



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECHNIA

**“MORFOMETRÍA INTESTINAL Y TIEMPO DE TRÁNSITO DEL
ALIMENTO EN UN MODELO DE RESTRICCIÓN DE ALIMENTO EN
POLLO DE ENGORDA”**

TESIS QUE PRESENTA:

JOSÉ ENRIQUE PINTOR VÁZQUEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Asesor

Dr. José Arce Menocal

Co-asesor

M.V.Z Mayra Sujey Ayala López

MORELIA, MICHOACÁN. ENERO DEL 2020.

DEDICATORIA

Hasta el cielo, con todo el orgullo y cariño, a mi tío M.V.Z Fernando Pintor Ramos, que en paz descanse, por haberme inspirado a estudiar esta carrera y ser mi motivo y razón para nunca darme por vencido en las situaciones más difíciles, por todo ese gran cariño, interés y apoyo incondicional que me brindó en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Roberto Gerardo Pintor Ramos y Minerva Vázquez Moreno por el gran esfuerzo que hicieron día a día para permitirme alcanzar este sueño, por su apoyo constante y por nunca dejar de creer en mí.

A mi hermana Minerva Berenice Pintor Vázquez, por ser un ejemplo a seguir desde mi infancia.

A mi tío Gabriel Vázquez Moreno por su cariño, motivación y apoyo incondicional.

A mi novia Briseida Gamiño Cruzaley por su compañerismo, apoyo incondicional y motivarme a seguir adelante.

A mis amigos y compañeros Alejandra Guzmán Ramírez, Braulio Aguilar Blanco y Katia Yocely Tinoco Maciel por sus grandes muestras de cariño y apoyo, por todos esos momentos de felicidad que compartimos juntos.

A mi asesor de tesis Dr. José Arce Menocal por sus enseñanzas como profesor, por confiar en mí para la realización de esta tesis y por inspirarme y motivarme a descubrir mi gusto por la avicultura.

A mi co-asesora M.V.Z Sujey Ayala López y al M.C Luis Garibay Torres por su apoyo, amistad y conocimientos brindados.

A mis sinodales con todo respeto.

El autor de este trabajo José Enrique Pintor Vázquez, nació el día 22 de agosto de 1992 en Morelia Michoacán, México.

ÍNDICE

No.	Pág.
1. Introducción	1
2. Marco teórico	2
2.1 Tiempo de tránsito del alimento	2
2.2 Síndrome de transito rápido (STR)	8
2.3 Morfología Intestinal.....	11
2.4 Restricción de alimento.....	16
2.5 Disbiosis.....	19
2.6 Bienestar animal	21
3. Objetivos.....	25
3.1 Objetivo general	25
3.2 Objetivos específicos	25
4. Material y metodos	26
5. Resultados	30
6. Discusión.....	34
7. Conclusiones.....	37
8. Bibliografía	38
9. Anexos	41

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Pág.
Cuadro 1. Resumen de los efectos reportados de tipo fisiológico, nutricional y metabólico de los antibióticos promotores del crecimiento	6
Cuadro 2. pH y duración media del tiempo de tránsito del alimento en harina a través de los diferentes compartimientos del tracto gastrointestinal del pollo de engorda durante 6 semanas de alimentación <i>ad libitum</i>	6
Cuadro 3. Tratamientos a utilizar (Ross 308)	27
Cuadro 4. Resultados en peso corporal (kg) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	41
Cuadro 5. Resultados en el consumo de alimento (kg) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	41
Cuadro 6. Resultados en la conversión de alimento (kg/kg) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	42
Cuadro 7. Resultados en la mortalidad general (%) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	42
Cuadro 8. Resultados en la mortalidad de Síndrome Ascítico (%) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	43
Cuadro 9. Resultados del porcentaje de uniformidad en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	43
Cuadro 10. Resultados de tiempo de tránsito del alimento en pollos de engorda machos con y sin programa de restricción de alimento.....	44
Cuadro 11. Resultados de mediciones del tracto intestinal en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	45
Cuadro 12. Resultados de vellosidades intestinales en el duodeno en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	46
Cuadro 13. Resultados de vellosidades intestinales en el yeyuno en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.	47
Cuadro 14. Parámetros ambientales registrados dentro de la caseta durante la prueba.	48
Cuadro 15. Parámetros ambientales registrados dentro de la caseta durante la prueba.	49
Cuadro 16. Dieta utilizada en el desarrollo de la prueba.	50
Cuadro 17. Análisis calculado de la dieta.	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

No.	Pág.
Ilustración 1. Características del aparato digestivo (Buche - Colon) y tiempos de pasaje a través de la edad en pollo de engorda mixto	3
Ilustración 2. Tracto gastrointestinal de un ave.	11
Ilustración 3. Pared gastrointestinal.....	12
Ilustración 4. Evolución del peso del sistema digestivo los primeros 10 días de edad.	14
Ilustración 5. Desarrollo de páncreas, hígado e intestino delgado durante los primeros 10 días de edad.....	14
Ilustración 6. Volumen de vellosidades y nº de enterocitos los primeros 10 días de edad.	16

RESUMEN

Se compararon dos programas de alimentación sobre parámetros zootécnicos y evaluaciones digestivas. Se utilizaron 470 pollitos machos de la estirpe Ross 308, manteniéndose hasta los 42 días de edad, distribuidos en 2 tratamientos con 5 réplicas de 47 pollitos cada uno. Los tratamientos consistieron en: un control, con alimentación *ad libitum*; y otro con restricción de alimento (20% menos de cantidad de alimento que el control a partir del día 14 a 42 de edad). Las medias se compararon bajo un análisis de varianza. Para los parámetros digestivos se realizó un factorial 2 tratamientos x 4 edades. El programa de restricción ($p < 0.01$), disminuyó 17.37% el peso corporal, 18.34% el consumo de alimento, 18.8% la mortalidad general y 12.40% la mortalidad registrada por el síndrome ascítico, con relación al tratamiento control al final de la prueba. El programa de restricción de alimento aumentó la longitud intestinal en 4.4%, disminuyó 8.88% el tiempo de tránsito alimenticio y disminuyó la capacidad de área de absorción en duodeno en un 22.9% con relación al tratamiento control. Lo que explica los bajos rendimientos zootécnicos. Se concluye que la restricción de alimento estudiada mostró un deterioro en el tracto gastrointestinal, lo que demuestra una baja capacidad de absorción de nutrientes principalmente en duodeno, lo que explica el bajo porcentaje de uniformidad, el bajo peso corporal y el no tener el beneficio en la conversión de alimento, que se obtiene, cuando se aplica un programa de restricción de alimento moderado.

PALABRAS CLAVE: Pollo de engorda / parámetros zootécnicos / morfología intestinal / restricción de alimento / Ross 308.

ABSTRACT

Two feeding programs on zootechnical parameters and digestive evaluations were compared. There were 470 male chicks of the Ross 308 lineage, kept until 42 days of age, distributed in 2 treatments with 5 replicates of 47 chicks each. The treatments consisted of: one control, with *ad libitum* feeding; and another with feed restriction (20% less feed amount than the control from day 14 to 42 of age). Means were compared under an analysis of variance. For digestive parameters a factorial 2 treatments x 4 ages was performed. The restriction program ($p < 0.01$), decreased 17.37% the body weight, 18.34% the feed consumption, 18.8% the general mortality and 12.40% the mortality registered by the ascitic syndrome, in relation to the control treatment at the end of the test. The feeding restriction program increased intestinal length by 4.4%, decreased feeding transit time by 8.88% and decreased duodenal absorption area capacity by 22.9% in relation to the control treatment. This explains the low zootechnical performance. It is concluded that the feed restriction studied indicated a deterioration in the gastrointestinal tract, which demonstrates a low capacity of absorption of nutrients mainly in the duodenum, which explains the low percentage of uniformity, low body weight and not having the benefit in feed conversion, which is obtained, when a program of moderate feed restriction is applied.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de los pollos de engorda se ha incrementado drásticamente en los últimos 30 años, principalmente debido al progreso genético (Sahraei, 2012), es por ello que las nuevas líneas de pollo de engorda, son más eficientes y por ende más exigentes, por lo que ha sido fundamental recurrir a la innovación de programas de mejoramiento de instalaciones, condiciones de sanidad, de bienestar animal y sobre todo de alimentación, la cual representa entre el 60 y 70% de los costos de producción. Dichos factores han determinado incrementos muy marcados sobre la eficiencia productiva, especialmente en ganancia diaria de peso, índice de mortalidad y conversión alimenticia (Paguay, *et al.*, 2016). Desafortunadamente la tasa de crecimiento está acompañada por un aumento en la deposición de grasa corporal, una alta mortalidad y una alta incidencia de enfermedades metabólicas y trastornos esqueléticos, los cuales se observan con mayor frecuencia en pollos de engorda que consumen alimento a voluntad. Es por ello que en México a principios de 1980 comenzaron a desarrollarse los primeros programas de restricción alimenticia en pollos de engorda, mostrando los beneficios sobre la reducción de la mortalidad y conversión alimenticia, así como la desventaja sobre la baja ganancia de peso (López, *et al.*, 2005). En la actualidad, la implementación de estos programas alimenticios ha logrado incrementar el número de aves sanas al final del ciclo productivo y reducir los costos de alimentación significativamente.

Las aves sometidas a dichos programas de restricción alimenticia tienden a sufrir diversas alteraciones morfométricas en el tracto gastrointestinal, tales como: adaptación del peso relativo de los órganos gastrointestinales, con un aumento del tamaño y capacidad de almacenamiento de alimento, como es el caso de la molleja y el buche; disminución del proventrículo y páncreas, aumento del intestino delgado y reducción del rendimiento de la pechuga en la canal; así como cambios en la morfología de los enterocitos, e incluso en la expresión de transportadores de nutrientes en la superficie de estos, modificación en las actividades enzimáticas principalmente aquellas que actúan sobre proteínas y un aumento del tránsito gastrointestinal, aunado al incremento de consumo de agua

(López, *et al.*, 2011). Es por ello que, resulta ser de gran importancia realizar investigaciones que permitan clarificar cómo un modelo de restricción de alimento modifica el tiempo de tránsito intestinal del alimento, así como los cambios que ocurren en la morfología intestinal y parámetros productivos en pollo de engorda.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tiempo de tránsito del alimento

El tiempo de tránsito del alimento a lo largo de las diferentes estructuras que componen el sistema gastrointestinal en pollo de engorda es influenciado por una gran cantidad de factores como: edad, temperatura ambiental, disfunción de movimientos antiperistálticos realizados por la molleja, así como la frecuencia y amplitud de las contracciones musculares localizadas a lo largo del sistema digestivo, composición de la dieta (principalmente perfil de ácidos grasos, proteínas, H₂O), pH, tamaño de partícula del alimento, presión osmótica, consistencia del alimento, ración alimenticia, calidad y cantidad de fibra, temperatura corporal, daño al epitelio intestinal causado por agentes infecciosos y/o tóxicos, implementación de antibióticos promotores del crecimiento, morfología intestinal, restricción y realimentación. Gran cantidad de estos factores están estrechamente relacionados, por lo que la acción de alguno de ellos puede favorecer la presencia de otro (s), de tal manera que cualquier alteración de los mismos podría reflejarse positiva o negativamente en los parámetros productivos de la parvada.

Factores no infecciosos:

La longitud intestinal y el tiempo de tránsito a través de los diferentes compartimentos del sistema digestivo varían de acuerdo a la edad de las aves.

Días	centímetros	Horas
1	52.3	1.17
7	101.7	2.40
14	126.5	2.48
21	163.3	3.30
28	180.9	4.14
35	187.6	4.30
42	193.2	4.26
50	222.0	5.00

Inseto: Gráfico de la velocidad de crecimiento (cm/min) en función de las semanas (semanas). La velocidad de crecimiento aumenta rápidamente en las primeras semanas, alcanzando un pico de aproximadamente 0.85 cm/min en la semana 2, y luego disminuye, estabilizándose alrededor de 0.75 cm/min a partir de la semana 4.

Algunos informes estiman que la tasa de pasaje en aves adultas es en promedio de 3 horas y 45 minutos; sin embargo, puede variar por los factores ya mencionados, siendo de 1 hora menos en las aves jóvenes. Contrario a lo que se pensaba, no se ha encontrado una correlación entre el tiempo de pasaje y la eficiencia del proceso de digestibilidad (López, *et al.*, 2011).

Uno de los factores más importantes está influenciado por la fuerza motora de los movimientos peristálticos producidos por la molleja, siendo el marcapasos para todo el tracto digestivo, los cuales son realizados a través de una red neural única, que sirve para coordinar el movimiento del quimo en el intestino y optimizar la

digestión y absorción de nutrientes. A diferencia de los mamíferos, el tracto gastrointestinal en las aves ejecuta tres movimientos peristálticos inversos (reflujos) distintos. El primero es realizado de la molleja hacia el proventrículo y al buche; el segundo es realizado desde yeyuno hacia la molleja; el tercero es realizado desde el colon y recto hacia los sacos ciegos, resultando ser fundamentales para una adecuada digestión (López, *et al.*, 2011). Así mismo, las contracciones de la molleja, generan un efecto positivo al reducir el potencial de proliferación de microorganismos nocivos como el *Clostridium perfringens* e incrementa la digestión de los nutrientes (López, *et al.*, 2015).

