



Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

Área Producción y Salud Animal

**“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS Y SISTEMA
DIGESTIVO UTILIZANDO PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN
MODULADA EN POLLO DE ENGORDA”**

TESIS QUE PRESENTA:

MVZ MAYRA SUJEY AYALA LOPEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MORELIA, MICHOACÁN. MARZO DEL 2020



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

Producción y Salud Animal

**“Evaluación de parámetros zootécnicos y sistema digestivo
utilizando programas de alimentación modulada en pollo de
engorda”**

Tesis que presenta:

MVZ MAYRA SUJEY AYALA LOPEZ

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Director de tesis

Dr. José Arce Menocal

Comité tutorial

Dr. José Herrera Camacho
Dra. Liliana Márquez Benavides
Dr. Ernesto Ávila Gonzales
Dr. Carlos López Coello

MORELIA, MICHOACÁN. MARZO DEL 2020

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por permitirme llegar a cumplir esta etapa académica, sobre todo al lado de mi familia.

Con gratitud a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales por abrirme sus puertas y permitirme adquirir los conocimientos necesarios en beneficio de mi superación, por la ayuda económica brindada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) .

A mi asesor Dr. José Arce Menocal por creer en mí, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar la tesis de licenciatura y maestría, agradezco de corazón todo el apoyo y facilidades que me fueron otorgadas en la granja.

Agradezco al Dr. José Herrera Camacho por su ayuda y apoyo, es un ejemplo a seguir a quien considero una persona educada, optimista y apasionada por su trabajo.

A la mesa sinodal y maestros gracias por trasmitirme sus conocimientos, por haberme dedicado minutos de su valioso tiempo para ayudarme a crecer profesionalmente.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño dedico mi trabajo de tesis a mis padres José Ayala Manríquez y María Salud López Espinoza por su apoyo en todo momento, consejos, alientos para seguir adelante y por los valores que me han inculcado. Mamá este logro obtenido es gracias a ti, por todo tu esfuerzo, trabajo, desvelos y carencias que tuvimos, espero en Dios me alcance la vida para regresarte cada una de las cosas que hiciste por mí, eres la mejor mamá del mundo.

A mis hermanos Ricardo, Germán, Fabiola y Alicia por ser parte importante en mi vida, por su cariño y soportarme en mis momentos de estrés.

A mis sobrinos Jesús, Ali, Naty, Diego, Alexis y Miranda, que son mi impulso para continuar adelante y ser su ejemplo a seguir.

Misael Chávez, sin ti esto no hubiera sido lo mismo, con todo mi amor te agradezco por apoyarme, ayudarme y darme ánimo en todo momento.

A mis compañeros en la granja por toda la ayuda y amistad brindada, a Briseida y Enrique por su ayuda.

A mis amigos por apoyarme, ayudarme, creer en mí y haber hecho de esta etapa un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Producción actual de pollo de engorda en México.....	3
Estirpes de producción en México.....	3
Estirpe Cobb 500	5
Estirpe Ross 308.....	5
Consumo de alimento	6
Alimentación modulada.....	8
Programas de alimentación modulada utilizados en México.....	9
Ventajas y desventajas los programas de alimentación modulada	10
Aparato digestivo	12
Desarrollo intestinal	12
Morfología intestinal.....	13
Anatomía y fisiología del sistema digestivo	18
Desplazamiento de la ingesta y pH intestinal.....	25
Tiempo de tránsito alimenticio intestinal.....	26
Viscosidad intestinal	29
Digestión y absorción de nutrientes	30
Glucosa en sangre	32
Conceptualización del problema científico.....	35
HIPÓTESIS	37
OBJETIVOS.....	37
Objetivo general	37
Objetivos específicos.....	37
MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
Infraestructura y equipo	38
Material biológico.....	38
Manejo	39
Diseño experimental.....	40
Variables evaluadas.....	41
Parámetros zootécnicos.....	41
Parámetros digestivos.....	41

RESULTADOS	44
Parámetros zootécnicos	44
Parámetros digestivos	45
DISCUSIÓN	50
Parámetros zootécnicos	50
Parámetros digestivos	52
CONCLUSIONES	57
Validación de hipótesis	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	68

