



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.

EL USO DE BUTIRATO DE SODIO COMO PROMOTOR DEL
CRECIMIENTO EN DIETAS PARA PAVO NICOLAS 700

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

JOSE LUIS GONZÁLEZ DE LEON.

Número de cuenta: 307106449

Asesores:

MVZ JORGE MIGUEL IRIARTE
MVZ ALMA SELENE VAZQUEZ DELGADO



Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

2019



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 mis padres, hermanos y Adriana, gracias por su apoyo en los buenos y malos momentos.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por mi formación académica en el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo y en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Centro de Enseñanza en Investigación y Extensión en Producción Avícola y a sus académicos por darme un lugar para realizar mi servicio social y tesis.

Al MVZ Jorge Miguel Iriarte y al MVZ Alma Selene Vázquez Delgado por ser mis asesores y mis guías para la realización de mi tesis.

A mis sinodales, los Doctores: Ernesto Ávila González, José Antonio Quintana López, Arturo Cortes Cuevas y Cuauhtémoc Nava Cuellar por las observaciones al presente trabajo.

Al Doctor Manuel Ornelas Roa y a la empresa MaltaCleyton por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A Jesús, Aida, Kevin, Ana, Inés, David, Oscar y Monserrat con quienes forme una gran amistad durante el servicio social.

A todos mis amigos de la FMVZ con quienes conviví durante la carrera.

A mis amigos Alejandra, Andrea, Gabriela, Stephanie, Carlos, Guiomar y Fernando con quienes forme lazos que se vuelven más fuertes con el tiempo.

A Adriana Hernández Huesca por ser parte fundamental en mi vida, quien me ha hecho un mejor médico veterinario y una mejor persona gracias por todo.

CONTENIDO-

Página.

| | |
|-------------------------|----|
| Resumen..... | 2 |
| Introducción | 3 |
| Justificación | 15 |
| Hipótesis..... | 16 |
| Objetivo general..... | 17 |
| Material y métodos..... | 18 |
| Resultados | 20 |
| Discusión..... | 21 |
| Conclusiones | 25 |
| Bibliografía | 25 |
| Cuadros | 30 |
| Graficas | 32 |

Resumen

José Luis González de León: Uso del butirato de sodio como promotor de crecimiento en dietas para pavos Nicolas 700 (bajo la dirección del MVZ, MC. Jorge Miguel Iriarte y de la MVZ, EPA. Alma Selene Vázquez Delgado).

Se utilizaron 600 pavos de la estirpe Nicolas 700 de 5 semanas de edad durante 7 semanas de experimentación, los cuales se distribuyeron en 2 tratamientos con 4 réplicas cada una. Los tratamientos fueron: Tratamiento A: Dietas sorgo-pasta de soya y Tratamiento B: Dietas sorgo-pasta de soya menos 50 Kcal/kg de EM+ 500 g/ton de butirato de sodio. Se registraron datos de producción; ganancia diaria de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, mortalidad, peso vivo, peso en canal y rendimiento en canal. En 7 semanas de experimentación para consumo de alimento e índice de conversión alimenticia, los datos indicaron resultados mejores ($P < 0.05$) en el tratamiento con butirato. El porcentaje de mortalidad, peso vivo, peso en canal y rendimiento en canal, fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos. En conclusión, el butirato de sodio en dietas sorgo-soya para pavos en crecimiento, permitió la reducción de 50 kcal/kg de EM, mejoró la conversión alimenticia y el índice de conversión alimenticia.

Introducción

México es un país que cuenta con una alta tasa de crecimiento poblacional (1.4 % anual), lo que lo coloca como decimoprimer país más poblado del mundo, con 119 millones de habitantes (INEGI., 2015). Por otro lado, la alimentación de sus habitantes, desde el punto de vista nutricional, es deficiente, sobre todo en el aporte proteico (Cuca et al. 2009; Ortiz et al. 2006) ya que el 83 % de la población pertenece a un nivel socioeconómico C o menor, lo que significa que de su ingreso total utilizan del 35 al 52 % en alimentos, por lo que las decisiones de compra son influenciadas por el precio (AMAI, 2016).

Para contrarrestar la falta de proteína de origen animal, una solución son los productos avícolas; que aportan proteína de alta calidad a un precio bajo. Las aves en comparación con otras especies productivas, tienen un crecimiento más rápido, además de que aprovechan mejor los alimentos de origen vegetal y animal, lo que se traduce en una mejor conversión alimenticia (Cuca et al. 2009). La Unión Nacional de Avicultores (UNA, 2018) menciona que el sector avícola aportó el 63.8 % de la producción pecuaria. Con un 34.7 % producción de pollo, 29 % producción de huevo y 0.10 % producción de pavo. El consumo per cápita fue de: 32.24 kg de carne de pollo, 22.7 kg de huevo y 1.43 kg de carne de pavo.

A nivel mundial, el principal consumidor de carne de pavo es Estados Unidos con un consumo per cápita de 8.2 kg; en comparación con México los valores son muy bajos debido a dos factores: una demanda de carne estacional, que se presenta principalmente en el mes de diciembre; y una demanda industrial de cortes específicos que son importados. La producción nacional de pavo abarca el 55.94 % (UNA, 2018) debido a la amplia oferta del mercado norteamericano y a sus bajos precios (Chávez, 2013).

La UNA (2018) reportó en 2017 que el 91 % de la producción total pavo se encuentra concentrada en 11 estados de la República Mexicana los cuales son: Yucatán (18 %), Estado de México (15 %), Puebla (15 %), Chihuahua (9 %), Veracruz (8 %), Chiapas (5 %), Hidalgo (5 %), Tabasco (5 %), Guerrero (5 %), Campeche (3 %) y por último Oaxaca (3 %) (UNA, 2018), demostrando que la producción de pavo es una actividad en constante crecimiento.

Chávez (2013) reportó que las estirpes de pavo que son utilizadas a nivel mundial son; Nicolas blanco (Estados Unidos), B.U.T. (Inglaterra), B.U.T.A (Estados Unidos) y Betina (Francia). En nuestro país, las producciones comerciales utilizan en su totalidad la línea genética Nicolas.

En general una de las características más relevantes del pavo actual, es su alto rendimiento en canal que oscila entre el 65 y el 80 %, su carne aporta del 20-25 % de proteína (Uriostegui, 2009). Se considera como un alimento magro porque aporta un bajo contenido de grasas saturadas y la mayor parte de la grasa se encuentra debajo de la piel que puede ser retirada fácilmente (Chávez, 2013; Uriostegui, 2009).

En la producción animal el costo de mayor relevancia es la alimentación, el cual representa del 62 al 70 % de los costos totales de producción; (OMS-FAO, 2014; UNA, 2018) desafortunadamente, hay algunos ingredientes que han alcanzado un alto precio en el mercado por su alta demanda para consumo humano y consumo animal, lo cual limita su uso debido a que aumenta los costos de producción; un ejemplo de esto es el aceite crudo de soya, que es utilizado como fuente de energía (Ramos, 2012).

Por lo anterior, se han hecho numerosas investigaciones en productos e insumos que mejoren el aprovechamiento de ingredientes energéticos como el empleo de enzimas derivadas de fermentaciones fungales y bacterianas las cuales incrementan la digestibilidad del alimento al degradar los azúcares complejos encontrados en las paredes celulares de los granos y semillas oleaginosas (Cuca et al. 2009), las fitasas que hidrolizan el ácido fítico aumentando la liberación del fósforo y por lo tanto la digestibilidad mineral, (López, 2013) la lecitina, tiene un efecto similar a las sales biliares ya que facilitan la formación de micelas favoreciendo absorción y por lo tanto disminuyendo el porcentaje de inclusión de lípidos en la dieta. (Navarro y Rovers, 2015; Delgado, 2015; Kaczmarek et al. 2015).