En una molleja normal se realizan de 2 a 5 contracciones por minuto con una gran amplitud sobre todo si en ella existe gravilla o alimento con partículas grandes, sin embargo en ausencia de una molleja bien desarrollada, actúa más bien como un órgano de paso que como un órgano para triturar o moler y se corre el riesgo de que se incremente la velocidad de tránsito del bolo alimenticio y una mayor susceptibilidad para que se desarrollen problemas entero-patógenos.

El tracto gastrointestinal de las aves se caracteriza por tener una baja proporción de ondas peristálticas estimuladas por las fibras musculares longitudinales en donde varias hormonas están involucradas como la gastrina y algunas peptídicas (vasopresina, insulina, glucagón), que ejercen su efecto desde el esófago hasta el recto, sin embargo, el neurotransmisor 5-hidroxitriptamina (serotonina), en particular está implicado de manera importante en la estimulación del peristaltismo intestinal (López, *et al.*, 2011).

Así mismo, la frecuencia y la amplitud de las contracciones depende en cierta medida de factores como: composición del bolo alimenticio, así tenemos que el ritmo de las contracciones es más lento en un pH ácido, también cuando la granulometría de la dieta es alta, si la presión osmótica es elevada, o ante cantidades importantes de lípidos. Sin olvidar que existen otros factores como infecciosos, tóxicos o físicos, que modifican el pasaje intestinal y que normalmente se traducen en tránsito rápido, lo cual llega también a ocurrir como un mecanismo de defensa para eliminar factores no deseados.

El factor alimenticio sobre el tiempo de tránsito intestinal tiende a ser el más complejo, ya que este a su vez, puede contener cualitativa o cuantitativamente diferentes carbohidratos, proteínas y grasas que pueden alterar el tiempo de tránsito y por lo tanto influir en la eficiencia de la digestión y absorción de nutrientes (Dai Prá, *et al.*, 2014).

Las fuentes concentradas de energía como los aceites y grasas aumentan el tiempo y la fibra lo disminuye; todas las raciones para pollos contienen alta cantidad de aceite y baja cantidad de fibra, siendo de 2-3% lo recomendado (Paulino, 2017), mientras que el exceso de sodio en la dieta ocasiona un aumento en el consumo de agua, y la presencia de heces con mayor humedad (diuresis) (López, *et al.*, 2015).

Es por ello que incluir fibra de calidad y en cantidades adecuadas en la dieta resulta ser de gran importancia ya que al igual que otros ingredientes que promuevan una alta viscosidad (trigo, concentrado), así como el desequilibrio de iones de cloro, sodio y potasio afectan la velocidad de tránsito del bolo alimenticio y ejercen una acción directa sobre el proceso de la digestión, proliferación de microorganismos, fermentación del sustrato alimenticio y la calidad de las deyecciones en pollos de engorda (López, *et al.*, 2013).

Es bien sabido que los factores que afectan a la motilidad reducen el tránsito gastrointestinal y se encontró que el daño al epitelio intestinal aumenta la velocidad de paso de los alimentos en el tracto digestivo. Por otro lado, algunos otros factores como la adición de los lípidos en la dieta reducen la velocidad de tránsito y puede aumentar la digestibilidad de los nutrientes. Así mismo, las enfermedades que suprimen las funciones digestivas y la adición de antibióticos en la ración reducen la velocidad de paso del alimento (Dai Prá, *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Resumen de los efectos reportados de tipo fisiológico, nutricional y metabólico de los antibióticos promotores del crecimiento.*

Fisiológicos	Nutricionales	Metabólicos
<u>Incremento de:</u> -Absorción de nutrimentos -Consumo de alimento	<u>Incremento de:</u> Retención de energía, nitrógeno, vitaminas. Absorción de ácidos orgánicos, glucosa, calcio.	<u>Incremento de:</u> -Síntesis de proteína hepática, fosfatasa alcalina en intestino.
<u>Disminución de:</u> -Tiempo de tránsito del alimento -Diámetro de la pared intestinal -Longitud de la pared intestinal -Humedad intestinal	<u>Disminución de:</u> -Pérdida de energía en intestino -Síntesis de vitaminas	<u>Disminución de:</u> -Producción de amoníaco, aminas tóxicas, fenoles aromáticos, productos de degradación biliar, oxidación de ácidos grasos, excreción de grasa en heces.

*Gauthier, 2005

Cuadro 2. pH y duración media del tiempo de tránsito del alimento en harina a través de los diferentes compartimientos del tracto gastrointestinal del pollo de engorda durante 6 semanas de alimentación ad libitum.*

Compartimiento del tracto gastrointestinal	Tiempo de tránsito (minutos)	pH
Buche	50	5.5
Proventrículo y molleja	90	2.5-3.5
Duodeno	5-8	5-6
Yeyuno	20-30	6.5-7
Íleon	50-70	7-7.5
Recto	25	8
TOTAL	240-273	

*Gauthier, 2005

El pH varía a lo largo de las diferentes estructuras que componen tracto digestivo, el cual lo hace un factor importante a considerar en el tiempo de tránsito intestinal. Como se puede observar en el cuadro 2, los tiempos de tránsito en el intestino delgado, donde ocurre la absorción de nutrientes es bastante corto, particularmente a nivel del intestino medio (yeyuno) donde ocurre el mayor porcentaje de absorción de nutrientes (Alfaro y Briceño, 2013).

Como se mencionó, el alimento debe ser transportado en repetidas ocasiones por diferentes compartimentos del TGI, normalmente la ingesta no pasa hacia el resto del tubo digestivo hasta que es reducida a una sustancia cremosa y se alcanza el pH adecuado. Las alteraciones en el pH o una reducción en la absorción neta del agua, son factores que ocasionan un rápido pasaje de la ingesta que, como consecuencia, afectará la posterior digestión y absorción de nutrientes (Rebollar, 2002).

El pH de la molleja va de 2 a 3.5, siendo este el óptimo para realizar una adecuada digestión peptídica y posteriormente ser el intestino delgado el encargado de recibir el contenido gástrico proveniente de la molleja con un pH de 3.5 a 4.5, el cual debe ajustarse a un pH de 6 a 7 para que las enzimas actúen eficientemente; así mismo, la absorción de aminoácidos es muy sensible a cambios en el pH. Este cambio en el pH se debe a la acción de los bicarbonatos provenientes del páncreas, a las sales biliares y a la capacidad inherente de amortiguación en el intestino. Cuando el material está pobremente digerido se produce un estímulo en el yeyuno que promueve el reflujo hacia la molleja y retrasa el vaciado del jugo gástrico de la molleja (Rebollar, 2002), dicho reflujo aumenta después de un prolongado ayuno, se ha sugerido que este mecanismo es un proceso compensatorio para aumentar la digestión de nutrientes ante la escasez del alimento (López, *et al.*, 2015).

El pH a su vez, mantiene una estrecha relación entre el tamaño de la partícula de alimento que es ofrecido a los pollos de engorda, como señala Nir *et al.*, (1994), que los pollos jóvenes presentan un mejor rendimiento al consumir el grano molido a 0.769 mm de diámetro geométrico medio (DGM), reportando un menor peso de la molleja con los granos finamente molidos y mayor pH en este órgano cuando los pollos consumieron alimentos con partículas más grandes, lo que

indican que la respuesta de los parámetros productivos evaluados se debieron a cambios fisiológicos generados por el diámetro geométrico medio (DGM) (López, *et al.*, 2015).

Zanotto y Bellaver (1996) observaron que el tiempo de tránsito de las partículas más grandes (1.196 mm) a través de la molleja es mayor que las pequeñas (0.716 mm), y que los pollos de engorda de 21 días de edad alimentados con dietas con un diámetro geométrico medio (DGM) de 1.196 mm, presentaron un mejor rendimiento en comparación con las de 0.716 mm (López, *et al.*, 2015).

2.2 Síndrome de transito rápido (STR)

Este síndrome se ha presentado de manera recurrente principalmente en pollos de engorda caracterizado por la presencia de alimento parcialmente sin digerir en las excretas con lesiones en los segmentos del sistema digestivo.

Se evidencia un proceso de digestión inadecuado y posiblemente de absorción, ocasionando pérdida de la productividad, el cual erróneamente se le ha denominado como “Síndrome de tránsito rápido” (STR), que repercute severamente en un incremento de la conversión alimenticia, reducción en el peso promedio de la parvada, inadecuada pigmentación de la piel, pero con un aumento en el consumo de alimento; esto último lo diferencia de la mayoría de los cuadros clínicos presentes en la avicultura.

Una conducta de aves enfermas es la disminución del consumo de alimento, situación que no ocurre en el STR; por ello es importante diferenciar los conceptos de digestión y absorción; no hay duda que existe un serio problema de digestión, sin haberse podido establecer el grado de afectación sobre la absorción o alteración en la secreción de las enzimas y jugos digestivos, así como los cambios en la microbiota intestinal (López, *et al.*, 2015).

Difícilmente se puede encontrar en la avicultura un cuadro clínico con tanta variación en el criterio para definirlo, esto conlleva a la emisión de diagnósticos que posiblemente no concuerden con la realidad.

La presencia de heces acuosas con alimento parcialmente sin digerir, aunado a un mayor contenido de moco es un signo no una enfermedad *per se*; se presenta en el curso de numerosas enfermedades cuando el sistema digestivo o sus glándulas anexas no puede realizar los procesos de digestión y absorción adecuadamente; pero al integrar las lesiones presentes en proventrículo, intestino, páncreas y calidad de la bilis cambia la situación.

La integración de estos conceptos hace una diferencia que en conjunto con el aumento en el consumo de alimento, conversión alimenticia, desuniformidad en el peso corporal y en la menor pigmentación, permitirían tener con mayor claridad la definición del STR (López, *et al.*, 2015).

No ha sido posible correlacionar la incidencia de este problema de acuerdo al grado de tecnificación, se presenta en instalaciones con ambiente controlado o en galpones de ambiente natural sumamente sencillos, independientemente de las medidas de bioseguridad adoptadas o sistemas de producción, origen y calidad de los ingredientes ya que se ha reportado en operaciones integradas que cuentan con progenitoras, planta de alimentos, mataderos etc., hasta pequeños avicultores independientes que se abastecen del pollito y alimento de proveedores externos.

Curiosamente aparentemente el STR no se encuentra en las aves de traspatio. La errática distribución en una misma zona geográfica complica la interpretación de la historia clínica. A pesar de esta situación da la impresión que existe un patrón de difusión, el cual no concuerda con un proceso infeccioso.

En términos generales, el STR ha sido observado en pollos de engorda, en mucho menor grado en reproductoras pesadas solamente durante la fase de crianza, y como tal no se ha reportado en las gallinas de postura (López, *et al.*, 2015).

El inadecuado abuso de los signos clínicos para integrar el diagnóstico es un error común, ya que solamente con la signología no es posible determinar la patogénia de la alteración y mucho menos la etiología. Cualquier modificación de origen físico, químico, biológico o neuronal puede manifestarse como un cambio en el

sistema digestivo que se manifiestan como diarrea, en ocasiones los cambios representan mecanismos de defensa como sería el caso de una diarrea.

En general el estado físico de las aves es adecuado, pueden presentar o no diuresis, el plumaje está manchado sobre todo en la zona pectoral, y hay residuos de excremento en las plumas localizadas en la parte inferior de la cloaca. El amarillamiento de la piel disminuye y es desuniforme; no hay una recuperación de la pigmentación al aumentar el pigmento en cantidades tan elevadas como 100 ppm (López, *et al.*, 2015).

