



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
**EVALUACIÓN DEL PROPILENGLICOL, PROPIONATO
DE CALCIO Y UNA MEZCLA DE AMBOS EN
SUBSTITUCIÓN DEL ACEITE VEGETAL EN DIETAS
PARA GALLINA BOVANS WHITE**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICA VETERINARIA Y ZOOTECNISTA

PRESENTA

CASTILLO MERCADO AÍDA

ASESORES

DR. BENJAMÍN FUENTE MARTÍNEZ

MVZ. MC. TOMÁS JÍNEZ MÉNDEZ



Ciudad Universitaria, Cd. de Mx. 2017



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 madre Lucía Olívía Mercado de la Torre, a mi padre Crisóforo Castillo Hernández y a mis Hermanas y hermano, quienes siempre me demuestran su apoyo y amor incondicional

Los quiero tanto.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por brindarme conocimiento y una formación completa.

Al centro de enseñanza, investigación y extensión en producción avícola, que aportó experiencia, amigos, maestros y momentos únicos que no voy a olvidar.

Al Dr. Ernesto Ávila González por el apoyo y las oportunidades que me otorgó para la realización de este trabajo.

Al Dr. Benjamín Fuente porque me dedicó su tiempo, paciencia, sus palabras, conocimiento. Porque para mí fue un soporte en muchos momentos, Gracias en verdad.

Al Dr. Tomás Jínez Méndez por haber aceptado ser mi asesor y ofrecerme valiosos comentarios para la realización de este trabajo.

A los miembros de mi jurado: las Dras. Yolanda Castañeda Nieto, Xochitl Hernández Velasco, Analía Balderas González y el Dr. Antonio Díaz Cruz, por concederme su tiempo y paciencia para realizar las revisiones, comentarios y sugerencias del presente trabajo.

A la empresa PREPEC, al Dr. Rodolfo José Medeles Orozco y al Dr. Héctor Herrera Gutiérrez por haberme dado la enorme oportunidad de trabajar en este valioso e interesante proyecto.

Al Dr. César Flores por haberme atendido todas las veces que acudí a usted.

Al Dr. Francisco Javier Tirado Almendra por brindarme la oportunidad de trabajar en un proyecto tan importante, y haberme apoyado en lo personal.

A mi madre Olivia y mi hermana Mari por tolerarme, apoyarme, amarme, y ayudarme a levantarme después de cada caída, cada tropiezo y desilusión.

A mi hermano David que me ha mostrado que se puede mejorar si uno se lo propone.

A mi tío Héctor por habernos apoyado siempre y ser para mí como un segundo padre.

A mis hermanas Isabel y Susana por ser un ejemplo para mí, por enseñarme no sólo con palabras, sino también con actos como es que se deben hacer las cosas.

A mi padre Crisóforo por haberme apoyado en la manera en que te fue posible.

A mis amigos: Inés por haber hecho tanto por mí en lo personal y lo académico, a Adriana y José Luis por apoyarme en todo momento que busco su apoyo, a Ana que me diste consejos muy valiosos, a Karla, Norma, Christian y Sergio que fueron un enorme apoyo y a David por haber sido un maestro de vida para mí.

CONTENIDO

Resumen	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación de la industria alimentaria y situación mundial de la fabricación de alimentos	1
1.2 Situación de la avicultura a nivel mundial	2
1.4 Importancia de la soya	3
1.5 Precios de los granos y aceites	4
1.6 Metabolismo de las grasas	4
1.7 Ciclo de Krebs y Cadena respiratoria	6
1.9 Uso de sustratos gluconeogénicos como fuentes alternativas de energía	11
1.10 JUSTIFICACIÓN	16
1.11 HIPÓTESIS	17
1.12 OBJETIVO GENERAL:	18
2. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	22
3. RESULTADOS	24
4. DISCUSIÓN	27
5. CONCLUSIONES	31
6. REFERENCIAS	32
7. CUADROS	37
8 FIGURAS	43

Resumen

CASTILLO MERCADO AÍDA. Evaluación del propilenglicol, propionato de calcio y una mezcla de ambos en sustitución del aceite vegetal en dietas para gallina Bovans White (Bajo la dirección del MVZ. Dr. Benjamín Fuente Martínez, MVZ. MC. Tomás Jínez Méndez).

Con el objetivo de evaluar diferentes sustratos gluconeogénicos como substitutos del aceite vegetal en la dieta de gallinas de postura de primer ciclo sobre su comportamiento productivo. Se utilizaron 240 gallinas de 25 semanas de edad, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos con cuatro réplicas, cada una con 12 gallinas. La alimentación y el agua se ofrecieron *ad libitum* y los tratamientos se realizaron con base en sorgo + pasta de soya diferenciándose entre ellos por la principal fuente de energía suministrada. El tratamiento 1.-Testigo positivo (con inclusión de aceite), 2.-Testigo negativo (sin inclusión de aceite), 3.-Como el tratamiento 2 con la inclusión de una mezcla de propilenglicol (PG) y propionato de calcio (PC) 2 kg/ton, 4.- Como el tratamiento 2 con la inclusión de PC 2 kg/ton, 5.-Como el tratamiento 2 con la inclusión de PG 2 kg/ton. Durante los 70 días del 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 inicio y final del experimento se pesaron 120 gallinas mediante un muestreo aleatorio simple sin reemplazo y se calculó la ganancia diaria de peso. Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación al emplear sustratos gluconeogénicos no afectaron el porcentaje de postura, el porcentaje de huevo roto, en fárfara, la calidad interna del huevo y la ganancia de peso ($p>0.05$).

1. INTRODUCCIÓN

En la producción de huevo el costo del alimento representa del 50-70% y la energía constituye el elemento de la dieta que mayor porcentaje tiene en el mismo. El consumo del alimento y las necesidades de energía de la gallina están influenciados por el nivel de producción, el peso del ave, temperatura de la caseta nivel de emplume,¹ edad del ave y estirpe.² La energía que aporta la dieta es importante puesto que cuando la dieta aporta poca energía metabolizable las gallinas tienden a consumir mayor cantidad de alimento.³

A pesar de que la mayoría de los ingredientes son fuentes potenciales de energía, existen en la dieta de las aves grupos específicos que aportan energía en mayor proporción, como son los cereales y los aceites. Se proyecta que para el 2020 la producción mundial de aves crezca a una tasa media anual de 4.9%, y se espera que la oferta de los granos siga siendo más dinámica que para otros sectores. El precio de los cereales es relativamente bajo en comparación con el de los ingredientes que nos aportan proteína, los granos son empleados en mayor cantidad por lo que se debe estar atento a los cambios de precio de los granos y de los aceites ya que ambos impactan directamente en los costos de producción.⁴

1.1 Situación de la industria alimentaria y situación mundial de la fabricación de alimentos

La producción mundial de alimento reportada por la encuesta global sobre alimento balanceado indica que éste incrementó en 161 millones (19%) de Ton en los últimos seis años.⁵

La región de Asia-Pacífico es la mayor productora, tuvo un crecimiento del 5% respecto al año pasado, donde China se coloca como el líder de la región. La Unión Europea tuvo un crecimiento del 3.33%, siendo España el país con mayor producción con 31.9 millones de toneladas, con un crecimiento de 8 % en comparación al año pasado, Brasil es quien domina en América latina aunque México ha logrado ganar un mejor lugar generando así un mayor crecimiento para esta región. Oriente Medio obtuvo el crecimiento más substancial de todas las regiones (mayor al 16%). En el caso de América del norte la producción se ha mantenido.⁵

En cuanto a producción de alimento (millones de toneladas) para el área avícola. El pollo de engorda generó mayor producción de alimento dado que obtuvo una cifra de 287.1; las gallinas de postura, 143.3; los pavos, 14.6; otras aves 6.6. De la producción total de alimento balanceado, el sector avícola utilizó el 44%, siendo esta una disminución con respecto al año pasado.⁵

1.2 Situación de la avicultura a nivel mundial

La actividad avícola ha crecido a un ritmo acelerado de forma que se ha colocado en el primer lugar de la producción pecuaria a nivel nacional abarcando el 63.8%, de este porcentaje la producción de huevo representó 29.4% y la producción de pollo 34.3%.⁶

La Unión Nacional de Avicultores reportó que entre los principales países consumidores de huevo en el 2017 se encontró a México con un consumo *per cápita* de 22.31 kg, Malasia con 19.56 Kg y Rusia con 18.19 Kg, mientras que los principales países que lo produjeron fueron China 931.8 (millones de cajas), Estados Unidos 224.5 e India con 208.8. Por otro lado los países que mayores cantidades de pollo consumieron (en miles de toneladas) fueron Kuwait (59.5), Emiratos Árabes Unidos (59.2) y Malasia (52.0), al mismo tiempo Estados Unidos (18.261), Brasil

(12,910) y China (12,3) ocuparon los primeros lugares como productores del mismo rubro.⁶

1.3 Situación de la avicultura a nivel nacional

En el 2016, México se ubicó como el cuarto productor de huevo a nivel internacional. Los principales estados productores fueron Jalisco 55%, Puebla 15 %, Sonora 8%, Yucatán y La laguna 5%.⁶

En cuanto al pollo de engorda, en el 2016. México se colocó como el sexto productor mundial. Los principales estados productores de pollo fueron Veracruz 12%, Aguascalientes 11%, Querétaro 10%.⁶

1.4 Importancia de la soya

En México la soya es utilizada principalmente en la industria avícola y porcícola que la emplea como harina principalmente y la industria del aceite. Entre las principales empresas consumidoras de soya en México se encuentran:

- Alimentos balanceados Pilgrim's Pride, SA. De C.V.
- Anderson Clayton y Co. /Malta Clayton
- Bachoco, S.A.
- Asociación de ganaderos de Tizayuca (CAITSA)

La relevancia de la soya se debe a que con el paso del tiempo la gente se ha inclinado por el consumo de alimentos naturistas, pero que cubran requerimientos de nutrientes importantes. Por tal motivo grandes organizaciones como la FAO han utilizado la soya como alimento para combatir el hambre y desnutrición en países de tercer mundo.⁷

En México se importa alrededor del 98% de la soya requerida para la industria alimentaria.⁷ El grano de soya está constituido principalmente por grasas y proteína

(60%), siendo el porcentaje aproximado de aceite del 20%.⁸

La inclusión de aceites en la dieta genera la oportunidad de incrementar el valor energético con la adición de poco volumen.⁹ Estos lípidos tienen otras funciones en los seres vivos como es formar parte de las membranas celulares, proporcionar ácidos grasos esenciales, transportar las vitaminas liposolubles. En la dieta disminuye la presencia de polvo; al disminuir la velocidad de tránsito digestivo incrementa la absorción de nutrientes, y mejora la palatabilidad de la dieta.¹⁰ Aunque existe la desventaja de tener que agregar antioxidantes.⁹