Está comprobado que en las primeras semanas de vida, las aves tienen una deficiente digestión y absorción de las grasas de la dieta debido a dos factores: el primero a la limitada secreción de sales biliares y enzimas digestivas como las lipasas ya que las primeras son importantes para la formación de micelas y las segundas degrada a los ácidos grasos de cadenas de carbonos largas (10 o más) para su posterior absorción, seguido por el

grado de saturación de la grasa, que dependiendo si son insaturadas o saturadas es la estabilidad de sus enlaces que las componen. (Cuca et al. 2009; Navarro y Rovers, 2015; Shimada, 2007).

Ante esta problemática una alternativa es el uso de ácidos orgánicos de cadena corta como lo son el ácido butírico, que al ser incluido en la dieta puede disminuir el porcentaje de inclusión de aceites, ingrediente de la dieta con un costo considerable en la dieta. El ácido butírico que es producido por las bacterias anaerobias del tracto Gastrointestinal (TGI) de rumiantes y monogástricos como resultado del metabolismo anaerobio de carbohidratos, proteínas, almidón y fibra no digeridos (Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017; Zhang et al. 2011). Además se han encontrado algunos efectos benéficos de este ácido como fuente de energía para los eritrocitos, efecto directo sobre la secreción de la mucina, efecto antimicrobiano sobre patógenos gram negativos (*E. coli* y *Salmonella*) y gram positivos (*Clostridium spp.*), estimulando el sistema inmune no específico, efecto trófico sobre las vellosidades intestinales, aumento en la absorción de calcio luminal, estímulo exocrino y endocrino de la actividad pancreática y enzimas digestivas (Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017; Qaisrani et al. 2015; Jerzsele et al. 2012).

Lípidos

Los lípidos son uno de los componentes energéticos en las dietas para aves, se ha reportado que aportan 9 Kcal/g, lo cual es de 2 a 2.5 veces superior que las proteínas y los carbohidratos (Cuca et al. 2009; Ramos, 2012; Klein, 2008), por lo que se considera como la principal fuente de energía, son de gran importancia ya que cumplen con diferentes funciones esenciales en el organismo: son componentes de las membranas celulares (colesterol, fosfolípidos), brindan protección (piel, alveolos pulmonares), son fuentes de ácidos grasos esenciales (linoleico), participan en el transporte de vitaminas liposolubles, son precursores hormonales (cortisol, prostaglandinas) y dan aislamiento con respecto al medio externo. Como ingrediente, aumenta la palatabilidad y la absorción de otros nutrientes como las vitaminas liposolubles y pigmentos, así mismo tienen la propiedad de ser viscoso lo que aglutina las partículas finas del alimento como lo pueden ser los microminerales que pueden acumularse en alguna porción de la mezcladora y no

distribuirse de forma correcta en todo el alimento (Cuca et al. 2009; Ramos, 2012; Murray et al. 2010).

Los lípidos son sustancias orgánicas constituidas principalmente por carbono e hidrogeno, son solubles en disolventes orgánicos como éter, benceno, heptano y por lo que son insolubles en agua, el cual es un factor determinante en los mecanismos de hidrolisis, absorción y metabolismo (Cuca et al. 2009).

Los lípidos se clasifican principalmente en dos grupos: simples y complejos (Murray et al. 2010).

Los lípidos simples están formados por esterres de ácidos grasos con diversos alcoholes, los cuales se dividen en dos grupos: Acilglicéridos (grasas y aceites) y ceras. Los acilglicéridos son esterres de ácidos grasos con glicerol comúnmente pueden encontrarse en el organismo como tejido adiposo ya que son utilizados como reserva energética o aislante térmico (Ramos, 2012; Murray et al. 2010). Las ceras son ésteres de ácidos grasos con alcoholes monohídricos de masa molecular relativa que sirven como protección. (Murray et al. 2010).

Los lípidos complejos son moléculas antipáticas componentes de membranas biológicas, están compuestos por esterres de ácidos grasos con un grupo alcohol y un ácido graso los cuales se dividen en: Fosfolípidos, glucolípidos, lípidos precursores o sus derivados. Los fosfolípidos son lípidos que contienen un residuo fosfórico, los glucolípidos son lípidos que contienen un ácido graso, esfingosina y carbohidratos, los lípidos precursores o sus derivados que comprenden ácidos grasos, glicerol, esteroides, otros alcoholes, aldehídos grasos, cuerpos cetónicos, hidrocarburos, vitaminas liposolubles y hormonas (Murray et al. 2010).

Triacilgliceroles

Aproximadamente el 90 % de los ácidos grasos que se absorben a nivel intestinal, son almacenados como fuente de energía en el organismo como trigacilgliceroles (Cuca et al. 2009), se caracterizan estructuralmente por contener una molécula de glicerol y tres ácidos grasos saturados, dos en posición alfa y uno en posición beta, los cuales son de gran importancia en la acción de la lipasa pancreática la cual se describe más adelante (Shimada,

2007; Murray et al. 2010; Cuca et al. 2009) estos autores mencionan que la mayoría de las grasas que son utilizadas en la alimentación de aves, contienen ácidos grasos de cadena larga y por lo general de 16 (ácido palmítico) o 18 átomos de carbono (ácidos oleicos y linoleico).

Los ácidos grasos son moléculas compuestas por cadenas de carbono que poseen un grupo carboxilo como grupo funcional (Sánchez et al. 2010). Se encuentran principalmente como ésteres en las grasas y los aceites, pero también se pueden encontrar no esterificados como ácidos grasos libres (Cuca et al. 2009). Los ácidos grasos pueden clasificarse en saturados e insaturados. Los ácidos grasos saturados no tienen dobles enlaces, esta circunstancia permite la unión entre sus moléculas sea estable y por lo tanto se encuentran generalmente en estado sólido a temperatura ambiente. Los ácidos grasos insaturados estructuralmente cuentan con uno o más dobles enlaces, en comparación con los ácidos grasos saturados sus enlaces son muy inestables por lo que se encuentran generalmente en estado líquido a temperatura ambiente (William, 2002).

Digestión y absorción

La digestión y absorción de los lípidos ocurre principalmente en el intestino delgado, involucra enzimas de origen pancreático e intestinal, así como sales biliares. En el hígado se produce la bilis a partir del colesterol sanguíneo, esta se almacena en la vesícula biliar y se libera durante la digestión en las primeras porciones del duodeno, su principal función consiste en neutralizar el pH ácido del quimo y tiene efecto emulsificante disminuyendo la tensión superficial de los componentes del quimo mediante la orientación de su fracción polar hacia el centro y la no polar hacia la superficie (Shimada, 2007), transformado partículas grandes de grasa en partículas más pequeñas; lo cual aumenta la superficie de contacto con la lipasa intestinal (Cuca et al. 2009).

En el páncreas se producen diferentes enzimas que participan en el proceso de digestión como: enterocinasa, tripsinas, quimiotripsinas, carboxipeptidasas, colagenasas, nucleasas, amilasas y lipasas (Cuca et al. 2009; Shimada, 2007; Klein, 2008).

La lipasa es la única enzima en las aves que participa en el proceso de digestión de los lípidos, cuando se libera en el duodeno actúa sobre las grasas emulsificadas, cuando entra

en contacto con los triacilgliceroles actúa sobre los ácidos grasos en las posiciones alfa, por lo que se obtienen un 2 ácidos grasos y un monoacilglicerol, posteriormente el ácido graso en la posición beta contenido en el monoacilglicerol puede ser cambiado a la posición alfa por medio de la enzima isomerasa para ser desdoblado obteniendo finalmente por cada triacilglicerol tres ácidos grasos y un glicerol (Shimada, 2007; Murray et al. 2010; Klein, 2008).