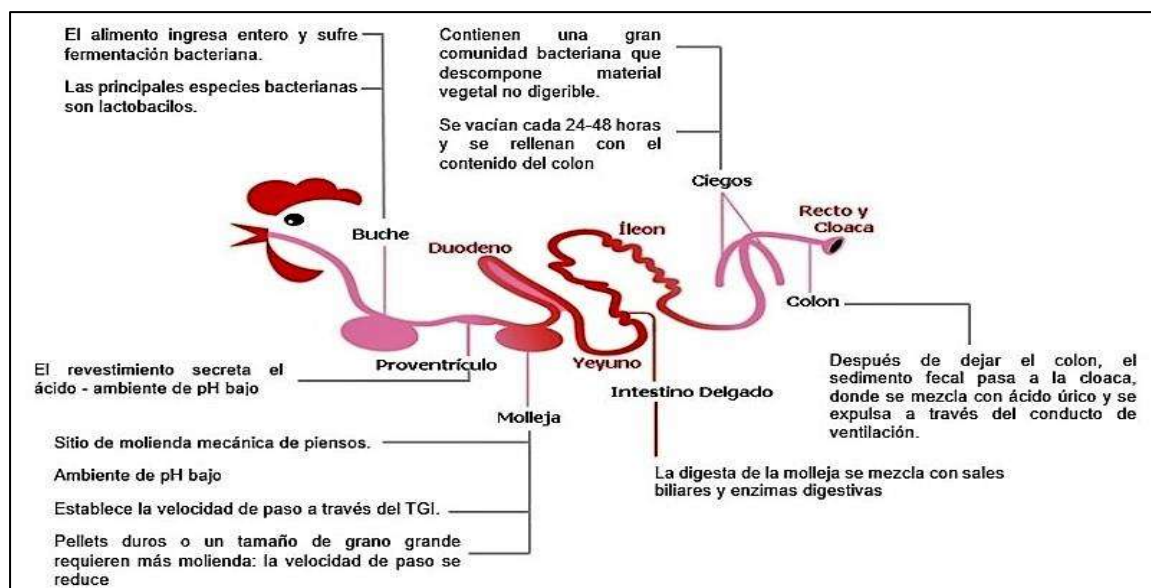
No se ha reportado un incremento de problemas locomotores, debilidad, incoordinación u otra manifestación que sugiera una deficiencia nutricional; lo cual sugiere que la absorción de los nutrientes posiblemente está afectada en menor grado que la digestión. Los signos son poco específicos y difícil de diferenciar, ya que el ave responde en general de una manera similar, debido a que se activan los mismos patrones fisiopatológicos; siendo necesario describirlos con mayor precisión.

En general los hallazgos a la necropsia son consistentes y corresponden a proventriculitis (20%), inflamación y congestión de las glándulas secretoras de la molleja (20%), congestión y flacidez de la molleja (20%), engrosamiento y congestión de la pared intestinal (30%) o en otros casos el intestino puede estar adelgazado (30%), retracción del duodeno ocasionado por una atrofia pancreática (30%), vesícula biliar plétórica existiendo una amplia gama de tonalidades anormales (45%) incluyendo el amarillo pajizo atribuido a los pigmentos adicionados en la dieta, en pocas ocasiones se observa el característico color “verde bilis”. También se puede encontrar una ligera nefrosis (20%). En otros casos no existen lesiones macroscópicas aparentes.

Las observaciones de campo indican una morbilidad entre 10 al 60%, en casos severos puede ser cercana al 80%. En general no se aprecia un aumento de mortalidad atribuible a este problema (López, *et al.*, 2015).

2.3 Morfología Intestinal

Ilustración 2. Tracto gastrointestinal de un ave.*



*Bailey, 2015

La anatomía y la fisiología del tracto gastrointestinal son tan distintas entre las aves y los mamíferos monogástricos, que es necesario estudiarlas a fondo para diseñar programas apropiados de nutrición y alimentación, así como las estrategias basadas en aditivos alimenticios. Este proceso digestivo es complejo e implica la secreción de enzimas, la fisiología, la bioquímica, la anatomía, la microbiología, la inmunología, por mencionar algunas (Gauthier, 2005).

Realizar una diferenciación entre duodeno, yeyuno e íleon puede ser complicada, dado el gran parecido a nivel histológico que tienen, por eso las diferentes porciones se dividen dependiendo de su posición anatómica (Gutiérrez, 2014). La región más craneal del intestino, es decir la que está a continuación de la molleja, es el asa duodenal que queda unida por el páncreas. A continuación se encuentra yeyuno e íleon que quedan separados anatómicamente por el divertículo de Meckel, punto de reabsorción del saco vitelino durante los primeros días de vida del pollito (Majó y Dolz, 2010).

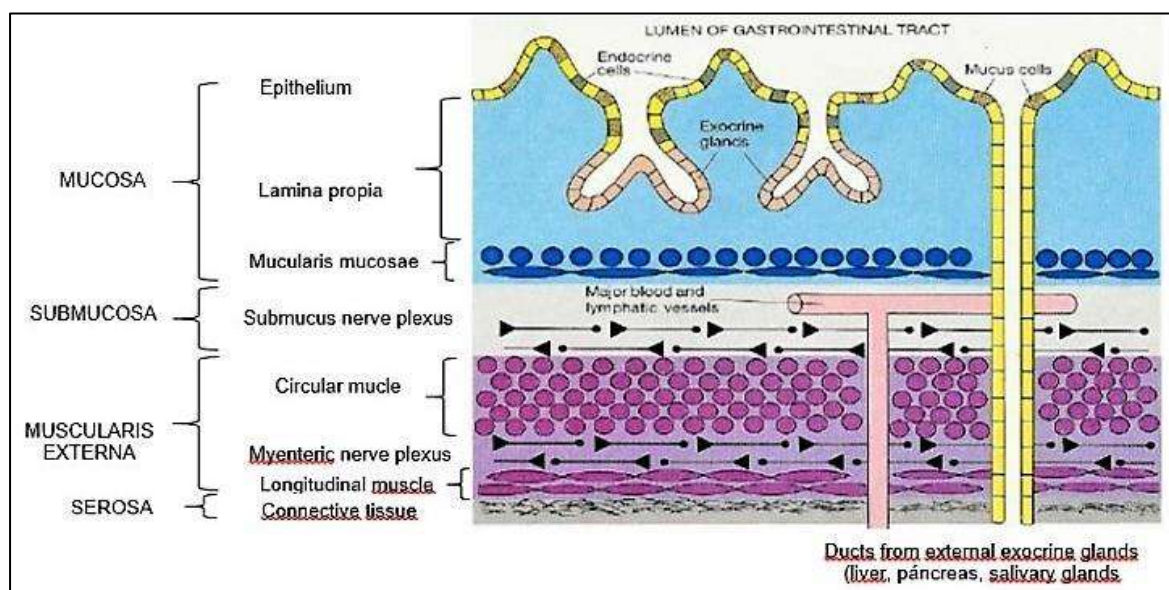
Continuando con el recorrido de la ingesta se encuentra la unión ileocecal. Los sacos ciegos son los encargados principalmente de la absorción de agua y la digestión microbiana de celulosa, por este motivo su tamaño es influenciado por la dieta (es mayor en dietas altas en fibra). Por último, el intestino grueso es corto y

simple en aves de corral. Tiene como función la absorción de agua y las sales del producto de la digestión. Este a su vez se divide en colon y recto que contiene cortas vellosidades y un mayor número de células caliciformes, se podría decir que son las únicas diferencias sustanciales con la composición del intestino delgado. El recorrido de la ingesta termina en la cloaca, el sitio que es común a los sistemas digestivos, urinarios y reproductivos y se encuentra revestida por epitelio cilíndrico simple, teniendo como función la expulsión de desechos del organismo (Gutiérrez, 2014).

El intestino cuenta con un gran número de linfocitos T y B que se pueden encontrar en su mayoría en el divertículo de Meckel, y dispersos en el epitelio de revestimiento de la luz intestinal por lo que adquiere no solo importancia a nivel digestivo, sino que cumple una labor importante en la inmunidad de las aves.

La pared intestinal puede contener pliegues o vellosidades dependiendo de la especie; las especies *Gallus* tienen vellosidades intestinales, proyecciones digitiformes de la mucosa, cuya longitud varía con la actividad fisiológica del mismo, que tienen como función la secreción de enzimas y la absorción de nutrientes. Su estructura está dada por invaginaciones de la lámina propia y se recubre por epitelio cilíndrico, y su núcleo está formado por la lámina propia que contiene un plexo capilar y un vaso linfático central originado en el fondo del saco.

Ilustración 3. Pared gastrointestinal.*



*Rutz, 2014

En su epitelio se encuentran un grupo de células que ayudan a cumplir las diferentes funciones como digestión y absorción de nutrientes además de ser las posibles puertas de entrada de patógenos como virus, bacterias, toxinas, lectinas (enterocitos), secreción de moco (células caliciformes) o regulación de la actividad hormonal (células enteroendocrinas). Los enterocitos son las células principales del intestino delgado y presentan forma cilíndrica. Su organización a nivel de la membrana citoplasmática e intracelular está destinada a facilitar el paso de sustancias desde la luz intestinal a los capilares sanguíneos y linfáticos. La mayor parte de la división de enterocitos se produce en las criptas, de donde migran hacia la parte superior de las vellosidades (Gutiérrez, 2014).

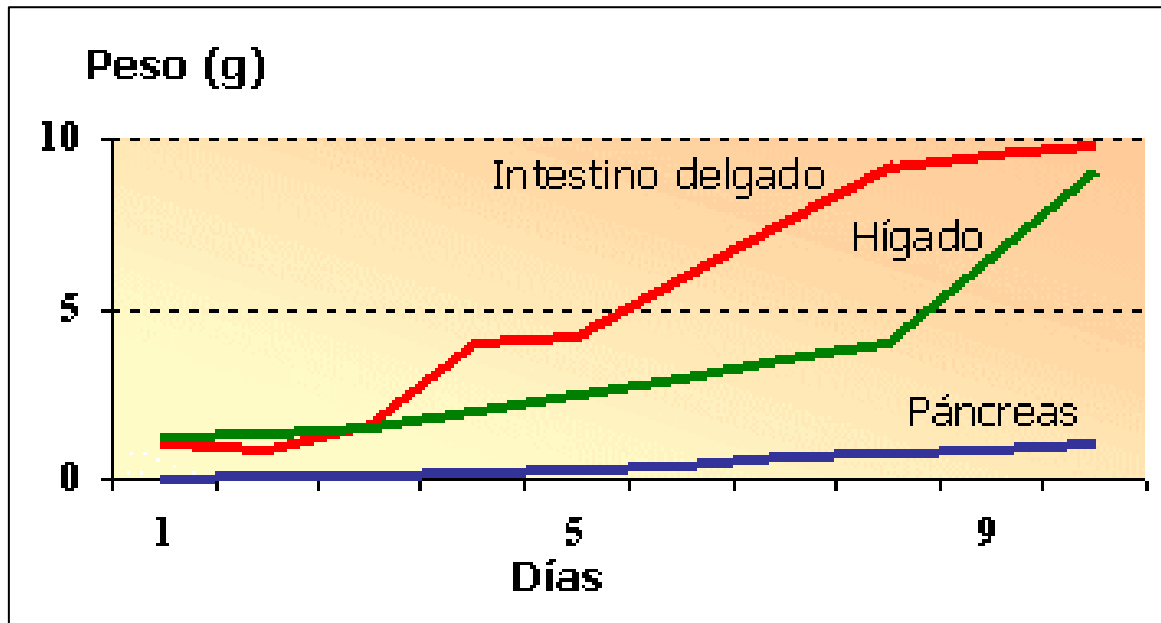
Por otro lado, las células caliciformes se localizan tanto en el epitelio de las vellosidades como de las criptas, encontrándose en mayor cantidad en la porción caudal del intestino, aportando mucus por exocitosis, es decir, dirigiendo el contenido de vesículas secretoras de la membrana celular hacia el espacio extracelular, lubricando y protegiendo la mucosa intestinal. Las células enteroendocrinas, secretan hormonas y péptidos reguladores los cuales influyen factores como la contracción de la vesícula biliar, secreción gástrica y pancreática y la motilidad intestinal (Gutiérrez, 2014).

Entre las vellosidades se observan unas estructuras denominadas criptas de Lieberkühn, donde se encuentran a su vez células de Paneth, caracterizadas por su forma piramidal y que tienen como función síntesis proteica. Las células blásticas pluripotenciales ocupan el tercio inferior de la cripta, se encuentra en división permanente y es el origen de los demás tipos celulares, las cuales se van diferenciando a medida que abandonan la cripta y ascienden hacia la punta de la vellosidad (Gutiérrez, 2014).

