



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

**COMPARACIÓN DE DOS DIFERENTES DIETAS EN PAVOS
NICHOLAS 700 SOBRE SUS PARÁMETROS PRODUCTIVOS,
RENDIMIENTO DE CANAL, ALOMETRÍA DEL TRACTO
GASTROINTESTINAL E INTEGRIDAD DE LAS VELLOSIDADES
INTESTINALES.**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA
OSIRIS NAPOLEÓN PÉREZ SEGURA.

Asesores:
MVZ. MC. Ezequiel Sánchez Ramírez.
MVZ. MC. Elizabeth Posadas Hernández.



Ciudad Universitaria, CDMX

2018



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 Celia Segura Bailón, a mi tía Lilia Segura Bailón y a mi abuelita Leonor Bailón Peña, porque representan el amor que siempre me impulsó a hacer realidad esta meta de mi vida. Gracias por el apoyo y cariño recibido en todo momento, por la educación y valores impartidos para ser una mejor persona día con día. Gracias por todo lo que me han dado. Las AMO.

A mis tíos Víctor Segura Bailón, Rutilo Segura Bailón e Ignacia Huicochea Rodríguez, por brindarme su apoyo, comprensión y consejos.

A mi primo Dante Giovanni Gutiérrez Segura, por los consejos brindados durante mis estudios.

A la Licenciada en Educación Preescolar Ana Karen Almazán Sánchez, quien me ha permitido compartir con ella esta etapa de mi vida, estando siempre a mi lado en los buenos y malos momentos, jamás lo olvidaré.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme pertenecer a esta hermosa Universidad.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por la formación académica recibida, conociendo excelentes profesores y amigos.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), por permitirme realizar mi servicio social y tesis en este grandioso lugar y de esta manera iniciar mi formación en el área avícola.

Al Dr. Ernesto Ávila González por el apoyo, consejos y tiempo brindado para la realización de esta investigación. Siendo un ejemplo a seguir por sus conocimientos y calidad humana.

Al Dr. Ezequiel Sánchez Ramírez y a la Dra. Elizabeth Posadas Hernández por la confianza recibida por permitirme ser parte de este proyecto, por el apoyo y ayuda brindada tanto en el ámbito profesional así como en lo personal, sin ello no hubiera podido haber logrado todo lo alcanzado hasta este momento, ¡Muchas Gracias!.

A los doctores del CEIEPAv quienes me han brindado su amistad, conocimientos, confianza y apoyo para seguir creciendo en el área avícola: Dra. Ma. Del Pilar Castañeda Serrano, Dr. Arturo Cortes Cuevas, Dr. Jorge Miguel Iriarte, Dra. Alma Selene Vázquez Delgado, Dr. Oscar Galicia Hernández, Dr. David Ramos Vidales, Dra. Itzetzl Monserrat Martínez Carmona y Dr. Tomás Jínez Méndez.

A los miembros de mi jurado el Dr. Alberto Fouilloux Morales y el Dr. Cuauhtémoc Nava Cuéllar por el tiempo dedicado para ser las revisiones y correcciones adecuadas con la finalidad de mejorar el presente trabajo.

Al Dr. Ángel Manuel Ornelas Roa de la empresa maltaCleyton®, por el apoyo y las facilidades prestadas para la realización de la presente investigación.

A la Dra. Mireya Juárez Ramírez por el apoyo en la toma, procesamiento y análisis de las muestras.

A mis amigos del CEIEPAv, quienes me ayudaron en la realización de mi tesis y sobre todo por la amistad brindada de su parte: Erick Estrada, Alfredo Herrera, Karina García, Yamin Nava, Alberto Espinosa y Jordan Lobera.

ABREVIATURAS

CEA	Centro de Estudios Agropecuarios
CEIEPAv	Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola
cm	Centímetros
EEM	Error estándar de la media
ENC	Enfermedad de Newcastle
ENC/IA	Enfermedad de Newcastle – Influenza Aviar
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
g	Gramo
Kcal	Kilocalorías
Kcal/Kg	Kilocalorías por Kilogramo
kg	Kilogramo
mm	Milímetros
µm	Micrómetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NRC	National Research Council
PC	Proteína cruda
TGI	Tracto Gastrointestinal
UNA	Unión Nacional de Avicultores
VA	Viruela Aviar

CONTENIDO

	Página.
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MATERIAL Y MÉTODOS	17
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSIÓN	28
5. CONCLUSIONES	37
6. REFERENCIAS	39
7. CUADROS	46
8. FIGURAS	59

RESUMEN

PÉREZ SEGURA OSIRIS NAPOLEÓN. Comparación de dos diferentes dietas en pavos Nicholas 700 sobre sus parámetros productivos, rendimiento de canal, alometría del tracto gastrointestinal e integridad de las vellosidades intestinales. (Bajo la dirección de: MVZ. MC. Ezequiel Sánchez Ramírez y MVZ. MC. Elizabeth Posadas Hernández.).

Con la finalidad de evaluar el efecto de dietas con diferentes perfiles nutricionales, sobre el comportamiento productivo, la alometría del TGI e integridad de las vellosidades intestinales de pavos Nicholas 700, se realizó el siguiente experimento. Se utilizaron 120 pavos de 5 semanas de edad, los cuales se distribuyeron completamente al azar en 2 tratamientos con 4 réplicas de 15 pavos cada una. Los tratamientos fueron: 1.- Dieta testigo (A) baja en proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal/kg), 2.- Dieta (B) con 27% PC y 2875 Kcal/kg de energía para la etapa de desarrollo. En la etapa de finalización se utilizó para ambos tratamientos la dieta B. Los resultados obtenidos en la etapa de desarrollo mostraron que la reducción de proteína y energía en la dieta afectó $P < 0.05$ el comportamiento productivo, sin embargo se mejoró ($P < 0.05$) la proporción del TGI respecto al peso vivo (11.16a vs 9.85b %) y longitud del mismo (220a vs 207b cm), de igual forma se obtuvo un incremento en el número de vellosidades presentes en duodeno (8.96a vs 8.16b), yeyuno (11.36a vs 9.96b) e íleon (12.20a vs 10.96b). Al realizar una realimentación en la etapa de finalización mejoraron numéricamente los parámetros productivos del T1, en especial la conversión alimenticia con 2.39a vs 2.49b ($P < 0.05$), lo que se atribuye a un mejor aprovechamiento de los nutrientes para la ganancia de peso.

1. INTRODUCCIÓN.

Situación actual de la avicultura.

En la actualidad, la avicultura en México es una de las industrias de gran auge, alcanzando un nivel tecnológico de eficiencia y productividad, comparándose con la de países desarrollados, lo que permite ajustarse rápidamente a los niveles demandados por la población y de esta forma competir con las empresas norteamericanas en calidad y presentación tanto de carne como de huevo (Meléndez et al., 2014).

La avicultura, es la actividad pecuaria más dinámica y uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México, es por esto que juega un papel trascendental y de suma importancia en la economía nacional; la UNA (2017) reportó que la avicultura nacional representó un 63.8% de la producción pecuaria, aportando un 34.3% la producción de carne de pollo, 29.4% la producción de huevo y 0.1% la producción de carne de pavo.

La parvada nacional en 2016 fue de 527 millones de aves (creció 2.7% con respecto a 2015); conformada por 158.7 millones de gallinas ponedoras, 305 millones de pollos y 747 mil pavos al ciclo. (UNA, 2017).

En México, la producción de carne de pavo es una de las opciones de negocio importante, siendo considerada como una fuente de ingresos para los avicultores, debido a su enorme rendimiento en carne, su bajo costo de producción en comparación con otras carnes (res y cerdo), así como su calidad nutritiva y saludable que le caracteriza: poca grasa, bajo nivel de colesterol, alto aporte

proteico y por lo tanto una completa composición de aminoácidos (López et al. 2008; Maya, 2010).

A nivel mundial, México ocupa el lugar 21 en cuanto a la producción de carne de pavo con más de 21 mil toneladas anuales, llevándose a cabo dicha producción a nivel nacional de la siguiente manera: Chihuahua 21%, Puebla 14% Estado de México 13%, Yucatán 13%, Veracruz 7%, Hidalgo 6%, Tabasco 6%, Chiapas 5%, Guerrero 5%, Oaxaca 3%, Campeche 3% y otros estados en conjunto 5% (UNA, 2017).

El consumo promedio de carne de guajolote o pavo en México es de 1.5 kilogramos per cápita, siendo sumamente bajo en comparación con otros países (EUA (7.3 kg), Canadá (4.2 kg), Chile (4.0 kg) y la Unión Europea (3.7kg)), debido a que su demanda se limita a la temporada decembrina, dado a que es un producto de menor producción y sobre todo estacional; sin embargo en el Centro, Sur y Sureste del país su consumo es más habitual, considerado como un platillo tradicional de gran valor económico, cultural y social, además de que se ha extendido en años recientes su consumo en forma de embutidos (Hernández et al., 2003; Financiera Rural, 2012; MINAGRI, 2016).

Producción de carne de pavo.

La producción de carne de guajolote o pavo es una de las aportaciones de México al mundo, su crianza data de la Época Precolombina antes de la llegada de los españoles, los cuales se encargaron de llevarlo a Europa y a otras partes del mundo incluyendo los Estados Unidos de América, y así difundir su consumo, por tal razón,

hoy en día es una de las actividades ganaderas con mayor tradición en México (Villamar et al., 2007).

La familia del guajolote comprende dos géneros, el *Meleagris gallopavo* o guajolote común, del que derivó el guajolote criollo doméstico, localizado prácticamente en todo el territorio nacional y el *Agriocharis ocellata*, conocido como pavo ocelado o del monte, el cual se ha encontrado únicamente en el sureste de la República Mexicana, principalmente en la península de Yucatán (Villamar et al., 2007).

Actualmente, en la producción industrial de pavos encontramos lo que son los “híbridos comerciales”, los cuales son el producto de cruzamientos entre 2, 3 ó 4 líneas diferentes, con la finalidad de tener líneas o estirpes comerciales con características superiores al promedio de las variedades originales (número de pavitos al nacimiento, peso corporal, velocidad de crecimiento, precocidad, ancho y profundidad del tronco, etc.), siendo “Nicholas Turkeys”, “British United Turkeys” y “Hybrid Turkeys” las tres compañías que controlan el mercado mundial de reproductores híbridos (CEA, 2001).

La mayoría de las líneas o estirpes comerciales de pavos son de plumaje blanco y se les denomina comúnmente como pavos “doble pechuga”, pudiendo ser pesados, medianos y ligeros (CEA, 2001). En México, la UNA (2017) reporta que la única estirpe utilizada para la producción de carne de pavo es Nicholas 700.

Sistemas de producción.

En México, la meleagricultura (rama de la zootecnia dedicada a la crianza y explotación de los pavos) se desarrolla en todo el territorio nacional mediante tres

sistemas de producción, diferenciados por los niveles tecnológicos que incorporan y por el fin principal de la explotación (Villamar et al., 2007)

1) Sistema tecnificado.

Son granjas especializadas localizadas principalmente en los estados de Chihuahua, Sonora y Yucatán, destinando su producción al abasto del mercado de fin de año. Aproximadamente el 50% de la carne de pavo se produce bajo este esquema, empleando tecnología de punta en su producción y contando con la más moderna infraestructura. Cuentan con sus propios medios de distribución, lo que le permite importar sus reproductoras para la obtención de huevo fértil, además tienen una alta participación en la industrialización de la carne, obteniendo productos procesados (Financiera Rural, 2012).

2) Sistema semitecnificado.

Su producción es destinada a mercados regionales, localizándose en las regiones del Centro, Bajío y Sureste del país. En cuanto al aporte a la producción nacional de carne de pavo, este sistema es el de menor participación con tan sólo el 10% de la producción. Su nivel de tecnificación es limitada, además de tener una alta vulnerabilidad ante cambios de precio y demanda, debido a que no cuenta con ningún tipo de integración, por lo que los insumos principales y los semovientes se adquieren de terceros, implicando mayores costos de producción (Financiera Rural, 2012).

3) Sistema rural o traspatio.

Este sistema es el de mayor tradición en México, practicándose en todas las comunidades rurales del país. Su producción representa el 40% de la producción nacional y es destinada a su consumo en festividades familiares o religiosas, así como en la preparación de platillos típicos regionales, por lo que se cuenta con una disponibilidad de carne de pavo durante todo el año. La producción se realiza en lotes pequeños de guajolotes criollos con alta resistencia, permitiéndoles sobrevivir a climas adversos. Carecen de tecnología moderna, cuentan con rústicas instalaciones las cuales son adaptadas a su propia vivienda, además de practicar el pastoreo los guajolotes son alimentados a base de granos (maíz y sorgo), así como tubérculos, insectos, hojas, forraje, desperdicio de hortalizas y sobrantes de cocina (Financiera Rural, 2012).