Los lípidos se pueden absorber por difusión simple o pinocitosis, dependiendo del tamaño de las partículas. Las moléculas pequeñas como el glicerol y los ácidos grasos de menos de 10 carbonos, se absorben por difusión simple, mientras que los monoacilglicéridos y ácidos grasos de cadena larga son contenidos en micelas (Cuca et al. 2009; Shimada, 2007).

Las micelas son estructuras de 30 a 100 Å formadas espontáneamente por la interacción en el medio acuoso del intestino delgado de productos hidrolizados (monoacilglicéridos, ácidos grasos de cadena mediana y larga) y las sales biliares, donde la porción no polar es contenida en el centro y la porción polar en la superficie (Shimada, 2007). Las micelas ayudan a la absorción de las grasas al tener una alta concentración de los productos hidrolizados en el interior de la misma, que al adherirse a la pared intestinal crea un gradiente de concentración positivo, lo que favorece la absorción de los lípidos; la velocidad de absorción se ve comprometida dependiendo el tamaño de las partículas contenidas en la micela (Ramos, 2012).

Una vez que las grasas son absorbidas, son transportados al retículo endoplásmico donde ocurre la resíntesis de los triacilglicéridos y son cubiertos por una estructura llamada quilomicrón que es una capa constituida por ésteres de colesterol, fosfolípidos y lipoproteínas, los cuales rodean a los triacilglicérols, protegiéndolos para su transporte en circulación sanguínea (Shimada, 2007; Berruezo et al. 2011).

Los residuos de sales biliares que quedan al degradarse la micela, pueden unirse a otros productos hidrolizados para formar nuevas micelas o absorberse en intestino grueso para reciclarse (Shimada, 2007).

Ácidos grasos volátiles

El intestino grueso de los mamíferos contiene microorganismos que son capaces de digerir -azúcares, fibras y polisacáridos como las celulosas, hemicelulosas y pectinas (Zavaleta, 2009). Bajo condiciones normales los productos finales de la digestión de los carbohidratos son; hidrogeno, dióxido de carbono, metano y ácidos grasos volátiles (Berruezo et al. 2011).

Los ácidos grasos volátiles o también llamados ácidos grasos de cadena corta (AGCC) son compuestos de cadenas carbonadas menores a 6 carbonos, producidos por la fermentación bacteriana anaerobia de carbohidratos, proteínas, almidón y fibra no digeridos en el tracto gastrointestinal de monogástricos (ciegos) y rumiantes (rumen). (Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017; Zhang et al. 2011) Generalmente se consideran como AGCC al ácido fórmico, acético, propiónico, butírico, isobutírico, 2-metilbutirico, valérico, isovalérico, caproico y caprílico, de los cuales el acético, propiónico y butírico son los que se producen en mayor cantidad. Las proporciones en general de los de estos últimos generalmente son: acetato 60-70 %, propionato 15-25 % y butirato 10-15 % (Berruezo et al. 2011; Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016).

Tienen funciones importantes en el mantenimiento del intestino grueso: Berruezo et al. (2011) mencionan que el ácido butírico juega un papel importante en el mantenimiento de la población de los coloncitos los cuales son de gran importancia en la absorción de agua y electrolitos de la dieta.

Ácido butírico

El ácido butírico es un AGCC de 4 carbonos. Tiene un peso molecular de 88.12 g/mol, su densidad es de 0.958 g/m, tiene pKa de 4.82; por lo que se clasifica como un ácido débil. Puede encontrarse en la naturaleza en aceites vegetales y grasas animales como el aceite de oliva y la grasa de la leche, así mismo es producido por las bacterias anaerobias del tracto Gastrointestinal (TGI) de rumiantes y monogástricos como resultado del metabolismo de celulosa y hemicelulosa (Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017; Zhang et al. 2011; Munguia, 2017; Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016).

Efectos biológicos

- Fuente de energía para enterocitos y regula su proliferación. Debido a su influencia sobre la expresión genética y síntesis de proteínas, además de reducir la apoptosis se considera como la principal fuente de energía de los coloncitos al ser utilizada como metabolito intermediario en la estimulación de péptidos reguladores (gastrina, CCK, PYY, y GLP) que son considerados como factores de crecimiento que actúan en la proliferación intestinal (Qaisrani et al. 2015; Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017; Ahsan et al. 2016; Montoya, 2019; Mallo et al, 2015)
- Efecto antibacteriano sobre los enteropatógenos gram negativos (*E coli* y *Salmonella spp.*) y gram positivos (*Clostridium spp.*) que al infiltrarse en la pared bacteriana disocia hidrogeno reduciendo el pH, provocando deficiencia de energía y problemas osmóticos (efecto bactericida y bacteriostático). Así mismo, tiene un efecto regulador de la microbiota intestinal normal al disminuir el pH del intestino favoreciendo el crecimiento de *Lactobacillus* y *Bifidobacterias spp.* creando un efecto de exclusión competitiva con las bacterias patógenas. Estos efectos se asocian indirectamente con un aumento en el rendimiento productivo del ave (Qaisrani et al. 2015; Sánchez et al. 2010; Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016; Montoya, 2019; Liu et al. 2017; González, 2010).
- Estimula el sistema inmune no específico mediante la acción de los macrófagos y aumenta la inmunidad local específica. Induce la secreción del gen HDP y mejora la actividad bacteriana de los monocitos. En los macrófagos modula las funciones en el proceso inflamatorio al inhibir la expresión de citoquinas pro-inflamatorias, evitando la pérdida energética y disminuye la producción de óxido nítrico en macrófagos activados (Hernández, 2017; Montoya, 2019; Mallo et al, 2015).
- Incrementa la estimulación exógena y endógena del páncreas y enzimas digestivas. La disminución del pH que se produce al favorecer la microbiota normal del TGI estimula las secreciones gástricas y pancreáticas que favorecen una mayor actividad enzimática; como consecuencia, aumenta la digestibilidad y absorción de nutrientes como proteínas, grasas y minerales. Esta disminución de pH disminuye el tiempo

del tránsito intestinal permaneciendo el bolo intestinal por más tiempo aumentando la digestión de nutrientes (Qaisrani et al. 2015; Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017; Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016; González, 2010).

- Efecto trófico sobre las microvellosidades intestinales (Qaisrani et al. 2015; Sánchez et al. 2010; Ahsan et al. 2016; Liu et al. 2017; González, 2010).
- Efecto directo sobre la secreción de mucina (en aves) (Sánchez et al. 2010; Hernández, 2017).
- En gallinas de postura aumenta en la absorción del calcio mejorando el porcentaje de producción del huevo y la calidad del cascarón (Hernández, 2017).

Producción del ácido butírico

Las bacterias en el TGI de las familias *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae* y algunos grupos de *Clostridium* utilizan polisacáridos no amiláceos, proteínas y grasas en el colon (Montoya, 2019). El mecanismo de producción que utilizan estas bacterias en un metabolismo fermentativo, es decir, obtienen energía a través de la fosforilación (Mallo et al. 2015). Las moléculas reducidas restantes (NADH), son transferidos a intermediarios metabólicos, lo que lleva a productos finales como el ácido butírico (Munguia, 2017). Posteriormente, es transportado a través del epitelio por distintos mecanismos como difusión pasiva atravesando directamente la barrera epitelial, transporte de baja afinidad controlado por intercambios de AGCC/HCO₃ o bien, utilizado en transporte activo mediado por dos receptores principales: el transportador de monocarboxilato 1 (MCT-1) y el transportador de monocarboxilato 1 acoplado a sodio (SMCT-1), también interactúa con la proteína GRP41 y GRP43 de la capa mucosa y GRP109A en la membrana de los colonocitos (Munguia, 2017; Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016; Montoya, 2019).