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Cuadro 1. pH y duración media del tiempo de tránsito del ali.....	28
Cuadro 2. Tratamientos evaluados para cada una de las estirpes.....	40
Cuadro 3. Dietas utilizadas en el desarrollo de la prueba experimental.....	68
Cuadro 4. Composición nutrimental de la dieta.....	69
Cuadro 5. Parámetros ambientales semanales registrados dentro de la caseta durante la prueba.....	70
Cuadro 6. Peso corporal de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	71
Cuadro 7. Consumo de alimento acumulado de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	72
Cuadro 8. Conversión alimenticia en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada	73
Cuadro 9. Porcentaje de mortalidad acumulada de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometidos a diferentes programas de alimentación modulada.....	74
Cuadro 10. Porcentaje de mortalidad acumulada por síndrome ascítico en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometidos a diferentes programas de alimentación modulada.....	75
Cuadro 11. Tiempo de tránsito alimenticio en el sistema digestivo de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	76
Cuadro 12. Mediciones de la morfología de las vellosidades del duodeno en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	77
Cuadro 13. Interacción Estirpe-Tratamiento-Edad de morfología de las vellosidades del duodeno.....	78
Cuadro 14. Mediciones de la morfología de las vellosidades del yeyuno en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	79
Cuadro 15. Interacción Estirpe-Tratamiento-Edad de la morfología de las vellosidades de yeyuno.....	80
Cuadro 16. Viscosidad en yeyuno de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	81
Cuadro 17. Niveles de glucosa en sangre en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308) macho en ayunas sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	82
Cuadro 18. Coeficiente de variación del peso corporal de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada.....	83
Cuadro 19. Costos de producción por concepto de alimento y ave de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), macho sometido a diferentes programas de alimentación modulada	84

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar parámetros zootécnicos y digestivos en dos estirpes de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), sometidos a programas de alimentación modulada para entender cuál puede contribuir a mantener la integridad intestinal. Se utilizaron 2640 pollitos machos de 1 día de edad, mantenidos en investigación hasta los 42 días, se distribuyeron completamente al azar con arreglo factorial 2 (estirpes) x 6 (tratamientos), con 5 réplicas de 44 aves cada una. Los tratamientos fueron: Control, alimento a libre acceso; alimentación modulada, Menos 10%; Menos 20% proporcionando el 100% en la mañana; como el anterior proporcionando 50% en la mañana y 50% en la tarde; modulación del consumo de alimento de forma manual de 7 a 14 días de edad; como el anterior de 14 a 21 días de edad, después a libre acceso. Los datos se analizaron usando análisis de varianza con arreglo factorial y comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), en los parámetros productivos excepto en mortalidad. Las aves con menos 20%, obtuvieron menor peso corporal, mayor coeficiente de variación del peso corporal y costo por kg de carne producidos, todos los programas de alimentación modulada presentaron mejor índice de conversión alimenticia; en el sistema digestivo los programas de menos 20% mostraron mayor viscosidad intestinal, tiempo de tránsito del alimento rápido, menor capacidad de absorción y bajos niveles de glucosa en sangre, reflejándose en mayor coeficiente de variación en peso corporal. La alimentación modulada aplicada en tiempos prolongados mejora el índice de conversión alimenticia a costa de menor ganancia corporal, sin mantener la integridad intestinal predisponiendo a las aves a mayor susceptibilidad a patologías digestivas independientemente de la estirpe.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate zootechnical and digestive parameters in two broiler breeds (Cobb 500 and Ross 308), which were subjected to modulated feeding programs to understand which can contribute to maintaining intestinal integrity. A total of 2640 day-old male chicks, kept in research until 42 days of age, were completely randomized by factorial arrangement 2 (strains) x 6 (treatments), with 5 replicates of 44 birds each. The treatments were: Control, free access feed; modulated feeding, minus 10%; minus 20% providing 100% in the morning; as the previous one providing 50% in the morning and 50% in the afternoon; modulating feed consumption manually from 7 to 14 days of age; as the previous one from 14 to 21 days of age, then free access. Data were analyzed using analysis of variance with factorial arrangement and comparison of means using Tukey's test. Significant differences were observed ($p \leq 0.05$), in productive parameters except in mortality. Birds with less than 20%, obtained lower body

weight, higher coefficient of variation of body weight and cost per kg of meat produced, all modulated feeding programs presented better index of feed conversion; in the digestive system programs of less than 20% showed higher intestinal viscosity, fast food transit time, lower absorption capacity and low levels of blood glucose, reflected in higher coefficient of variation in body weight. Modulated feeding applied in prolonged times improves the feed conversion index at the cost of lower body gain, without maintaining the intestinal integrity predisposing the birds to greater susceptibility to digestive pathologies independently of the lineage.