Nutrición y alimentación en pavos.

Las aves difieren de los mamíferos en muchos aspectos que hacen que su nutrición sea más crítica y que su balance sea fácilmente modificado, reflejando dichos cambios de manera inmediata en el rendimiento, por tal motivo la industria avícola ha explotado con éxito este fenómeno, con el objetivo de mejorar el crecimiento y rendimiento de la canal (Cuca et al., 2009).

Las aves requieren nutrimentos para mantenimiento y crecimiento, necesitan un suministro constante de energía, proteína, aminoácidos esenciales (lisina, metionina, treonina y triptófano), ácidos grasos, minerales, vitaminas y lo más importante, agua, la cual deberá estar disponible en todo momento, debido a la

estrecha relación que tiene con el consumo de alimento e índice de conversión (FAO, 2012).

Debido a la anatomía y fisiología de los pavos, se deberán tomar en cuenta diferentes consideraciones para la formulación de dietas. Las estirpes actuales se caracterizan por desarrollar músculos pectorales muy grandes y un alto porcentaje de masa muscular, por tal motivo la relación proteína:energía debe ser mayor en las primeras semanas. Además, se deberá prestar atención en los niveles de macrominerales y oligoelementos, los cuales se encuentran relacionados con la descompensación del peso corporal:aplomos (Lázaro et al., 2002).

La alimentación, representa alrededor del 65 al 70% del total de la producción, siendo el costo más alto de la industria avícola, por lo que la disponibilidad de alimentos de buena calidad a bajo precio es fundamental para que la producción siga siendo competitiva y así satisfacer la demanda de proteína animal para la población (FAO, 2012).

Al igual que el resto de la producción avícola, la alimentación para la crianza de pavos es sustentada a través de granos forrajeros y de alimentos balanceados; por lo que incrementar la productividad y la eficiencia son un desafío hoy en día para la producción de pavos (Chávez, 2013).

Actualmente, en la avicultura se consumen 16 millones de toneladas de alimento balanceado, elaborado a partir de mezclas de materias primas con el objetivo de cubrir las necesidades nutricionales de las aves, representando los granos forrajeros (maíz y sorgo) un 63%, equivalente a 10 millones de toneladas, 3.1

millones de toneladas de pastas de oleaginosas y 2.9 millones de otros ingredientes (UNA, 2017).

Aparato Digestivo de las aves.

El aparato digestivo de las aves es diferente anatómica y funcionalmente al de otras clases animales. En comparación con los mamíferos, el aparato digestivo aviar es relativamente más pequeño con relación al peso corporal, ya que ha tenido que adaptarse para el vuelo, esto está compensado con una mayor irrigación sanguínea, una secreción gástrica más alta, un tránsito digestivo más rápido y una acidez mayor que la de los mamíferos. Además, el intestino de las aves tiene una densidad más alta de microvellosidades entéricas y un ritmo de renovación epitelial más rápido que el de los mamíferos, por tal motivo las aves son más susceptibles que los mamíferos a los trastornos que afectan la capacidad de absorción intestinal (Boleli et al., 2008)

De igual forma existen diferencias entre especies de aves, especialmente en el tamaño del TGI, por ejemplo, aves que se alimentan de granos tienen un TGI de mayor tamaño y aquellas consumidoras de fibra poseen ciegos más desarrollados (Álvarez, 2002).

Desarrollo del Tracto Gastrointestinal.

Las aves, comienzan a consumir nutrimentos exógenos desde que nacen, a pesar de que su TGI está anatómicamente completo al momento de la eclosión, su capacidad digestiva permanece inmadura, por lo que requiere un periodo de

adaptación, por tal motivo se considera la primera semana después de la eclosión del huevo el período más crítico en la vida de un ave (Maiorka, 2006; Miguel, 2009).

Para favorecer el crecimiento intestinal y la actividad enzimática, existe una relación entre el consumo de alimento y crecimiento durante las primeras semanas, por eso es de suma importancia la alimentación que se les proporciona los primeros días de vida, buscando ayudar al organismo de las aves a que tenga un desarrollo más rápido y de esta manera permitir obtener un mejor aprovechamiento de los nutrimentos aportados en las dietas (Miguel, 2009).

El TGI del ave experimenta cambios considerables antes de que sea capaz de digerir eficientemente muchos de los ingredientes de una dieta. Evers (1990) reportó que el primer y el más obvio de los cambios se presentan durante las primeras semanas de vida del ave, cuando su TGI muestra un enorme crecimiento superando al de otros sistemas de órganos, reportando la literatura su crecimiento de tres a cinco veces más rápido que el resto de su cuerpo. Por su parte Chambers y Grey (1979) informaron que los pesos del proventrículo, molleja e intestino delgado aumentan rápidamente en relación con el peso de otros órganos, además existe un aumento en la longitud de las microvellosidades de los enterocitos, profundidad de las criptas y un desarrollo de la mucosa intestinal, lo que sugiere que el crecimiento inicial del ave se limita por la superficie del TGI permitiendo que el ave logre su potencial genético, por lo que es de gran importancia la relación que hay entre el desarrollo de órganos intestinales y la tasa de crecimiento del ave.

Lilja (1983) informó que las especies aviares con capacidades altas de crecimiento se caracterizan por un rápido desarrollo temprano de los órganos digestivos y del hígado, en comparación con aves con baja capacidad de crecimiento.

Integridad intestinal.

En la avicultura, la nutrición y la salud intestinal están íntimamente relacionadas, dado a que el TGI es el principal responsable del crecimiento del animal y del correcto aprovechamiento del alimento, es de gran importancia el mantenimiento de la integridad intestinal desde el nacimiento hasta el final del ciclo productivo, es decir, es necesario tener un desarrollo completo, macroscópico, microscópico, ininterrumpido y con un funcionamiento normal del conducto digestivo, permitiendo una adecuada digestión y la consecuente absorción (Boleli et al., 2008; Faus, 2008).

Las buenas prácticas de crianza así como proporcionar una adecuada alimentación son la clave para el desarrollo correcto del TGI de las aves. El alimento permite activar enzimas digestivas (amilasa, lipasa y tripsina), así como el desarrollo normal de las vellosidades intestinales, las cuales son pequeñas estructuras que absorben los nutrimentos conforme pasa el alimento por el intestino (López, 2014).

Para evaluar la integridad y la calidad de la mucosa intestinal así como la capacidad de absorción de nutrimentos, habitualmente se emplea la evaluación del largo de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas de Lieberkühn. A mayor longitud de vellosidad mayor superficie disponible para la absorción de nutrimentos, mientras que en las criptas se producen las células necesarias para restituir los

enterocitos que recubren la vellosidad y que son eliminados periódicamente como parte del proceso normal de la dinámica celular en este tejido (renovación celular).

El tiempo que necesita una célula originada por el proceso mitótico en la cripta para migrar hasta la punta de la vellosidad y descamarse hacia el lumen intestinal, ocurre en 90 a 96 horas en aves adultas y ocasiona gastos energéticos considerables, por lo cual se ve la necesidad de mantener el equilibrio y control de patógenos intestinales, con el fin de ahorrar energía y proteínas para la deposición de masa muscular (Maiorka, 2004; Boleli et al., 2008; Alfaro et al., 2013).

Cualquier daño en el TGI tiene un impacto negativo en el ave, desviando la energía destinada a la producción de carne a la función de defensa, presentándose una mala conversión alimenticia, disminución de la producción, mala pigmentación, disminución de la eficiencia del procesado y una preocupación por la seguridad alimentaria, afectando el rendimiento y rentabilidad de las aves (Faus, 2008; Domínguez, 2015).

Absorción.

La gran parte de la absorción de los nutrimentos se lleva a cabo en el segmento intestinal del tubo digestivo, que incluye el duodeno, yeyuno, íleon y el intestino grueso, estos dos últimos en menor grado. La capacidad del intestino para digerir y absorber el quimo alimenticio, está determinado por varios factores: longitud del intestino, tamaño, densidad y disponibilidad de las vellosidades de la mucosa intestinal y tamaño y densidad de las microvellosidades de los enterocitos (Milles et al., 2006).

El intestino delgado y en particular el epitelio de la mucosa es capaz de adaptarse ampliamente frente a una serie de desafíos nutricionales y ambientales. Las respuestas en la función digestiva y de absorción son a menudo acompañadas de modificaciones en la morfología de la mucosa, la superficie y la estructura de las vellosidades y de las microvellosidades así como cambios en la dinámica de las células de la cripta; migración y maduración. Estas adaptaciones usualmente favorecen la absorción adecuada de los nutrimentos frente al estrés o desafíos impuestos, permitiendo un crecimiento y desarrollo óptimo para lograr la máxima expresión del potencial genético (Croom et al.1999).

Crecimiento alométrico del TGI.

Gould (1996) define a la alometría como el estudio de los cambios proporcionales asociados con la variación en el tamaño, peso y volumen, ya sea del cuerpo, de una forma específica u órgano y su relación con las características morfológicas y fisiológicas de los seres vivos, es decir, se hace referencia al crecimiento diferencial de los órganos del cuerpo.

Las funciones de un órgano y el peso del mismo están correlacionados con el peso corporal, por lo tanto, se pueden establecer funciones con relación al peso corporal y al peso del órgano. Cualquier aumento en el tamaño corporal de un ser vivo o de sus órganos, necesita de cambios en la forma o en sus proporciones, con la finalidad de ser más eficiente para realizar sus funciones (Gould, 1996).

En los estudios de alometría del crecimiento, un grupo de individuos de una especie en particular son comparados durante diferentes estados de crecimiento, si los registros de crecimiento se llevan a cabo a nivel individual se llaman estudios longitudinales, cuando se toman entre individuos de la misma especie, se denominan horizontales y si existe alguna combinación entre estos, se denominan mixtos longitudinales (Gould, 1996).

Justificación.

En la industria avícola es importante lograr expresar al máximo el potencial de crecimiento de las aves con la finalidad de obtener mejores resultados en la producción de carne, para esto es necesario una adecuada absorción de nutrimentos que dependerá de las condiciones de ingesta y calidad del alimento, así como del desarrollo del TGI e integridad de la mucosa intestinal.

Dado los factores antes mencionados es importante realizar estudios que demuestren los cambios que se presentan en el desarrollo y la integridad de la mucosa del TGI de las aves al administrar dietas con diferentes perfiles nutricionales a lo largo de su crianza, por lo cual se realizó la presente investigación donde se evaluaron los efectos de la relación alométrica del TGI e integridad intestinal al proporcionar una dieta con mejores aportes nutricionales después de un periodo de alimentación con bajos niveles de proteína y energía en pavos Nicholas 700, sobre su comportamiento productivo.

Hipótesis.

El proporcionar una dieta con mejores aportes nutricionales en la crianza de pavos Nicholas 700 después de una alimentación con bajos niveles de proteína y energía, no afectará los parámetros productivos ni la alometría del TGI así como la integridad de las vellosidades intestinales.

Objetivo general.

Evaluar el comportamiento productivo, alometría del TGI y la morfología intestinal de pavos Nicholas 700, durante la etapa de desarrollo (5-8 semanas de edad) alimentados con una dieta baja de proteína y energía y posteriormente con una dieta con mejores aportes nutricionales en su etapa de finalización (9-12 semanas de edad).

Objetivos específicos.

Evaluar los parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad) semanalmente en pavos Nicholas 700, durante su etapa de desarrollo y finalización comprendida de 5 a 8 semanas y de 9 a 12 semanas de edad respectivamente.

Evaluar el rendimiento de canal al final de la producción de pavos Nicholas 700 (semana 12 de edad).

Evaluar la alometría del TGI e hígado en pavos Nicholas 700, en las semanas 5 y 8 de desarrollo y en la semana 12 de finalización.

Evaluar la integridad de las vellosidades intestinales mediante la medición de su longitud, profundidad de cripta y relación vellosidad/cripta en pavos Nicholas 700, en las semanas 5 y 8 de desarrollo y en la semana 12 de finalización.

2. MATERIAL Y MÉTODOS.

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, en la Colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, Ciudad de México, a una altura de 2250 msnm, 19°17' latitud norte y el meridiano 99° 02' 30" longitud oeste. El clima es de tipo templado subhúmedo (Cw), el mes más frío es Enero y Mayo el más caluroso; la temperatura promedio anual de 18°C y la precipitación pluvial anual media de 747 mm (INEGI 1992).

Todos los procedimientos de manejo de las aves cumplieron con los requisitos señalados por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales (CICUA FMVZ-UNAM) con base a las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999.