Los receptores MCT1 y SMCT1 son importantes en el transporte activo del ácido butírico los cuales actúan de distintas formas: el receptor MCT1 esta acoplado a un gradiente transmembranal de H⁺; si existe un incremento intracelular en los niveles de bicarbonato se genera un mayor intercambio de ácido butírico mientras, que el receptor SMCT1 presente

en colon y riñones, se une a varios monocarboxilatos como el ácido butírico con el que tiene una gran afinidad (Montoya, 2019).

Una vez transportados, el ácido butírico representa un sustrato de energía preferido por las células del colon como fuente de energía para el crecimiento de las vellosidades y el recambio celular. Los colonocitos exhiben una gran capacidad para metabolizar el ácido butírico transformándolo a CO_2 a través de la beta-oxidación o utilizándolo como precursor de cuerpos cetónicos o lípidos por medio de hidroxil-metil-glutaril-CoA, (Ahsan et al. 2016; Jerzsele et al. 2012) posteriormente, es transportado por la vena portahepática, donde produce acetil-CoA, entrando al ciclo de del ácido cítrico actuando como sustrato en diferentes tejidos como musculo, riñón, corazón y cerebro (Montoya, 2019). Puede encontrarse en pequeñas cantidades en sangre periférica, en la vena porta y en la vena hepática (Munguia, 2017).

El ácido butírico tiene características poco favorables para su uso como aditivo ya que es de naturaleza corrosiva, volátil y tiene un olor penetrante (González, 2010; Mallo et al. 2015), que puede ocasionar una disminución en el consumo, por lo que se prefiere utilizar en forma de sal, ya sea sódica, cálcica, potásica o magnésica que permite un fácil manejo, una mayor estabilidad y es menos oloroso. Existen diferencias entre dichas sales como el peso molecular, solubilidad y disponibilidad, teniendo mejores resultados el butirato de sodio por su fácil manejo, baja volatilidad y un olor más discreto (Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016; Montoya, 2019).

El ácido butírico, también conocido como ácido 1-butanoico cuenta con un grupo carboxilo (-COOH), en el cual el grupo hidroxilo (-OH) se encuentra unido débilmente por lo que fácilmente es reemplazable por otros iones, como lo puede ser el sodio (Na). El butirato de sodio es la sal del ácido butírico que contiene un átomo de sodio en lugar de hidrógeno del grupo -OH. La estructura del ácido butírico y el butirato de sodio se muestran en la figura 1. (Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016).

El butirato de sodio puede ser ofrecido en diferentes presentaciones como: butirato no protegido, mono, di y tributirinas y microencapsulado. (Moquet et al. 2016; Montoya, 2019).

Butirato no protegido

El butirato que se encuentra sin ningún tipo de protección, también al ser AGCC es absorbido de forma no iónica y pasiva en gran parte por el TGI superior por lo que hay una mayor concentración en esta porción pero no en yeyuno, ciegos y colon. En consecuencia ejerce un principal efecto sobre las células epiteliales y microbiota en el proventrículo y molleja de las aves. (Moquet et al. 2016; Montoya. 2019).

Mono, di y tributirinas

El butirato de sodio es combinado con mono- di y triacilgliceroles. Las aves al tener una actividad lipolítica preduodenal limitada, lo que hace que el butirato de sodio sea liberado a partir en la última porción del duodeno por acción de la lipasa pancreática, esta puede estar presente en la molleja de las aves debido al reflujo gástrico que presenta normalmente, sin embargo la acción de la lipasa pancreática se ve comprometida al pH bajo de la molleja. Las lipasas solo son capaces de romper enlaces éster de triacilglicerol en la posición alfa, por lo que parte al butirato es absorbido como monoacilglicerol en duodeno y yeyuno (Moquet et al. 2016).

Matrices cargados por butirato

También conocido como microencapsulado o recubierto de grasa vegetal, donde el butirato de sodio se encuentra completamente en el núcleo del mismo, sin embargo la fuente de la grasa y los diámetros de los productos a menudo varían entre proveedor y proveedor por lo que se han reportado resultados muy variados. Con esta presentación de butirato de sodio se pretende que su liberación sea de manera continua por todo el intestino al tener contacto con la lipasa pancreática, también son aceptadas las matrices de grasa que proporcionan una protección parcial contra la absorción gástrica lo que aumenta el suministro de butirato de sodio al intestino delgado. Se ha demostrado que la alimentación de matrices basadas en grasas vegetales aumenta la concentración de butirato el colon de cerdos y ciegos de aves (Moquet et al. 2016 y Mallo et al. (2015), mencionan que en esta presentación del butirato de sodio se encuentra con una mayor concentración en colon.

Metabolismo del ácido butírico

El butirato de sodio al ser AGCC es absorbido fácilmente en las primeras porciones del intestino, el pH ácido del proventrículo y la molleja permiten que el ácido butírico permanezca en forma no disociada, a medida de que entra al intestino delgado proximal, se disocia en iones de butirato e hidrógeno, los cuales son fácilmente absorbidos por los enterocitos por difusión pasiva utilizándolo para aumentar el tamaño de las microvellosidades y el recambio celular (Moquet et al. 2016). En caso de ser un butirato protegido es liberado en el duodeno al entrar en contacto con la lipasa pancreática permitiendo la liberación gradual del butirato de sodio por todo el TGI (Montoya, 2019). Posterior al contacto del butirato de sodio con el TGI alto o su liberación por la acción de la lipasa pancreática es transformado en ácido butírico, por lo que se sigue la misma ruta que la del ácido butírico endógeno (Jerzsele et al. 2012; Ahsan et al. 2016).

Justificación

Debido al incremento de los costos de los ingredientes energéticos en la producción de alimentos balanceados y a las limitaciones que tiene el uso de antibióticos ha sido necesario investigar productos más seguros como el butirato de sodio. El presente trabajo buscó disminuir el porcentaje de inclusión de estas fuentes encontradas de energía, mediante el empleo de butirato de sodio como promotor de crecimiento, para evaluar los parámetros productivos en pavos en crecimiento respecto a las dietas convencionales y reducir los costos de producción.

Hipótesis

El uso del butirato de sodio en dietas sorgo- pasta de soya reducidas en energía (50 kcal/kg de EM) para pavos en crecimiento Nicolas 700, no afecta el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal.

Objetivo general

Evaluar las variables productivas ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión, mortalidad general y rendimiento de la canal de pavos de la estirpe Nicolas 700 utilizando butirato de sodio en dietas reducidas en 50 kcal/kg de EM.

Material y métodos

Localización

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en la calle Manuel M. López s/n, Avenida Tláhuac, km 21.5, Colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, en México, D.F. a una altura es de 2,250 msnm, con una temperatura media anual de 18° C y una precipitación pluvial de 747 mm, con una superficie de 48,470 m² (Domínguez et al. 2016).

Animales

Se utilizaron 600 pavos de la estirpe Nicolas 700 de 5 semanas de edad. Los pavos fueron distribuidos al azar, en 8 lotes de 75 aves cada uno, 4 lotes para cada tratamiento. Se alojaron en una caseta de ambiente natural con piso de cemento de 80 m² y cama de paja, conto con un área al aire libre de 60 m² de acceso restringido de 9 am a 1 pm, bebederos internos de campana automáticos, bebederos externos manuales, comederos de tolva, comederos de canoa de chicos, medianos y grandes, según la edad de las aves.

Se emplearon 2 etapas de alimentación:

- De 5 a 8 semanas de edad.
- De 9 a 12 semanas de edad.

El alimento y el agua, fueron proporcionados *ad libitum* durante todo el experimento.

Tratamientos

Se utilizaron 2 tratamientos (Cuadro 1)

Tratamiento A: Dieta sorgo-soya.

Tratamiento B: Dieta sorgo-soya menos 50 Kcal/kg de EM + 500 g/ton de butirato de sodio protegido.

La vacunación se realizó de acuerdo al calendario establecido por el C.E.I.E.P.Av contra las enfermedades: Cólera aviar, enfermedad de Newcastle, Influenza aviar y Viruela aviar.