1.5 Precios de los granos y aceites

El precio por tonelada de aceite de soya en enero del 2016 fue de \$11,920.67, y para febrero del 2017 \$15,080.63, lo cual representó un incremento del 26.5%. En el caso del precio del maíz en el mismo tiempo sus costos fueron de \$ 2,908.90 a \$ 3,306.32 lo cual indicó un aumento del 13.66%. Y para el sorgo de \$3141.40 a \$2854.37 con un decremento de 9.13%.¹¹

1.6 Metabolismo de las grasas

En las aves las grasas se comienzan a digerir en duodeno, la vesícula biliar se contrae para liberar la bilis, debido a la liberación de colecistoquinina (CCK); también las enzimas pancreáticas son liberadas en el intestino delgado. Los movimientos antiperistálticos regresan el contenido a la molleja generando allí una mezcla del quimo con las secreciones digestivas (ácido clorhídrico y pepsinógeno).¹²

Entre los elementos que forman la bilis están el colesterol y la lecitina. La parte hidrofóbica de la lecitina atrae las gotas de los lípidos de manera que las encapsula. Los triglicéridos son digeridos por la lipasa y la colipasa pancreáticas. La colipasa

une la lipasa a la gota de lípido, es entonces cuando los ácidos grasos se separan del glicerol. De cada triglicérido surgen como producto de su digestión dos ácidos grasos libres separados del primer y tercer carbono del glicerol y un monoacil glicérido (molécula de glicerol con un ácido graso unido a su segundo carbono).¹³

A todo este conjunto se les llama micelas que encierran los ácidos grasos, el colesterol y los monoacil glicéridos que resultan de la digestión.¹³ Estos productos entran en las células epiteliales del yeyuno principalmente, en el retículo endoplásmico, son convertidos de nuevo en triglicéridos y se empaquetan junto con colesterol, proteínas y fosfolípidos generando quilomicrones que son hidrosolubles por la presencia de las proteínas y los fosfolípidos. Los ácidos grasos de cadena corta y media no tienen la necesidad de ser convertidos en triglicéridos ya que pueden viajar vía porta unidos a cualquier transportador como la albúmina o un fosfolípido. La enzima lipoproteína lipasa hidroliza los triglicéridos a ácidos grasos y glicerol quienes son captados por células diana en diferentes tejidos o en los adipocitos. En el músculo los ácidos grasos son oxidados para obtener energía, en tejido adiposo se reesterifican para ser almacenados como triglicéridos. Los quilomicrones aún llevan colesterol y apolipoproteínas, cuando los triglicéridos arriban al hígado vía sanguínea, pueden ser oxidados para generar energía o para formar precursores de cuerpos cetónicos.¹⁴

Cuando hay una necesidad de energía metabólica, comienza la movilización de ácidos grasos para que se dirijan a músculo esquelético, corazón, hígado y corteza suprarrenal donde al oxidarse proporcionan energía. El glicerol se fosforila y oxida a dihidroxiacetona fosfato consiguiendo entrar a glucólisis o gluconeogénesis. Los ácidos grasos de 12 o menos carbonos entran en la mitocondria de manera directa, en cambio los ácidos grasos de 14 o más carbonos (correspondiendo a estos la mayoría de los ácidos grasos libres provenientes de la dieta o liberados del tejido adiposo) requieren pasar por reacciones enzimáticas.^{14, 15}

1.6.1 Oxidación de los ácidos grasos

Este proceso se puede dividir en tres fases donde la primera consiste en una eliminación oxidativa de los ácidos grasos de dos átomos, en dos átomos de carbono, formando así acetil CoA, el proceso comienza a partir del extremo carboxilo del ácido graso, pasando así las veces necesarias por la oxidación para que a partir de la eliminación de dos átomos de carbono del ácido graso se forme una molécula de acetil CoA, por lo que para formar este acil CoA, se necesita perder cuatro átomos de hidrógeno. En la segunda fase el acetil CoA se oxida para formar CO_2 en el ciclo de Krebs, por lo tanto estas dos fases dan como productos transportadores electrónicos reducidos NADH y FADH_2 que en la última fase que proporciona sus electrones en la cadena respiratoria y fosforilación oxidativa para que la energía liberada de los ácidos grasos se presente como ATP.¹⁴

1.7 Ciclo de Krebs y Cadena respiratoria

La glucólisis que tiene lugar en citosol y el ciclo de Krebs (figura 1) que se lleva a cabo en la matriz mitocondrial se encuentran conectados por medio de una reacción aeróbica de oxidación; esta reacción es la que transforma el piruvato, que viaja del citosol a la matriz por medio de simporte a través de la membrana interna, el complejo de la piruvato deshidrogenasa cataliza la descarboxilación oxidativa del piruvato en Acetil-CoA, éste último también resulta del metabolismo de ácidos grasos y algunos aminoácidos.

El Acetil-CoA se integra al ciclo de Krebs para ser degradado, durante esta degradación se producen los equivalentes de reducción en forma de NADH y FADH_2 , que son empleados en las reacciones de la fosforilación oxidativa para generar ATP.

El ciclo de Krebs tiene como producto inicial y final al oxalacetato. En cada vuelta del ciclo se forma un grupo acetilo del acetil CoA y se oxida a dos CO_2 generando tres

moléculas de NADH y una de FADH₂, así como una de GTP. La reacción que inicia el ciclo es la que se lleva a cabo al unirse el oxalacetato con el acetil CoA formando citrato con la intervención de la citrato sintasa, posteriormente la enzima aconitasa isomeriza el citrato a isocitrato. Después de esto surge la reacción irreversible por ser exergónica donde la isocitrato deshidrogenasa (una oxidoreductasa) descarboxila el isocitrato oxidativamente a α -oxoglutarato, liberándose CO₂ y NADH. A continuación surge otra descarboxilación oxidativa (también altamente exergónica) por la acción del complejo multienzimático α -oxoglutarato deshidrogenasa, la coenzima que interviene es pirofosfato de tiamina y un CoA; convirtiendo el α -oxoglutarato en succinil CoA. La succinil CoA sintetasa cataliza la ruptura del acetil CoA formando GTP a partir de GDP y Pi, como resultado se libera el CoA y se obtiene succinato. La succinato deshidrogenasa, está fijada a la membrana interna de la mitocondria, oxida el succinato a fumarato, liberando FADH₂ con la intervención del FAD⁺. Para formar L-malato a partir de fumarato se lleva a cabo la hidratación del fumarato y la reacción es catalizada por la fumarasa. Por último la malato deshidrogenasa convierte el L-malato en oxalacetato siendo el aceptor de electrones NAD⁺.¹⁶

Los equivalentes de reducción; NADH y FADH₂ son donadores de electrones para la cadena respiratoria o transportadora de electrones (Figura 2) que cataliza un conjunto de reacciones redox.

Al final de la cadena el aceptor de electrones es el oxígeno que se adquiere por medio de la respiración y se reduce a agua. Con este paso se logra el metabolismo completo de glucosa a CO₂ y H₂O. Enlazada a este transporte está la fosforilación de ADP, que prepara la energía en forma de ATP.

Con el paso de los electrones por los complejos de la cadena respiratoria se va formando un gradiente de protones. Esta fuerza protón motriz que se forma impulsa la síntesis de ATP. Todo este proceso tiene lugar en la mitocondria, para ser exactos en la membrana mitocondrial interna, donde se localizan los complejos de proteínas.

La fosforilación oxidativa consiste en dos pasos; el primero es el paso de electrones, este transporte de electrones se acopla a la translocación de protones (H^+) desde la matriz al espacio intermembrana. En la segunda fase la concentración generada por el gradiente de protones en el espacio intermembrana es empleada para producir ATP con el regreso de los iones de H^+ a la matriz por medio de su paso por el complejo V (ATP sintasa) que produce ATP a partir de ADP y P_i .

La cadena de transporte electrónico constituye 4 complejos de proteínas de membrana:

I NADH deshidrogenasa

II Succinato deshidrogenasa

III Citocromo C reductasa

IV Citocromo C oxidasa

Y 2 mensajeros móviles que transportan los electrones entre los complejos; Coenzima Q o Ubiquinona (lipofílica) y citocromo C (hidrofílico).

Los complejos de la membrana interna transportan los electrones acoplados al transporte de protones, desde la matriz hacia el espacio intermembranal, de esta manera se genera un gradiente electroquímico.

El complejo V (ATP sintasa) forma ATP a partir de ADP y P_i . Este último proceso se pone en marcha con el gradiente de protones ya formado.

El proceso de la cadena respiratoria comienza en el complejo I que transfiere electrones desde el NADH a la cadena respiratoria. El primer paso para el transporte

de electrones es catalizado por NADH deshidrogenasa (complejo I), que transporta uno o dos electrones. Los electrones pasan del complejo I a la ubiquinona lipofílica que fluye en la membrana mitocondrial. Cuando se lleva a cabo el flujo de electrones desde NADH hacia la ubiquinona, en el complejo I se bombean 4 protones del lado de la matriz de la membrana mitocondrial interna al espacio intermembrana.

El complejo II (succinato deshidrogenasa) transfiere dos electrones desde FADH a través de la ubiquinona.

Cuando se evade el complejo I sólo se translocan seis protones por molécula de FADH₂, mientras que por molécula de NADH son 10 protones, por este motivo FADH₂ genera menos ATP que el NADH.

La ubiquinona es la parte de la cadena respiratoria donde los electrones que entran por el complejo I y II son transportados a lo largo de la membrana interna hacia el complejo III.

La citocromo C reductasa (Complejo III) recibe electrones de la ubiquinona y los transporta al citocromo C hidrofílico soluble en el espacio intermembranal. En el citocromo C reductasa se oxida una molécula de ubihidroquinona a ubiquinona y con esto dos protones son enviados al espacio intermembrana. Los dos electrones de la ubihidroquinona pasan al citocromo c hidrosoluble (proteína redox) que comunica el complejo III y el IV.

En el complejo IV (citocromo c oxidasa) se cumple el último paso de la cadena

respiratoria donde los electrones que recibió del citocromo c hidrofílico son transferidos al oxígeno de la respiración para finalmente formar agua, y al mismo tiempo transporta protones al espacio intermembranal. Se requieren cuatro electrones para reducir oxígeno, con la recepción de cuatro protones desde la matriz que originan con esto dos moléculas de agua. En este momento se transportan cuatro protones desde matriz al lado intermembrana.