Las especies aviares seleccionadas bajo un criterio de crecimiento rápido tienen un desarrollo precoz del sistema digestivo, llegando a un fenómeno prioritario durante los primeros diez días. La digestión y la absorción son poco eficaces en el pollito recién eclosionado, desarrollándose rápidamente a medida que comienza su alimentación sólida exógena, produciéndose cambios en la morfología del tubo digestivo (longitud y peso del intestino delgado, crecimiento de enterocitos,

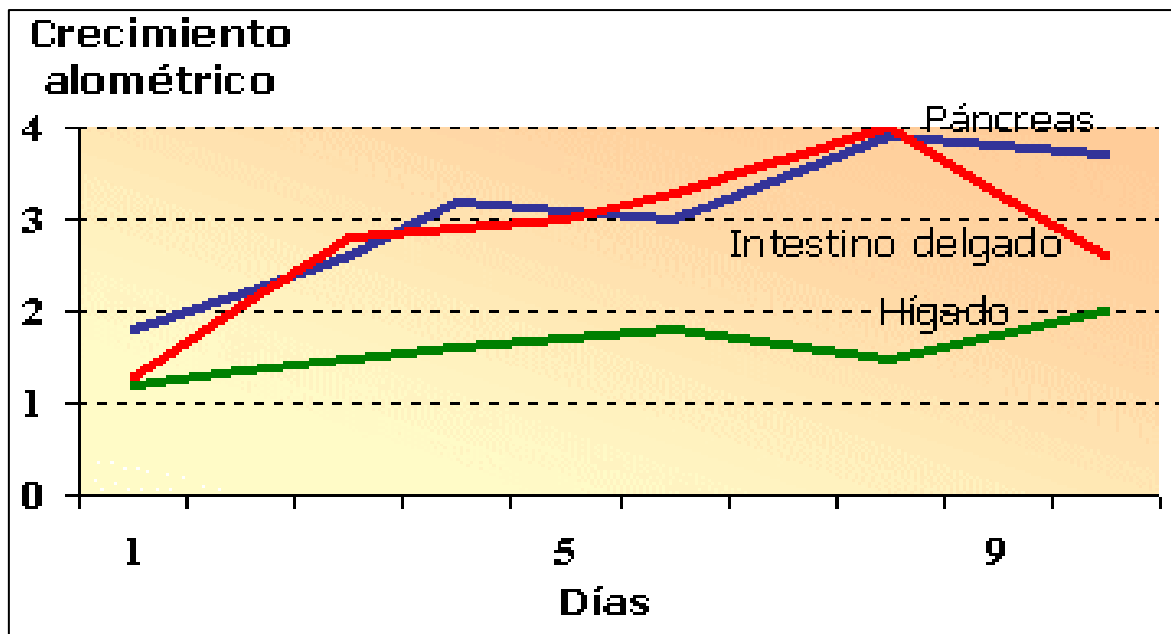
vellosidades y criptas), así como en las secreciones enzimáticas intestinales y pancreáticas (Ortiz, 2006).

Ilustración 4. Evolución del peso del sistema digestivo los primeros 10 días de edad.*



*Ortiz, 2006

Ilustración 5. Desarrollo de páncreas, hígado e intestino delgado durante los primeros 10 días de edad.*



*Ortiz, 2006

La longitud y el peso del intestino (duodeno, yeyuno, ileón), hígado, páncreas, molleja y proventrículo aumentan significativamente la primera semana de vida, teniendo cada órgano un modelo de crecimiento propio (Ilustración 3 y 4). Páncreas, duodeno y yeyuno se desarrollan, en proporción, más rápidamente que el hígado y el ileón. De manera general, el desarrollo del aparato digestivo es mucho más rápido que el del resto del organismo.

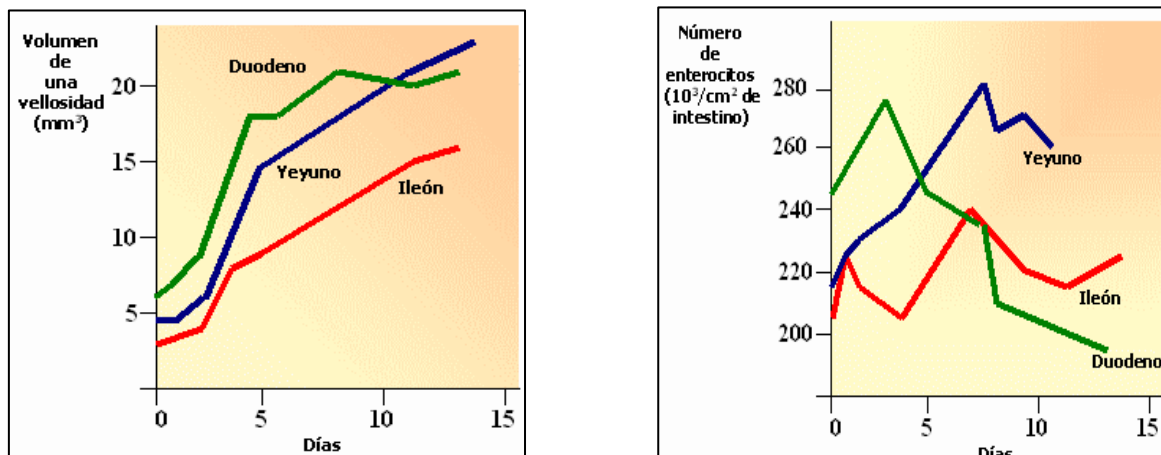
En cuanto a la longitud y el peso del intestino delgado, se observa un incremento de 3,9 a 5,3 g y de 13,4 a 16,8 cm (expresado por 100 g de peso corporal) al dar dietas poco digestibles. Exactamente lo mismo que ocurre con dietas enzimáticamente pobres y altamente fermentables, lo que está fuertemente correlacionado con la viscosidad del quilo (líquido blanquecino originado en el duodeno por acción de la bilis y jugo pancreático) (Ortiz, 2006).

Las aves tienen altos números de vellosidades intestinales y tasa de recambio epitelial (48 a 96 h). La respuesta inflamatoria es rápida (menos de 12 horas, comparado con a 3-4 días en mamíferos), lo cual las hace más susceptibles a los problemas en capacidad de absorción comparado con los mamíferos (Alfaro y Briceño, 2013).

En pollos de engorda, la altura de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas se incrementan rápidamente tras la eclosión, alcanzando un máximo a los cuatro – seis días en duodeno y a los diez días en yeyuno e ileón, aumentando así la capacidad de absorción de nutrientes (Ortiz, 2006).

El conteo de vellosidades es vital para seguir el desarrollo de la mucosa intestinal y evaluar la función intestinal del ave (Gutiérrez, 2014).

Ilustración 6. Volumen de vellosidades y nº de enterocitos los primeros 10 días de edad.*



*Ortiz, 2006

Así pues, la capacidad de absorción de duodeno y yeyuno, partes principales de absorción en el pollo, va aumentando con la edad. Sabido es que la glucosa y un gran número de aminoácidos se absorben a través de un transporte dependiente del sodio. La medición de este electrolito es un buen indicador de la absorción por las mucosas intestinales (Ortiz, 2006).

2.4 Restricción de alimento

En la industria de la carne de aves se ha implementado el ayuno con el objetivo de mejorar el índice de conversión alimenticia, el cual se refiere a la longitud total del tiempo en que el ave está sin alimento. Esto incluye el período en que las aves están en el galpón sin alimento, al igual que el tiempo en que son transportadas y mientras esperan a ser procesadas en la planta. La aplicación de restricción alimenticia se estudia y aplica para observar el comportamiento de diferentes criterios de selección, como grasa abdominal, peso corporal compensatorio, eficiencia alimenticia; se está utilizando para disminuir los problemas locomotores; como deformaciones óseas y problemas de patas, así como para el control de enfermedades metabólicas (Delgado y Dueñas, 2017).

La restricción de alimento es un método de alimentación que se limita al tiempo, la duración y la cantidad de alimento, que tienen un impacto sobre si un ave es capaz de alcanzar el mismo peso corporal que las aves sin restricciones. En general, la restricción de alimento incluye la restricción cuantitativa y cualitativa que es cuantitativa para limitar la cantidad de alimento que se administra diariamente a las aves, mientras que una restricción cualitativa está relacionada con la dilución de nutrientes en la dieta (Sahraei, 2012).

La masa corporal con alimentación restringida es significativamente menor que las aves alimentadas al 100 por ciento. (Cortés, 2014). .

Los programas de restricción alimenticia se pueden clasificar en 2 modelos con sus variantes: (López, *et al.*, 2005)

- 1.- Restricción del consumo de alimento (Cuantitativo).
- 2.- Menor densidad nutritiva de la dieta (Cualitativo).

Estas actividades contemplan diferentes variantes:

- Restricción del consumo de alimento durante un periodo definido: inicia cuando el porcentaje de mortalidad debido a problemas metabólicos es muy alto, manteniéndose hasta que la mortalidad disminuya para continuar con la alimentación a libre acceso.
- Restricción desde la etapa de iniciación (14 o 21 días de edad) hasta el final del ciclo: existe una respuesta acorde a la severidad del programa, generalmente el consumo de alimento es cercano al 90% del que se tuviera a libre acceso.
- Restricción con un periodo de “crecimiento compensatorio”: es parecido al anterior, pero en los últimos siete días se deja el alimento a libre acceso.

En general con los tres programas, se observa una baja de la mortalidad, pero también en la ganancia de peso, el consumo de alimento compensatorio no es suficiente para obtener al final del ciclo un adecuado peso corporal, además de que no se presenta un beneficio sobre la conversión alimenticia. Existe el riesgo de picaje o laceraciones por la falta de alimento; es frecuente observar parvadas desuniformes y coccidiosis subclínica, siendo sumamente difícil calcular el consumo diario de alimento/ave, y que este sea homogéneo en la parvada,

existiendo la posibilidad de graves errores tanto por exceso como por deficiencia. Por estas razones este tipo de sistema ha caído en desuso a pesar de que fue de los primeros en utilizarse (López, *et al.*, 2005).

Estrés fisiológico asociado a una alimentación restringida generalmente conduce en desordenes de comportamiento y aumento del consumo de agua. Ambos casos pueden tener un impacto negativo significativo en los resultados comerciales de la unidad, así como que también pueden ocurrir casos de cama húmeda y canibalismo (Pietsch, 2015).

Los programas de restricción temprana de alimentos utilizados para reducir la grasa abdominal y en canal en los pollos de engorda dependen del fenómeno denominado crecimiento compensatorio o crecimiento de recuperación para producir un peso corporal de mercado similar al de los grupos de control. El crecimiento compensatorio o el crecimiento de recuperación se definen como un crecimiento anormalmente rápido en relación con años. Una tasa de crecimiento mejorada, que excede la tasa de ganancia normal, se produce cuando el crecimiento se ha visto retrasado por la privación nutricional y seguido por la alimentación *ad libitum*. Este fenómeno se ha utilizado durante mucho tiempo como un método eficaz para reducir las tasas de crecimiento y los cambios en la composición corporal de la mayoría de los animales.

La principal razón para controlar el consumo de alimento en los pollos de engorda es evitar el desperdicio de alimento. El exceso de grasa es uno de los principales problemas que enfrenta la industria de pollos de engorda en estos días, ya que no solo reduce el rendimiento de la carcasa y la eficiencia de alimentación, sino que también provoca el rechazo de la carne por parte de los consumidores y causa dificultades en el procesamiento.

Hasta hace muy poco tiempo, se pensaba que la restricción de alimentos aumentaba la eficiencia de la alimentación y reducía la deposición de grasa corporal. El uso de este concepto para abordar los problemas de la grasa de la carcasa alta requiere más estudios sobre la nutrición del pollo de engorda durante el período de compensación del crecimiento (Sahraei, 2012).

Algunos autores han observado que la restricción de energía lleva a una disminución de la expresión de leptina (Hormona de la saciedad, producida por los enterocitos) y de grasa abdominal durante el periodo de restricción, que se relaciona con una disminución en la hipertrofia de los adipocitos de este tejido.

La restricción de proteína afecta el desarrollo y la eficiencia alimenticia, mientras que la restricción de energía, solo afecta la eficiencia. Una vez realimentadas con las dietas normales, las aves ya no muestran diferencias en las ganancias de peso y conversión cuando se llevan a 42 días de vida.

El tono del sistema endocrino de los adipocitos tiene una influencia marcada en la respuesta inmunitaria. Se sabe que los periodos largos de ayuno resultan en una elevada producción de corticoesteroides y una eventual baja de producción de anticuerpos y activación de las líneas celulares (Cortés, 2014).

La restricción de alimento, es una práctica que de alguna manera se sumaría a los demás estresantes que en condiciones intensivas tienden a sufrir las aves modernas, pudiendo modificar el tamaño de la glándula adrenal al incrementarse la liberación de corticosterona, la cual, tiene un efecto depresor del sistema inmunológico, lo que puede estar comprometiendo a las respuestas de cualquier antígeno (López, *et al.*, 2011).

2.5 Disbiosis

La disbiosis o disbacteriosis es un desequilibrio de la flora intestinal, en el que las bacterias beneficiosas están perdiendo terreno frente a las bacterias perjudiciales. Los factores que podrían conducir a la disbiosis son muchas y variados: la dieta, el estrés, las infecciones bacterianas o por virus, parásitos, micotoxinas, etc. Este desequilibrio se caracteriza por el deterioro de la impermeabilidad de la mucosa intestinal y una fragilidad del sistema inmunológico, causando a menudo diarrea y trastornos intestinales (Gwinner, 2015).

Otros términos utilizados popularmente para definir estos desordenes digestivos causados por desequilibrios en la microbiota son enteritis bacteriana, enteritis

inespecífica, sobrecrecimiento de la población bacteriana, clostridiosis o problemas de camas húmedas. Se observa generalmente a partir de los 21 días de vida y normalmente van asociados con heces acuosas o adherentes, baja conversión alimenticia, retraso en el crecimiento, pérdida de uniformidad, aumento del consumo de agua y cama húmeda y de mala calidad, mala absorción del pienso y lesiones en el intestino acompañadas de un contenido intestinal acuoso y viscoso (Francesch, 2010).

La utilización de antibióticos promotores del crecimiento (APC) está totalmente prohibida en la UE desde el mes de enero del año 2006, los problemas de disbiosis se han incrementado en la producción intensiva de pollo de engorda a consecuencia de la prohibición de utilizar antibióticos a dosis subterapéuticas como promotores del crecimiento, además de las restricciones implementadas en el uso de proteínas de origen animal y de la creciente demanda de productos seguros y libres de residuos químicos y microorganismos nocivos para la salud.