Parámetros productivos

Durante el estudio, se llevaron registros semanales de ganancia diaria de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad. Al finalizar el estudio se midió el rendimiento de la canal de 30 pavos por tratamiento.

Procesamiento

Se realizó de la siguiente manera

La insensibilización de las aves se llevó a cabo por aturdimiento eléctrico (120 V), inmediatamente se colocaron en embudos de metal para realizar el corte bilateral de venas yugulares y arterias carótidas. El desangrado tuvo una duración de 5 minutos.

Se realizó el escaldado a una temperatura de 63°C durante 45 segundos, mientras que el desplumado se realizó automáticamente. El eviscerado de la canal se hizo de forma manual. Posteriormente todas las canales fueron lavadas y enfriadas a 4°C por 12 horas.

Rendimiento de la canal

Una vez eviscerada la canal se pesó en una báscula Torrey L-pcr, para determinar el rendimiento con respecto al peso vivo.

Los datos ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento en canal fueron sometidos a un análisis de comparación de medias mediante la prueba de T de Student a un nivel de significancia del 5 % en el programa estadístico SPSS versión 17.

Resultados

Los resultados promedio obtenidos en 7 semanas de experimentación sobre los parámetros productivos ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión, mortalidad general y rendimiento de la canal de pavos se muestran en el Cuadro 2. Los resultados del análisis estadístico de las variables; peso final, consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión, índice de conversión alimenticia y rendimiento en canal indicaron que no había diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos excepto en consumo de alimento y el índice de conversión alimenticia.

Como se puede ver en la Grafica 1, los pesos finales fueron muy semejantes. En la Grafica 2, se ven los datos de consumo total de alimento mostrando un menor consumo de alimento en los pavos que recibieron el butirato de sodio en su alimento.

La conversión alimenticia que aparece en la Grafica 3, indica mejor conversión con las dietas suplementadas con butirato.

En las Gráficas 4 y 5 aparecen los datos de ganancia diaria de peso y rendimiento en canal, mostrando resultados similares entre tratamientos.

Discusión

Los resultados obtenidos en el presente trabajo y bajo las condiciones descritas, coinciden con los obtenidos por Antongiovanni et al. (2007), quienes realizaron un experimento en 105 pollos de engorda de la estirpe Ross 308, en el que utilizaron 5 tratamientos: Dieta control + aceite de soya y 4 tratamientos con diferentes cantidades de butirato de sodio (0.2, 0.35, .0.5 y 1 % de inclusión). Los resultados obtenidos indicaron diferencia significativa ($P < 0.05$) en la primera semana de vida, en la dieta con mayor porcentaje de inclusión del butirato de sodio para las variables consumo de alimento, índice de conversión alimenticia. Estos datos coinciden a los del presente estudio al final del experimento, con una diferencia en el consumo de alimento y el índice de conversión alimenticia en el tratamiento adicionado con butirato de sodio. Para la variable rendimiento en canal se tuvieron resultados similares con el empleo del butirato.

Jerzsele et al. (2012) realizaron una investigación en pollo de engorda con el fin de probar diferentes aditivos que funcionen como protectores, por lo que realizaron la infección artificial de necrosis enterohemorrágica, en dicha investigación probaron cinco tratamientos: Dieta A control sin ningún aditivo, dieta B con 1.5 g/kg de butirato de sodio, dieta C con 1g/kg *Bacillus amyloliquefaciens* (probiótico), dieta D con 1.5 g/kg de una mezcla protectora de aceites esenciales (aceite de jengibre y carvacol al 1 %), dieta E mezcla protectora con 1.5 mg/kg de butirato de sodio y aceites esenciales. Utilizaron una presentación del butirato de sodio microencapsulado. Los resultados que obtuvieron los autores para la variable ganancia diaria de peso, demuestran que no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.01$) en el día 16 de experimentación, esto coincide con lo obtenido en el presente estudio, al no encontrar diferencia en la variable ganancia diaria de peso, sin embargo los autores reportaron en el día 25 de experimentación en la dieta D y E diferencia estadística significativa ($P < 0.01$). Dichos resultados no son similares a los obtenidos en los pavos a las 12 semanas de vida.

Panda et al. (2012) utilizaron 240 pollos de engorda de 0 a 5 semanas de vida para estudiar el efecto en el rendimiento productivo con diferentes niveles de ácido butírico, donde se utilizaron 4 tratamientos: Dieta control con 0.05 % de antibiótico (furazolidona) y 3 dietas con diferentes proporciones de butirato de sodio (0.2, 0.4 y 0.6 %). Los resultados para las

variables ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia para el tratamiento adicionado con 0.4 % de butirato de sodio muestran diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), lo que coincide con el presente trabajo ya que se obtuvieron resultados similares para la conversión alimenticia, sin embargo difieren los resultados en ganancia diaria de peso donde no se obtuvo diferencia significativa ($P > 0.05$). Los autores reportaron para las variables consumo de alimento y mortalidad, que no hubo diferencia estadística significativa ($P > 0.05$), lo que coincide con lo obtenido para la variable mortalidad pero difiere en el consumo de alimento donde se obtuvo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en el experimento con butirato de sodio.

Lesson et al. (2005) realizaron dos experimentos en pollo de engorda para desafiar la eficiencia del butirato de sodio contra oocitos de coccidias. El experimento 1 utilizó 4 dietas: Dieta sin aditivo, dieta con 11 ppm de virginiamicina, y dos dietas con 0.2 y 0.4 % de ácido butírico. El resultado para la variable ganancia diaria de peso no mostro diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$), lo que coincide con lo obtenido el experimento en pavos Nicolas 700. Para el parámetro consumo de alimento reportaron diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.01$) con el uso de la virginiamicina y 0.4% de butirato de sodio por lo tanto coincide con lo obtenido en el experimento en pavos Nicolas donde se obtuvo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), con el uso de butirato de sodio al reducir el consumo de alimento. Para la variable rendimiento en canal Lesson et al. (2005) no encontraron diferencia estadística ($P > 0.05$) por lo los resultados fueron similares en el experimento en pavos. En el segundo experimento, utilizaron tres tratamientos: dieta con bacitracina metileno, y dos dietas con 0.1 y 0.2 % de ácido butírico. Para el parámetro ganancia diaria de peso no reportaron diferencia significativa ($P > 0.05$) lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio. Para la variable rendimiento en canal los autores encontraron diferencia estadística ($P < 0.01$), lo que difiere con el experimento en pavos Nicolas 700 ($P > 0.05$).

Chamba et al. (2014) realizaron un experimento en 900 pollos de engorda estirpe Cobb para evaluar el efecto del butirato de sodio parcialmente protegido sobre el rendimiento productivo, vellosidades intestinales e inmunidad. Utilizaron tres dietas para comparar dos promotores de crecimiento: 1 dieta: testigo negativo, 2 dieta testigo+100.000 UI/ kg de

colistina y 3 dieta testigo + 700ppm de ácido butírico. Los pollos fueron alimentados en tres fases: fase 1 de 1-14 días, fase 2 de 15-28 días, y fase 3 de 29 a 42 días. En la primera fase de alimentación no encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) para ninguno de los parámetros: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad. Para las últimas fases de alimentación encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) en las variables ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia, sin embargo no encontraron diferencias para consumo de alimento y mortalidad ($P>0.05$). En el presente estudio se encontró diferencia estadística significativa para índice de conversión alimenticia ($P<0.05$) lo concuerda con Chamba et al. (2014) en las últimas dos fases de alimentación pero no la primera fase de alimentación, sin embargo el estudio difiere con lo encontrado con estos autores para la ganancia diaria de peso en la cual reportan diferencias estadísticamente significativa ($P<0.05$) en las fases 2 y 3 de alimentación, estos resultados difieren de los obtenidos en esta investigación ($P>0.05$) lo que concuerda con los hallazgos de Chamba et al. (2014) para la primer semana. Para la variable mortalidad en las 3 fases de alimentación no reportan diferencias estadísticas ($P>0.05$) en todas las fases de alimentación, lo que concuerda con el presente estudio. En cuanto a consumo de alimento estos autores, no reportan diferencia estadísticamente significativa para ninguna fase de alimentación ($P>0.05$) lo que no concuerda con este estudio ya que se obtuvo diferencia estadísticamente significativa $p<0.05$.