El paso de los electrones desde NADH o desde succinato al O_2 es un proceso que genera mucha energía (exergónico), que emplea los complejos I, III y IV para bombear seis o diez protones, dependiendo del lugar de entrada de los electrones, por cada átomo de oxígeno reducido. Al final de este proceso se forma un potencial de membrana eléctrico, es decir se concentra mayor carga negativa del lado de la matriz y mayor carga positiva en el espacio intermembranal, el paso de los protones a la matriz genera energía suficiente para la síntesis de ATP.

Si hay mucho ATP y poco ADP se reduce la síntesis de ATP y se bloquea el flujo electrónico en las mitocondrias. Por lo que no se reoxida suficiente NADH y $FADH_2$ y la falta de la forma oxidada (NAD y FAD) de estos sustratos hace girar el ciclo de Krebs más lentamente. Este control respiratorio adapta el cambio de energía de una célula a sus verdaderas necesidades energéticas y con esto impide desperdicio de la energía metabólica.

El complejo V (ATP sintasa) (figura 3) posee dos partes: Parte F1 que participa en la síntesis de ATP y una parte F0 que forma parte de la membrana mitocondrial interna y forma un canal de protones. Los protones fluyen hacia un resto de aspartato de F0 formando movimientos de giro del anillo de F0 en membrana mitocondrial, junto con parte de F1 que es estabilizador deteniendo el giro de la parte de F1 que la parte que entrega la energía.¹⁶

1.9 Uso de sustratos gluconeogénicos como fuentes alternativas de energía

El propilenglicol o 1,2- propanodiol es un alcohol deshidratado, líquido, dulce, higroscópico y viscoso. Tiene una gran variedad de usos entre los que se encuentra ser constituyente de cosméticos, vehículo para preparaciones farmacéuticas tópicas, también es utilizado en la fabricación de desodorantes, refrigerantes, anticongelantes y plastificantes, por lo que se ha determinado una seguridad en su consumo por la Administración de Alimentos y Fármacos (FDA), la FAO lo hizo formar parte de la lista de aditivos alimentarios en 1963.^{17, 18} Ha sido utilizado en dietas para rumiantes como aditivo alimenticio energético y como tratamiento de cetosis dada sus propiedades glucogénicas;¹⁹ así como un suplemento para prevenir el hígado graso.¹⁸

El propilenglicol es absorbido por el sistema digestivo, posteriormente entra al hígado por la vena porta. En los hepatocitos es metabolizado hasta formar oxaloacetato; compuesto necesario para que se lleve a cabo la gluconeogénesis, si no hay oxaloacetato disponible, la acetil CoA comienza a formar cuerpos cetónicos.²⁰

El propilenglicol (PG) fue utilizado como fuente de energía por Bayley y colaboradores (1967). Se compararon los efectos del PG y la harina de fécula de maíz en pollo macho, cruce de la estirpe Leghorn White, los pollos se recibieron de 1 día de edad y se sacrificaron al día 26. La dieta basal contenía 16% de fécula de maíz, se realizaron 4 dietas en las que se sustituyó la inclusión de harina de fécula de maíz por propilenglicol a niveles de: 2, 4, 8 y 16%. Cuando se reemplazó el 8% de harina de fécula de maíz por PG no generó efecto significativo sobre el peso de las aves, conversión alimentaria ni en las características de la canal. En aves alimentadas con una dieta en la que se reemplazó el 16% de PG en la dieta, sus

heces resultaron ser muy húmedas y tuvieron un fuerte olor, su canal obtuvo un bajo contenido de grasa y un mayor contenido de proteína en comparación con las aves de otros tratamientos, aunque se presentó una depresión en el crecimiento de los pollos.²¹

Por su parte Person y colaboradores²² emplearon el PG para sustituir aceite de maíz como fuentes de energía en pollo donde las dietas que contenían 2.5% de PG resultaron ser toleradas y empleadas como fuente de energía, niveles mayores podrían disminuir el rendimiento de los pollos, los pollos pudieron ajustar su consumo de alimento de acuerdo al incremento de energía generado por la adición de PG. También realizaron un experimento en gallina de postura, donde se empleó a 2.5 y 5% de PG comparándose con aceite de maíz a 1.2 y 2.2%, la adición de ambos ingredientes generó una disminución del consumo de alimento, lo que se atribuyó a un intento de las aves por ajustar su consumo de energía, las gallinas que consumieron 5% de PG y aceite de maíz 2.2%, no consumieron tanta energía como aquellas que recibieron las otras dos dietas, por lo que se asume que se debió a una baja tasa de producción la cual disminuyó los requerimientos de energía.

Waldroup y Bowen²³ incluyeron PG a concentraciones de 0, 2.5, 5 y 10% en las dietas de un experimento en pollo de engorda de 10 días de edad. Al incrementar la concentración de PG se observó una menor ganancia diaria de peso. La diferencia en la conversión alimentaria fue significativa entre los tratamientos con niveles de 2.5 y 10%, y los pollos alimentados con mayores niveles de PG tuvieron mayor incidencia de deformidad en los dedos de las patas, además se presentaron casos de diarreas en pollos alimentados con una concentración del 5 y 10%. Las mismas dietas fueron usadas en pollos de un día de edad, donde resultó una disminución en la ganancia de peso al incrementar la concentración del PG en las dietas, la inclusión de 5% de propilenglicol tuvo menor ganancia que aquellos alimentados con la dieta control, un incremento mayor al 10% de PG resultó en una disminución significativa en la ganancia de peso. A diferencia del primer experimento no hubo descenso en el

consumo de alimento al aumentar la concentración de PG, la conversión alimentaria se incrementó en los tratamientos en los que las dietas contenía 5 y 10% de PG, por otra parte la mortalidad no se vio afectada, además reportaron que aquellos tratamientos con valores más altos de PG en la dieta también presentaron diarrea y mal olor en heces. En un tercer experimento se formularon dietas con 1.9, 3.8, 5.7, y 7.6% de PG para su empleo en pollo de engorda. Se encontró que el PG a niveles mayores de 5% resulta en una deficiencia del rendimiento del pollo de engorda, y niveles entre 7.6 y 10% causaron una disminución en la ganancia de peso, por otra parte las inclusiones de 1.9, 3.8 y 5.7% de propilenglicol en dietas de pollo de engorda no provocaron efectos adversos en ganancia de peso corporal o mortalidad. En el mismo año estos mismos autores,²⁴ evaluaron al PG como fuente de energía en pollo de engorda, concluyendo que una inclusión superior al 5% provoca diarreas, disminución en la ganancia de peso y desarrollo anormal de los dedos e incluso aumento del pH en Íleon.

Gebhardt en 1968²⁵ inoculó PG en la cámara de aire de embriones al segundo día de desarrollo, la viabilidad del embrión se redujo, el 4° día de incubación se presentó una mayor hipersensibilidad al producto generándose una mortalidad del 90% de los embriones y 21% de los embriones resultaron con malformaciones asimétricas de las extremidades. El cuarto día de incubación se inoculó en la yema 0.2ml de propilenglicol y se formó un quiste con contenido líquido de manera que se encontró en la parte dorsal de algunos embriones.

El propionato de calcio (PC) es una sal cálcica del ácido propanoico, de fórmula $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$. En el Codex alimentario del año 2010 está contemplado como aditivo. Una de sus propiedades comprobada es la de comportarse como preservador de piensos un conservador de alimentos.²⁶ En rumiantes es el único ácido graso volátil glucogénico.²⁷ Se ha utilizado como suplemento de energía, para mejorar la productividad mediante el aumento del rendimiento energético.²⁸ Interviene en la gluconeogénesis. Gran parte del propionato es oxidado en los tejidos

animales formando propionil CoA, para convertirse en meti-malonil-CoA y después ser transformado a succinil CoA generando CO₂ y energía, por medio de su integración al ciclo del ácido tricarboxílico o ciclo de Krebs, intervención de Biotina y vitamina B12; una deficiencia de estas vitaminas puede llevar a la no utilización del propionato. Además interviene en la síntesis de grasas, pero bajo la forma de glucosa.²⁹

La literatura disponible que habla del empleo de PC en gallinas es desde 1975 y en ese estudio utilizaron gallinas Leghorn blancas de 52 semanas de edad con la adición de PC desde 0.1% hasta 0.8%, no encontraron un efecto en el comportamiento productivo de las aves con la adición de PC.³⁰

Stewart y col. en 1977³¹ no encontraron diferencias significativas en ganancia de peso ni consumo de alimento en pollo de engorda al proporcionar un producto antimicótico (0.03%), que contenía una cantidad desconocida de PC, durante 6 semanas.

Oruwari y colaboradores en 1993³² realizaron dos experimentos; uno se llevó a cabo en pollo de engorda (cruza de Wantress y Hubbard), donde resultó que 1g/kg de PC generó un aumento en la ganancia de peso a las 4 semanas de edad. Y aunque no hubo diferencia estadística en consumo de alimento, según los datos numéricos muestran que el PC al 2% generó un mayor consumo de alimento. En el segundo experimento, en gallina de postura, una inclusión de 1g/kg de PC produjo un incremento en la producción de huevo.

Huff *et al.*, en 1994³³ probaron inclusiones de PC de 4.54 y 9.07 kg/Ton, en pollo de engorda (Cobb), y no se observó efecto de estas concentraciones sobre el peso corporal y el pH del contenido intestinal.

En un trabajo en pavipollos realizado por Donaldson *et al.* (1994)³⁴, se adicionó PC a

40g/kg de alimento y 20g/l de agua; como resultado se obtuvo una disminución del consumo de alimento y del peso corporal.

Annison *et al.*,³⁵ reportaron que los pollos producen ácido propiónico en el ciego y es absorbido en sangre.

En el experimento llevado a cabo por Linares³⁶, se proporcionó una mezcla de PG y PC a una concentración de 3.3% y 6.9% respectivamente, a dosis de 16.5:3.45 g/Ton, 33:69 g/Ton y 66:138 g/Ton (propilenglicol: propionato de calcio en dietas para gallinas) en dietas para gallinas de postura Bovans White de 94 semanas de edad, donde concluyen que ninguna de las dosis empleadas afectó negativamente los parámetros productivos, ni la calidad interna del huevo.

1.10 JUSTIFICACIÓN

Debido al constante incremento en los precios de las materias primas a nivel mundial, dentro de ellas el aceite, aunado al mayor empleo de los granos para generar biocombustibles, la necesidad para optar por alternativas que disminuyan los costos de fabricación de alimento en las dietas para gallinas, sin afectar sus parámetros productivos es importante. El propilenglicol y el propionato de calcio, podrían ser una fuente alternativa de energía para las gallinas de postura. Además de generar información actual sobre el empleo de fuentes gluconeogénicas en gallina, ya que ésta es muy poca o nula.

