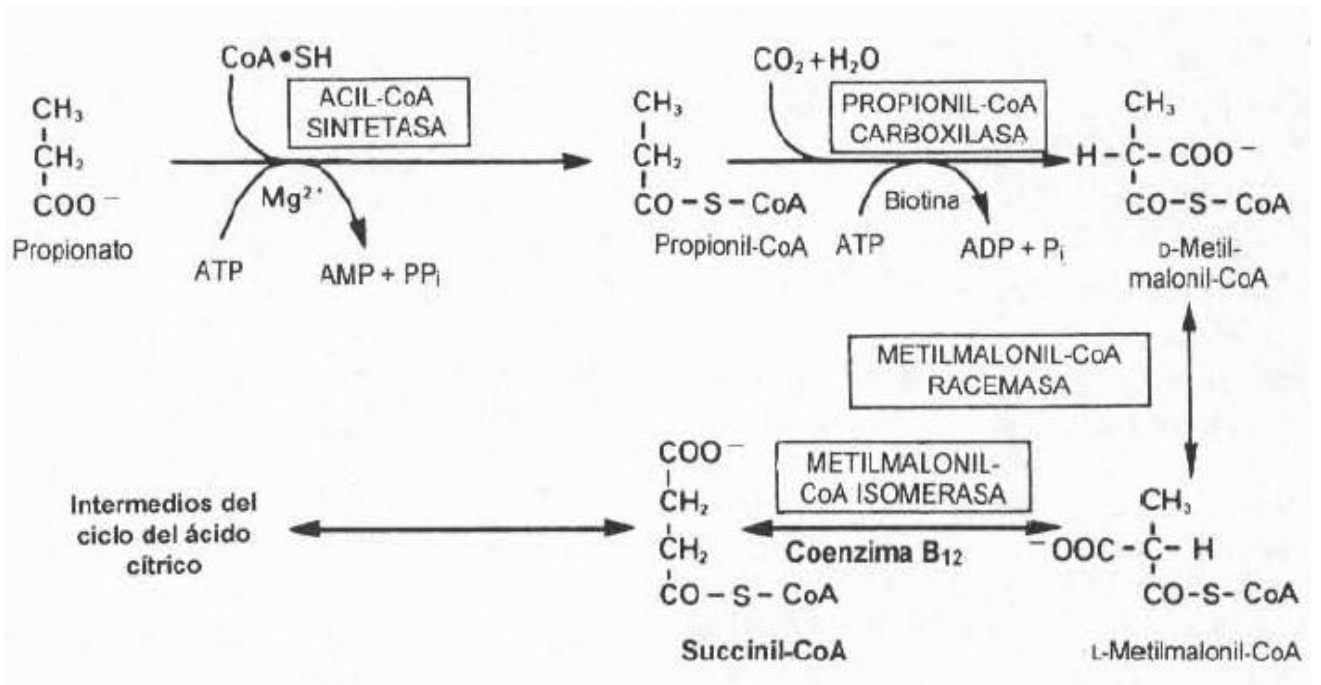


Figura 4. Metabolismo del propionato (Murray *et al.* 2005).



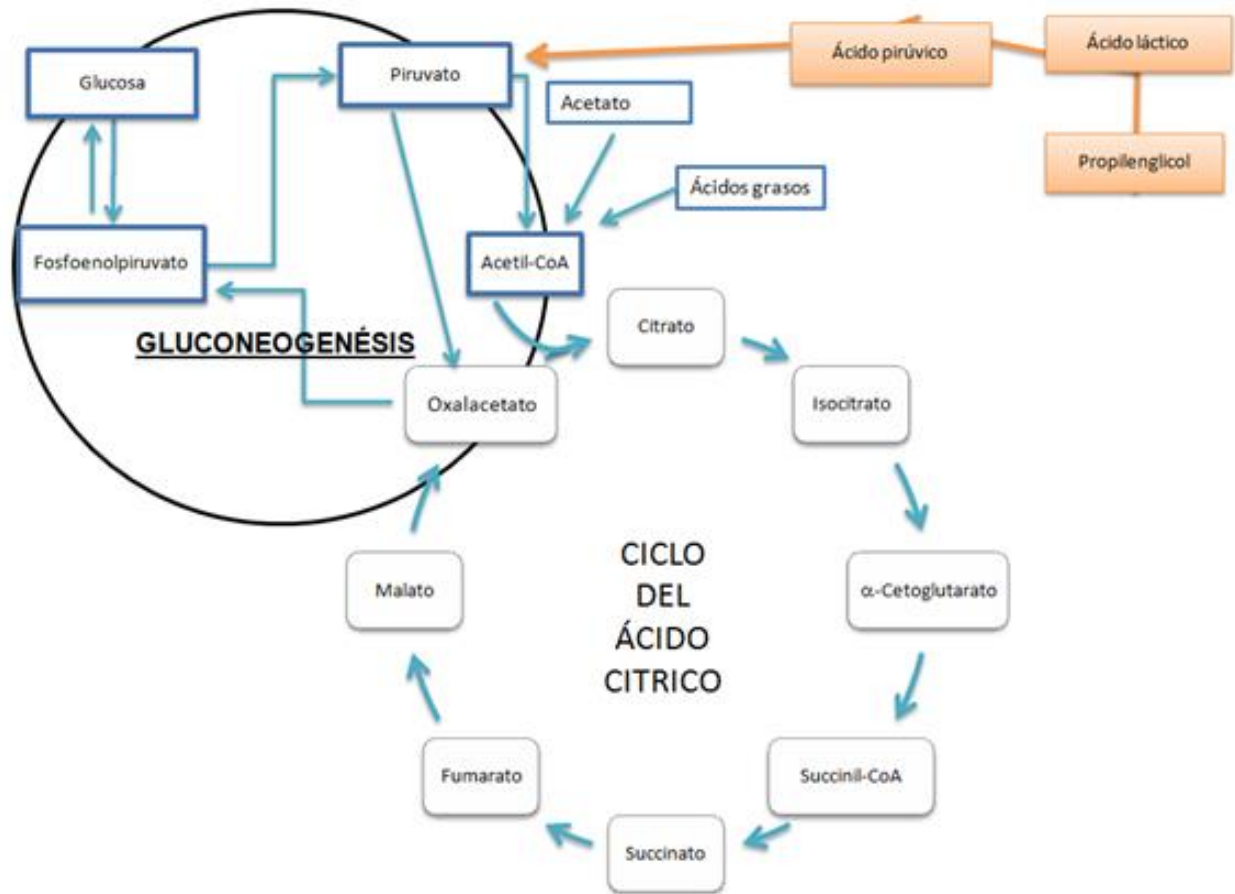


Figura 5. Ruta metabólica del Propilenglicol. Elaborado por autora.