Las consecuencias de todas estas restricciones afectan directamente a la microbiota intestinal del ave, y para el sector avícola representa un incremento importante de las patologías digestivas inespecíficas ligadas a disbiosis intestinales, así como la incidencia de enteritis necrótica (EN) clínica o subclínica, que tiene como consecuencia la disminución de los rendimientos productivos, el incremento de la mortalidad y morbilidad, así como el incremento del uso de antibióticos con fines terapéuticos.

Para el manejo y control de estas patologías, es necesario un mayor conocimiento de la composición de la microbiota intestinal en un animal sano, del papel que juega la microbiota del tracto digestivo en la fisiología digestiva, en la salud intestinal del ave y de los posibles factores que puedan desencadenar un desequilibrio o un cambio en la comunidad microbiana (Francesch, 2010).

La microbiota intestinal normal puede definirse como el complejo entramado de microorganismos que participan en el proceso digestivo y en la prevención de que ciertos agentes, potencialmente peligrosos, puedan producir enfermedad. La microbiota intestinal es imprescindible para el correcto funcionamiento del intestino y sus efectos positivos sobre la salud intestinal y los rendimientos

productivos en los animales son muy numerosos: resistencia a la colonización de patógenos, tanto por competición por nutrientes o por sitios de adhesión a la mucosa intestinal; generación de nutrientes que estarán disponibles para el huésped (ácidos grasos de cadena corta, amino ácidos, vitaminas B y K); estimulación de defensas intestinales (mucina, epitelio intestinal, lámina propia); producción de sustancias antimicrobianas; neutralización de sustancias citotóxicas; degradación de sustratos no fermentables a componentes digeribles; estimulación de la motilidad intestinal y mejora de la arquitectura de la mucosa intestinal, entre otros (Francesch, 2010).

Los desequilibrios intestinales son particularmente comunes en las aves, cuya dieta es rica en polisacridos, azucares complejos difícilmente asimilables por el organismo. De hecho, en caso de disfunción intestinal, los polisacáridos no son absorbidos por éste y quedan disponibles para los microbios del intestino, promoviendo así su proliferación. Dicho de otra forma, la salud intestinal representa la competencia histórica entre las bacterias “malas” y las “buenas”. Mediante el fortalecimiento de la acción y la proliferación de estas últimas, los prebióticos y los probióticos ayudaran a revertir la relación de fuerzas. “Los probióticos estimulan las bacterias y sus metabolitos, mientras que los prebióticos alimentan a estas bacterias”, dice Richard Ducatelle, de la Universidad de Gante (Gwinner, 2015).

Frente a las indicaciones para reducir el uso de los antibióticos, los probióticos y los prebióticos están atrayendo un interés renovado. Preventivamente, estos aditivos permiten, ante todo, mejorar la salud intestinal y el sistema inmunitario.

2.6 Bienestar animal

El bienestar animal (BA) se define como un estado de completa salud mental y física, donde el animal está en perfecta armonía con el ambiente que le rodea (Elías *et. al.*, 2016). El BA se puede medir a través de indicadores basados en la presencia o ausencia de enfermedades y su comportamiento. Para proveer bienestar, se deberán considerar aspectos como alojamiento en instalaciones adecuadas, evitando hacinamiento, tomando en cuenta la etapa productiva y la densidad máxima permitida (SADER, 2016).

De acuerdo con el denominado principio de las cinco libertades, el bienestar de un animal queda garantizado cuando se cumplen los cinco requisitos siguientes:

- El animal no sufre sed, hambre ni malnutrición, porque tiene acceso a agua de bebida y se le proporciona una dieta adecuada a sus necesidades.
- No sufre estrés físico ni térmico, porque se le proporciona un ambiente adecuado, incluyendo refugio frente a las inclemencias climáticas y un área de descanso cómoda.
- No sufre dolor, lesiones ni enfermedades, gracias a una prevención adecuada y/o a un diagnóstico y tratamiento rápidos.
- El animal es capaz de mostrar la mayoría de sus patrones normales de conducta, porque se le proporciona el espacio necesario y las instalaciones adecuadas, y se aloja en compañía de otros individuos de su especie.
- El animal no experimenta miedo ni angustia, porque se garantizan las condiciones necesarias para evitar el sufrimiento mental (Manteca, *et al.*, 2012).

El bienestar de los pollos de engorda deberá evaluarse mediante variables medibles basadas en los resultados. Algunos criterios se pueden medir dentro de la explotación, como las tasas de alteraciones de la marcha, de mortalidad y de morbilidad, etc. Así mismo, para lograr el bienestar de las aves, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

Densidad de carga

A la hora de estabular a los pollos, la densidad de carga deberá ser tal que les permita desplazarse con normalidad y acceder al alimento y al agua. Deberán tenerse en cuenta los siguientes factores: la capacidad de manejo, las condiciones ambientales, el sistema de alojamiento, los sistemas de producción, la calidad de la cama, la ventilación, la estrategia de bioseguridad, las líneas genéticas empleadas, así como la edad y peso de comercialización de los animales

Nutrición

Los pollos de engorda deberán alimentarse siempre con una dieta apropiada para su edad y que contenga los nutrientes adecuados para satisfacer sus

necesidades. De igual forma, el alimento y el agua deberán ser aceptables para los pollos de engorda y estar exentos de contaminantes nocivos para la salud, es por ello que, se deberán realizar procedimientos de limpieza con regularidad en el sistema de agua, así como disponer de alimento en todo momento. Por otro lado, los pollos que sean físicamente incapaces de acceder al alimento o al agua deberán recibir sacrificio humanitario lo antes posible (OIE, 2019).

Condiciones medioambientales

Las condiciones de temperatura para los pollos de engorda han de ser apropiadas a su estadio de desarrollo, por lo que deberán evitarse niveles extremos de calor, humedad y frío. Cuando las condiciones ambientales no sean adecuadas, deberán aplicarse estrategias, como el ajuste de la velocidad del aire, el suministro de calor, el enfriamiento evaporativo y el ajuste de la densidad de carga.

Iluminación

La intensidad de la iluminación durante la fase de luz deberá ser suficiente y uniforme, con el fin de permitir a los pollos de engorda encontrar el alimento y el agua tras su llegada al galpón, estimular la actividad y facilitar la inspección adecuada.

Durante cada ciclo de 24 horas, deberá preverse un periodo suficiente de oscuridad continua para facilitar el descanso de los pollos, disminuir las reacciones debido al estrés y facilitar un comportamiento normal, evitar alteraciones de la marcha y el buen estado de las patas, así mismo, deberá existir un periodo de adaptación progresiva a los cambios de luz.

Calidad del aire

Una ventilación adecuada es importante en todo momento para mantener el aire fresco, eliminar los gases residuales como el dióxido de carbono y el amoníaco, retirar el polvo y el exceso de humedad del ambiente. La concentración del amoníaco no deberá superar las 25 ppm a la altura de los pollos, en tanto que los niveles de polvo deberán mantenerse al mínimo (OIE, 2019).

Ruido

Los pollos pueden adaptarse a distintos niveles y tipos de ruido. Sin embargo, en la medida de lo posible deberá minimizarse la exposición a ruidos fuertes o repentinos, con el fin de prevenir estrés y reacciones de miedo como el

amontonamiento. Los ventiladores, la maquinaria de suministro del alimento y demás equipo interior o exterior deben diseñarse, situarse, utilizarse y mantenerse de forma tal que causen el menor ruido posible.

Manipulación e inspección

Los pollos deberán ser inspeccionados a diario. La inspección tendrá principalmente tres objetivos: identificar aves enfermas o heridas para ser tratados o eliminados selectivamente, detectar y corregir cualquier problema de bienestar de la parvada y recoger a las aves muertas. Dicha inspecciones deberá realizarse de forma que no se moleste innecesariamente a las aves; por ejemplo, los operarios o cuidadores deberán moverse sin ruido y lentamente entre la parvada. Las aves que presenten algún tipo de enfermedad incurable, deformidades o heridas manifiestas deberán ser apartadas de la parvada y sacrificadas de forma humanitaria lo antes posible.

Captura en la explotación

Las aves no deberán someterse a un periodo excesivo de ayuno antes del momento esperado del sacrificio. El agua deberá estar disponible hasta el momento en que se vaya a capturar. Solo los operarios calificados deberán realizar la captura y harán todos los esfuerzos necesarios para minimizar las reacciones de estrés, miedo y lesiones. La captura se llevará a cabo preferentemente con luz suave o luz azul para no generar inquietud en las aves (OIE, 2019).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Comparar parámetros zootécnicos, tiempo de tránsito del alimento y morfología intestinal en pollos de engorda machos sometidos a dos programas de alimentación.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de uniformidad, mortalidad general y por Síndrome Ascítico en pollos de engorda machos sometidos a dos programas de alimentación.
- Evaluar el tiempo de tránsito del alimento y morfología intestinal de duodeno y yeyuno.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la granja de producción avícola ubicada en el Municipio de Tarímbaro, Michoacán en las coordenadas 19°46' de latitud norte y 101°07' de longitud oeste, a una altura de 1860 metros sobre el nivel del mar, registrando una temperatura mínima anual de 8°C y una máxima de 25. Limita al norte con Copándaro y Cuitzeo, al este con Álvaro Obregón, al sur con Morelia y Charo y al oeste con Chucándiro. Su distancia a la capital del estado es de 12 km. Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 609.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 2.5 a 25.1° centígrados (INAFED, 2015).

Para dicho trabajo se utilizó una caseta de ambiente natural con 20 m de largo y 11 m de ancho, con techo de lámina galvanizada recubierta con aislamiento térmico, la cual cuenta en su interior con 28 lotes de 2 x 2.5 m c/u, dentro de los cuales se colocó equipo de iniciación: bebederos manuales de 2 litros y charolas de plástico (1/47 aves) y equipo de finalización: 2 comederos de tolva con capacidad para 10 kg c/u y un bebedero automático de campana. En cada uno de los lotes se esparció aserrín como material de aislamiento entre el piso y las aves. Así mismo, se ubicaron 3 criadoras de gas convencional.

Se utilizaron 470 pollitos de 1 día de edad machos de la estirpe Ross 308, los cuales se mantuvieron en producción hasta los 42 días de edad. Los 470 pollitos fueron distribuidos completamente al azar en 10 lotes (2 tratamientos con 5 réplicas c/u). Se les proporcionó a los pollitos un fotoperiodo de luz natural durante el día y por la noche 3 horas de luz artificial, el cual se realizó con ayuda de un "Timer" (de 9 a 10 pm, de 12 a 1 am y de 5 a 6 am) con una densidad de población de 10 aves / m².

El alimento se formuló con el objetivo de cubrir las necesidades establecidas según el manual Ross 308, y se ofreció de acuerdo a las fases recomendadas: Iniciación 1-21 días, crecimiento 22-35 días y finalizador de 36-42 días (Cuadro 16).

Cuadro 3. Tratamientos a utilizar (Ross 308)

Tratamientos	CONCEPTO
1	Control, dieta formulada de acuerdo al manual Ross 308 y proporcionada <i>ad libitum</i> .
2	Del día 1 al 13, se proporcionó alimento <i>ad libitum</i> , y a partir del día 14 a 42 se ofreció 20% menos cantidad de alimento que reportaron un día antes las aves del tratamiento 1 (control). Del día 14 a 42 el alimento fue servido en su totalidad diariamente a las 8:00 horas.

En cada uno de los tratamientos, el alimento proporcionado fue el mismo en relación a ingredientes y nutrientes, y el agua fue proporcionada *ad libitum* durante todo el proceso de producción.

- Los parámetros evaluados en la prueba fueron:
 - 1) Peso corporal de las aves (kg): Se pesó la totalidad de los pollos semanalmente para cada una de las réplicas y se calculó el peso corporal promedio por ave, acorde con el número de aves vivas al momento del pesaje obteniendo la ganancia de peso semanal.
 - 2) Consumo de alimento (kg): Se pesó el alimento ofrecido al inicio y el residual al final de semana de cada replica. Se calculó el consumo promedio por ave semanal según el número de aves vivas al final de la semana. Se realizó una corrección por mortalidad donde el consumo aproximado de la cantidad de aves muertas por semana fue restado del consumo total.
 - 3) Conversión alimenticia (kg/kg): Se obtuvo dividiendo el total del alimento consumido entre el total de la ganancia de peso vivo.
 - 4) Mortalidad (%): Se obtuvo el porcentaje de mortalidad con el número de aves muertas, multiplicado por 100, entre el número de aves iniciadas en la semana.

Cada semana se sacrificaron 10 aves, de acuerdo a lo establecido en la NOM-033-SAG/ZOO-2014 “Sacrificio Humanitario de los Animales

Domésticos y Silvestres”, mediante el método de electroaturdimiento en tanque de agua y sacrificio por corte de carótidas y yugulares (Consultado en: Diario Oficial De La Federación 26/07/2019). Las aves sacrificadas se pesaron y anotaron en la bitácora de cada replica con la fecha de dicho acontecimiento, para realizar las correcciones en consumo y conversión alimenticia.