1.11 HIPÓTESIS

La substitución del aceite vegetal de la dieta por propilenglicol, propionato de calcio y una mezcla de ambos en dietas para gallinas de postura con base en sorgo + pasta de soya no afectará el comportamiento productivo de las gallinas Bovans White.

1.12 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el comportamiento productivo de la gallina Bovans White al substituir el aceite de la dieta por Propilenglicol o propionato de calcio o una mezcla de ambos.

1.12.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Medir los parámetros productivos: % de postura, peso del huevo (g), consumo de alimento ave/día (g), masa de huevo ave/día (g), e índice de conversión alimentaria (kg: kg) de la gallina Bovans White al substituir el aceite de la dieta por Propilenglicol o propionato de calcio o una mezcla de ambos.
- Evaluar el porcentaje de huevo roto, sucio y en fáfara en gallina Bovans White al substituir el aceite de la dieta por Propilenglicol o propionato de calcio o una mezcla de ambos.
- Analizar la ganancia de peso del huevo (g) y la calidad del huevo (unidades haugh, grosor del cascarón y color de la yema) en gallina Bovans White al substituir el aceite de la dieta por Propilenglicol o propionato de calcio o una mezcla de ambos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la FMVZ de la UNAM que se encuentra ubicado en la calle Manuel M. López s/n, Avenida Tláhuac, km 21.5, Colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, en la Ciudad de México. La altura es de 2,277 msnm, con una temperatura media anual de 18° C y una precipitación pluvial de 747 mm.³⁷

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.

Se emplearon 240 gallinas de la estirpe Bovans White de 24 semanas de edad y 6 de producción. Con un peso promedio de 1625 ± 33.1 g. Las aves se distribuyeron en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos con cuatro réplicas de 12 gallinas cada uno. Las aves se alojaron en jaulas tipo california de 40 cm de ancho, 45 cm de profundidad y 45cm de altura, con una densidad de tres gallinas por jaula ($600\text{cm}^2/\text{ave}$). Contaron con un bebedero de copa por cada dos jaulas (6 aves) y un comedero de canal (13.3 cm/ave) de acuerdo a lo que menciona el manual de la estirpe para aves en jaula.³⁸ Se ofreció el agua y alimento *ad libitum* así como un fotoperiodo de 16 horas diarias.

Se formuló una dieta testigo positiva con base en sorgo + pasta de soya con 2860 kcal de EM/kg y una dieta con 2698 kcal de EM/ kg (testigo negativo), los demás nutrientes cubrieron las necesidades de acuerdo a la edad y etapa de producción que menciona el manual de la estirpe³⁸, con el programa computacional Allix2. Ver 5.37.1. A la dieta testigo negativo se le adicionó propionato de calcio o propilengicol o una mezcla de ambos en sustitución del inerte.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1.- Testigo positivo (con la inclusión de aceite)

Tratamiento 2.- Testigo negativo (sin inclusión de aceite)

Tratamiento 3.- Testigo negativo con la inclusión de una mezcla de propionato de calcio y Propilenglicol a una proporción de 2 kg/ton¹

Tratamiento 4.- Testigo negativo con la inclusión de propionato de calcio a una proporción de 2 kg/ton.

Tratamiento 5.- Testigo negativo con la inclusión de propilenglicol a una proporción de 2 kg/ton.

Durante los 70 días de experimentación se llevaron registros semanales de porcentaje de postura, peso del 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 inicio y final del experimento se pesaron 120 gallinas mediante un muestreo aleatorio simple sin reemplazo y se calculó la ganancia diaria de peso.³⁹ Al final del experimento se evaluaron en cuatro huevos por réplica la calidad con un equipo marca TSS y la coloración de la yema con un espectrofotómetro de reflectancia marca TSS QCC Yolk Color con transformaciones a valores absolutos de abanico DSM, para el grosor de cascarón se empleó un micrómetro de marca Mitutoyo y se tomó una muestra de cascarón de 1cm² aproximadamente sin membrana de la zona del ecuador del huevo.

Durante las últimas tres semanas del experimento se llevó a cabo la medición de glucosa sanguínea capilar con un glucómetro marca Accu Chek, las mediciones se hicieron tres veces por semana sin ayunar, a las aves, en cuatro gallinas por réplica. La gota de sangre necesaria para la medición de glucosa se obtuvo por medio de la

¹ Lipofeed es 1, 2 propanodiol 3.3% Propionato de sodio o calcio 6.9% y vehiculo c.b.p. 100%. Patente No. 293972.

punción de la cresta de las gallinas con la lanceta del glucómetro, la medición se inició a las 9:30 am comenzando siempre por la misma gallina.

Al final del experimento se sacrificaron a dos gallinas por tratamiento, a las que se les extrajo el hígado, el cual se colocó en solución salina fisiológica posteriormente se pesó 1g de tejido y se maceró empleando solución de homogenización (Tris- HCL 50 mM pH7.5, mercaptoetanol 10mM, PVP-40, 2% y MgCl₂ 5mM). La mezcla obtenida se centrifugó a 14,000 rpm, durante 5 min. El extracto fue empleado para el análisis de la enzima con el fin de conocer el efecto de las diferentes fuentes gluconeogénicas mediante la actividad de la malato deshidrogenasa.⁴⁰

Para obtener la fracción mitocondrial, se empleó la técnica de centrifugación diferencial⁴⁰ empleando medio de homogenización (sacarosa 250mn, EGTA 1mM, Tris pH 7.4). La fracción mitocondrial se analizó en su contenido de proteína mediante la técnica de Bradford.⁴¹ La respiración mitocondrial fue evaluada empleando un electrodo tipo Clark para cuantificar el contenido de oxígeno en solución.⁴² La reacción fue iniciada adicionando sustrato de succinato y la síntesis de ATP fue iniciada con el precursor ADP. Al final del trazo se determinó la integridad de la membrana mediante la adición del desacoplante CCCP (carbonilcianuro m-clorofenilhidrazona).

2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Al final de la prueba a los resultados obtenidos de las variables empleadas se analizaron mediante un diseño de observaciones repetidas en el tiempo mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + d_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{(ijk)}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ y 10

$j = 1, 2, 3, 4$ y 5

$k = 1, 2, 3$ y 4

Y_{ijk} = Porcentaje de postura, peso promedio de huevo, consumo de alimento ave/ día, conversión alimentaria, masa de huevo ave/ día, porcentaje de huevo roto, sin cascarón, heces y sangre.

μ = Media general

α_i = Efecto de la i -ésima semana

d_{ik} = Error del tiempo

β_j = Efecto del j -ésimo tratamiento

$(\alpha\beta)$ = Interacción de la i -ésima semana con el j -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{(ijk)}$ = Error experimental

La comparación de las medias se realizó mediante contrastes ortogonal, con una $p < 0.05$.³⁹

Para unidades haugh, coloración de la yema, grosor de cascarón, glucosa en sangre y ganancia de peso se analizaron mediante un diseño completamente al azar, mediante el siguiente método:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{(ij)}$$

Dónde:

$i = 1, 2, 3, 4$ y 5

$j = 1, 2, 3$ y 4

Y_{ij} = unidades haugh, coloración de la yema, grosor de cascarón y ganancia de peso

μ =Media general

T_i =Efecto del i-esimo tratamiento

$\varepsilon_{(ij)}$ =Error experimental

Y la comparación de las medias se realizó mediante la prueba de turkey con una significancia de $p < 0.05$.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación sobre los parámetros productivos de las gallinas Bovans White alimentadas con diferentes fuentes gluconeogénicas se muestran en el Cuadro 2, se observa para la variable peso de huevo un incremento de 0.44 g semanales ($p < 0.01$), el consumo de alimento ave/día (g) mostró durante el transcurso del experimento una variación entre 103-108 g ($P < 0.01$), como el índice de conversión alimentaria es una relación entre el peso del huevo y el consumo de alimento, esta variable se vio afectada con una disminución de 0.006 unidades semanales. La producción de huevo se mantuvo alrededor del 97.8% durante todo el periodo experimental ($p > 0.05$), para la masa de huevo fue afectada principalmente por el peso de huevo y esta mostró un incremento de 0.42g semanales ($p < 0.01$).

El porcentaje de huevo sucio con heces se incrementó durante el periodo experimental variando de 1.1% hasta 1.69% ($p < 0.01$). El porcentaje de huevo en fáfara mostró un incremento durante la 3 semanas (1.04%) y posteriormente se niveló en valores cercanos a 0.33%. Para el porcentaje de huevo roto y con sangre no se vieron afectadas estas variables durante el periodo experimental ($p > 0.05$).

En el Cuadro 3, se muestran los resultados promedio por tratamiento obtenidos de los parámetros productivos de gallinas Bovans White alimentadas con diferentes fuentes gluconeogénicas, donde se observa que para las variables porcentaje de postura, porcentaje de huevo roto y en fáfara no se encontró diferencia entre ninguno de los tratamientos empleados ($p > 0.05$).

El peso de huevo con los valores más altos fueron para los tratamientos testigo positivo (58.1 g) y el tratamiento con la adición del propilenglicol (58.1 g), seguido por

el tratamiento con la adición de MPP (57.9 g), el testigo negativo y el tratamiento con propionato de calcio obtuvieron el menor peso de huevo (57.3 y 57.4 g respectivamente).

El consumo de alimento ave/ día (g) (Cuadro 3) fue mayor para el tratamiento 4 (108.4 g), tratamiento 2(107.3 g) y tratamiento 5 (107.2 g). De manera intermedia el tratamiento 3 (105.8 g), siendo aún más bajo la cantidad de alimento ingerida por el testigo positivo (103.0 g). La peor conversión alimentaria fue para el tratamiento 4 y el testigo negativo (1.927 y 1.899 kg/kg respectivamente) y la mejor menor conversión para el tratamiento testigo positivo (1.799 kg/kg), de manera intermedia los tratamientos 3 y 5 (1.863 y 1.872 kg/kg respectivamente). En cuanto a la masa de huevo el tratamiento 5 mostró el valor más alto (57.0 g), de manera intermedia estuvieron el testigo positivo (56.9 g), testigo negativo (56.2 g) y la MPP (56.5 g), la menor masa de huevo se obtuvo en el tratamiento con propionato de calcio (56.0 g) ($p < 0.05$). El tratamiento 3 con una MPP tuvo el mayor porcentaje de huevo sucio (1.87%). Con valores inferiores se hallaron al tratamiento 4 (1.15%) y 5 (1.47%) y los porcentajes más bajos fueron para los tratamientos control positivo (0.98%) y control negativo (0.91%) ($p < 0.05$). Para el caso de porcentaje de huevo con sangre no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

En el Cuadro 4, se muestran los resultados promedio obtenidos de calidad interna del huevo y los promedios para la variable ganancia de peso en gallina Bovans White. Al final de la prueba para unidades Haugh y resistencia de cascarón no se encontró diferencia entre ninguno de los tratamientos ($p > 0.05$). Para color de yema de huevo (Figura 4) con el colorímetro, el cual da transformaciones a abanico de DSM el valor promedio fue de 10. Los promedios para la variable ganancia de peso para la gallina Bovans White en los distintos tratamientos donde la ganancia de peso fue muy similar entre los tratamientos ($p > 0.05$).