Animales.

Se utilizaron 120 pavos machos de la estirpe Nicholas 700 de 5 semanas de edad, adquiridos de una casa comercial. Los pavos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar en 2 tratamientos con 4 réplicas de 15 pavos cada una, alojados en una caseta de ambiente natural en corrales de piso, cama de paja, sin aislamiento térmico en el techo, con cortinas laterales de plástico, bebederos automáticos de campana y manuales, comederos tipo tolva y de canoa de diferentes tamaños (chico y mediano). En cada corral se manejó una densidad de población de 1.1 m²/ave.

A partir de la sexta semana de crianza los pavos tuvieron acceso a parques exteriores con una superficie de 15.61m², en los cuales permanecían de 9:00 am a 1:00 pm.

Alimentación.

El experimento se llevó a cabo en dos etapas; la primera etapa (desarrollo) que comprendió de la semana 5 a la 8 de edad y la segunda etapa (finalización) de la semana 9 a la 12. Las dietas experimentales, fueron formuladas conforme a los requerimientos nutricionales de la NRC (1994) para pavos (Cuadro 1), ajustando la reducción de proteína y energía para la etapa de desarrollo. En la etapa de finalización, se empleó la misma dieta B para ambos tratamientos, teniendo en cuenta el análisis proximal para las dos dietas suministradas (Cuadro 2).

Tratamientos.

Los tratamientos experimentales en la etapa de desarrollo, fueron conformados de la siguiente manera:

- Tratamiento 1. Dieta A, con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% PC y 2850 Kcal/kg).
- Tratamiento 2. Dieta B, con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal/kg de energía).

Mientras que en la etapa de finalización, los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento 1 y 2. Dieta B, con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal/kg de energía).

La dieta testigo que se utilizó en la etapa de desarrollo fue la dieta A con la finalidad de demostrar cambios en la alometría del TGI e integridad intestinal y de esta manera modificar el comportamiento productivo de las aves del tratamiento 1. Mientras que en la etapa de finalización la dieta testigo que se empleó fue la dieta B con el objetivo de observar si las aves del tratamiento 1 son capaces de alcanzar y mejorar sus parámetros productivos en comparación con los del tratamiento 2.

El alimento y el agua, se les ofreció en ambos tratamientos a libre acceso durante las dos etapas de experimentación. Las aves fueron vacunadas a la semana 6 de edad contra la ENC vía ocular, por vía subcutánea contra ENC/IA (0.5 ml/pavo) y por el pliegue de la pierna contra VA. A la semana 8 de edad fueron revacunados vía ocular contra ENC, vía subcutánea ENC/IA y en el pliegue de la pierna VA.

Durante el estudio, se llevaron registros semanales, de ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión y porcentaje de mortalidad.

Obtención de muestras.

Etapa de desarrollo. A la semana 5 de edad, fueron sacrificadas 5 aves del total de la parvada mientras que en la semana 8 de edad se sacrificaron 8 aves por tratamiento, para poder determinar la alometría del TGI y la morfología de las vellosidades intestinales del duodeno, yeyuno e íleon.

Etapa de finalización. Al final del experimento, se realizó el procesamiento de todas las aves (81 pavos) en el rastro tipo comercial del CEIEPAV. Antes del sacrificio, las aves fueron sometidas a un ayuno de 8 horas. Se pesaron individualmente y posteriormente se calculó el rendimiento de la canal.

Las aves, en ambas etapas de producción fueron sacrificadas humanitariamente en base a la NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Se realizó el cálculo de la alometría del TGI y se obtuvieron muestras del duodeno, yeyuno e íleon para determinar la morfología de las vellosidades intestinales.

Alometría del TGI e hígado.

Posterior al sacrificio de las aves, fue retirado el TGI desde el proventrículo hasta la cloaca, se midieron y pesaron con ayuda de un flexómetro y una báscula digital respectivamente, primero en conjunto y después por separado cada órgano.

El proventrículo y la molleja fueron separados del TGI, se abrió la molleja para retirar su contenido y ser pesados individualmente. Por su parte, el intestino delgado y el intestino grueso fueron medidos y pesados cada uno por separado, mientras el hígado fue solamente pesado.

Integridad de las vellosidades intestinales

Para realizar la medición de las vellosidades intestinales y profundidad de las criptas de cada uno de los segmentos del intestino delgado, se procedió a coleccionar muestras de aproximadamente 2 cm del duodeno (tercio medio del asa duodenal), yeyuno (5 cm antes del divertículo de Meckel) e íleon (2 cm antes de los sacos ciegos), utilizando agua para el retiro del contenido intestinal y de esta forma limpiar los fragmentos de intestino.

La técnica de fijación usada fue por perfusión intraluminal e inmersión en formalina al 10% amortiguada a pH de 7.2, posteriormente fueron procesadas por las técnicas

de rutina; inclusión en parafina y tinción de rutina con hematoxilina y eosina (Hall, 1995; Allen, 1995).

Los cortes histológicos fueron evaluados a un aumento total de 40X, con un microscopio fotónico (Motic BA310®) adaptado a una cámara para microscopía digital y conectado a un equipo de cómputo, mediante el software LAS EZ de Leica.

Las vellosidades intestinales así como la profundidad de la cripta se midieron en orientación longitudinal desde la base a la punta de cada una de ellas, obteniendo valores en μm . Se analizaron de 5-6 campos microscópicos por cada corte histológico para obtener el número de vellosidades presentes en dicho campo microscópico de cada una de las partes del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) (Figura 1,2 y 3).

Análisis estadístico.

Los resultados de las variables obtenidas, fueron analizadas para verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos mediante la prueba de W de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene, fijando un nivel de significancia del 5% para ambas pruebas (Kuehl, 2001) (Cuadro 3 y 4).

Las variables productivas (peso del ave, ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión), las medidas alométricas de los órganos del TGI, las mediciones de las vellosidades intestinales, profundidad de la criptas y el número de vellosidades fueron sometidos a una prueba de t de Student y Z, para la comparación de medias entre ambos tratamientos con un nivel de significancia del

5%, cabe señalar que los datos de porcentaje de mortalidad fueron sometidos a una transformación angular de Bliss.

La elaboración de la base de datos se realizó con el programa Excel® 2013 de Microsoft® y se utilizó el programa JMP™ *Desing of Experiments*, versión 11.0.0 (2013) para el análisis estadístico de los mismos.

3. RESULTADOS.

Para la etapa de desarrollo, los resultados obtenidos para peso vivo del ave, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia se pueden apreciar en el Cuadro 5. Los resultados indicaron que existió diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, con un mayor peso promedio en los pavos del tratamiento 2 (3426a g) respecto a los pavos del tratamiento testigo (3203b g) (Figura 4). Para la ganancia de peso, se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$); con una mayor ganancia de peso en el tratamiento 2 (2312a g) en comparación con el tratamiento 1 (2023b g) (Figura 5). En cuanto al consumo de alimento, el tratamiento 1 mostró tener mayor ingesta de alimento ($P < 0.05$) respecto al tratamiento 2 (4897a vs 4623b g) (Figura 6). Para la variable conversión alimenticia, los datos obtenidos indicaron que hubo diferencia estadística ($P < 0.05$) entre tratamientos, con mejor conversión alimenticia en el tratamiento 2 (1.99a) en relación al tratamiento 1 (2.42b), siendo mejor en el tratamiento 2 al requerir menor alimento por kg de carne producido (Figura 7).

Los resultados obtenidos en la etapa de finalización (Cuadro 6), indicaron que no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos para peso vivo del ave (7770 vs 7917 g) (Figura 8), ganancia de peso (4567 vs 4490 g), consumo de alimento (10926 vs 11181 g), y rendimiento de canal (72.1 vs 72.0 %), Sin embargo, en la ganancia de peso y consumo de alimento, se puede notar que la alimentación proporcionada a los pavos del tratamiento 1 mejoró numéricamente los resultados en dichas variables (Figuras 9 y 10). En cuanto a la conversión alimenticia, se

observa que hubo diferencia estadística ($P < 0.05$) entre tratamientos, siendo mejor en el tratamiento 1 (2.39a) en comparación con el tratamiento 2 (2.49b) (Figura 11).

En el Cuadro 7, aparecen las proporciones (%) de los órganos del TGI e hígado en relación al peso vivo de los pavos, observándose diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos en la etapa de desarrollo para las variables peso del TGI, proventrículo y molleja; para la proporción del TGI, es mayor en los pavos del tratamiento 1 (11.16a %), en comparación con los pavos del tratamiento 2 (9.85b %). En la proporción del proventrículo es mayor en el tratamiento 1 respecto al tratamiento 2 (0.31a vs 0.27b %). En cuanto a la proporción de la molleja, se observó que el tratamiento 1 (2.25a %) fue mayor al tratamiento 2 (1.67b %). En el caso de las proporciones de los pesos del hígado (2.06 vs 2.01%), intestino delgado (6.12 vs 5.42%) e intestino grueso (1.70 vs 1.75%), los resultados del análisis estadístico, no indicaron ser diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, en la variable proporción del intestino delgado, se puede observar que los pavos del tratamiento 1 mejoraron numéricamente el resultado respecto al tratamiento 2.

Los datos de las proporciones (%) de los órganos del TGI e hígado en relación al peso vivo de los pavos a las 12 semanas de edad, se muestran en el Cuadro 6. Los resultados del análisis estadístico indicaron que no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos; proporción del TGI (7.26 vs 7.08%), proventrículo (0.19 vs 0.19%), molleja (1.58 vs 1.53%), hígado (1.48 vs 1.46%), intestino delgado (1.04 vs 1.01%) e intestino grueso (3.65 vs 3.58%).

Los resultados de la longitud del TGI así como los segmentos del mismo muestran que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, sin embargo no existió ($P > 0.05$) para el intestino grueso (Cuadro 8). La longitud del TGI fue mayor en el tratamiento 1 en comparación al tratamiento 2 (220a vs 207b cm). En cuanto a la longitud del asa duodenal es mayor en el tratamiento 1 (23a cm) con respecto al tratamiento 2 (21b cm) y para la longitud del intestino delgado, hubo una diferencia mayor en cuanto al tratamiento 1 (152a cm) con el tratamiento 2 (142b cm). Mientras que en la longitud del intestino grueso no hubo diferencia entre tratamientos (51 vs 53cm).

En el Cuadro 8, de igual forma se observan los resultados de la longitud del TGI así como los segmentos del mismo en pavos de 12 semanas de edad. Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, para la longitud del TGI (268 vs 275cm), asa duodenal (29 vs 29cm), intestino delgado (185 vs 194cm) e intestino grueso (77 vs 75cm).

Para el caso de la longitud de las vellosidades intestinales a las 8 semanas de edad, se muestra que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, solamente en las vellosidades presentes en el yeyuno (1353.16a vs 1243.47b μm), mientras que en las vellosidades del duodeno e íleon no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$), entre tratamientos; 2701.97 vs 2720.05 μm y 941.32 vs 954,62 μm respectivamente (cuadro 9).

En cuanto a los resultados obtenidos de la longitud de las vellosidades intestinales para la etapa de finalización como se puede apreciar en el cuadro 9, se observa que

no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos, para la porción duodeno (2632.58 vs 2616.64 μm), yeyuno (2032.73 vs 2062.61 μm) e íleon (1176.60 vs 1178.35 μm).

En el cuadro 10, se puede observar los resultados de la profundidad de las criptas de cada uno de los segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) de la etapa de desarrollo y finalización. En la etapa de desarrollo, los resultados muestran que hubo diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos, para la profundidad de las criptas del duodeno (154.88a vs 178.55b μm). En las criptas presentes en yeyuno e íleon no existió diferencia significativa ($P>0.05$); 173.57 vs 177.23 μm y 166.30 vs 160.48 μm , respectivamente. En cuanto a la etapa de finalización se obtuvo diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos, en los segmentos del duodeno y yeyuno; la profundidad de las criptas del duodeno fue mayor en el tratamiento 2 en comparación con el tratamiento 1 (204.05a vs 243.50b μm) y para la profundidad de las criptas del yeyuno fue mayor el tratamiento 1 (185.83a μm) con el tratamiento 2 (158.29b μm). Mientras que en la profundidad de las criptas del íleon no hubo diferencia entre tratamientos (163.91 vs 167.36 μm).