- 5) Uniformidad del peso corporal (%): Se identificaron 5 aves de cada una de las réplicas y se pesaron individualmente cada semana (25 por tratamiento). Se obtuvo a través de la media $\pm 10\%$ de los valores superiores e inferiores para obtener el porcentaje.
- 6) Tiempo de tránsito intestinal de alimento (min): Cada semana se seleccionó 1 ave de cada replica y se le proporcionó una capsula (1 g), de óxido férrico de color rojo a las 9:00 am con el fin de evaluar el tiempo transcurrido entre la toma de
- 7) Longitud intestinal (cm): A partir del día 21 de edad se sacrificaron 10 aves, 1 de cada replica (5 de cada tratamiento), con la finalidad de evaluar, la longitud total del tracto digestivo, a partir del inicio del duodeno hasta la cloaca; así como la longitud individual de duodeno, yeyuno, íleon, ciegos, colon y recto.
- 8) Cortes intestinales: De las aves sacrificadas a partir del día 21, se obtuvieron 3 porciones de 3 cm c/u del asa duodenal y del yeyuno por semana (1 de cada replica), las cuales se colocaron en recipientes con formol al 10% y colorante estéril, donde permanecieron por 72 horas para realizar las mediciones de vellosidades intestinales: Los cortes fueron analizados y fotografiados con un microscopio de la marca “SWIFT”, modelo “STEREO EIGHTY” y con un lente de 2x. Posteriormente se midió en micras (μm) la altura, ancho, cripta y cantidad de vellosidades intestinales de duodeno y yeyuno, utilizando un software de medición para PC “Motic Images Plus 2.0”, con el fin de obtener la capacidad del área de absorción $\times 10^3$ de μm^2 .

Al inicio de la prueba se colocó un termómetro higrómetro digital (EXTECH RHT10) dentro del galpón y a la altura de las aves, con el fin de evaluar semanalmente: temperatura ambiental, humedad relativa y punto de rocío (Cuadro 14 y 15).

Las medias resultantes de los parámetros zootécnicos se compararon bajo un análisis de varianza con mediciones repetidas, empleando las semanas de edad como variable de tiempo. El análisis de tiempo de tránsito y morfología intestinal se realizó por un análisis factorial 2 x 4; en donde los tratamientos fueron un factor a considerar y las distintas edades fue el otro factor; cuando existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos se realizó la comparación de medias por la prueba de Tukey. Los valores de la uniformidad fueron mediante un análisis descriptivo (StatSoft. Statistica 10.0, 2011).

5. RESULTADOS

En el Cuadro 4, se muestran los promedios del peso corporal de los tratamientos evaluados, observando diferencias significativas ($p < 0.01$), a partir de los 21 hasta los 42 días de edad, siendo el tratamiento control el que mostró pesos corporales más elevados (3.270 vs 2.702 kg) al final de la prueba. En el Cuadro 5, se observaron diferencias significativas ($p < 0.01$) en el consumo de alimento a partir del día 21 al 42 de edad, esto debido a la restricción de alimento aplicado a uno de los tratamientos, a partir de los 14 días de edad; no obstante, en los resultados de la conversión de alimento (Cuadro 6), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), entre los tratamientos evaluados debido principalmente al bajo peso corporal reportado por el tratamiento en donde se aplicó la restricción de alimento.

Los promedios de la mortalidad general de ambos tratamientos, se muestra en el Cuadro 7, en el cual se observan diferencias significativas ($p < 0.01$), siendo el tratamiento control el que registró mayor porcentaje de mortalidad a partir del día 14 manteniendo el mayor porcentaje hasta el final de la prueba (20.0 vs 1.2 %). La mayor causa de mortalidad en el tratamiento control fue debida al problema del síndrome ascítico (12.8 vs 0.4 %), como se muestra en el Cuadro 8, sin embargo las diferencias estadísticas se muestran a partir del día 35 de edad.

Los resultados de la uniformidad del peso corporal se muestran en el Cuadro 9, y con excepción de los 14 y 35 días de edad, los porcentajes de la uniformidad fueron más bajos en el tratamiento en donde se aplicó la restricción de alimento, mostrando un promedio final más bajo que el tratamiento control (92 vs 87.2 %).

Los resultados del tiempo de tránsito intestinal del alimento de los tratamientos; mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.07$). Las aves que estuvieron con el programa de restricción de alimento mostraron un tiempo de tránsito intestinal de alimento más rápido que el control (3:49 vs 3:18 hrs), sin mostrar efectos ($p > 0.05$) entre las distintas edades ni en la interacción de tratamientos vs edades como se muestra en el Cuadro 10.

En el Cuadro 11, se muestran los promedios obtenidos de las mediciones del tracto intestinal entre los tratamientos evaluados, obteniendo una mayor

longitud total ($p<0.074$), el intestino de las aves con restricción de alimento con relación al control (178.1 vs 186.0 cm). Estas diferencias se deben principalmente a la medición del duodeno (29.8 vs 31.9 cm), e íleon (63.8 vs 69.6 cm), quienes mostraron mayores longitudes ($p<0.01$), con el programa de restricción de alimento. Como era de esperarse las longitudes del intestino fueron incrementándose con la edad del ave ($p<0.01$), sin embargo al final del trabajo mostraron una recesión de la longitud (168.3, 182.8, 192.6 y 185.2 cm). Las regiones anatómicas responsable de estas longitudes de la edad fueron principalmente el duodeno y yeyuno, quienes mostraron efectos ($p<0.01$), entre las edades evaluadas. No se observaron efectos ($p>0.05$), de interacción entre los tratamientos y las edades, en la longitud total. Sin embargo, si mostraron efectos ($p<0.01$), en la interacción en la región del duodeno debido a los valores registrados a los 42 días de edad entre los tratamientos evaluados.

Con relación a los valores que manifestaron los ciegos en los tratamientos se observaron diferencias ($p<0.01$) entre los tratamientos (13.4 vs 15.0 cm), mostrando valores mayores los que estuvieron con el programa de restricción de alimento. No se encontraron diferencias ($p>0.05$), entre las diferentes edades, sin embargo se mostró interacción entre los tratamientos y edades, principalmente en los valores obtenidos a los 42 días entre los tratamientos evaluados (12.0 vs 17.0 cm).

Los resultados de las mediciones de vellosidades intestinales del duodeno, se presentan en el Cuadro 12, se encontraron diferencias significativas ($p<0.01$) entre los tratamientos, edades e interacción, en lo que corresponde al largo, ancho, cripta, número y área. Con relación al largo de las vellosidades se mostraron vellosidades más largas en el tratamiento control con relación al programa de restricción (897.2 vs 829.6 μm), efecto encontrado también entre las edades (887.9, 946.4, 953.3 y 666.0 μm) y la interacción, principalmente debido al programa de restricción de alimento del día 21 al 35 de edad.

Con relación al ancho de la vellosidad, el control mostro los mayores valores (83.3 vs 79.0 μm) manifestando diferencias entre las edades (86.2, 79.3, 92.2 y 66.8 μm), obteniendo los mayores valores la edad de 35 días. La interacción correspondió a los valores obtenidos principalmente en el programa de

restricción de alimento en las diferentes edades con excepción de los 35 días de edad.

La profundidad de la cripta fue mayor en el tratamiento control (177.9 vs 161.7 μm) con relación al de restricción de alimento. Encontrando también que la mayor profundidad de cripta fue a los 28 días de edad (179.5, 188.3, 165.5 y 145.9 μm), encontrando interacción entre tratamiento y edades debido al programa de restricción de alimento a los 21 días de edad.

El número de vellosidades encontrado entre tratamientos mostraron diferencias (26.0 vs 22.9 n), presentando los mayores valores el tratamiento control con relación al programa de restricción de alimento. Entre las edades también se manifestaron diferencias (27.8, 22.7, 24.9 y 22.3 n), mostrando los mayores valores los cortes de 21 días de edad, con interacción entre los tratamientos y edades debido al programa de restricción de alimento a los 21 y 42 días de edad quien mostro valores más bajos con relación al control a las mismas edades.

Importante son los valores registrados del área, mostrando diferencias entre los tratamientos evaluados (6.24 vs 4.81 μm^2), obteniendo los mejores valores los cortes del tratamiento control con relación a la restricción de alimento. Las diferencias entre edades también mostraron diferencias (6.81, 5.41, 6.82 y 3.07 μm^2), obteniendo los mayores valores la edad de 21 y 35 días de edad. La interacción fue responsabilidad del programa de restricción a los 21 y 28 días de edad.

Los resultados de las mediciones de vellosidades del yeyuno, se presentan en el Cuadro 13, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos, en lo que corresponde al largo, cripta y numero. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre las edades e interacción, en lo que corresponde al largo, ancho, cripta, número y área. Con relación al largo de las vellosidades se mostraron vellosidades más largas en el tratamiento control con relación al programa de restricción (648.6 vs 579.9 μm), efecto encontrado también entre las edades (613.6, 539.8, 663.8 y 639.7 μm), y la interacción, debido al programa de restricción de alimento del día 35 al 42 de edad.

Con relación al ancho de la vellosidad, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), manifestando diferencias entre las edades (68.6, 64.1,

74.4 y 66.2 μm), obteniendo los mayores valores a la edad de 35 días. No se observó interacción entre ambos tratamientos a las diferentes edades.

La profundidad de la cripta fue mayor en el tratamiento control (122.9 vs 109.7 μm), con relación al de restricción de alimento. Encontrando también que la mayor profundidad de cripta fue a los 21 días de edad (123.2, 102.4, 118.0 y 121.4 μm), encontrando interacción entre tratamiento y edades debido al programa de restricción de alimento a los 42 días de edad.

El número de vellosidades encontrado entre tratamientos mostraron diferencias (33.5 vs 35.5 n) presentando los mayores valores el tratamiento de restricción de alimento con relación al tratamiento control. Entre las edades también se manifestaron diferencias (37.2, 36.1, 34.0 y 30.7 n), mostrando los mayores valores los cortes de 21 días de edad, con interacción entre los tratamientos y edades debido al tratamiento control a los 21 y 35 días de edad quien mostró los valores más bajos con relación al programa de restricción de alimento a la misma edad.

Los valores registrados del área, no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$), entre los tratamientos evaluados. Las diferencias entre edades mostraron diferencias (4.90, 3.90, 5.23 y 4.07 μm^2), obteniendo los mayores valores la edad de 21 y 35 días de edad. La interacción fue responsabilidad del programa de restricción a los 35 días de edad.

6. DISCUSIÓN

La obtención de resultados en la presente investigación, fueron consideradas las libertades del bienestar animal, respetando la densidad de población, la cantidad de equipo requerido y el ambiente de la caseta.

El peso corporal de machos a los 42 días de edad registrado en el manual Ross 308 (2014), establece un valor de 3.023 k de peso vivo, con un consumo de alimento acumulado de 5.050 k y una conversión de 1.670 k/k. En el presente trabajo el peso corporal obtenido al final del trabajo del tratamiento control fue de 3.270 vs 2.702 k del programa de restricción, lo que muestra un incremento del control de 8.17% y una disminución del programa de restricción de 10.62% con relación al Manual de la estirpe utilizada, con una diferencia entre los tratamientos de 17.37%. Los resultados coinciden con lo reportado por otros autores López *et al.*, (2005), en donde mencionan que cualquier programa de restricción de alimento, disminuyen la ganancia de peso corporal en diferentes grados dependiendo del tipo y severidad de la restricción. En el presente trabajo, la severidad fue extrema (20% menos de alimento que el control), lo que muestra la baja ganancia de peso corporal obtenida al final del trabajo y la diferencia que mostraron las aves con el control.

El consumo de alimento acumulado al final del trabajo del tratamiento control fue de 4.940 vs 4.034 k del programa de restricción, lo que muestra una disminución del control de 2.18% y 20.19% del programa de restricción con relación al Manual de la estirpe utilizada, con una diferencia entre los tratamientos de 18.34%. Los resultados del consumo cumplieron los estándares establecidos en la metodología para el tratamiento de restricción de alimento (Menos 20%) considerando un modelo severo y explica el bajo peso corporal obtenido al final de la prueba. Los parámetros descritos sirvieron para obtener el índice de la conversión de alimento, el cual no mostro efectos significativos ($p > 0.05$), entre los tratamientos evaluados durante y al final de la prueba. Estos datos no coinciden con los reportados por otros autores (Lopez *et al.*, 2011), en donde mencionan que los programas de restricción de alimento tienen la ventaja de mejorar el índice de conversión de alimento debido a que cuando el ave no consume alimento no gastan energía para metabolizar el alimento y mejoran el metabolismo. Lo que

sucedio en el presente estudio fue que la restricci3n fue tan severa que el ave se qued3 sin alimento en el tracto gastrointestinal m3s tiempo de lo permitido que le afect3 en forma dr3stica recuperar musculo para su crecimiento. Una de las ventajas que se han demostrado con los programas de restricci3n de alimento es la disminuci3n de la mortalidad general principalmente debido a la mortalidad por el s3ndrome asc3tico el cual ocurre principalmente en pollos de engorda machos criados en alturas sobre el nivel del mar arriba de 1600 m. En el presente trabajo las diferencias de mortalidad general y ocasionadas por el s3ndrome asc3tico (SA), fueron significativas ($p < 0.01$) entre el control y el programa de restricci3n de alimento, coincidiendo con lo reportado por Jaramillo *et. al.*, (2019) y Paguay *et al.*, (2016) en donde observaron mayor mortalidad por SA en los pollos con consumo de alimento *ad libitum* que los que estuvieron bajo programas de restricci3n.