En la figura 5 se pueden observar los resultados de la medición de glucosa sanguínea obtenida de gallinas sin ayuno, en los que el mayor valor de glucosa encontrado, fue en el tratamiento con una MPP (174.9 mg/dl) y el tratamiento positivo (174.5 mg/dl), de manera intermedia el tratamiento negativo, los tratamientos con menor cantidad de glucosa sanguínea capilar, fueron los que contenían PC (171.6 mg/dl) y PG (171 mg/dl).

En los estudios de respiración mitocondrial, (Cuadro 5) ninguno de los tratamientos afectó el flujo electrónico, a excepción del tratamiento con PC, donde se registró una disminución de la respiración en los estados 3 y 4. En general el control respiratorio resultó bajo.

En el Cuadro 5 se muestra que la máxima reducción de la actividad de la enzima se registró con la presencia del tratamiento con la MPP, disminuyendo en un 86.4%, con relación al tratamiento control positivo, 80.05% con respecto al control negativo y un 83.39% con respecto al propilenglicol solo, también se observó una disminución menor de la actividad en el tratamiento con PC.

4. DISCUSIÓN

El porcentaje de postura (Cuadro 2) se mantuvo alrededor de 97.87%, valores mayores a los establecidos en el manual de la estirpe.³⁸ esto puede deberse a que las aves estaban en el pico de producción. El peso del huevo fue menor a lo mencionado por el manual de la estirpe, desde la primera semana del experimento, lo que se repitió consecutivamente cada semana hasta terminar el experimento. El peso de las gallinas fue 3.5% mayor a lo que menciona el manual de la estirpe (1570g); debido a que aves grandes consumen más alimento, efecto que se observó en el presente experimento al incrementar en 2.8% el consumo de alimento con respecto al manual de la estirpe. Dado que el índice de conversión y masa de huevo están en función del peso del huevo y consumo de alimento, también se vieron afectados.

El porcentaje de producción no fue afectado por ninguno de los tratamientos (Cuadro 3), estos resultados concuerdan con lo encontrado por Linares³⁶ quien empleó diferentes niveles de fuentes gluconeogénicas en gallinas de segundo ciclo y el porcentaje de postura no disminuyó. También concuerda con Jensen y Chang que incluyeron 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8% de PC en dietas de gallinas Leghorn White de 52 semanas de edad y el porcentaje de producción no hubo diferencias significativas entre los tratamientos,³⁰ y contrasta con lo encontrado por Oruwari quien al incluir 0.1% de PC en dietas de gallinas Hy line W36 de 34 semanas de edad aumentaron su porcentaje de producción con respecto al tratamiento control.³² En el caso del PG coincide con Person que incluyó 2.5 % de PG en dietas de gallinas en su décimo mes de postura no generó un efecto negativo. El hecho de que el porcentaje de postura no se viera afectado pudo deberse a que las fuentes gluconeogénicas aportaron la energía que les hacía falta en la dieta, por otro lado en el tratamiento negativo el cual tenía menor cantidad de energía, las aves compensaron esta deficiencia incrementando 3.8% su consumo de alimento con respecto al tratamiento testigo positivo (103g) como lo menciona Sturky.⁴³

Al calcular el consumo de energía requerido por las aves de los tratamientos gluconeogénicos mediante la fórmula mencionada por Rostagno⁴⁴ las aves de los tratamientos 3, 4 y 5 necesitaron haber consumido 298.5, 296.2 y 299.2 kcal/ave/día respectivamente. Los tratamientos consumieron en promedio 12.84, 3.58 y 9.76 kcal/ave/ día menos que lo que menciona Rostagno. Sin embargo estos tratamientos mostraron ganancia diaria de peso, en promedio de 1.26g, cantidad mayor a la especificada para la estirpe (1.14g). Por lo que es probable que los tratamientos con substratos gluconeogénicos estén aportando energía.

El menor peso de huevo lo mostró el tratamiento negativo y el tratamiento con propionato de calcio; que fue contrario a lo hallado por Jensen y Chang³⁰ (0.2% de PC) y Oruwari³¹ (0.05 y 0.1%), no encontraron cambios significativos entre tratamientos con respecto al peso del huevo. En el presente experimento esto pudo deberse al menor consumo de ácido linoleico (0.855 y 0.864 % respectivamente), en comparación con lo que establece el NRC (1%)⁴⁵ y el manual de la estirpe (1.9%)³⁸ como una concentración adecuada, para no tener una deficiencia de este ácido graso esencial y por consecuencia un menor peso de huevo, siendo este un ácido graso esencial para incrementar el tamaño del huevo, sin embargo para los tratamientos con la MPP y el tratamiento con PG, no se observó este efecto aunque tenían consumos menores a lo recomendado, ya que Persio S. y colaboradores mencionan que hay una respuesta creciente en el peso del huevo en caso del aumento de la densidad de la energía,⁴⁶ es posible que la energía que generaron fuese suficiente para que el ácido linoleico no se empleara como fuente de energía sino más bien se dirigiera a la formación del huevo para aumentar su tamaño.

La presencia de heces en los tratamientos (3, 4 y 5) que contenían los sustratos gluconeogénicos (Cuadro 3) puede deberse a que estos productos pueden alterar el pH del intestino y por consecuencia presentar heces más líquidas.²⁴ El no encontrar alguna respuesta en huevo en fáfara, roto y con sangre al adicionar los sustratos

gluconeogénicos, coincide con lo encontrado por Linares³⁶ quien obtuvo resultados similares al emplear una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.

El nivel promedio de pigmentación de la yema de huevo (10) resultó estar dentro de los valores de pigmentación de 9 a 13; rango incluido en la clasificación de huevo de la NMX-FF-079-1991: México extra, México 1 y México 2, también coincide con los valores mencionados por Montoya⁴⁷ quien incluyó en su estudio diferentes niveles de cantaxantinas y apo-éster en dietas de gallinas de postura además este mismo valor se posicionó entre los lugares de preferencia de la gente. Las dietas de los tratamientos con productos gluconeogénicos no tuvieron inclusión de aceite de soya pero es probable que debido a los valores obtenidos, el contenido de lípidos de las dietas proveniente de los granos ayudara a la pigmentación, dado que la adición de grasa en la dieta genera una mejor absorción del pigmento a nivel intestinal debido a que son liposolubles.⁴⁷

Al comparar los valores de pigmentación obtenidos en el presente experimento con los obtenidos por Linares³⁶, resultan valores diferentes (menores a los hallados por Linares) ya que Linares empleó pigmento amarillo sintético (apo- éster 10%) a una concentración de 5ppm. El apo-éster es tres veces mejor pigmentante que las xantofilas amarillas, empleadas en el presente trabajo.⁴⁸ También utilizó pigmento rojo natural (extracto de chile 5 g/kg) a 4ppm. En cambio en el presente experimento se incluyó pigmento amarillo natural (xantofilas 14g/kg) a una dosis de 14 ppm y rojo sintético (cantaxantinas 10%) 2.5 ppm. El consumo de pigmento amarillo fue mayor a lo que menciona Cuca y colaboradores, y el rojo fue menor, pues de ambos pigmentos refieren que es necesario un valor de 10 ppm.³ Es probable que la diferencia de tonalidad de la yema entre el experimento de Linares³⁶ y el actual, se pueda deber a que la relación de rojos y amarillo fue mayor que en la del presente experimento.

Los valores de glucosa sanguínea (Figura 5) encontrados en el tratamiento con la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio, fueron semejantes a los hallados por Linares (9.63 mmol/L). Lo encontrado en el presente experimento para el tratamiento con propionato de calcio y propilenglicol, nos podría indicar que de manera individual, estos productos no generan la misma cantidad de glucosa que la mezcla de ambos. A pesar de que hay diferencias estadísticamente significativas, los niveles de glucosa se encuentran alrededor de un valor de 9 mmol/L, por lo que se puede pensar en la posibilidad de que el organismo de las gallinas haya estabilizado por mecanismos homeostáticos los niveles de glucosa a los valores normales (Cuadro 6).

Al comparar los valores de glucosa obtenidos por otros autores (Cuadro 6) se encuentra una gran variación entre los valores normales de glucosa ya que algunos autores no mencionan la edad de las gallinas ni la línea genética que emplearon, por lo que el valor normal puede variar entre 9.26- 13.6 mmol/ dL. La diferencias en los niveles de glucosa, es probable que se haya debido a que en el presente experimento se empleó un glucómetro, el cual utiliza sangre capilar y determina el valor por medio de una reacción enzimática. Por otra parte los valores encontrados por estos autores fueron adquiridos mediante el procesamiento de la determinación de glucosa por otra técnica.

Los resultados del estudio de respiración mitocondrial y del efecto en la actividad de la malato deshidrogenasa mitocondrial (Cuadro 5) sugieren que en el tratamiento con PC hubo una disminución en el transporte de electrones, de modo que podría estar actuando como desacoplante de la cadena respiratoria. En el caso de la actividad de la malato deshidrogenasa, el tratamiento con la MPP pudo generar una disminución del flujo del ciclo de Krebs, lo que a su vez pudo provocar un mejor aprovechamiento de las coenzimas NADH y FADH₂, para la generación de ATP, y de esta manera poder mantener la producción semejante al tratamiento testigo positivo. Este efecto se observó en el tratamiento con la MPP que obtuvo resultados similares en glucosa y en el tamaño de huevo.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que:

La sustitución del aceite vegetal de la dieta por propilenglicol, propionato de calcio en dietas para gallinas de postura con base en sorgo + pasta de soya no afectaron el porcentaje de postura, el porcentaje de huevo roto, huevo en fáfara así como las unidades haugh, grosor de cascarón y la ganancia de peso.

El empleo de una mezcla de propilenglicol-propionato de calcio y el propilenglicol a una dosis de 2 kg/ton de alimento, en sustitución del aceite vegetal no afectó el peso de huevo, masa de huevo ave/día y la conversión alimentaria así como la coloración de la yema.