En la relación vellosidad/cripta se obtuvo un efecto contrario a la profundidad de las criptas, ya que se calcula al dividir el largo de la vellosidad y la profundidad de la cripta, por lo que en la etapa de desarrollo se obtuvo mejores resultados en la relación vellosidad/cripta en el duodeno para el tratamiento 1 en comparación con el tratamiento 2 (17.44a vs 15.23b), mientras que en la etapa de finalización la mayor relación vellosidad/cripta se presentó en el duodeno y yeyuno; en el duodeno el tratamiento 1 (12.90a) fue mayor que el tratamiento 2 (10.74b), sin embargo en

el yeyuno el tratamiento 2 presentó mejores resultados que el tratamiento 1 (13.03a vs 10.93b), respectivamente (Cuadro 11).

Los datos del número de vellosidades presentes en el duodeno, yeyuno e íleon de los pavos a las 8 semanas de edad, se muestran en el Cuadro 12. Los resultados del análisis estadístico indicaron que existió diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos; número de vellosidades en el duodeno (8.96a vs 8.16b), yeyuno (11.36a vs 9.96b) e íleon (12.20a vs 10.96b).

De igual forma en el Cuadro 12, se observan los resultados del número de vellosidades presentes en cada uno de los segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) de pavos de 12 semanas de edad. Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, para las variables; número de vellosidades en duodeno (8.96 vs 8.56), yeyuno (12.53 vs 12.90) e íleon (12.80 vs 12.93).

Finalmente en el cuadro 13, se encuentra el coeficiente de variación del peso vivo de las aves en las semanas 5, 8 y 12 de edad. Los resultados del análisis estadístico no muestran diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos; semana 5 (14 vs 13.25), semana 8 (10 vs 11.75) y semana 12 (7.75 vs 7.70).

En cuanto al porcentaje de mortalidad general no existió diferencia estadística ($P > 0.05$), con una mortalidad de 1.8% para el tratamiento 1 y 5.3% para el tratamiento 2.

4. DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en la etapa de desarrollo para peso vivo del ave, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), esto se debe a que el tratamiento 1 recibió una dieta con bajos niveles de proteína y energía, lo que ocasiona un mayor consumo de alimento con el objetivo de obtener los nutrimentos necesarios para su mantenimiento y en menor cantidad para su crecimiento, resultados similares a los reportados por Wilson et al., 1960, Plavnik et al., 1985 y Summers et al., 1990, quienes demostraron que el crecimiento de las aves puede ser retardado mediante la limitación de la ingesta de alimentos o restringiendo cualquier componente de su dieta ya sea proteína y/o energía, lo cual traerá consigo un aumento en el consumo de alimento y por lo tanto una mayor tasa de conversión. En la actualidad las estirpes de pollos de engorda y pavos no crecerán en todo su potencial genético a menos de que consuman todos sus requerimientos nutricionales, lo cual se determinara por una formulación adecuada de la dieta.

Cuando a un animal se le proporciona una nutrición adecuada, después de que su crecimiento haya sido retardado por una restricción en la dieta, crecerá a un ritmo más rápido que un animal de la misma edad que no tenía restricciones alimenticias (Wilson et al., 1960), lo que concuerda con los resultados obtenidos para la etapa de finalización, en donde no hubo diferencias entre los tratamientos 1 y 2 para el peso vivo (7770 vs 7917g), ganancia de peso (4567 vs 4490g) y consumo de alimento (10926 vs 11181g) respectivamente, mientras que la conversión alimenticia fue mejor en el tratamiento 1 respecto al tratamiento 2 (2.392 vs 2.492),

por lo que hubo una mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrimentos por parte del tratamiento 1 con el objetivo de alcanzar el peso de los pavos del tratamiento 2, nombrando a este rápido crecimiento relativo a la edad como “crecimiento compensatorio” (Bohman, 1955) o “crecimiento de recuperación” (Prader et al., 1963), en donde en las especies de aves de corral, los pavos pueden beneficiarse en su mayor parte de este fenómeno de crecimiento, ya que se comercializan a una edad mayor que los pollos de engorda, lo que permite una mejor recuperación del déficit de crecimiento.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos con Oju et al., 1988, quienes alimentaron a pavos machos y hembras de 0 a 6 semanas de edad, con dos tipos de dietas: 1.-Dieta control basada en los requerimientos del NRC; 2.- Dieta con una disminución del 25% de proteína y 34% de lisina en comparación con la dieta control. Después de las 6 semanas de edad, todas las aves recibieron dietas similares, las cuales fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos del NRC hasta la edad de mercado (20 semanas para las hembras y 24 para los machos). Los resultados que obtuvieron mostraron que no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) en el peso corporal y la composición de la canal siendo similares entre tratamientos a la edad de mercado. Sin embargo, la eficiencia de la alimentación se mejoró marginalmente para aquellas aves que recibieron la dieta baja en proteína, demostrando que fueron significativamente más eficientes en la utilización de la proteína dietética para el aumento de peso corporal.

En experimentos realizados por Plavnik et al., 1985 y Zubair et al., 1994a, los resultados obtenidos fueron similares, con lo que indicaron de igual forma que hay

una ganancia compensatoria en aves realimentadas después de período de restricción, caso contrario con Yu et al., 1990, Robinson et al., 1992 y Mazzuco et al., 1999, quienes no encontraron que los pollos de engorda pueden compensar completamente un déficit de crecimiento mediante una realimentación después de un período de alimentación restringida, cabe señalar que esto puede ser resultado debido a la edad de comercialización del pollo ya que es menor en comparación con la del pavo, por lo que se pudo haber necesitado un periodo mayor de realimentación para ver cambios en su crecimiento.

Los resultados obtenidos de la alometría del TGI en la etapa de desarrollo muestran ser mayores en el tratamiento 1 respecto al tratamiento 2 ($P < 0.05$), para las variables proporción (%) del peso del TGI (11.16 vs 9.85%), proventrículo (0.31 vs 0.27%) y molleja (2.25 vs 1.67%), así como en la longitud del TGI (220 vs 207cm), asa duodenal (23 vs 21cm) e intestino delgado (152 vs 142cm), además no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en la proporción del hígado, intestino delgado e intestino grueso así como en la longitud de este último (2.06 vs 2.01%), (6.12 vs 5.42%), (1.70 vs 1.75%) y (51 vs 53 cm) respectivamente, estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Zubair et al., 1994b y Penz et al., 2009, quienes demostraron que existen varias alteraciones en los pollos cuando se someten a una restricción de consumo de alimento, entre las que se encuentran la adaptación del peso relativo de los órganos gastrointestinales, con un aumento del tamaño para una mayor capacidad de almacenamiento de alimento, como es el caso del buche, molleja e intestino delgado, y una disminución del tamaño del proventrículo y páncreas, con lo cual difiere a lo obtenido en el estudio.

Por su parte Pérez et al., 2017, realizaron un estudio en el cual de una parvada de pavos Nicholas 700, seleccionaron 32 pavos de crecimiento alto (PCA) y 29 pavos de crecimiento bajo (PCB) con un peso menor del 30% al promedio de la parvada. Fueron alimentados con dos dietas con la misma cantidad de proteína pero con diferente aporte de energía; dieta A (PCB) de 3220 Kcal/kg y dieta B (PCA) de 3170 kcal/kg de energía y con un 21% de proteína cruda en ambas, observándose relaciones lineales significativas ($P < 0.05$) en la alometría de los órganos. El peso del TGI aumentó en promedio 42.62 g por cada kilogramo de peso vivo (PV) para los PCB y 27.02 g promedio por cada kilogramo de PV para los PCA, en cuanto a la longitud del TGI aumentó en promedio 16.98 cm por cada kilogramo de PV para los PCB y 7.51 cm promedio por cada kilogramo de PV para los PCA y la longitud del intestino aumentó en promedio 14.27 cm por cada kilogramo de PV para los PCB y de 5.76 cm promedio por cada kilogramo de PV para los PCA.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido en el presente estudio, demostrando que las aves de menor peso tienen la capacidad de aumentar el tamaño de sus órganos del TGI para la obtención de mayores cantidades de nutrimentos y de esta forma ser más eficientes en su aprovechamiento, por lo que al proporcionar dietas de mejor calidad en nutrimentos podemos mejorar sensiblemente el crecimiento de las aves.

Por otra parte Wilson, 1954, enfatizó en la capacidad que tiene el organismo de mantener aquellas relaciones funcionales, entre los tejidos y órganos, que son esenciales para la vida, por lo tanto, durante los períodos de restricción alimenticia se desarrollan aquellas partes que funcionalmente tienen exigencias prioritarias a

fin de mantener al animal en condiciones competitivas en el medio ambiente. El caso ya citado, del mayor tamaño del tubo digestivo relativo al peso corporal de animales restringidos es un claro ejemplo de esto.

En cuanto a los resultados obtenidos en la etapa de finalización para el comportamiento productivo no hubo diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos, en las variables peso vivo del ave (7770 vs 7917g), ganancia de peso (4567 vs 4490g), consumo de alimento (10926 vs 11181g) y rendimiento de canal (72.1 vs 72.0%), mientras que la conversión alimenticia fue mejor en el tratamiento 1 (2.392) respecto al tratamiento 2 (2.492), este mejoramiento en el comportamiento productivo de las aves del tratamiento 1 se puede atribuir a que hay una mayor eficiencia en la utilización de los nutrimentos durante el periodo de realimentación, generando mejores ganancias de peso relativas al peso corporal en comparación con animales controles sin ningún tipo de restricción, debiéndose a los cambios que sufre el TGI (especialmente el intestino delgado), al aumento de apetito y a la disminución del metabolismo basal de dichas aves. Wilson et al., 1960 y Bavera, 2005, concuerdan que los animales restringidos tienen mayor consumo de alimento en relación a su peso metabólico, debido a que presentan un tubo digestivo más grande en relación a su peso corporal. Por su parte Summers et al., 1990, reportaron que los aves restringidas, exhiben una mayor ganancia de peso y una mayor utilización de alimento cuando se les proporciona una realimentación, la razón es que el animal es más pequeño con respecto al peso por edad, y por lo tanto consumirán alimento en exceso en un intento de "ponerse al día" con respecto al peso corporal normal para la edad, el ave ganará peso a un ritmo más rápido debido a que un mayor

porcentaje de nutrimentos será usado para ganar peso en vez de usarlo para su mantenimiento, lo que resulta en la mejora de la conversión alimenticia. Mientras tanto, Meyer et al. 1956, establecen que al menos una parte del crecimiento compensatorio puede ser explicada por los bajos requerimientos necesarios para el mantenimiento, representándolo con la ecuación $M = MB + A$, donde M representa mantenimiento, MB metabolismo basal y A el gasto de actividad, por lo cual se podría afirmar que el costo de mantenimiento de un animal restringido es menor debido a que ambos componentes están disminuidos.

Los resultados obtenidos en la etapa de finalización de la alometría del TGI fueron similares para ambos tratamientos, con base a la realimentación proporcionada, es decir no hubo diferencia entre el peso y tamaño del TGI y sus órganos. Considerando que el intestino delgado es un órgano de abastecimiento y que durante el periodo de crecimiento, disminuye su peso y tamaño para dar prioridad a los músculos (Lilja, 1983), Reid et al., 1955 establecieron que los animales realimentados depositan tejidos de un contenido calórico menor, por ejemplo poca grasa y mucho músculo.

Durante el periodo de desarrollo, no existió diferencia en los resultados obtenidos sobre la longitud de las vellosidades intestinales entre tratamientos para los segmentos del duodeno e íleon, mientras tanto, en el yeyuno se observó un aumento significativo en la longitud de las mismas para el tratamiento 1 (1353.16 μ m) en comparación con el tratamiento 2 (1243.47 μ m), permitiendo una mayor superficie de absorción y de esta forma se mejoró el aprovechamiento de los nutrimentos para una mejor ganancia de peso, coincidiendo con Arce et al.,2008, quienes en su

estudio, demostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) tras el uso de una dieta experimental que permitió un aumento en la longitud y el número de vellosidades intestinales de las aves, obteniendo mejores resultados en el peso corporal y conversión alimenticia. Al tener un aumento en la altura de las vellosidades intestinales indican epitelios maduros, lo que sugiere un mayor área de absorción de nutrimentos y un posible aumento de la actividad enzimática secretada (Adebiyi et al., 2012). El aumento o disminución de la longitud de las vellosidades intestinales a su vez se debe a la forma física del alimento, harina, migaja o “pellets”, lo cual interviene en el desarrollo del TGI; los alimentos en forma de “pellets”, tienen la ventaja de disminuir el tiempo de consumo y el ahorro de energía metabolizable, en términos fisiológicos, los alimentos más densos estimulan mejor el crecimiento del TGI, mientras el volumen sea menor. En un trabajo de investigación realizado por Jaramillo, 2011, utilizó harina y migaja en pollos de engorde, teniendo como resultado un mejor crecimiento en los pollos y un crecimiento más alto en las vellosidades en duodeno, yeyuno e íleon al utilizar la migaja, lo que coincide con el aumento de las vellosidades del yeyuno en la presente investigación al utilizar alimento en migaja, sin embargo, López, 2010, encontró que la longitud de las vellosidades intestinales aumenta cuando se utilizan alimentos en harina, pero disminuyen en número, mientras que cuando se utiliza pellet o migaja disminuye el tamaño de la vellosidad pero se aumenta el número, lo que pudiera explicar los resultados obtenidos en el caso del duodeno e íleon en este estudio.