Montoya (2019) utilizó diferentes promotores de crecimiento en 696 pollos de engorda de la estirpe Ross 308 uno de esos tratamientos fue el control negativo con 500g/ton butirato de sodio donde reporto que hubo diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) para la ganancia diaria de peso y el peso vivo, lo que difiere con lo obtenido en el presente estudio al no tener diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$).

Sanchez et al. (2011) realizaron un experimento en 470 gallinas Isa Babcock de 32 semanas de edad donde probaron las dietas: Dieta 1 con 300g/ ton de butirato de sodio, dieta 2 con 30 ppm de bacitracina donde reportaron que, para los parámetros productivos, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, porcentaje de fisura de cascaron, calidad de la albumina, color de yema, grosor y peso de cascaron no hubo diferencia significativa. Se tiene discrepancia para las variables consumo de alimento,

índice de conversión alimenticia ya que en el experimento en pavos Nicolas se tiene diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Se sugiere que se realicen estudios complementarios en pavos, para evaluar el posible efecto que puede tener el butirato de sodio a nivel tisular, ya que la mayoría de la literatura revisada, menciona que existen efectos benéficos en la profundidad de las criptas intestinales e incrementar el tamaño de las microvellosidades; lo cual permite mejorar la digestión y absorción de los nutrientes.

Conclusiones

De los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir:

Los parámetros productivos de pavos Nicholas 700 de 5 a 12 semana en ganancia diaria de peso, peso vivo, peso de la canal y rendimiento en canal, mostraron resultados similares en dietas sorgo + soya con y sin butirato.

El uso de butirato de sodio a razón de 500 g/ton. mejoró la conversión alimenticia y disminuyó el consumo de alimento.

El empleo de butirato de sodio en dietas para pavos Nicolas 700 de 5 a 12 semanas de edad tuvo un efecto promotor en la transformación de alimento a carne permitiendo una reducción de 50 Kcal/kg de EM.

Bibliografía

A.M.A.I., 2016. *Niveles socioeconomicos (NSE)*. Recuperado el 16 Octubre 2016 de <http://nse.amai.org/nseamai2/>

Ahsan U., Cengiz Ö., Raza I., Kuter E., Chacher M.F.A., Iqbal Z., Umar S. & Çakir S. (2016). Sodium butyrate in chicken nutrition: the dynamics of performance, gut microbiota, gut morphology, and immunity. *World's Poultry Science Journal*, 265-275.

Antongiovanni M., Buccioni A., Petacchi f., Leeson S., Minieri S., Martini A. & Cecchi R. Butyric (2007). Butyric acid glycerides in the diet of broiler chickens: Effects on gut histology and carcass composition. *Journal Animal Science*. VOL. 6, 19-25

Berruezo R. G., Martinez G. C & Valencia A. J. A. (2011). Biodisponibilidad de los acidos grasos de cadena corta: mecanismos de absorción. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*: 24, 125-134.

Cuca GM, Avila GE y Pro MA. (2009). Alimentacion de las aves. 2da edición. Mexico: Universidad Autonoma de Chapingo, Direccion de patronato universitario, Departamento de zootecnia.

Chamba F., Puyalto M., Ortiz A., Torrealba H., Mallo J. J. & Riboty R. (2014). Effect of Partially Protected Sodium Butyrate on Performance, Digestive Organs, Intestinal Villi and E. coli Development in Broilers Chickens. *International Journal of Poultry Science* 13 (7): 390-396.

Chávez V.E., (2013). Efecto de la disminución de proteína y aminoácidos esenciales en dietas sorgo+soya tipo comercial sobre los parámetros productivos en pavos Nicolas de 4 a 12 semanas de edad (Tesis de Licenciatura). UNAM-FMVZ.

Cuca G. M. & Avila G. E., (1981). Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. Colegio de postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Texcoco. Edo de Mexico. 326-349

Delgado L. T. (2015). Efecto del uso de un emulsificante de lípidos (Aquasterol®) en pollos COBB 500 machos sobre los parámetros productivos 2.700 M.S.N.M (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Domínguez M.A., Lepe R.A. & Manríquez J.R., 2016. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ-UNAM). Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiepav/localizacion.html> [Consulta: 10 Febrero 2017]

González G. C. (memorias 8 y 9 dic 2010). Utilización del ácido butírico protegido como promotor de crecimiento en pollo de engorda. 1a. Jornada de investigación Universitaria. (págs. 72-78). Tepatlán de Morelos, Jalisco: Universidad de Guadalajara.

Hernández J. M. (2017) Butirato de sodio y sus efectos en dietas de aves y cerdos. Recuperado el 23 de julio de 2018 de <https://actualidadporcina.com/articulos/butirato-de-sodio-y-sus-efectos-en-dietas-de-aves-y-cerdos.html>.

I.N.E.G.I., 2015. Cuentame... poblacion. Recuperado el: Consulta 16 Octubre 2016 de <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>.

I.N.E.G.I., 2015. Regiones Socioeconómicas de México. Recuperado el 16 Octubre 2016 de <http://sc.inegi.gob.mx/niveles/index.jsp>.

Jerzsele A., Szeker K., Csizinszky R., Gere E., Jakab C., Mallo J. J. & Galf P. (2012). Efficacy of protected sodium butyrate, a protected blend of essential oils, their combination, and *Bacillus amyloliquefaciens* spore suspension against artificially induced necrotic enteritis in broilers. *Poultry Science*: 91(4), 837-843.

Kaczmarek SA., Bochenek M., Samuelsson AC. & Rutkowski.(2015). Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens. *Journal of Animal Nutrition*: 69 (4), 285-296.

Klein, E. (mayo de 2008). Efecto de la inclusión de un emulsificador de grasa en dietas de pollo de engorde. (Tesis de Licenciatura) Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

López J. A., (2013). Fitasas y degradación del ácido fólico, mejora de la productividad del ganado porcino. Mexico: DSM NUTRICIONAL PRODUCTS.

Liu, J. B., Bayir H. O. Cosby D. E., Cox N. A., Williams S.M. & Fowler (2017). sodium butyrate on growth performance, energy digestibility, gut development, and *Salmonella* colonization in Broilers. *Poultry Science*: 96 (10). , 3638-3644.

Lesson S., Namkung H., Atonguiovanni M. & Lee E. H. (2005).Effect of Butyric Acid on the Performance and Carcass Yield of Broiler Chickens. *Poultry Science* 84:1418–1422

Mallo J. J., Balfagón A., Gracia M. I., Honrubia P. & Puyalto M. (2015). Evaluation of different protections of butyric acid aiming for release in the last part of the gastrointestinal tract of piglets. *Journal of Animal Science* 90: 227-22;9

Montoya G. V. (2019). Estrategias nutricionales para reducir el uso de antibioticos promotores de crecimiento en dietas para pollo sobre respuesta productiva y salud intestinal. (Tesis de Maestria). Ciudad de México, México: UNAM-FMVZ.

Moquet P.C.A., Onrust L., Immerseel V. F., Ducatelle R., Hendriks W. H. & Kwakkel R. P. (2016). Importance of release location on the mode of action of butyrate derivatives in the avian gastrointestinal tract. *World's Poultry Science Journal*, 61-80.