El tratamiento con propionato de calcio a una dosis de 2kg/Ton de alimento disminuyó el peso de huevo, masa de huevo y porcentaje de huevo sucio.

6. REFERENCIAS

- 1.-López G, De Gasperin ZR. El uso eficiente de la energía en ponedoras. Sexta reunión anual AECACEM; 20-22 feb 2013; San Juan del Río, Querétaro; 2017.
- 2.-Castello L J, Barragán CJ, Barroeta LA, Calvet S, Cambra LM, Estellés F, *et al.*. Capítulo 13. Suministro de pienso y agua a las ponedoras. En: Barragán Cos José I. Producción de huevos. 2ª ed. España: Real escuela de avicultura; 2010. p. 307-322
- 3.-Ávila GE, Cuca GM, Pro MA. Alimentación de las aves. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Dirección de Patronato Universitario, Departamento de Zootecnia; 2009.
- 4.-Uribe L. Perspectivas de la avicultura [Internet]. El sitio avícola; C 2000-2014 [citado 18 sept. 2016]. Disponible en:
URL:<http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/23346/perspectivas-para-la-avicultura/>
- 5.-Alltech [Internet]. Lexington.c 2017. [citado 19 feb 2017]. Encuesta global sobre alimento balanceado de alltech [1 pantalla]. Disponible en:
https://cdn2.hubspot.net/hubfs/745395/01Spanish/Brochure%202017%20Encuesta%20Global%20sobre%20Alimento%20Balanceado%20de%20Alltech.pdf?_hssc=126399186.12.1495153322791&_hstc=126399186.4a6e03178db2a70f38e10bf2b2ff01e3.1495153322789.1495153322789.14951533
- 6.-Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola. México: Dirección de Estudios Económicos México; 2017
- 7.-Fundación produce Chiapas A. C. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología del estado de Chiapas [Internet]. México: COFUPRO; c 2013 [citado 22 Abr 2017] Disponible en:
<http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit54.pdf>
- 8.-De Luna JA. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (2007); 37-38. Disponible en:
<http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista37/Articulo%205.pdf>

- 9.-Pontes PM. Alimentación de las aves. 7ª ed. Barcelona, España: Real Escuela de Avicultura; 1995. p. 233.
- 10.-Buxadé CC. Capítulo 9: Nociones de racionamiento en el ámbito de la gallina de puesta. En: Buxadé C, Blanco J. La gallina ponedora sistemas de explotación y técnicas de producción. 2ª ed. Madrid (España): Mundi-prensa; 2000. p. 536.
- 11.-Index mundi. [Internet]. c 2017 [citado 18 May 2017]. Aceite de soya precio mensual- peso mexicano por tonelada [1 pantalla]. Disponible desde: <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-soja>
- 12.-Blas BC, Mateos GG. Capítulo 1: Fisiología y metabolismo de las grasas e hidratos de carbono en gallinas ponedoras. En: Escribano Fernando. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. Barcelona, España: AEDOS; 1991. p. 13, 31.
- 13.-Thomson JL, Manore MM y Vaughan LA. Nutrición. Madrid, (España): Pearson Addison Wesley; 2008.p. 174-219.
- 14.-Leninger AL, Nelson DM, Cox M. Principios de bioquímica. 6ª ed. España: Omega; 2015. p. 667-689.
- 15.-MathewsK, Van Holde E, Ahem G. Bioquímica. España: Person, Addison Wesley, 2002.
- 16.- Müller EW. Fundamentos para Medicina y Ciencias de la vida. Barcelona (España): Reverté; 2011.
- 17.-Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Addendum to the toxicological profile for propylene glycol. Atlanta. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta: ATSDR; 1997.
- 18.-Barbieri S, Crimella C, Heinzl E, Luzi F. Rol del propilenglicol: pruebas experimentales en el conejo. Lagomorpha. 2001; 115: 46-52.
- 19.-Vakanjak S, DM. Energy supplementation during periparturient period in dairy cows and reproduction efficiency parameters. Acta veterinaria.2012; 62 (2-3), 249-260.
- 20.-Hippen AR. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. Florida Ruminant Nutrition Symposium; 29-30 ene. 2008; Florida; 2017.
- 21.-Bayley HS, Slinger SJ and Summers JD. The use of propylene glycol as source

- of energy for chick. Poultry Science. 1967; 46 (1): 19-21.
- 22.-Persons JN, Damron BL, Waldroup PW y Harms RH. Propylene glycol as an energy source for poultry. Poultry Science. 1968; 47(2): 351-353.
- 23.-Bowen TE, Waldroup PW. Evaluation of propylene glycol as an energy source in broiler diets. Poultry Science. 1968; 47 (6): 1911- 1916.
- 24.-Bowen TE, Waldroup PW. The influence of propylene glycol on pH of the gastrointestinal tract and the incidence of leg abnormalities in broiler chicks. Poultry Science. 1968; 48 (2): 608-613.
- 25.-Gebhardt DO. The teratogenic action of propylene glycol (propanediol-1, 2) y propanediol-1, 3 in the chick embryo. Teratology. 1968; 1 (2): 153-162.
- 26.-European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the re-evaluation of propionic acid (E 280), sodium propionate (E 281), calcium propionate (E 282) and potassium propionate (E 283) as food additives. EFSA journal. 2014; 12 (7):1-45.
- 27.-Ferraro SS. Estudio de los mecanismos moleculares y endócrinos involucrados en la regulación de la tasa ovulatoria en ovejas por la administración de una solución glucogénica [Tesis de Doctorado]. Ciudad De México (México): UNAM, 2011.
- 28.-Lund KE. Alpacas fed calcium propionate seem to moderate their energy intake. Animal Physiology and Animal Nutrition. 2014; 98 (6): 1088-1094.
- 29.-Ruiz CS. Efecto del nivel de suplementación con propilenglicol durante el periodo de transición a la lactancia sobre actividad ovárica, salud uterina y desarrollo reproductivo en vacas Holstein [Tesis de Maestría]. Medellín (Colombia): Universidad Nacional de Colombia. 2011
- 30.-Jensen LS, Chang CH. Effect of calcium propionate on performance of laying hens. Poultry Science. 1975; 55 (2): 816-817.
- 31.-Stewart RG, Wyatt RD, and Kiker J. Effect of commercial anti-fungal compounds on the performance of broiler chickens. Poultry Science. 1977; 56; 1664-1666.
- 32.-Oruwari BM. Propionic Acid and Calcium Propionate in Diets for Egg-Type Layers and Broiler Chicks, Journal of Applied. Animal Research. 1993; 3:2; 73-81.
- 33.-Huff WE, Balog JM, Bayyari GR and Rath NC. The effect of mycocurb, propionic acid, and calcium propionate on the intestinal strength of broiler chickens. Poultry

Science. 1994; 73; 1352-1356.

34.-Donaldson WE, Christensen VL and Ferket PR. Administration of propionate to day-old turkeys. Poultry Science. 1994; 73; 1249-1253.

35.-Annison EF, Hill KJ, Kenworthy R. Volatile fatty acids in the digestive tract of the fowl. British Journal of Nutrition. 1968; 22 (2); 207-216.

36.-Linares GI. Adición de una mezcla de propilenglicol y del propionato de calcio como fuente energética en dietas para gallinas de postura de segundo ciclo. [Tesis de licenciatura]. Ciudad de México (México):Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM;2017.

37.-García M. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen en México. 6ª ed. México D.F.: Talleres Offset Larios; 1988. p. 50-55.

38.-ISA A Hendrix Genetics Company. Bovans White Commercial Management Guide [Internet]. Ploufragan, Francia: ISA A Hendrix Genetics; 2015

39.-Kuehl R. Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2ª ed. Tucson. The University of Arizona: Thomson editores, S.A. de C. V; 2001.

40.-González Moreno Sergio, Peñalosa Castro Ignacio. Métodos de análisis de biomoléculas. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala; 2000.

41.-Mckinley BM. A rapid and sensitive method for the quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry. 1976, 72, 248-254.

42.-Silva AM, Oliveira PJ. Evaluation of respiration with Clark type electrode in isolated mitochondria and permeabilized Animal Cells. En: Palmeira C, Moreno A. Mitochondrial Bioenergetics. Methods in Molecular Biology. Humana Press; 2012. Vol. 810. p. 7-24.

43.-Sturkie DP. Avian physiology. 15ª ed. United States: Academic press; 2000.

44.-Rostagno SH, Teixeira ALF, Lopes DJ, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes CD. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos

nutricionales. 3^a ed. Brasil: Universidad Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia; 2011.

45.-[NRC] National Research Council. Components of poultry diets. Nutrient requirements of poultry. 9th Rev. Washington DC: Ed.NAS-NRC; 1994.

46.-Persio SU, Utterback PL, Utterback CW, Rochell SJ, Sullivan NO, Bregendahl K. Effects of feeding diets varying in energy and nutrient density to Hy-Line W-36 laying hens on production performance and economics. *Poultry science*. 2015; 94(2); 195-206.

47.-Montoya GV. Efecto de niveles de Apo-ester y cantaxantina en dietas de gallinas sobre la coloración de la yema del huevo y la preferencia del consumidor. [Tesis de Licenciatura]. Ciudad de México. (México): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; 2015.

48.-Ofosu IW, Appiah- NKansah E, Owusu L, Apea-Bah FB, Oduno I, Ellis OW. Formulation of Annatto feed concentrate for layers and the evaluation of egg yolk color preference of consumers. *Journal of food biochemistry*, 2010: 34: (66-77).

49.-Balderas GA. Inclusión de las semillas de jamaica, (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para gallinas en postura sobre parámetros productivos y funcionamiento hepático. [Tesis de licenciatura]. Ciudad de México (México): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; 2003.

50.-Brugère PJ, Pierre VJ. Blood biochemistry in birds. En: Chorif Y and Venne D. *Manual de Patología Aviar*. China: AFAS; 2015.p. 80-85.

51.- DevlinMT, Aktipis S, Angstandt CN, Awad W, Baggot J, Chaney SG, *et al.* Capítulo 6: Bioenergética y metabolismo oxidativo. En: Olson MS. *Bioquímica*. España: Revert; 1999. p. 218-261

7. CUADROS

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales empleadas en gallinas Bovans White con diferentes fuentes gluconeogénicas (Kg).