Para la etapa de finalización, no hubo diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$), el largo de la vellosidad se mantuvo en el rango promedio; duodeno (2632.58 vs

2616.64 μ m), yeyuno (2032.72 vs 2062.61 μ m) e íleon (1176.60 vs 1178.35 μ m), Macari, 1998, llegó a la conclusión de que al tener una deficiencia en algún nutrimento puede detener o reducir la velocidad de proliferación celular, lo que ocasiona una disminución en la altura de las vellosidades y, consecuentemente, baja la tasa de digestión y absorción de nutrimentos.

Por su parte, la profundidad de criptas del yeyuno en la etapa de desarrollo, y en duodeno y yeyuno en la etapa de finalización mostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$). En la etapa de desarrollo, el tratamiento 2 mostró mayor profundidad de cripta que el tratamiento 1. Para la semana 12 de edad, se obtuvo una mayor profundidad de las criptas del duodeno en el tratamiento 2 respecto al tratamiento 1, mientras que el tratamiento 1 mostró mayores profundidades de cripta en el yeyuno en comparación con el tratamiento 2.

La cripta puede considerarse como la productora de las vellosidades y una cripta grande indica un rápido cambio de tejido y una alta demanda por un nuevo tejido (Pacha, 2000). El tamaño de las criptas, refleja la actividad de diferenciación de enterocitos, siendo las responsables de la proliferación celular en el intestino, cuando se necesita que la capa de enterocitos sea reemplazada más rápidamente por la mayor descamación de la misma, entonces la actividad proliferativa es también mayor en las criptas; en consecuencia, la mayor profundidad de las criptas está asociado a un mayor gasto nutricional para el mantenimiento del intestino, disminuyendo la eficiencia productiva del animal. La profundidad de la cripta se incrementa con la edad y es mayor en el duodeno y menor en el íleon (Uni et al., 1998; Xu et al., 2003).

La relación vellosidad/cripta fue superior en el duodeno tanto en la etapa de desarrollo como en la de finalización en el tratamiento 1 y a su vez en esta última etapa se observó una mayor relación en el yeyuno para el tratamiento 2.

Cuanto mayor es la relación entre el largo de la vellosidad y la profundidad de la cripta, se asume que hay un mejor estado de salud en el intestino. Por esta razón es que habitualmente se emplea la relación entre el largo de la vellosidad y la profundidad de la cripta también como indicador de eficiencia; y así, a mayor relación vellosidad/cripta se asume que la eficiencia nutricional será mayor (Martínez, 2017).

No se encontraron estudios que mostraran el número de vellosidades presentes en cada uno de los segmentos del intestino delgado en pavos. En el presente estudio se observó un mayor número de vellosidades intestinales en el duodeno, yeyuno e ileon en el tratamiento 1 al compararlo con el tratamiento 2, durante la etapa de desarrollo, llegando a la conclusión de que esto sea resultado de la estimulación que se da al utilizar alimento en migaja al disminuir el tamaño de la vellosidad intestinal pero aumentar el número de estas (López, 2010), otra observación que se presenta en el estudio es que el aumento en la cantidad de vellosidades se deba al incremento de la longitud del intestino delgado con la finalidad de tener una mayor área de absorción de nutrientes para su mejor aprovechamiento.

5. CONCLUSIONES.

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

La disminución de proteína y energía en la dieta para pavos Nicholas 700 en la etapa de desarrollo, afectó el comportamiento productivo (peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia).

Los pavos en la etapa de desarrollo, al disminuir sus niveles de proteína y energía en la dieta, mejoraron la proporción del TGI, proventrículo y molleja, además de incrementar la longitud del TGI, asa duodenal e intestino delgado en relación a su peso vivo.

Existió un incremento significativo $P < 0.05$ en el número de vellosidades presentes en el duodeno, yeyuno e íleon de los pavos, así como en el tamaño de las vellosidades del yeyuno al consumir alimento con niveles de proteína y energía bajos.

El empleo de una dieta con mayores niveles de proteína y energía en la etapa de finalización, mejoró el peso vivo y la ganancia de peso y disminuyó el consumo de alimento y la conversión alimenticia de los pavos restringidos.

Las proporciones respecto al peso vivo y la longitud del TGI así como de sus segmentos en los pavos, no fueron afectadas al proporcionar una dieta con mayores niveles de proteína y energía.

Al suministrar una dieta con mayor aporte nutricional después de una alimentación con bajos niveles de proteína y energía, los pavos tuvieron un crecimiento de recuperación.

Se sugiere realizar más estudios con un mayor tiempo de realimentación de los pavos Nicholas 700, después de una alimentación con niveles bajos de proteína y energía, con el objetivo de investigar los efectos benéficos que se tiene sobre los parámetros productivos.

6. REFERENCIAS.

- Meléndez GJR, Juárez RT. 2014. Antecedentes de la avicultura en México. *Los Avicultores y su Entorno*, 80.
<http://bmeditores.mx/antecedentes-de-la-avicultura-en-mexico/> [consulta: 22 ene 2017].
- [UNA] Unión Nacional de Avicultores (Mex). 2017. Compendio de indicadores económicos del sector Avícola.
- López R, Moterrubio T, Cano H, Chassin O, Aguilera U, Zavala M. 2008. Caracterización de sistemas de producción de guajolote (*Melegris gallopavo gallopavo*) de traspatio en las regiones fisiográficas del estado de Michoacán, México. *Técnica Pecuaria en México* 46(3):303-316.
- Maya BC. 2010. Inicia tu propio proyecto productivo de pavo de engorda. *Los avicultores y su entorno* 76:67-74.
- Hernández, JO, López E, Hernández M, Danner C. 2003. La participación de las mujeres en el manejo integral de traspatio. Gobierno del estado de Chiapas. Instituto de la Mujer, Chiapas, México. pp. 42-85.
- Financiera Rural. (Mex) 2012, Monografía del guajolote o pavo. *Ficha técnica*.
- [MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego (Perú). 2016. Oferta nacional de pavo para las fiestas navideñas 2016 y año nuevo 2017.
- Villamar AL, Guzmán VH. 2007. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de guajolote (pavo) en México 2006. *Revista Claridades* 161:3-37.
- [CEA] Centro de Estudios Agropecuarios. 2001. *Crianza de pavos*. México D.F. Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. pp. 8-14.

- Cuca PC, Ávila GE, Pró MA. 2009. *Alimentación de las aves*. 8 ed. México D.F. Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 5-12.
- [FAO] Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (Nueva Zelanda). 2012. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Principales ingredientes utilizados en las formulaciones de alimentos para aves de corral.
- Lázaro R, Mateos G, Torre M. 2002. Nutrición y alimentación de pavos de engorde. *XVII curso de especialización FEDNA*. Departamento de producción animal. Universidad de Barcelona.
- Chávez E. 2013. *Efecto de la disminución de proteína y aminoácidos esenciales en dietas de sorgo + soya tipo comercial sobre los parámetros productivos en pavos Nicholas de 4 a 12 semanas de edad*. [Tesis de licenciatura]. Distrito Federal, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Boleli I, Maiorka A. 2008. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari M, Furlan R, Gonzales E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2nd ed. Brasil: Funep, Jaboticabal. 5: pp. 75-95.
- Álvarez A. 2002. *Fisiología comparada de los animales domésticos*. La Habana. UNAH. pp. 234-250.
- Maiorka A, Dahlke F. 2006. Broiler adaptation to post-hatching period. *Ciência Rural*. 36(2).
- Miguel IJ. 2009. *Evaluación de la adición de diferentes niveles de glutamina en dietas sorgo-soya para pollos de engorda*. [Tesis de licenciatura]. Distrito Federal, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

- Evers MBM, Izukura M, Townsend CM, Uchidam T, Thompson JC. 1990. Differential effects of gut hormones on pancreatic and intestinal growth during administration of an elemental diet. *Ann Surg* 211 (5):630-638.
- Chambers C, Grey RD. 1979. Developments of the structural components of the brush border in absorptive cells of the chick intestine. *Cell Tissue Res* 204(3):387-405.
- Lilja C. 1983. A comparative study of postnatal growth and organ development in some species of birds. *Growth* 47(4):317- 339.
- Faus C. 2008. La integridad intestinal: factores asociados a su mantenimiento. *Selección Avícola*. pp. 11-16.
- López, C. 2014. La nutrición y el buen manejo desde el principio ayudan al desarrollo de un aparato digestivo sano. *Intestina Healt*. pp. 12-15.
- Maiorka A. 2004. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. *In Simpósio Brasil Sul de Avicultura*. Chapecó. pp. 26-41.
- Alfaro L, Briceño J. 2013. Importancia de la Salud intestinal en las aves y diseño de programas anticoccidiales. *Engormix*.
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/importancia-salud-intestinal-aves-t30275.htm>
- Domínguez, I. 2015. Influencia de la Integridad Intestinal sobre el rendimiento y la rentabilidad aviares. *AviNews*. pp. 107-113.
- Miles RD, Butcher GD, Henry PR, Littell RC. 2006. Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology. *Poultry Science* 85:476-485.

- Croom WJ, Brake J, Havenstein GB, Christensen VL, McBride B, Peebles ED, et al. 1999. Is intestinal absorption capacity rate-limiting for performance in poultry?. *Journal of Applied Poultry Research* 8:242-252.
- Gould, S.J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews* 41(4):587-640.
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (Mex). 1992. Tláhuac: Cuaderno de información básica delegacional.
- [NRC] National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Turkeys. *Nutrient Requirements of Poultry*. 8th ed., Washington DC, USA: National Academy Press.
- [NOM] Norma Oficial Mexicana. [26 ago 2015]. NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. México: DOF-Segob.
- Hall J. 1995. Inclusión de Tejidos. En: Prophet EB, Mills B, Arrington JB, Sobin LH (eds.) *Métodos histotecnológicos*. Washington, USA: Instituto de Patología de las fuerzas armadas de los Estados Unidos de América. pp. 55-60.
- Allen T. 1995. Hematoxilina y Eosina. En: Prophet EB, Mills B, Arrington JB, Sobin LH, (eds). *Métodos histotecnológicos*. Washington, USA: Instituto de Patología de las fuerzas armadas de los Estados Unidos de América. pp 55-60.
- Kuehl RO. (2001). *Diseños de Experimentos*. 2a ed., México: Thomson Learning.
- Wilson PN, Osbourn DF. 1960. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol. Rev* 35:325-361.
- Plavnik I, Hurwitz S. 1985. The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Science* 64:348-355.

- Summers JD, Spratt D, Atkinson JL. 1990. Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Science* 64:1855-1861.
- Bohman VR. 1955. Compensatory growth of beef cattle. The effect of hay maturity. *J. Animal Science* 14:249-255.
- Prader A, Tanner JM, Von Harnack GA. 1963. Catch-up growth following illness or starvation: An example of developmental canalization in man. *J. Pediatr* 62:646-659.
- Oju EM, Waibel PE, Noll SL. 1988. Early protein undernutrition and subsequent realimentation in turkeys. Effect of performance and body composition. *Poultry Science* 67(12):1750-1759.
- Zubair AK, Leeson S. 1994a. Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers. *Poultry Science* 73:129-136.
- Yu MW, Robinson FE, Clandinin MT, Bodnar L. 1990. Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed restriction. *Poultry Science* 64:2074-2081.
- Robinson FE, Classen HL, Hanson JA, Onderka DK. 1992. Growth performance, feed efficiency and the incidence of skeletal and metabolic disease in full-fed and feed restricted broilers and roasters. *J. App. Poult. Res* 1:33-41.
- Mazzuco H, Jaenisch FR, Guidoni AL. 1999. Efeito da restrição alimentar qualitativa no desempenho, na incidência de distúrbios metabólicos e no rendimento de carcaça em frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28 (6):1333-1339.