Munguia E. (2017). Efecto del ácido butírico sobre la proliferación, migración, morfología y producción de interleucinas en células MCF-7. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Murray K. R., Bender R. D., Botham M. K., Kennelly J. P., Rodwell W. V., Weil P. A. (2010). *Bioquímica de Harper ilustrada*. 28ª edición. México: McGraw Hill.

Navarro G. H. & Rovers M., (2015). El uso de un emulsificante nutricional en el aprovechamiento de la grasa y la energía en dietas para pollo de engorde. XL Convención Anual de ANECA Memorias (págs. 421-427). Cancún, México: ANECA.

OMS-FAO, (2014). Departamento de agricultura y producción del consumidor. Recuperado el Octubre 2016 de http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/poultry/AP_nutrition.html.

Ortiz H.L., Delgado S.G. & Hernández B.A., 2006. Cambios en factores relacionados con la transición alimentaria y nutricional en México. *Gaceta médica de México*, 142 (3), 181-193.

Panda A. K., Rama Rao S. V., Raju M. V. L. & Sunder S. (2009). Effect of Butyric Acid on Performance, Gastrointestinal Tract Health and Carcass Characteristics in Broiler Chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 22, No. 7 : 1026 - 1031

Qaisrani S. N., van Krimpen M. M., Kwakkel R. P., Verstegen M. W. A., & Hendriks W. H. (2015) Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. *Poultry Science* 94:2152–2164

Raymond, C. (2002). *QUÍMICA*. México D.F: McGraw Hill interamericana editores S.A de C.V.

Ramos V. D. (2012). Evaluación de un emulsificante de grasas en dietas sorgo-soya para gallinas en postura sobre el comportamiento productivo y calidad de huevo. (Tesis de Licenciatura). Distrito Federal, México: UNAM-FMVZ.

Sánchez, H. P., Posadas H. E., Sánchez R. E., Fuente M. B., Laparra V. J. L. & Avila G. E. (2010). Efecto del butirato de sodio sobre algunos parámetros productivos de gallinas de postura en semilibertad. *Veterinaria México*: 42(3).

Shimada M. A. (2007). *Nutrición animal*. Primera reimpresión. México: Trillas.

SIAP, 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. Recuperado el 13 Diciembre 2016 de <https://www.gob.mx/siap/prensa/produce-mexico-mas-de-17-mil-toneladas-de-carne-de-pavo-38649?idiom=es>.

SPSS Inc. SPSS for Windows Versión 17.0, 2009

Uriostegui RE., 2009. Rendimiento de la canal y propiedades físico-químicas de la carne del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo* Linn) (Tesis de Licenciatura). Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo.

Union Nacional de Avicultores (UNA), (2018). Compendio de indicadores economicos del sector avicola 2018.México. UNA. 18-36

Williams C. R.(2002). Química. Séptima edición. México: McGRAW-HILL

Zhang W. H., Gao F., Zhu Q. F., Li C., Jiang Y., Dai S. F. & Zhou G. H. (2011). Dietary sodium butyrate alleviates the oxidative stress induced by corticosterone exposure and improves meat quality in broiler chickens. China: Poultry Science Association Inc.

Zavaleta E., Los acidos grasos volatiles, fuente de energia en los rumiantes. Recuperado el 24 de 07 de 2018, de www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol11/CVv1c09.pdf

Cuadro 1. Composición porcentual de las dietas basales empleadas

| Materia prima | Dieta A fase 1 (%) | Dieta B fase 1 (%) | Dieta A fase 2 | Dieta B fase 2 |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Maíz amarillo | 40.57 | 39.98 | 49.22 | 54.36 |
| Pasta de soya 46.5 % | 16.1 | 15.8 | 8.8 | 12.5 |
| Harina de soya | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Gluten de maíz 60 % | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Pulido de arroz | 8 | 8 | 10 | 10 |
| DDG'S | 7 | 7 | 7 | 0 |
| Sorgo | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Ortofosfato | 1.75 | 1.82 | 1.57 | 1.63 |
| Salvado de trigo | 0 | 1.7 | 0 | 0 |
| Carbonato de calcio | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 |
| Aceite vegetal | 0.8 | 0 | 2.7 | 0.9 |
| Aglutinante | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 |
| Lisina sintética | 0.27 | 0.26 | 0.22 | 0.14 |
| Adsorbente de micotoxinas | 0.25 | 0.25 | 0 | 0 |
| Bicarbonato de sodio | 0.2 | 0.2 | 0.12 | 0.14 |
| Sal | 0.19 | 0.17 | 0.22 | 0.26 |
| Vitaminas pollo E | 0.12 | 0.12 | 0.1 | 0.1 |
| CL. colina 60 % | 0.12 | 0.12 | 0.07 | 0.07 |
| Minerales pollo E. | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Inhibidor de micotoxinas | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 |
| Secuestrante de micotoxinas | 0 | 0 | 0.05 | 0.05 |
| Butirato de sodio | 0 | 0.05 | 0 | 0.05 |
| Probiótico | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Robenidina | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Fitasas | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Complejo enzimático | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Proteasas | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

Fase 1 de alimentación de la semana 5 a 8 de vida, Fase 2 de alimentación de la semana 9 a 12 de vida

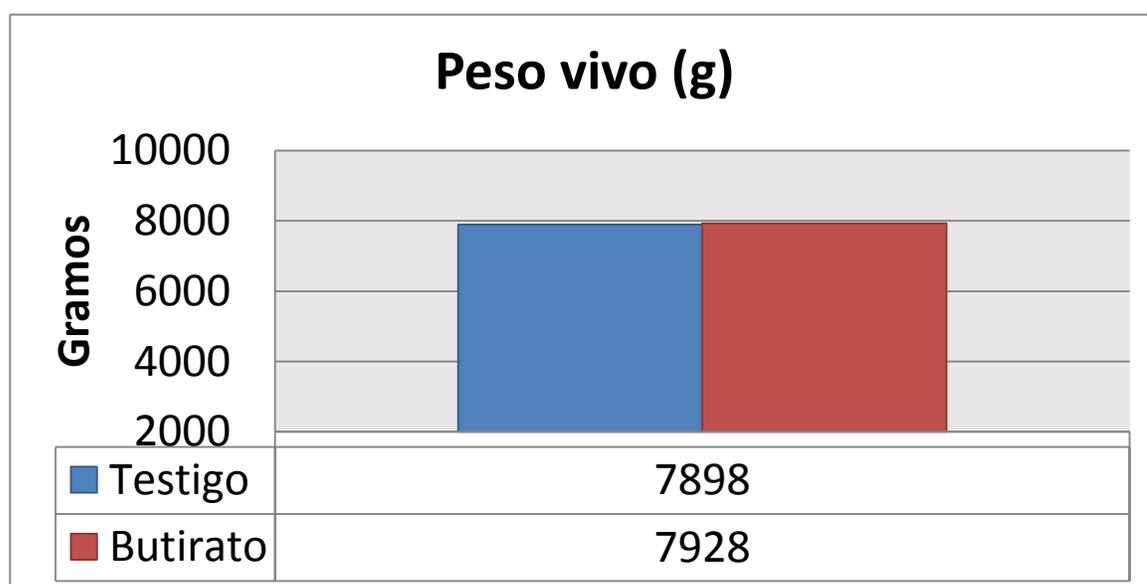
| Nutriente | Análisis calculado | | | |
|-------------|--------------------|------|------|------|
| P. C. % | 24 | 24 | 22 | 22 |
| EM kcal/Kg | 3000 | 2950 | 3000 | 2950 |
| Lisina | 1.21 | 1,21 | 1.18 | 1.18 |
| Metionina % | 1.11 | 1.11 | 0.92 | 0.92 |
| Calcio % | 0.96 | 0.96 | 0.85 | 0.85 |
| Fosforo | 0.55 | 0.55 | 0.50 | 0.50 |