Gauthier (2005), menciona que la media en tiempo de tr3nsito del alimento en pollo de engorda a los 42 d3as de edad y con alimento *ad libitum*, es de 4:00 a 4:55 horas, mientras que en los resultados obtenidos en la prueba, se encontr3 un promedio de 3:39 horas a la misma edad en el tratamiento de control y de 2:42 en el programa de restricci3n de alimento, por debajo de lo mencionado, lo cual pudo deberse a diversos trastornos del comportamiento del consumo de alimento, consumo y cantidad de agua, estr3s y tipo de alimento. As3 mismo, L3pez *et. al.*, (2011), mencionan que las aves bajo programas de restricci3n de alimento tienden a presentar tiempos de tr3nsito de alimento m3s r3pidos, lo que coincide con los resultados obtenidos en la prueba.

En cuanto a las mediciones de intestino delgado (ID), Causey (2000), menciona que la longitud total del ID en pollo de engorda es de 179.6 cm, mientras que en la prueba realizada, el promedio del tratamiento control fue de 178.1 cm y el de restricci3n de alimento de 186.0 cm. Llama la atenci3n que a pesar que el TGI es m3s largo en las aves de restricci3n de alimento que el control, el tiempo de transito es 40.0% m3s corto que el control, lo que indica que el programa de restricci3n de alimento en el presente trabajo tuvo alteraciones severas en el TGI y que fue m3s largo probablemente debido a una compensaci3n para aumentar la superficie de absorci3n de nutrientes, aunado a los trastornos que ocurren con el

consumo de agua, principalmente en duodeno e íleon que fueron las regiones anatómicas con diferencias ($p < 0.01$) con relación al control. Resultados que coinciden con lo reportado con López *et. al.*, (2011), quienes mencionan que las aves bajo programas de restricción de alimento tienden a presentar mayor longitud de intestino delgado.

Las mediciones de vellosidades intestinales, Chávez *et. al.*, (2018), mencionan que el largo, ancho y cripta en duodeno a la edad de 42 días, se expresan de la siguiente manera: 746.7, 154.9 y 138.2 μm respectivamente, mientras que las vellosidades de yeyuno presentan los siguientes valores; largo 689.3, ancho 135.3 y cripta 151.0 μm . De acuerdo con esto, las mediciones de largo y cripta en duodeno y yeyuno se comportaron de manera similar, mientras que las mediciones de ancho en duodeno y yeyuno, se encuentran por debajo de lo establecido, pudiendo deberse a la técnica utilizada en el presente trabajo de medición de las vellosidades. Rodríguez y Moreno (2015), señalan que a la edad de 35 días, se observa una cantidad de 26 vellosidades en duodeno y 21 en yeyuno. Los datos de duodeno obtenidos el control a la misma edad fue de 25.5 y de 24.2 en el programa de restricción, prácticamente similares a los referidos, no obstante, los datos obtenidos de yeyuno el control 32.0 y 36.0 con restricción lo que muestra un incremento considerable en ambos casos. Esta variación puede deberse al método de obtención de cada una de las pruebas. Los valores de profundidad de cripta en duodeno y yeyuno en ambos tratamientos, el control manifestó mayor profundidad que el tratamiento con restricción lo que puede en parte explicar la menor longitud de vellosidades de aves con restricción. Obteniendo su mayor valor la edad de 28 días de edad en el duodeno y 21 días en el yeyuno. Los resultados de morfología intestinal muestran un deterioro en duodeno y yeyuno en las aves que estuvieron con el programa de restricción de alimento, confirmado por bajas mediciones de la longitud de las vellosidades, ancho de las mismas en duodeno, baja profundidad de criptas y cantidad de vellosidades en duodeno, lo que demuestra una baja capacidad de absorción de nutrientes principalmente en duodeno, lo que explica el bajo porcentaje de uniformidad, el bajo peso corporal y el no tener el beneficio en la conversión de alimento, que se obtiene, cuando se aplica un programa de restricción de alimento moderado.

7. CONCLUSIONES

- 1.- El programa de restricción disminuyó 17.37% el peso corporal, 18.34% el consumo de alimento, 18.8% la mortalidad general y 12.40% la mortalidad registrada por el síndrome ascítico, con relación al tratamiento Control al final de la prueba.
- 2.- No se encontraron diferencias en la conversión de alimento durante y al final de la prueba entre los tratamientos evaluados.
- 3.- El programa de restricción de alimento aumento la longitud intestinal en 4.4%, disminuyo 8.88% el tiempo de transito alimenticio y disminuyo la capacidad de área de absorción en duodeno en un 22.9% con relación al tratamiento control. Lo que explica los bajos rendimientos zootécnicos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, Luis, Edgardo. Briceño, José, Vicente. 2013. Importancia de la Salud intestinal en las aves y diseño de programas de anticoccidiales. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/importancia-salud-intestinal-aves-t30275.htm>> [Consulta: 17 de noviembre del 2018].

Arce, Menocal, José. 2013. Algunos aspectos nutricionales y alimenticios que influyen en la productividad del pollo de engorda.

Aviagen. Objetivos de rendimiento, pollo de engorda. ROSS 308. [En línea] 2014. <<https://www.avesca.com.ec/wp-content/uploads/2017/03/Ross-308-Objetivos.pdf>> [Consulta: Septiembre de 2019].

Bailey, Richard. 2015. Salud intestinal en aves domésticas. Selecciones avícolas.com.[En línea] <<https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/08/salud-intestinal-en-aves-domesticas>> [Consulta: 25 de agosto del 2019].

Boaro, Marcia, Regina. Mendes AA. Elisalde, Milbrant. Boaro, Martins, Bruna. 2011. Morfometría de la mucosa del duodeno en pollos de engorda suplementados con mejoradores del desempeño. Brasil. [En línea]. <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/morfometria-mucosa-duodeno-pollos-t29158.htm>> [Consulta: 12 septiembre 2019].

Chávez, L.A.; López, A. y Parra, J.E. 2015. Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorda alimentadas con cepas probióticas. Colombia. 1-8 pp.

Cortés, Raúl. 2014. El sistema inmunitario y el consumo y gasto de energía en las aves. Industria Avícola. pp. 18-19.

Dai Prá, Marcos, Antonio. Büttow Roll, Victor, Fernando. 2014. Estrés calórico en la producción de pollos. Colombia. Facultad de Agronomía Eliseu Maciel. El sitio Avícola. [En línea]. <<http://www.elsitioavicola.com/articles/2676/estras-calarico-en-la-produccion-de-pollos-3-alimentacion/>> [Consulta: 12 de marzo del 2018].

Delgado, Gutierrez, Marco, Aurelio. Dueñas, Bermúdez, Maximo. Amadeo. 2017. Comparación de tres horarios de restricción alimenticia en pollos de engorda Cobb500 mixtos del día 8 al 32 y el efecto en su productividad. Honduras. Universidad Zamorano. p 1.

Elías, Ordoñez, María, Isabel. Conde, Ramos, Purificación. Villegas, Gómez, Juan, Ramón. Arrebola, Molina, Francisco, Antonio. 2016. Bienestar animal en explotaciones de aves. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. España. P 9.

Francesch, María. 2010. Disbiosis intestinal. España. 1-5 pp.

Gauthier, Robert, 2005. La Salud Intestinal: Clave de la Productividad-El Caso de los Ácidos Orgánicos. Canadá. Engormix. [En línea]

<<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/salud-intestinal-clave-productividad-t26193.htm> > [Consulta: 19 de noviembre del 2018].

Gutiérrez Rodríguez, Catherine. 2014. Determinación de los parámetros morfométricos del duodeno de pollos de engorda después de la administración de una mezcla de probióticos. Colombia. pp 8-10.

Gwinner, Chloe. 2015. Salud intestinal: centrarse en prebióticos y probióticos. Selecciones Avícolas. [En línea]. <<https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2016/06/salud-intestinal-centrarse-en-prebioticos-y-probioticos>> [Consulta: 17 septiembre 2019].

INAFED. 2015. Instituto Nacional de la Federación y el Desarrollo Municipal. [En línea]<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16088a.html> [Consulta: 23 de noviembre del 2018].

Jaramillo, Benavides, Álvaro, Hugo. Rodríguez, Esperanza. Piraquive, Chacón, Angélica. 2019. Evaluación de la restricción alimenticia y su efecto en la ascitis aviar en dos líneas genéticas de pollos en la sabana de Bogotá. Colombia. [En línea]. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/evaluacion-restriccion-alimenticia-efecto-t43434.htm>. [Consulta: 13 septiembre 2019].

López, Coello, Carlos. Arce, Menocal, José. Avila, Gonzáles, Ernesto. 2005. Consideraciones al aplicar un Programa de Restricción Alimenticia como paliativo para el control del Síndrome Ascítico. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/consideraciones-aplicar-programa-restriccion-t26153.htm>> [Consulta: 19 de noviembre del 2018].

López, Coello, Carlos. Arce, Menocal, José. Avila, González, Ernesto. 2013. Mitos y realidades del sistema digestivo y sus implicaciones sobre la productividad. México. P 12.

López, Coello, Carlos. Arce, Menocal, José. Avila, González, Ernesto. 2011. Aspectos de alimentación a considerar en la integridad y funcionamiento del sistema digestivo. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/aspectos-alimentacion-considerar-integridad-t29030.htm>> [Consulta: 22 de noviembre del 2018].

López, Coello, Carlos. Arce, Menocal, José. Ávila, González, Ernesto. 2015. El síndrome de tránsito rápido en pollos: 2 – factores nutricionales. El sitio Avícola. [En línea] <<http://www.elsitioavicola.com/articles/2660/el-sandrome-de-transito-rapido-en-pollos-2-a-factores-nutricionales/>> [Consulta: 04 de febrero del 2019].

Majó, Natalia. Dolz, Roser. 2010. Atlas de la necropsia aviar. España. SERVET. Pp 15-16.

Manteca, X. Mainau, E. Temple, D. 2012. ¿Qué es el bienestar animal?. Pp 1-2.

Moreno, Figueredo, Giovanni. Rodríguez, Gonzáles, Sandra, Paola. 2016. Evaluación del efecto de *Lactobacillus* spp. En el desarrollo del intestino delgado en pollos de engorda. [En línea]. <https://www.researchgate.net/publication/304573496_Evaluacion_del_efecto_de_Lactobacillus_spp_en_el_desarrollo_del_intestino_delgado_en_pollos_de_engorda> [Consulta: 13 septiembre 2019].

Organización Mundial de Sanidad Animal. 2019. Bienestar animal y sistemas de producción de pollos de engorda. Pp 1 - 8.

Ortíz, Andrés. 2006. Salud Intestinal. Ajuste de Dietas. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/salud-intestinal-ajuste-dietas-t26477.htm>> [Consulta: 4 de enero del 2019].

Paguay Zhindon, C. Parra, Castro, C. Torres, Inga, C. Astudillo, Riera, Fabián. Rodríguez, Saldaña, Diego. 2016. Efecto de la restricción alimenticia cuantitativa y cualitativa sobre la productividad e incidencia de síndrome ascítico. Engormix. [En línea] <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efecto-restriccion-alimenticia-cuantitativa-t32831.htm> [Consulta: 19 de noviembre del 2018].

Paquete estadístico StatSoft. Statistica 10.0. 2011

Paulino, Joaquín. 2017. Nutrición de precisión para pollo de engorda de alto desempeño. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/nutricion-precision-pollo-engorda-t40378.htm>> [Consulta: 22 de enero del 2019].

Pietsch, Manfred. 2015. La Importancia de la Fibra en la Nutrición de Reproductoras Broilers. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/importancia-fibra-nutricion-reproductoras-t32303.htm>> [Consulta: 3 de enero del 2019].

Rebollar, Serrano, María, Esmeralda. 2002. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extruidos de malta de cebada. México. Universidad de Colima. Pp 25 – 26.

Rutz, Fernando. 2014. Fisiología del sistema digestivo. Universidad Federal de Pelotas. Brasil. P 11.

SADER. 2015. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de pollo de engorda. 2da ed. México. P 37.

Sahraei, Mahmood. 2012. Feed Restriction in Broiler Chickens Production: A Review. Iran. Pp. 449 – 455.