- Zubair AK, Leeson S. 1994b. Effect of early feed restriction and realimentation on heat production and changes in sizes of digestive organs of male broilers. *Poultry Science* 73:529-538.
- Penz AM, Gonsalves DB, Nogueira FA. 2009. Restricción de alimento en pollos de engorda. Consecuencias. *En III Foro Internacional de Avicultura. Ave Expo.*
- Pérez SON., Sánchez RE., Posadas HE., Miguel IJ., Vázquez DAS., Salmerón SF. 2017. Relación de las medidas alométricas del tracto gastrointestinal, mollejas e hígado con respecto al peso vivo en pavos Nicholas 700. *Memorias de XLII Convención Nacional ANECA; Mayo 3-6.* Boca del Río, Veracruz, México: ANECA.
- Wilson PN. 1954. Growth analysis of the domestic fowl II. Effect of plane of nutrition on carcass composition. *J. Agric. Sci.*, 44:67.
- Bavera G, Bocco O, Petryna A. 2005. Crecimiento y desarrollo compensatorios *Cursos Producción Bovina de Carne. F.A.V. UNRC.* pp. 1-5.
- Meyer JH, Luecker CE, Smith, JD. 1956. "Influence of food and energy restriction and subsequent recovery on body composition and food utilization of rats", *J. Nutr.* 60:121.
- Reid TJ, Wellington GH, Dunn HO. 1955. "Some relationships among the major chemical components of the body and their application to nutritional investigations," *J. Dairy Sci.* 38: 1344, 1955.
- Arce MJ, Ávila GE, Coello López C. 2008; Comportamiento productivo y cambios morfológicos en vellosidades intestinales del pollo de engorda a 21 días de edad con el uso de paredes celulares del *Sacharomyces cerevisiae*. *Revista Veterinaria Mexicana*, 39 (2): pp.223-228.

- Adebiyi OA, Makanjuola BA, Bankoley TO, Adeyori AS. 2012. Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) Supplementation: Effect on the Performance and Gut Morphology of Broiler Birds. *Global J. Sci. Frontier Res. Biol. Sci.*, 12(6):pp.25-29.
- Jaramillo AH. 2011. Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde. *Revista Pecuaria*. Universidad del Tolima. (2). pp. 8-50.
- López CC. 2010. Efecto del uso de los Ácidos Orgánicos en la Nutrición De Aves. II Congreso Nacional de Nutrición Animal. *Octubre 20-21*. Costa Rica.
- Macari M. 1998. Aspectos fisiológicos do sistema digestivo das aves. *SACAVET - Semana Acadêmica Veterinária*, São Paulo.
- Pacha J. 2000. Development of intestinal transport function in mammals. *Physiol. Rev.* 80(4):pp.1633-1677.
- Uni Z, Zaiger G, Gal-Garber O, Pines M, Rozenboimy I, Reifen R. 2000. Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. *Poultry Sci.*, 41:pp.410–415.
- Uni Z, Ganot S, Sklan D. 1998, Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poultry. Sc*; 77: p 75-82.
- Martínez D. 2017. Desarrollo de un sistema de variables histológicas como indicadores de salud intestinal y eficiencia nutricional. *Actualidad avipecuaria*.
<http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/desarrollo-de-un-sistema-de-variables-histologicas-como-indicadores-de-salud-intestinal-y-eficiencia-nutricional.html>

7. CUADROS.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales por kilogramo de alimento para pavos de engorde.

		Edad		
		0-4	4-8	8-12
		Semanas	Semanas	Semanas
Proteína	%	28	26	22
Energía metabolizable	kcal/kg	2800	2900	3000
Ácido Linoléico	%	1.0	1.0	0.8
Aminoácidos				
Lisina	%	1.6	1.5	1.3
Metionina	%	0.53	0.45	0.38
Metionina + cisteína	%	1.05	0.9	0.75
Treonina	%	1.0	0.93	0.79
Triptófano	%	0.26	0.24	0.2
Valina	%	1.2	1.1	0.94
Arginina	%	1.6	1.5	1.25
Isoleucina	%	1.1	1.0	0.85
Minerales				
Calcio	%	1.2	1.0	0.85
Fósforo disponible	%	0.6	0.5	0.42
Sodio	%	0.17	0.15	0.12
Cloro	%	0.15	0.14	0.14

Fuente: Adaptado de NRC 1994.

Cuadro 2. Análisis químico proximal de las dietas utilizadas en la crianza de pavos Nicholas 700.

Parámetro	Dieta A*	Dieta B*
Proteína cruda %	22.02 ± 1.23	27.62 ± 1.23
Grasa cruda %	3.27 ± 0.23	4.07 ± 0.23
Fibra cruda %	4.74 ± 0.11	4.55 ± 0.11
Cenizas %	9.24 ± 0.34	11.19 ± 0.34
Humedad %	9.63 ± 0.56	9.97 ± 0.56
Energía metabolizable kcal/kg	2850	2875

*Dietas proporcionadas por la empresa maltaCleyton®

Cuadro 3 y 4. Resultados obtenidos de los supuestos de normalidad de los residuos (prueba de W de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene).

	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)		Finalización (Semana 9-12 de edad)	
	Normalidad	Homogeneidad de varianzas	Normalidad	Homogeneidad de varianzas
	(Prueba W de Shapiro – Wilk)	(Prueba Levene)	(Prueba W de Shapiro – Wilk)	(Prueba Levene)
Proporción peso	<hr/>		<hr/>	
TGI	0.92	0.66	0.35	0.80
Molleja	0.54	0.60	0.77	0.30
Proventrículo	0.09	0.54	0.15	0.12
Hígado	0.09	0.38	0.20	0.33
Intestino delgado	0.83	0.95	0.62	0.82
Intestino grueso	0.45	0.93	0.61	0.45
Longitud	<hr/>		<hr/>	
TGI	0.60	0.09	0.34	0.82
Asa duodenal	0.52	1.00	0.22	0.69
Intestino delgado	0.38	0.13	0.67	0.91
Intestino grueso	0.64	0.48	0.60	0.59

	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)		Finalización (Semana 9-12 de edad)	
	Normalidad (Prueba W de Shapiro – Wilk)	Homogeneidad de varianzas (Prueba Levene)	Normalidad (Prueba W de Shapiro – Wilk)	Homogeneidad de varianzas (Prueba Levene)
Longitud vellosidades intestinales	<hr/>		<hr/>	
Duodeno	0.07	0.53	0.98	0.71
Yeyuno	0.20	0.06	0.24	0.52
Íleon	0.49	0.13	0.26	0.49
Profundidad criptas	<hr/>		<hr/>	
Duodeno	0.32	0.07	0.35	0.10
Yeyuno	0.69	0.18	0.12	0.79
Íleon	0.09	0.16	0.20	0.20

Cuadro 5. Resultados promedio obtenidos, sobre el comportamiento productivo de los tratamientos 1 y 2 en la etapa de desarrollo (5–8 semanas de edad).

Tratamiento	Peso semana 5 (g)	Peso semana 8 (g)	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia (kg:kg)
T1*	1180	3203 ^a	2023 ^a	4897 ^a	2.420 ^a
T2**	1114	3426 ^b	2312 ^b	4623 ^b	1.999 ^b
Probabilidad	0.34	0.014	<0.0001	0.02	<0.0001
EEM	45.55	55.60	21.60	82.60	0.02

Diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

*Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal). **Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 6. Resultados promedio obtenidos, sobre el comportamiento productivo y rendimiento de canal de los tratamientos 1 y 2 en la etapa de finalización (9-12 semanas de edad).

Tratamiento	Peso semana 12 (g)	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia (kg:kg)	Rendimiento de canal (%)
T1**	7770	4567	10926	2.392 ^a	72.1
T2**	7917	4490	11181	2.492 ^b	72.0
Probabilidad	0.41	0.51	0.33	0.04	0.93
EEM	117.55	78.57	171.11	0.03	0.49

Diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

**Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 7. Resultados promedio obtenidos, sobre las proporciones de peso del TGI e hígado durante la etapa de desarrollo y finalización.

Órgano (%)	Inicio ¹ Semana 5	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)				Finalización (Semana 9-12 de edad)			
		T1*	T2**	Probabilidad	EEM	T1**	T2**	Probabilidad	EEM
TGI	16.31 ± 1.57	11.16 ^a	9.85 ^b	0.02	0.37	7.26	7.08	0.40	0.14
Proventrículo	0.48 ± 0.03	0.31 ^a	0.27 ^b	0.02	0.01	0.19	0.19	0.62	0.003
Molleja	2.25 ± 0.35	2.25 ^a	1.67 ^b	0.01	0.15	1.58	1.53	0.57	0.05
Hígado	2.51 ± 0.18	2.06	2.01	0.75	0.09	1.48	1.46	0.67	0.02
Intestino delgado	2.30 ± 0.38	6.12	5.42	0.65	0.07	1.04	1.01	0.56	0.03
Intestino grueso	9.72 ± 1.05	1.70	1.75	0.14	0.29	3.65	3.58	0.68	0.11

Diferente literal en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

¹Media ± desviación estándar. *Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal).

**Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 8. Resultados promedio obtenidos, sobre la longitud del TGI durante la etapa de desarrollo y finalización.

Longitud (cm)	Inicio ¹ Semana 5	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)				Finalización (Semana 9-12 de edad)			
		T1*	T2**	Probabilidad	EEM	T1**	T2**	Probabilidad	EEM
TGI	171 ± 10.01	220 ^a	207 ^b	0.007	2.65	268	275	0.31	4.16
Asa duodenal	7 ± 1.68	23 ^a	21 ^b	0.001	0.33	29	29	0.87	1.03
Intestino delgado	126 ± 8.37	152 ^a	142 ^b	0.04	3.70	185	194	0.07	3.08
Intestino grueso	38 ± 4.79	51	53	0.30	1.46	77	75	0.53	1.62

Diferente literal en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

¹Media ± desviación estándar. *Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal).

**Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 9. Resultados promedio obtenidos, sobre la longitud de las vellosidades intestinales durante la etapa de desarrollo y finalización.

Longitud vellosidades intestinales (μm)	Inicio ¹ Semana 5	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)				Finalización (Semana 9-12 de edad)			
		T1*	T2**	Probabilidad	EEM	T1**	T2**	Probabilidad	EEM
Duodeno	3148.28 \pm 339.57	2701.97	2720.05	0.69	32.87	2632.58	2616.64	0.79	44.36
Yeyuno	1423.21 \pm 150.09	1353.16 ^a	1243.47 ^b	<0.0001	17.56	2032.73	2062.61	0.26	18.97
Íleon	1170.84 \pm 94.515	941.32	954.62	0.44	12.24	1176.60	1178.35	0.67	17.95

Diferente literal en el mismo renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

¹Media \pm desviación estándar. *Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal).

**Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 10. Resultados promedio obtenidos, sobre la profundidad de las criptas de Lieberkühn durante la etapa de desarrollo y finalización.

Profundidad criptas (μm)	Inicio ¹ Semana 5	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)				Finalización (Semana 9-12 de edad)			
		T1*	T2**	Probabilidad	EEM	T1**	T2**	Probabilidad	EEM
Duodeno	169.18 \pm 11.22	154.88 ^a	178.55 ^b	<0.0001	2.93	204.05 ^a	243.50 ^b	<0.0001	2.79
Yeyuno	213.73 \pm 24.11	173.57	177.23	0.18	1.92	185.83 ^a	158.29 ^b	<0.0001	2.48
Íleon	173.43 \pm 11.45	166.30	160.48	0.98	1.81	163.91	167.36	0.15	1.73

Diferente literal en el mismo renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

¹Media \pm desviación estándar. *Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal).

**Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 11. Resultados promedio obtenidos, sobre la relación largo de vellosidad/profundidad de la cripta en duodeno, yeyuno e íleon durante la etapa de desarrollo y finalización.

Relación vellosidad/cripta	Inicio ¹ Semana 5	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)		Finalización (Semana 9-12 de edad)	
		T1*	T2**	T1**	T2**
Duodeno	18.60	17.44 ^a	15.23 ^b	12.90 ^a	10.74 ^b
Yeyuno	6.65	7.79	7.01	10.93 ^a	13.03 ^b
Íleon	6.75	5.66	5.95	7.17	7.04

Diferente literal en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05)

*Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal). **Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 12. Resultados promedio obtenidos, en el número de vellosidades presentes en el duodeno, yeyuno e íleon durante la etapa de desarrollo y finalización.

Numero de vellosidades intestinales	Inicio ¹ Semana 5	Desarrollo (Semana 5-8 de edad)				Finalización (Semana 9-12 de edad)			
		T1*	T2**	Probabilidad	EEM	T1**	T2**	Probabilidad	EEM
Duodeno	8.66 ± 1.7	8.96 ± 1.12 ^a	8.16 ± 0.87 ^b	0.002	0.18	8.96 ± 0.88	8.56 ± 0.93	0.22	0.16
Yeyuno	12.16 ± 1.46	11.36 ± 0.99 ^a	9.96 ± 1.24 ^b	<0.0001	0.20	12.53 ± 1.13	12.90 ± 1.49	0.28	0.24
Íleon	12.23 ± 1.63	12.20 ± 1.64 ^a	10.96 ± 1.65 ^b	0.007	0.30	12.80 ± 1.27	12.93 ± 1.61	0.73	0.26

Diferente literal en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05; prueba Z)

EEM= Error estándar de la media

¹Media ± desviación estándar. *Dieta A con una reducción en los niveles de proteína y energía (22% de PC y 2850 Kcal).