Palabras Clave

Alimentación modulada, estirpes, integridad intestinal, viscosidad, alimentación programada.

Abreviaturas

UNA Union Nacional de Avicultores

cP Centipoise

HCO₃⁻ Bicarbonato

H₂O Agua

IgA Inmunoglobulina A

kg Kilogramo

m metros

mg/dL miligramos por decilitro

mm milímetros

msnm metros sobre el nivel del mar

MTM Millones de toneladas métricas

MXN Peso mexicano

Pág Página

pH Potencial de hidrógeno

Poultry CRC Centro de Investigación Cooperativa de Aves de Corral

ppm Partes por millón

rpm Revoluciones por minuto

SA Síndrome ascítico

STR Síndrome de tránsito rápido

TTI Tiempo de tránsito intestinal

µm² Micra cuadrada

µm Micra

°C Grados Celsius

INTRODUCCIÓN

La avicultura juega un papel importante en la alimentación humana, en México la carne de pollo es la que más se consume (32.5 kg *per-cápita*), por ser una fuente de proteína de origen animal de alta calidad, y relativamente económica comparada con la carne de cerdo y bovino (UNA, 2019). En los últimos años, en Latinoamérica la avicultura ha tenido un crecimiento anual de 4% en la producción de pollos de engorda, debido a los avances tecnológicos que se han realizado principalmente en selección genética y nutrición (Ruiz, 2018); obteniendo actualmente ciclos de producción de 42 días de edad, incrementando el peso corporal en aproximadamente 40 g cada año, lo que ha provocado cambios en los perfiles de nutrientes y en los sistemas de alimentación para cubrir los requerimientos nutricionales. Las necesidades nutritivas y los sistemas de alimentación han ido de la mano de la evolución genética del pollo de engorda a través del tiempo, modificado significativamente todos los esquemas para su producción, los cambios y tipos de alimento deben estar relacionados obviamente con el desarrollo corporal, para lograr la productividad competente, incluyendo los programas de modulación del consumo de alimento para mejorar el índice de conversión alimentaria y como paliativo para el control de algunas alteraciones metabólicas; programas de modulación que muchos productores utilizan como una práctica rutinaria (Yu y Robinson, 2016). Estos conceptos han propiciado que en la industria de la alimentación animal, los nutricionistas y los productores de alimentos sean más conscientes de la necesidad de optimizar las funciones del aparato digestivo involucrando los procesos de digestión y absorción de nutrientes, barrera intestinal (primera línea de defensa) y su para eficientar el proceso digestivo y respuesta inmune con el objetivo de obtener mayores beneficios en la productividad del animal (Geiger *et al.*, 2018).

Hoy en día la utilización de programas de alimentación modulada en el pollo de engorda es una práctica común para obtener beneficios sobre la disminución de la mortalidad, menor deposición de grasa corporal y la incidencia de problemas osteológicos; así como para mejorar índice de conversión alimentaria y disminuir los costos de producción (Omozebi *et al.*, 2014; López *et al.*, 2018).

No obstante que existen estudios sobre el uso de programas de alimentación modulada en pollo de engorda, aún el efecto que tienen sobre el sistema digestivo no está del todo definido, por ser un sistema complejo por la gran cantidad de factores que participan en su funcionamiento, ya que durante las diferentes fases de crecimiento del desarrollo del individuo, la función y desarrollo de los tejidos y glándulas que lo integran pueden verse modificados de forma benéfica o adversa por factores de tipo dietarios, manejo, medio ambientales e infecciosos (López *et al.*, 2011). El diseño de programas apropiados de nutrición y alimentación requiere de conocer a fondo la anatomía y la fisiología del tracto gastrointestinal del pollo de engorda. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes programas de alimentación modulada durante la crianza del pollo de engorda en dos estirpes comerciales así como el modelo de alimentación que puede contribuir a mejorar la integridad del sistema digestivo para obtener los beneficios en los parámetros zootécnicos y económicos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción actual de pollo de engorda en México

La avicultura es considerada la principal actividad pecuaria transformadora de proteína vegetal a animal, representando el 63.3% de la producción pecuaria (39% carne de pollo) en México, donde 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta productos avícolas, siendo la carne de pollo la que más se consume (32.5 kilogramos *per-cápita*) por su precio relativamente menor comparado con el de cerdo y res, alto contenido nutricional y versatilidad en su preparación y consumo (UNA, 2019).