UNA, 2018. Unión Nacional de Avicultores. [En línea] <<http://www.una.org.mx/index.php/panorama/situacion-de-la-avicultura-mexicana>> [Consulta: 10 de noviembre del 2018].

Whittow Causey. 2000. Sturkie's Avian Physiology. 5ta edición. Elsevier. Estados Unidos. P 675.

9. ANEXOS

Cuadro 4. Resultados en peso corporal (kg) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

	7	14	21	28	35	42
Tratamientos	Días de edad					
Control	0.167	0.485	1.034 a	1.723 a	2.571 a	3.270 a
Restricción	0.166	0.481	0.913 b	1.481 b	2.132 b	2.702 b
Probabilidad	0.832	0.627	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio	0.166	0.483	0.973	1.602	2.351	2.986
EEM**	0.002	0.004	0.023	0.041	0.074	0.095

*a, b. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 5. Resultados en el consumo de alimento (kg) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

	7	14	21	28	35	42
Tratamientos	Días de edad					
Control	0.134	0.505	1.217 a	2.246 a	3.511 a	4.940 a
Restricción	0.137	0.509	1.100 b	1.924 b	2.916 b	4.034 b
Probabilidad	0.676	0.737	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio	0.135	0.507	1.159	2.085	3.213	4.487
EEM**	0.003	0.005	0.021	0.055	0.100	0.152

*a, b. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 6. Resultados en la conversión de alimento (kg/kg) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

	7	14	21	28	35	42
Tratamientos	Días de edad					
Control	1.083	1.144	1.230	1.337	1.389	1.531
Restricción	1.109	1.163	1.265	1.338	1.396	1.517
Probabilidad	0.232	0.252	0.171	0.984	0.590	0.483
Promedio	1.096	1.153	1.247	1.338	1.392	1.524
EEM*	0.010	0.008	0.013	0.007	0.006	0.009

*Error estándar de la media.

Cuadro 7. Resultados en la mortalidad general (%) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

	7	14	21	28	35	42
Tratamientos	Días de edad					
Control	1.60	2.80 a	3.20 a	5.60 a	10.00 a	20.00 a
Restricción	0.40	0.40 b	0.80 b	1.20 b	1.20 b	1.20 b
Probabilidad	0.195	0.005	0.009	0.001	0.001	0.001
Promedio	1.00	1.60	2.00	3.40	5.60	10.60
EEM**	0.447	0.499	0.516	0.846	1.572	3.156

*a, b. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 8. Resultados en la mortalidad de Síndrome Ascítico (%) en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

	7	14	21	28	35	42
Tratamientos	Días de edad					
Control	0	0	0.40	2.00	4.80 a	12.80 a
Restricción	0	0	0.40	0.40	0.40 b	0.40 b
Probabilidad	0	0	1.000	0.064	0.003	0.001
Promedio	0	0	0.40	1.20	2.60	6.60
EEM**	0	0	0.266	0.442	0.897	2.212

*a, b. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 9. Resultados del porcentaje de la Uniformidad en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

	14	21	28	35	42	Promedio
Tratamientos	Días de edad					
Control	90	95	100	85	90	92
Restricción	96	76	84	92	88	87.2
Promedio	93	85.5	92	88.5	89	

Cuadro 10. Resultados de tiempo de tránsito del alimento en pollos de engorda machos con y sin programa de restricción de alimento.

Tratamientos		Horas
Control		3:49 a
Restricción		3:18 b
Probabilidad		0.07
Días edad		Horas
21		3:52
28		3:21
35		3:49
42		3:07
Probabilidad		0.22
Tratamientos	Días de edad	Horas
Control	21	4:00
Restricción	21	3:45
Control	28	3:56
Restricción	28	2:47
Control	35	3:41
Restricción	35	3:58
Control	42	3:39
Restricción	42	2:42
Probabilidad		0.24
Promedio		3:33
EEM**		0:08

*a, b. – Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 11. Resultados de mediciones del tracto intestinal en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

		Longitud intestinal total	Duodeno	Yeyuno	Íleon	Colon-Recto	Ciegos
		Centímetros					
Tratamientos							
Control		178.1 b	29.8 b	75.2	63.8 b	9.3	13.4 b
Restricción		186.0 a	31.9 a	75.7	69.6 a	8.9	15.0 a
Probabilidad		0.074	0.001	0.791	0.018	0.270	0.011
Días edad							
21		168.3 b	26.4 c	70.3 b	63.1	8.6	13.4
28		182.8 ab	29.8 b	74.8 ab	68.6	9.6	14.1
35		192.6 a	33.0 a	80.4 a	70.4	8.8	14.7
42		185.2 ab	34.4 a	76.4 ab	64.8	9.4	14.8
Probabilidad		0.004	0.001	0.013	0.119	0.240	0.504
T	D						
Control	21	160.7	24.8 d	67.1	60.0	8.8	13.0 b
Restricción	21	175.9	28.0 cd	73.4	66.2	8.3	13.9 ab
Control	28	183.8	30.7 bc	75.8	67.7	9.6	14.4 ab
Restricción	28	181.9	29.0 bcd	73.8	69.6	9.5	13.8 ab
Control	35	191.3	33.6 ab	83.2	65.6	8.9	14.0 ab
Restricción	35	193.8	32.4 bc	77.6	75.2	8.6	15.4 ab
Control	42	176.0	30.0 bc	74.5	61.5	10.0	12.0 b
Restricción	42	192.5	38.0 a	78.0	67.5	9.0	17.0 a
Probabilidad		0.364	0.001	0.184	0.717	0.895	0.028
Promedio		182.1	30.8	75.4	66.8	9.1	14.2
EEM**		2.60	0.696	1.168	1.285	0.208	0.359

*a, b, c, d. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 12. Resultados de vellosidades intestinales en el duodeno en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

		Largo Vellosidad	Ancho Vellosidad	Cripta	Numero Vellosidad	Área
		Micras				Micras ²
Tratamientos						
Control		897.2 a	83.3 a	177.9 a	26.0 a	6.24 a
Restricción		829.6 b	79.0 b	161.7 b	22.9 b	4.81 b
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Días edad						
21		887.9 b	86.2 b	179.5 ab	27.8 a	6.81 a
28		946.4 a	79.3 c	188.3 a	22.7 c	5.41 b
35		953.3 a	92.2 a	165.5 b	24.9 b	6.82 a
42		666.0 c	66.8 d	145.9 c	22.3 c	3.07 c
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
T	D					
Control	21	978.1 ab	91.5 a	198.8 a	30.6 a	8.52 a
Control	28	1019.9 a	87.5 ab	194.9 a	23.3 bcd	6.54 b
Control	35	890.9 b	95.5 a	160.8 bc	25.5 b	6.80 b
Control	42	700.0 d	58.9 e	157.2 bc	24.4 bc	3.11 de
Restricción	21	797.7 c	81.0 bc	160.2 bc	25.1 bc	5.09 c
Restricción	28	873.0 c	71.2 d	181.7 ab	22.1 cd	4.28 cd
Restricción	35	1015.8 a	88.9 ab	170.2 ab	24.2 bc	6.85 b
Restricción	42	632.1 d	74.7 cd	134.7 c	20.3 d	3.04 e
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio		863.4	81.1	169.8	24.4	5.53
EEM **		14.5	1.2	2.9	0.3	0.2

*a, b, c, d, e. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 13. Resultados de vellosidades intestinales en el yeyuno en pollo de engorda macho con y sin programa de restricción de alimento.

		Largo Vellosidad	Ancho Vellosidad	Cripta	Número Vellosidad	Area
		Micras				Micras²
Tratamientos						
Control		648.6 a	67.5	122.9 a	33.5 b	4.59
Restricción		579.9 b	69.1	109.7 b	35.5 a	4.46
Probabilidad		0.001	0.197	0.001	0.001	0.418
Días de edad						
21		613.6 a	68.6 b	123.2 a	37.2 a	4.90 a
28		539.8 b	64.1 b	102.4 b	36.1 ab	3.90 b
35		663.8 a	74.4 a	118.0 a	34.0 b	5.23 a
42		639.7 a	66.2 b	121.4 a	30.7 c	4.07 b
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
T	D					
Control	21	605.0 c	67.7 bc	123.8 ab	35.1 bc	4.51 bc
Control	28	562.6 cd	60.6 c	111.8 bc	37.3 ab	3.97 c
Control	35	732.2 a	77.9 a	113.1 bc	32.0 cd	5.71 a
Control	42	694.6 ab	64.0 bc	142.7 a	29.6 d	4.16 c
Restricción	21	622.2 bc	69.6 b	122.7 ab	39.3 a	5.30 ab
Restricción	28	517.0 d	67.6 bc	93.0 c	34.9 bc	3.83 c
Restricción	35	595.4 cd	71.0 ab	122.9 ab	36.0 ab	4.74 bc
Restricción	42	584.8 cd	68.4 b	100.1 c	31.8 cd	3.97 c
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio		614.2	68.3	116.3	34.5	4.53
EEM**		9.02	0.744	2.19	0.393	0.095

*a, b, c, d. - Literales diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0.05$), prueba de Tukey al 5%.

**Error estándar de la media.

Cuadro 14. Parámetros ambientales registrados dentro de la caseta durante la prueba.

Primera semana	Temperatura °C	Humedad relativa (%)	Punto de rocío °C
Media	29.1	57.3	19.6
Máxima	32.6	70.4	23.2
Mínima	20.8	46.5	15.2
Desviación estándar	2.8	6.2	1.7
Coefficiente Variación (%)	9.6	10.8	8.4
Operativa	28.7	62.4	20.5
Segunda semana			
Media	27.0	65.9	20.0
Máxima	30.4	70.0	22.7
Mínima	20.9	53.9	13.8
Desviación estándar	2.1	3.3	2.1
Coefficiente Variación (%)	7.8	5.0	10.3
Operativa	27.2	64.6	19.7
Tercera semana			
Media	26.7	63.0	18.9
Máxima	29.7	68.9	22.0
Mínima	19.9	47.0	13.1
Desviación estándar	1.4	5.8	2.0
Coefficiente Variación (%)	5.4	9.1	10.5
Operativa	26.4	61.6	19.0

Cuadro 15. Parámetros ambientales registrados dentro de la caseta durante la prueba.

	Temperatura °C	Humedad relativa (%)	Punto de rocío °C
Cuarta semana			
Media	23.7	60.7	15.6
Máxima	29.8	70.0	22.7
Mínima	16.6	46.0	9.7
Desviación estándar	2.4	5.9	2.5
Coeficiente Variación (%)	10.2	9.8	16.1
Operativa	25.4	62.0	18.4
Quinta semana			
Media	25.0	61.9	17.1
Máxima	29.1	69.6	22.0
Mínima	19.9	38.7	12.1
Desviación estándar	1.9	6.3	1.8
Coeficiente Variación (%)	7.6	10.2	10.6
Operativa	26.0	59.3	18.7
Sexta semana			
Media	22.2	63.2	14.6
Máxima	26.4	70.6	18.9
Mínima	15.9	26.6	5.4
Desviación estándar	2.7	8.9	2.4
Coeficiente Variación (%)	12.3	14.0	16.7
Operativa	22.9	55.9	14.4

Cuadro 16. Dieta utilizada en el desarrollo de la prueba.

	1 a 21 días (Iniciación)	22 a 35 días (Crecimiento)	36 a 42 días (Finalizador)
Ingredientes	Kg		
Sorgo (8.5%)	558.2	569.2	617.1
Soya 46%	354.0	321.0	277.0
Aceite vegetal	35.0	60.0	58.0
Ortofosfato (18/21%)	18.7	15.9	14.1
Carbonato de Calcio 38%	14.8	14.1	13.4
Sal refinada	3.3	2.7	2.7
Metionina	3.8	3.6	3.1
Lisina	3.2	2.1	2.8
Bicarbonato de sodio	2.2	2.0	2.0
Colina 60%	1.0	1.0	0.7
Premezcla Mineral	1.0	1.0	1.0
Premezcla vitaminas	3.0	3.0	2.50
Nicarbazina	0.5	0.0	0.0
Treonina	1.0	0.6	0.8
Antioxidante	0.15	0.15	0.15
Pigmento (20 kg)	0.00	3.0	4.0
Carophil rojo (1%)	0.00	0.003	0.003
Salinomicina	0	0.55	0.55
TOTAL de alimento	1000	1000	1000

Cuadro 17. Análisis calculado de la dieta.

Nutrientes	1-21 días	22-35 días	36-42 días
Proteína Cruda (%)	21.50	20.000	18.500
Calcio (%)	1.00	0.850	0.800
Fosforo Disponible (%)	0.45	0.410	0.390
EM. Kcal./Kg.	3.00	3.147	3.227
Sodio (%)	0.19	0.190	0.180
Cloro (%)	0.30	0.228	0.258
Na+K-Cl	220.06	220.055	192.715
Metionina Digestible (%)	0.48	0.456	0.434
Met + Cistina Digestible (%)	0.79	0.750	0.710
Lisina Digestible (%)	1.10	1.000	0.950
Treonina Digestible (%)	0.70	0.660	0.630