**Dieta B con mayor perfil nutricional (27% PC y 2875 Kcal).

Cuadro 13. Resultados promedio de la uniformidad del peso vivo de las aves en las semanas 5, 8 y 12 de edad.

Tratamiento	Coeficiente de variación		
	Semana 5	Semana 8	Semana 12
T1	14.00	10.00	7.75
T2	13.25	11.75	7.70
Probabilidad	0.77	0.45	0.85
EEM	2.94	1.53	0.95

La ausencia de literales en los valores promedio indica que no existe diferencia estadística significativa ($P > 0.05$; t de Student)

EEM= Error estándar de la media

8. FIGURAS.

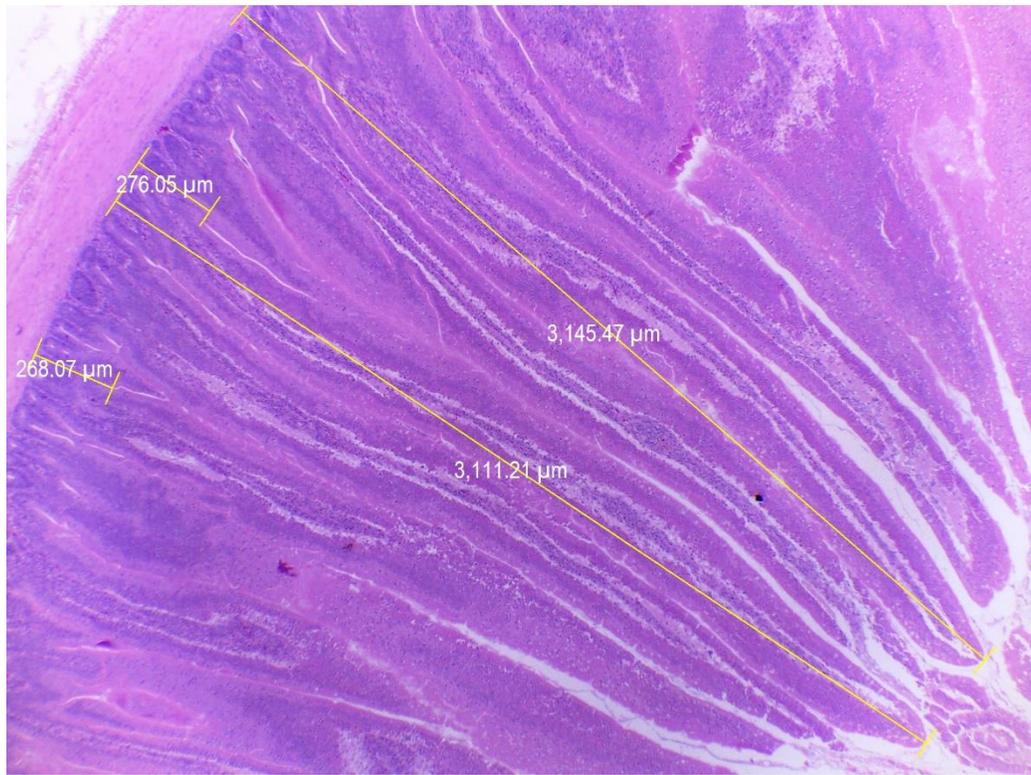


FIGURA 1. Medición de vellosidades y profundidad de la cripta en porción del Duodeno.

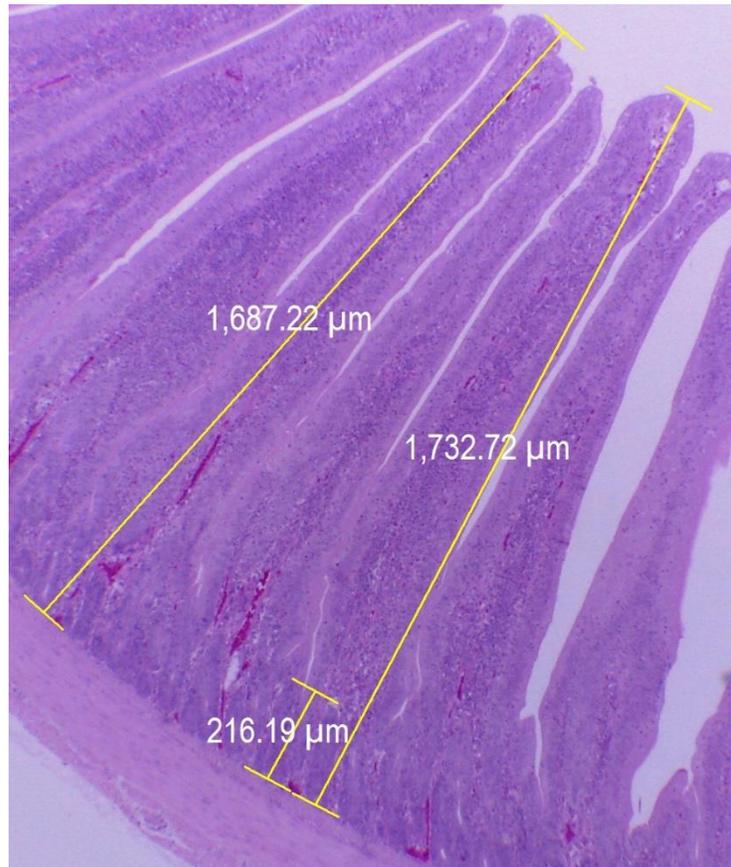


FIGURA 2. Medición de vellosidades y profundidad de la cripta en porción del Yeyuno.

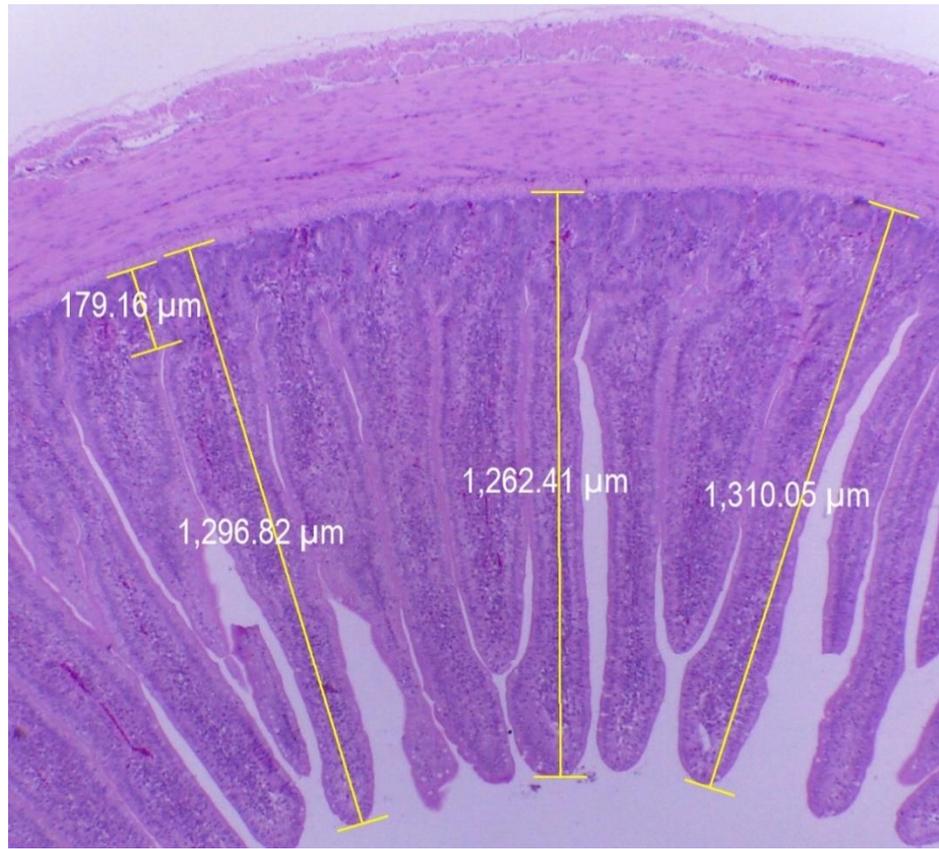


FIGURA 3. Medición de vellosidades y profundidad de la cripta en porción del Íleon.

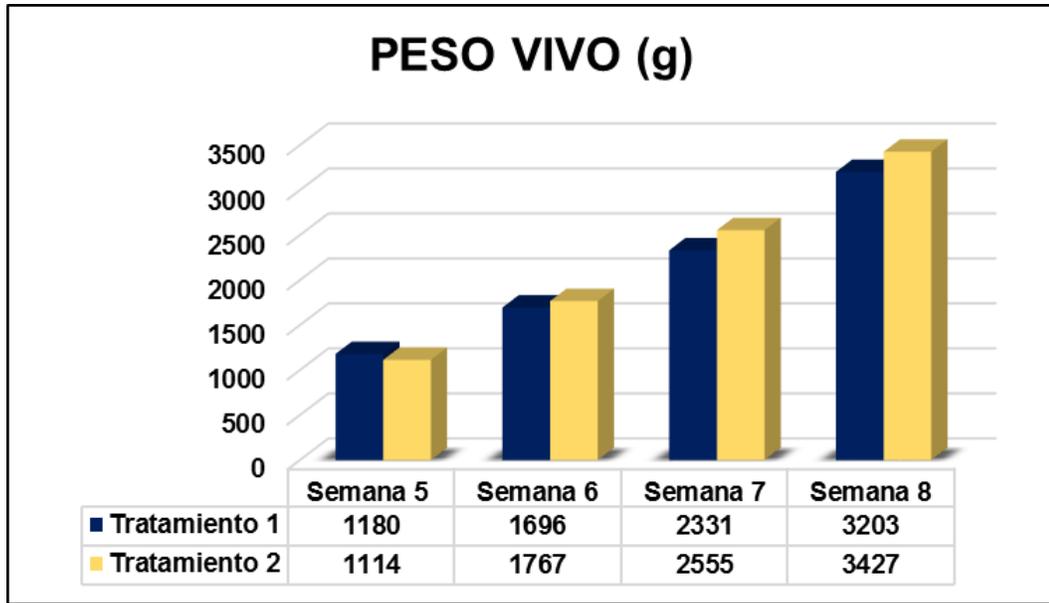


FIGURA 4. Datos de peso vivo promedio de la etapa de desarrollo (semana 5-8 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de diferente perfil nutricional.

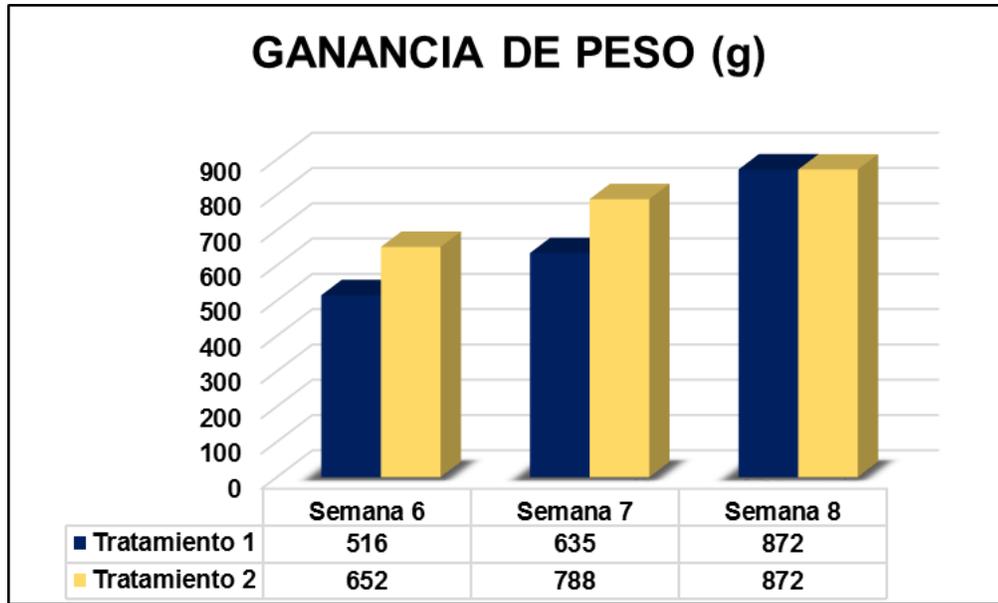


FIGURA 5. Datos de ganancia de peso promedio de la etapa de desarrollo (semana 6-8 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de diferente perfil nutricional.