Cuadro 2. Resultados promedio obtenidos de parámetros productivos en pavos de 5 a 12 semanas de edad

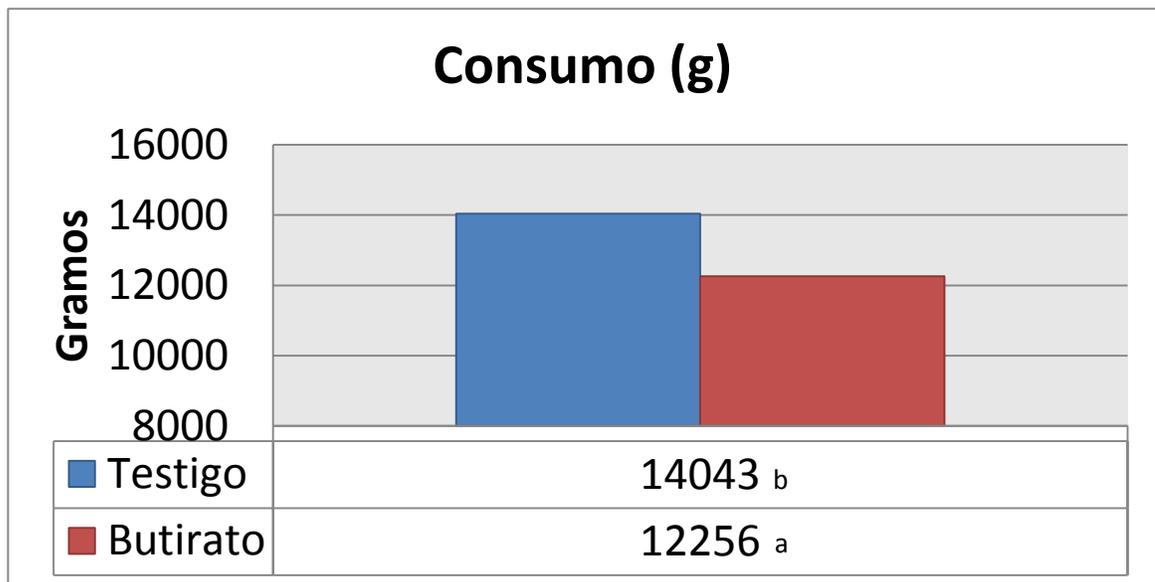
| Parámetros | Tratamiento A | Tratamiento B | Significancia |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso vivo final (g) | 7898a | 7928a | 0.409 |
| Consumo de alimento (g) | 14043a | 12256b | 0.001 |
| Conversión alimenticia g/g | 2.15a | 1.88b | 0.008 |
| Ganancia diaria de peso (g) | 65.33a | 65.34a | 0.998 |
| Rendimiento en canal (%) | 71.41a | 69.38a | 0.087 |
| Mortalidad (%) | 1.99a | 1.98a | 0.950 |

Valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

Gráfica 1: Resultados del peso vivo a las 12 semanas de vida en pavos
Nicolas 700

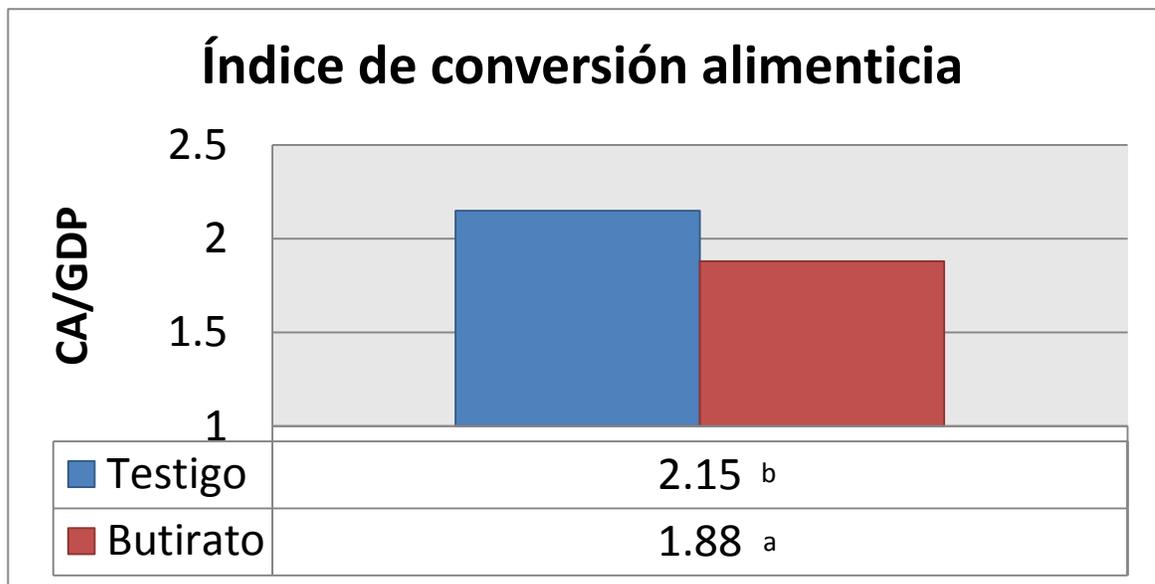


Grafica 2: Resultados de consumo a 12 las semanas de vida en pavos Nicolas 700



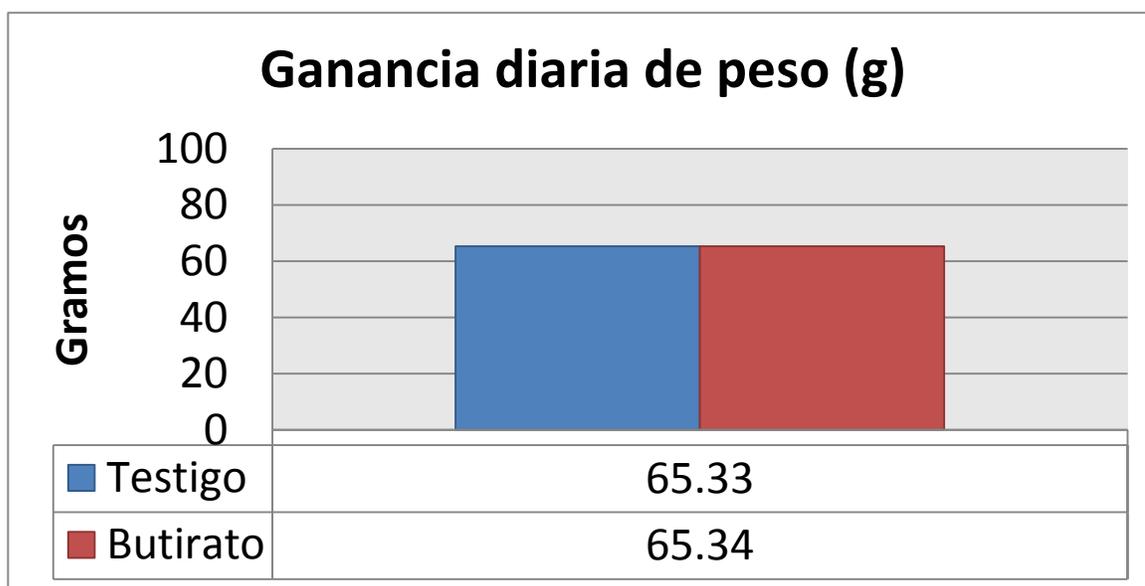
Valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

Grafica 3: Resultados del índice de conversión alimenticia a 12 las semanas de vida en pavos Nicolas 700



Valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

Grafica 4: Resultados de la ganancia diaria de peso a las 12 semanas de vida en pavos Nicolas 700



Grafica 5: Resultados del rendimiento en canal a las 12 semanas de vida en pavos Nicolas 700