Ingrediente	Tratamiento				
	Positivo	Negativo	MPP	PC	PG
Sorgo	588.35	617.49	617.49	617.49	617.49
Pasta de soya	252.64	247.47	247.47	247.47	247.47
Carbonato de calcio	104.82	104.11	104.11	104.11	104.11
Aceite vegetal	26.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Ortofosfato de calcio	11.17	12.55	12.55	12.55	12.55
Sal	4.39	4.38	4.38	4.38	4.38
Secuestrante ¹	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Premezcla de vitaminas y minerales ²	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
DL-Metionina 99%	2.45	2.42	2.42	2.42	2.42
L- Lisina HCl	1.65	1.78	1.78	1.78	1.78
Pigmento natural amarillo ³	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L- Treonina	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40
Antioxidante ⁴	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Flavotec	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Fitasa ⁵	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Pigmento rojo sintético ⁶	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Mezcla de propilenglicol y propionato de calcio(MPP) ⁷	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
Propionato de calcio (PC) ⁸	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
Propilenglicol (PG)	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Sipernat ⁹	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Análisis calculado					
Proteína cruda (%)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Energía Metabolizable (kcal/kg)	2850	2698	2698	2698	2698
Metionina + Cistina total (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Lisina total (%)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Treonina total (%)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Calcio total (%)	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
Sodio (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Fósforo disponible (%)	0.45	0.48	0.48	0.48	0.48
Ác. Linoleico (%)	2.103	0.797	0.797	0.797	0.797

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

²Vitaminas y minerales/kg: Vitamina A 4 MUI; Vitamina D3 666, 000 UI; Vitamina E 10, 000 UI; 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.

³Esencial golden (ROHA): pigmento amarillo vegetal 14g/kg de xantofilas amarillas de flor de cempasúchil

⁴Feed-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%

⁵Quantum blue (AB vista): Fitasa de *Pichia pastoris* o *Trichoderma reesei* con una actividad no menor a 50000 FTU.

⁶Lucantil rojo (BASF): 10% cantaxantina

⁷Lipofeed (PREPEC): 1 2 propanodiol al 3.3% Propionato de sodio o calcio al 6.9% y vehiculo c.b.p. 100%.

⁸Propionato de calcio feed (Nutryplus): Propionato de calcio 97% (ácido propiónico equivalente mínimo 69%), calcio 20% mínimo.

⁹Sipernat: Óxido de silicio.

Cuadro 2. Comportamiento productivo semanal de la gallina Bovans White alimentadas con diferentes fuentes gluconeogénicas

Semana	Postura %	Peso de huevo, g	Consumo de alimento, ave/día, g	Índice de conversión Kg: Kg	Masa de huevo ave/día g	Huevo, %			
						Roto	En fáfara	Con heces	Con sangre
1	97.73	55.0	106.4	1.981	53.7	0.36	0.30	1.10	0.55
2	98.57	55.9	106.2	1.926	55.1	0.47	0.42	0.54	0.84
3	98.50	56.5	103.2	1.853	55.7	0.36	1.04	0.85	0.48
4	98.00	57.4	105.9	1.884	56.2	0.93	0.48	1.12	0.63
5	97.16	58.0	105.4	1.872	56.3	0.75	0.36	1.11	1.20
6	98.01	58.4	107.4	1.876	57.3	0.61	0.06	1.17	0.63
7	98.23	59.0	105.9	1.826	58.0	0.54	0.31	1.53	0.50
8	97.93	58.9	105.4	1.827	57.7	0.32	0.43	1.66	0.43
9	96.84	58.9	109.7	1.922	57.1	0.46	0.06	1.96	1.48
10	97.66	59.4	108.0	1.863	58.0	0.05	0.63	1.69	1.04
\bar{x}	97.87	58.0	106.4	1.883	57.0	0.53	0.44	1.28	0.78
EEM	0.41	0.19	0.51	0.012	0.31	0.18	0.16	0.28	0.31
p=	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.24

EEM= error estándar de la media

p= probabilidad

Cuadro 3. Resultados promedio obtenidos en 10 semanas de experimentación empleando diferentes fuentes gluconeogénicas sobre el comportamiento productivo de la gallina Bovans White.

Tratamiento	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	En fárfara	Con heces	Con sangre
1.- Testigo positivo	97.83	58.1 ^a	103.0 ^c	1.799 ^c	56.9 ^{ab}	0.44	0.44	0.98 ^b	0.44
2.- Testigo negativo	98.10	57.3 ^c	107.3 ^{ab}	1.899 ^{ab}	56.2 ^{ab}	0.44	0.14	0.91 ^b	0.79
3.-Como 2 + MPP*	97.58	57.9 ^{ab}	105.8 ^b	1.863 ^b	56.5 ^{ab}	0.46	0.41	1.87 ^a	0.42
4.-Como 2 + PC**	97.64	57.4 ^{bc}	108.4 ^a	1.927 ^a	56.0 ^b	0.76	0.54	1.15 ^{ab}	0.60
5.-Como 2 + PG ⁺	98.16	58.1 ^a	107.2 ^{ab}	1.872 ^b	57.0 ^a	0.40	0.57	1.47 ^{ab}	0.34
EEM	0.29	0.13	0.38	0.009	0.22	0.13	0.20	0.20	0.24

EEM= error estándar de la media

Diferentes letras en una misma columna muestra diferencia estadística ($p < 0.05$)

*MPP=mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

**PC= Propionato de calcio

+PG= Propilenglicol

Cuadro 4. Calidad del huevo y ganancia de peso en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes fuentes gluconeogénicas al final de la prueba

Tratamiento	Unidades Haugh	Grosor de cascarón, mm	Ganancia de peso total, g
1.-Testigo positivo	95.86	356.93	103.9
2.- Testigo negativo	96.94	348.81	82.0
3.-Como 2 + MPP*	94.91	352.62	98.8
4.-Como 2 + Propionato de calcio	97.58	345.68	85.4
5.-Como 2 + propilenglicol	95.29	348.43	79.9
EEM	1.25	4.88	15.7

*MPP=mezcla de propionato de calcio y Propilenglicol

EEM= error estándar de la media

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

El peso corporal inicial promedio de las aves fue de 1625 ± 33.1 g

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos con diferentes sustratos gluconeogénicos en la respiración mitocondrial y en la actividad de la enzima Malato deshidrogenasa.

Tratamiento	Estado 4	Estado 3	CR ⁺	Actividad de la MDH ^{**}
	nm O ₂ /min/mg prot		ST3/ST4 ⁺⁺	mM NADH/min/mg prot
1.- Testigo positivo	14.86	14.86	1.0	30.80
2.- Testigo negativo	13.67	13.67	1.0	21.06
3.- Como 2 + MPP*	15.19	15.19	1.0	4.20
4.- Como 2 + Propionato de calcio	8.24	8.24	1.0	11.10
5.- Como 2 + propilenglicol	11.50	16.10	1.4	25.30

*MPP=Mezcla de propilenglicol y propionato de calcio

**Malato deshidrogenasa mitocondrial

⁺CR=Control respiratorio

⁺⁺ST3/ST4=Estado tres/Estado cuatro

Cuadro 6. Comparación de los resultados de glucosa en sangre de diferentes autores respecto al presente experimento.

Autor y año	Rangos encontrados (mmol/L)	Edad de las gallinas (semanas)
Balderas GA (2003) ⁴⁹	13.60- 14.60	38
Chorif Y and Venne D (2015) ⁵⁰	10.6- 19.0	NE
Linares GIG (2017) ³⁶	9.26- 9.63	103 y 104
Presente experimento (2017)	9.50- 9.71	32-34