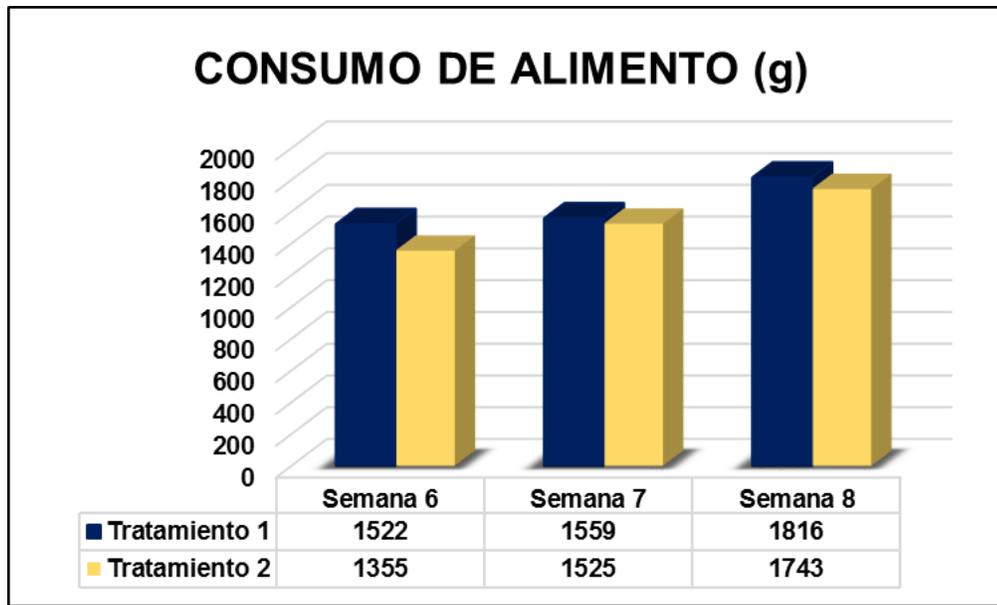


FIGURA 6. Consumo de alimento promedio de la etapa de desarrollo (semana 6-8 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de diferente perfil nutricional.

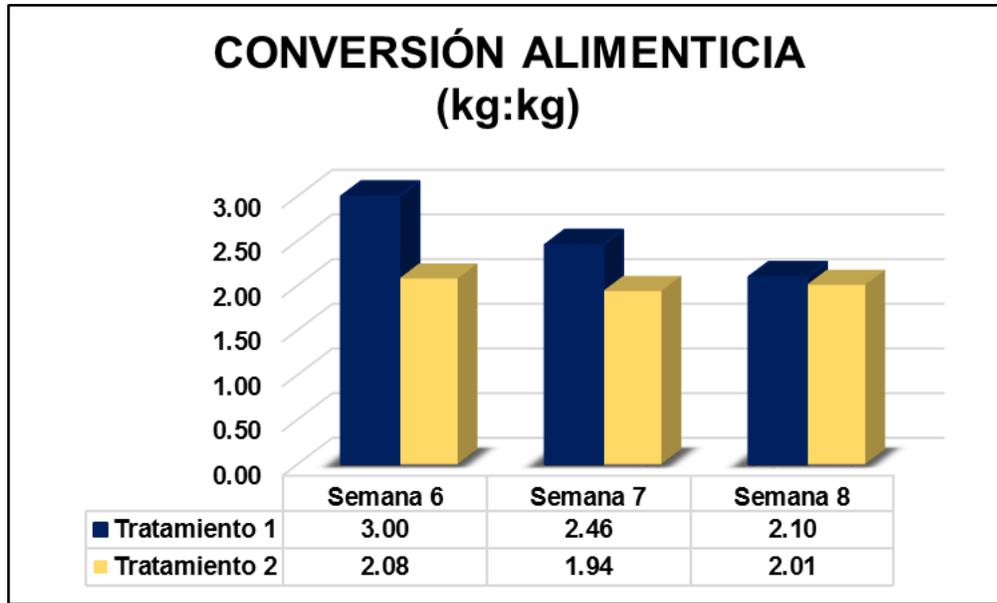


FIGURA 7. Conversión alimenticia promedio de la etapa de desarrollo (semana 6-8 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de diferente perfil nutricional.

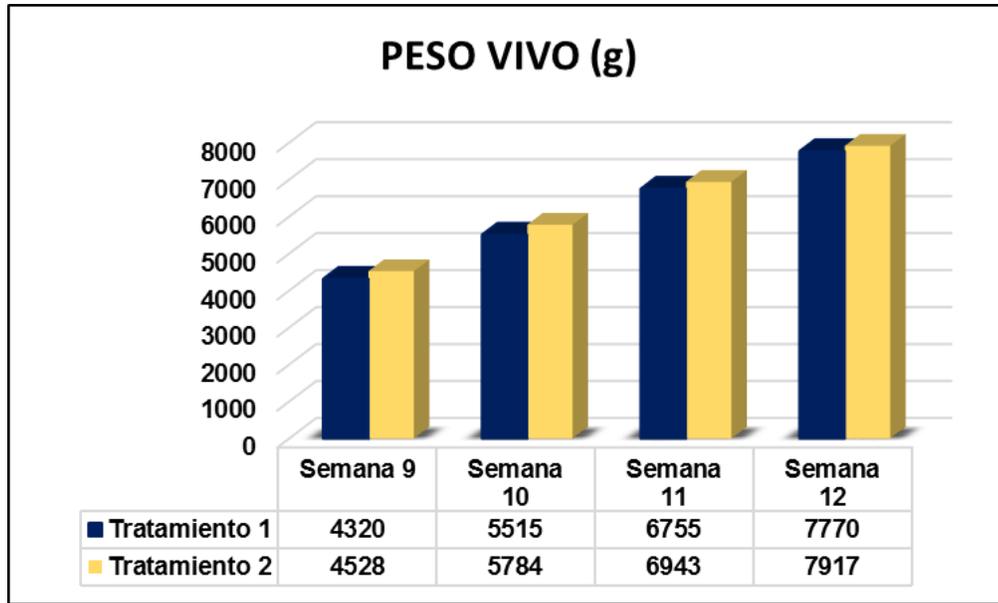


FIGURA 8. Peso vivo promedio de la etapa de finalización (semana 9-12 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de igual perfil nutricional.

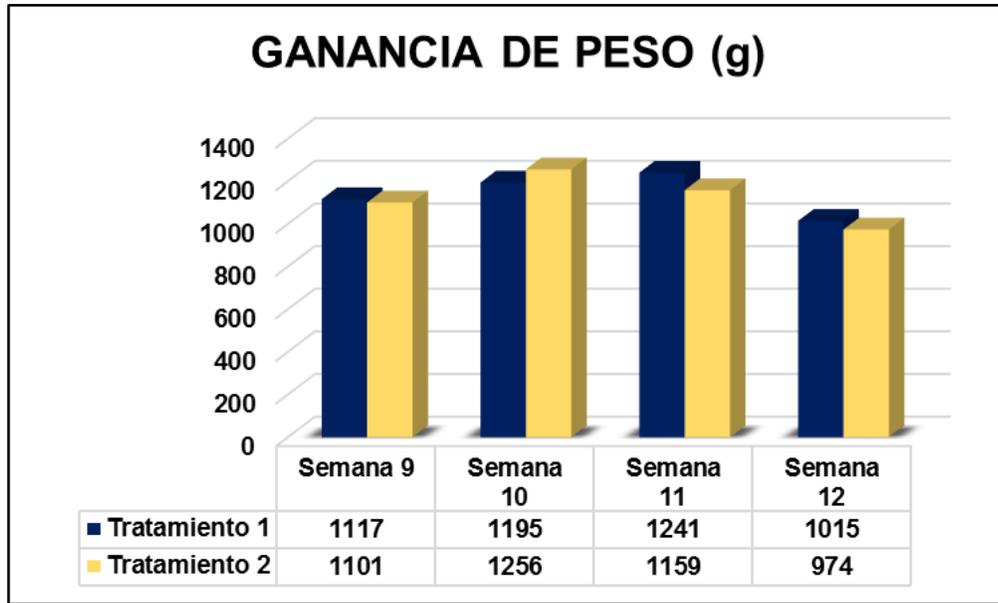


FIGURA 9. Datos de ganancia de peso promedio de la etapa de finalización (semana 9-12 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de igual perfil nutricional.

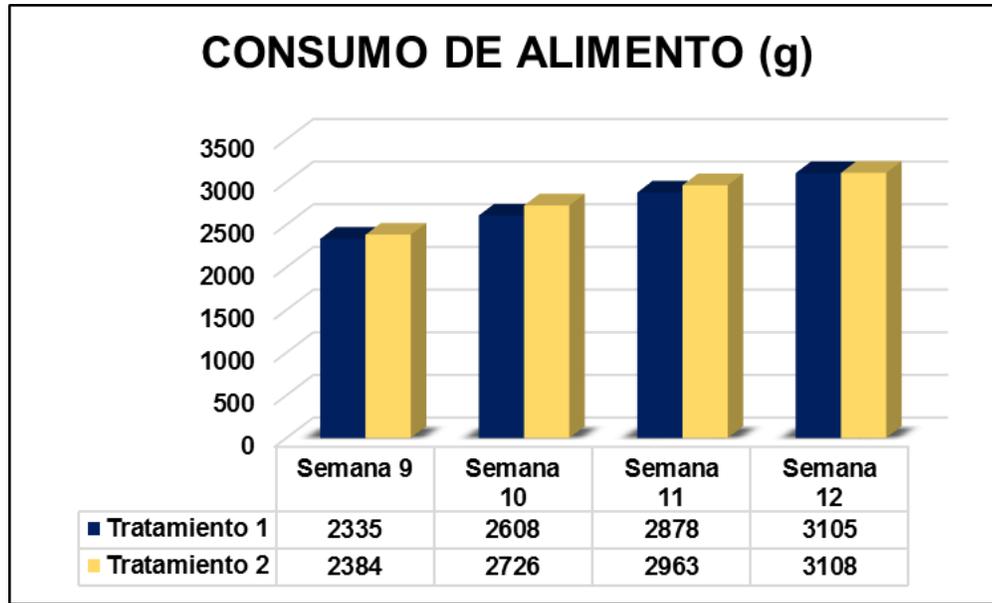


FIGURA 10. Consumo de alimento promedio de la etapa de finalización (semana 9-12 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de igual perfil nutricional.

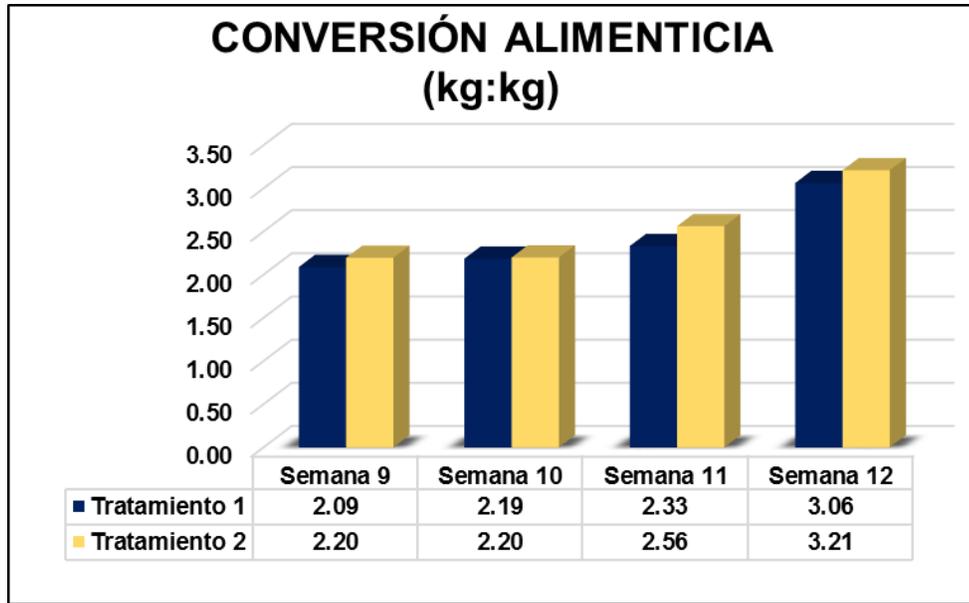


FIGURA 11. Conversión alimenticia promedio de la etapa de finalización (semana 9-12 de edad) en pavos Nicholas 700, alimentados con dietas de igual perfil nutricional.