Así mismo, México ocupa el sexto lugar en producción de pollo con 3.5 millones de toneladas métricas (MTM), detrás de países como: Estados Unidos (19.3 MTM), Brasil (13.3 MTM), China (11.7 MTM), India (4.8 MTM) y Rusia (4.7 MTM) (UNA, 2019). Brasil y México representan más de dos tercios de la producción de pollo de engorda (51.2 y 14.5%, respectivamente) de la producción Latinoamericana (Ruiz, 2018).

En los últimos años la avicultura ha tenido un crecimiento anual de 2.16%, en México la producción creció 21.6% del 2008 al 2018 (UNA, 2019; Ruiz, 2018).

Las entidades del país con mayor producción de carne de pollo son: Veracruz, Aguascalientes, Querétaro, La Laguna (Coahuila y Durango), Jalisco, Puebla, Chiapas, Guanajuato, Yucatán, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Nuevo León, San Luis Potosí, Michoacán y Sinaloa (UNA, 2019).

Estirpes de producción en México

En Latinoamérica se carece de núcleos genéticos por lo que se importa progenitores y reproductores como material genético de Estados Unidos, Francia e Inglaterra (Castañeda, 2017).

Las compañías de mejoramiento genético suministran todo aquel material para la producción avícola comercial. Los pollos de engorda producidos en las granjas comerciales son híbridos y el nombre de la estirpe genética corresponde a la empresa que las produce, las líneas de pollo de engorda están basadas en el

cruzamiento de diferentes razas, utilizándose normalmente White Plymouth Rock o New Hampshire en las líneas madres y White Cornish en el linaje de los padres. De la primera línea se concentran las características reproductivas de fertilidad y producción de huevos y la segunda aporta las características de conformación típicas de un animal de carne: tórax ancho y profundo, patas separadas, buen rendimiento de canal y alta velocidad de crecimiento (Afanador, 2008; Ruiz, 2013).

Si se cruzan entre sí dos líneas puras (agrupación de animales de una raza seleccionadas para resaltar uno de sus caracteres), sin ningún parentesco en al menos tres generaciones, se obtiene lo que en avicultura se conoce como estirpe (Caravaca *et al.*, 2003; Villena, 2008).

Los avances en la genética se han centrado en mejorar los parámetros productivos particularmente a un menor costo y en un menor tiempo de producción, sin dejar atrás la calidad de carne como son entre otros aspectos, el rendimiento de canal, rendimiento de la pechuga, la textura, y la cantidad de grasa. Por lo anterior los pollos modernos son seleccionados no solo para que tengan un crecimiento acelerado, sino para satisfacer las demandas del consumidor; como son la excelente calidad de carne a un precio relativamente económico (Ruiz, 2013).

Características generales deseables en las estirpes de pollo de engorda

- Rápido crecimiento
- Mínimo índice de conversión alimentaria
- Conformación corpórea redondeada
- Plumaje blanco pigmentación amarilla de piel y tarsos
- Alto rendimiento de la canal
- Baja mortalidad
- Resistencia a enfermedades
- Baja incidencia de Síndrome ascítico
- Fortaleza del aparato locomotor

(Quintana, 2011).

La curva de crecimiento es diferente entre las distintas líneas genéticas de pollos de engorda. El mejoramiento genético demanda una actualización de los programas de alimentación que necesariamente deben integrar la capacidad para utilizar los ingredientes de acuerdo a la estirpe, edad de los animales, metas de producción establecidas, densidad nutritiva de las dietas y consumo de alimento para las diferentes fases (López *et al.*, 2005).

En México de las 10 empresas líderes en producción de pollo de engorda en ocho de ellas utilizan estirpes Ross y Cobb, siendo las líneas genéticas de mayor comercialización en el país (Ruiz, 2018).