NE: No Especificado

8 FIGURAS

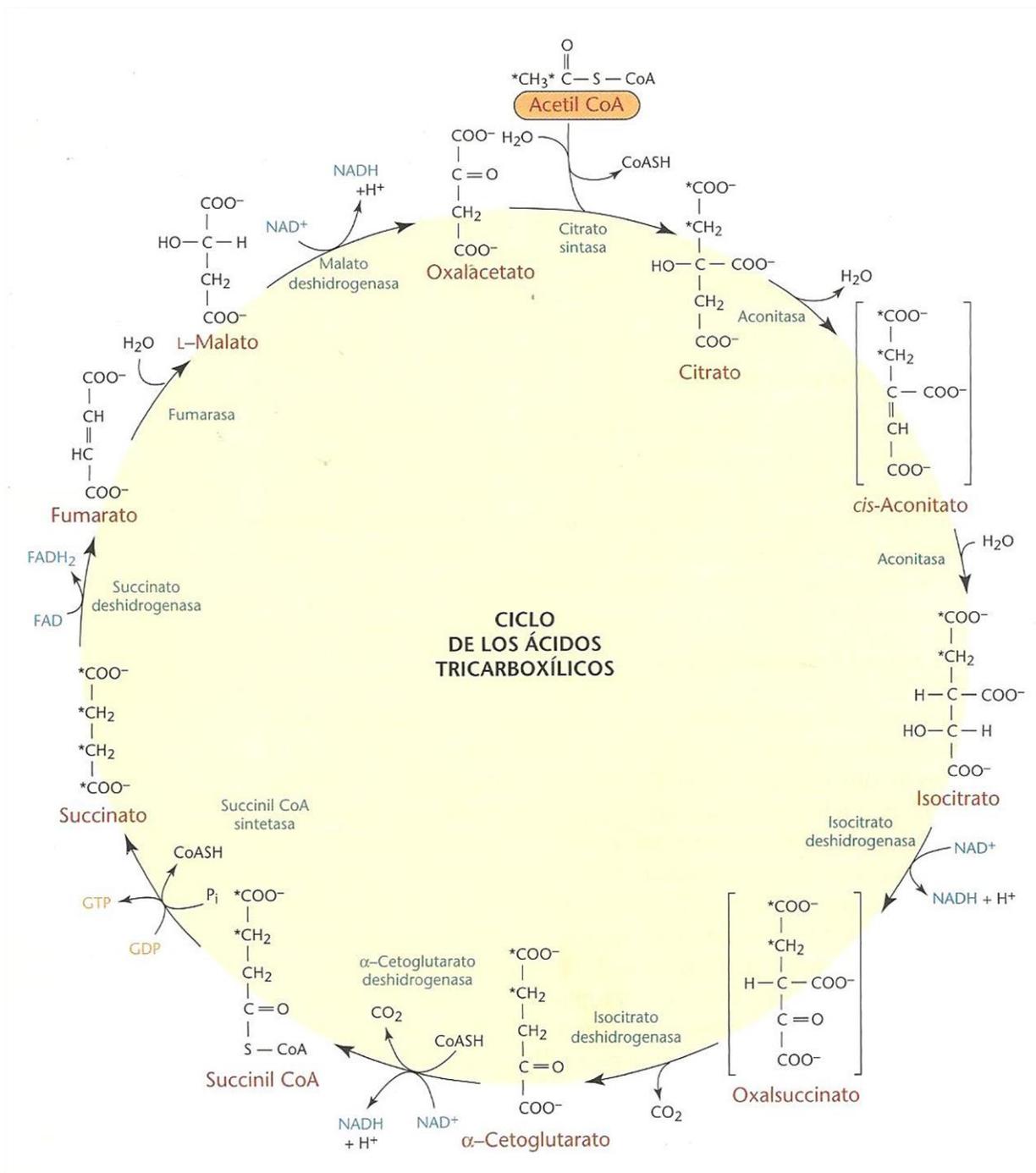


Figura 1. Ciclo de Krebs (Devlin M. T. et al/ 1999)⁵¹

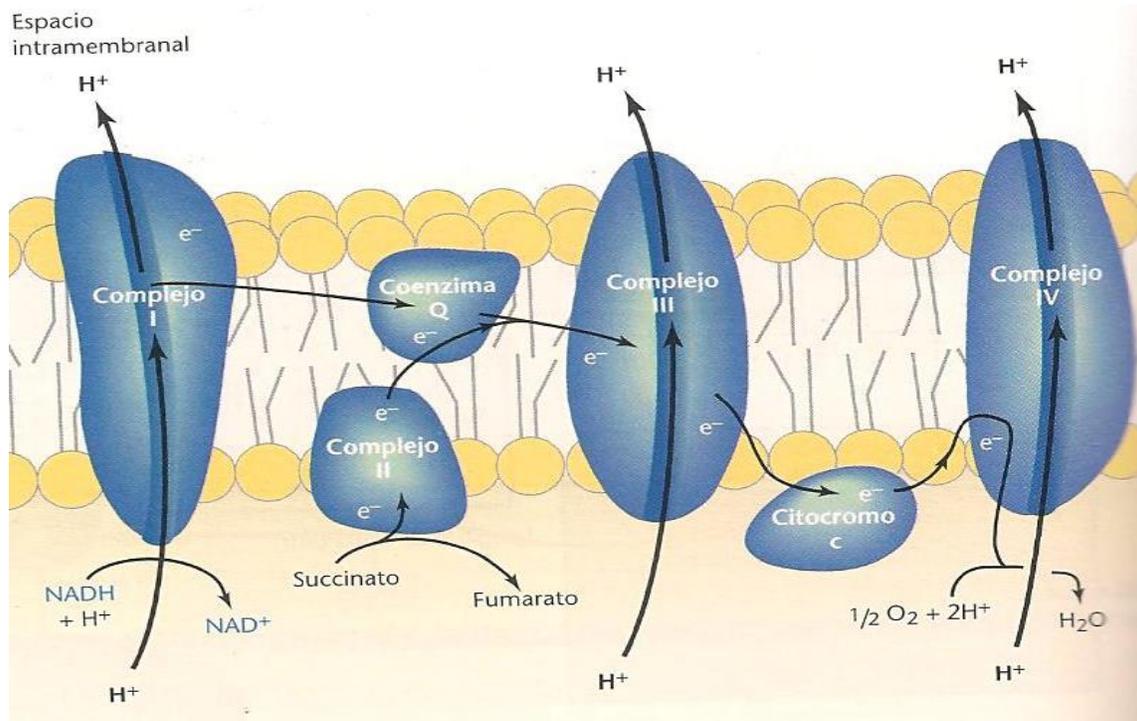


Figura 2. Cadena respiratoria (Devlin M. T. et al 1999)⁵¹

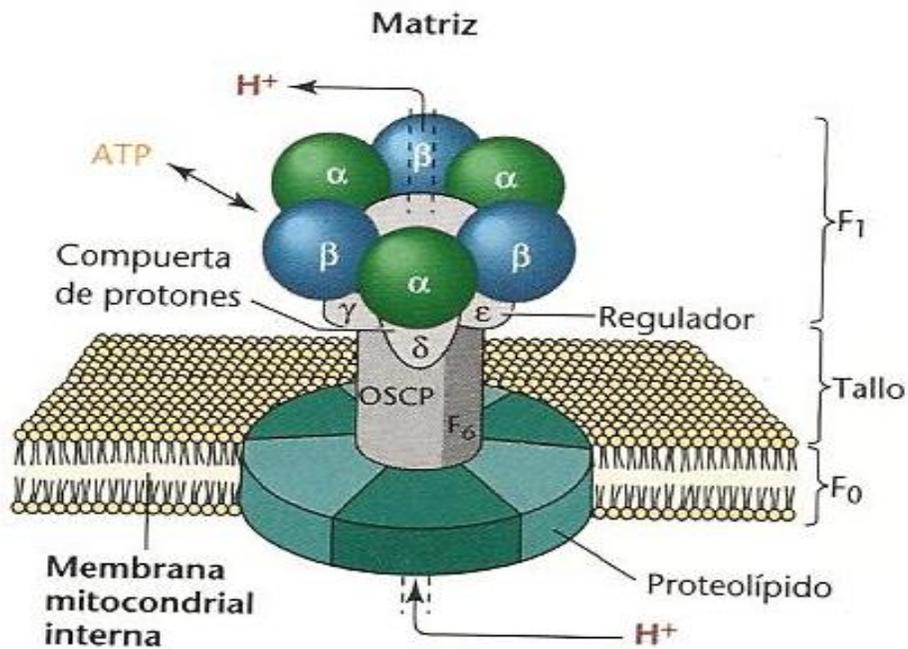


Figura 3. ATP sintasa (Devlin M. T. et al 1999)⁵¹

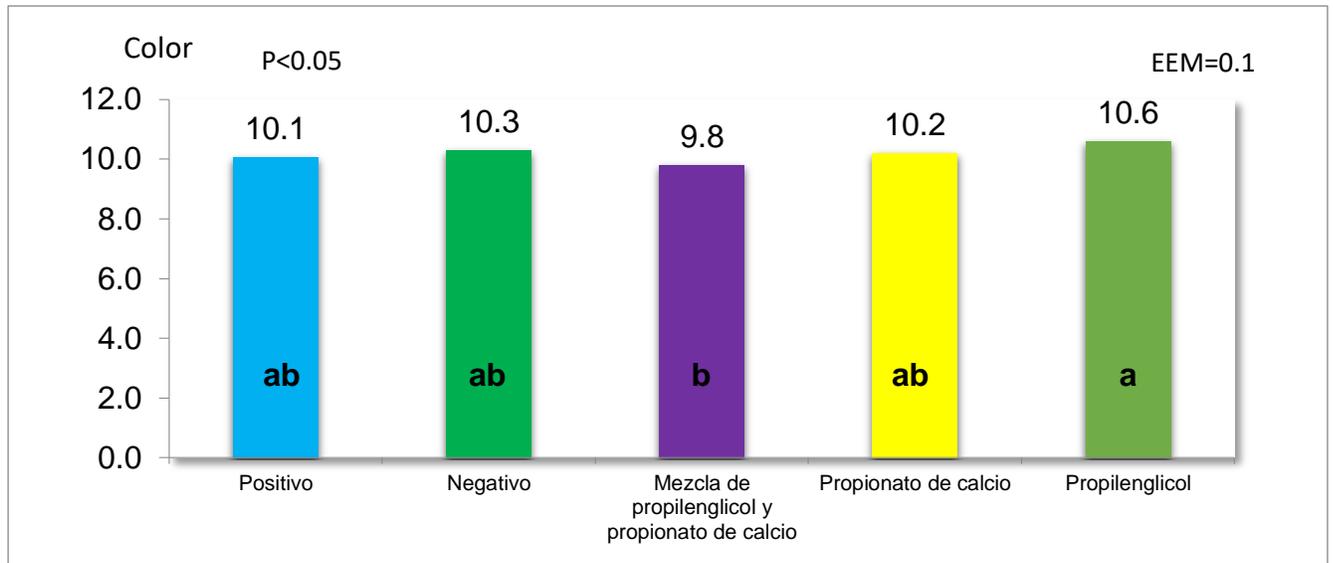


Figura 4. Pigmento en yema de huevo a los 70 días de experimentación, en gallinas de 34 semanas de edad, alimentadas con diferentes fuentes gluconeogénicas.

*Diferentes letras en columna muestran diferencia estadística. ($p < 0.1$)

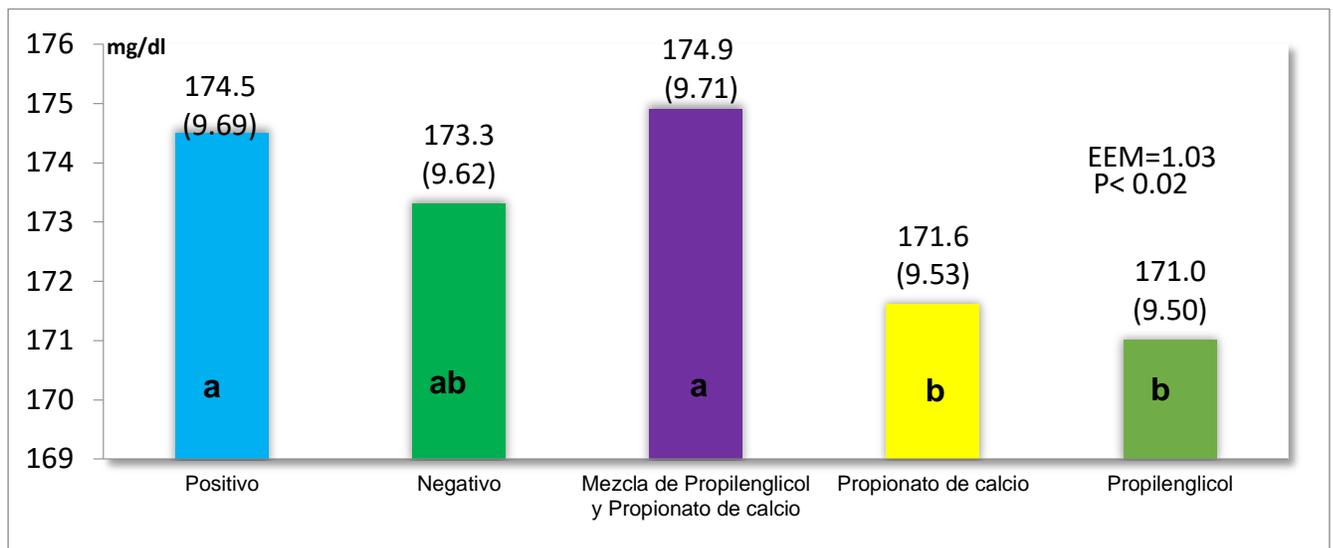


Figura 5. Niveles de glucosa en sangre capilar en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía.

*Los Valores entre paréntesis expresados en mmol/L

*Diferentes letras en columna muestran diferencia estadística. ($p < 0.05$)