Estirpe Cobb 500

La estirpe Cobb tuvo sus inicios en 1916, pero hasta 1940 la compañía empezó a desarrollar las aves blancas, las White Rocks, que junto con el macho Vantress sirvieron de fundamento para el Cobb 500 de hoy en día (Hardiman, 2011).

De acuerdo al manual de Cobb-Vantress, (2018), los machos de esta estirpe a los 42 días de edad pueden alcanzar un peso de 3.147 kg, con una ganancia de peso diario promedio de 74.9 g en la sexta semana de vida; tienen índice de conversión alimentaria acumulada de 1.59 con un consumo de alimento acumulado de 4.999 kg.

Algunos autores (Flores, 2012; Valdiviezo, 2012), consideran que es una estirpe precoz que adquiere peso de forma rápida, lo que permite un procesamiento a temprana edad; es voraz, de temperamento nervioso, susceptible a altas temperaturas y con una amplia conformación muscular especialmente en la pechuga; sin embargo, el desempeño productivo puede variar de un lugar a otro siendo influenciada por factores como las condiciones geográficas (clima y altitud), situación sanitaria, aspectos de manejo, nutrición y alimentación.

Estirpe Ross 308

El pollo de engorda Ross se caracteriza por tener una natural mayor resistencia a las enfermedades metabólicas como los síndromes ascítico (SA), y de muerte súbita. Es una estirpe fuerte y robusta, con una buena respuesta productiva en climas donde hay marcadas amplitudes térmicas y de humedad, así como en alturas sobre el nivel del mar medias donde hay menor concentración de oxígeno (Industria avícola, 2018).

Considerada una estirpe de buen desarrollo, tasa de crecimiento, índice de conversión alimenticia, rendimiento de canal, por lo que satisface las necesidades de los avicultores que requieren versatilidad para producir toda una gama de productos como pollo entero, porciones o cortes para procesamiento (Juárez, 2003; DANE, 2016). Estos pollos de engorda se han seleccionado para presentar una menor incidencia de alteraciones del sistema locomotor y hacia el síndrome ascítico (Seiden, 2008).

Consumo de alimento

Debido a que los costos de alimentación representan hasta el 70% del costo total de producción y considerando el efecto que tiene en la eficiencia de los sistemas de producción avícola, la selección genética se ha centrado en mejorar el índice de conversión alimentaria, optimizando el peso corporal, rendimiento de canal, integridad del sistema locomotor y prevención de síndromes metabólicos (Howie *et al.*, 2011). No obstante, los reproductores del pollo de engorda exhiben hiperfagia con una alimentación a libre acceso, por lo que utilizar programas de alimentación modulada es indispensable durante su producción para el control de peso, modular el desarrollo ovárico y disminuir mortalidad, sin embargo, existen poca información sobre la identificación y caracterización de genes específicos implicados en la regulación del apetito; el porcentaje de heredabilidad del consumo de alimento reportado en el pollo de engorda es alto, cerca del 70 % y el 30% restante es atribuido al manejo (North, 1983; Richards *et al.*, 2010).

Howie *et al.*, (2009) al evaluar diferentes líneas genéticas resultantes de diferentes niveles de selección para la tasa de crecimiento, no encontraron evidencia que afecte el comportamiento del consumo de alimento.

Aunque se han estudiado teorías fisiológicas acerca de la regulación del apetito en mamíferos, existe poca información en aves debido a que la regulación de la ingesta de alimento y el gasto de energía para lograr el equilibrio energético responde en gran medida a señales ambientales externas (disponibilidad de alimento, factores sensoriales, fotoperiodo, temperatura, estresores), señales fisiológicas internas (hormonas, depósitos de energía, concentración de nutrientes y metabolitos) (Grenat, 2006).

Señales ambientales externas:

- Disponibilidad de alimento: El pollo de engorde moderno, seleccionado para un crecimiento rápido y un mayor depósito de masa muscular no regula adecuadamente la ingesta voluntaria de alimento para lograr el equilibrio energético, cuando se les da alimento a libre acceso presentan acumulación excesiva de reservas energéticas (grasas), lo que hace que estas aves sean propensas a la obesidad y problemas relacionados con la salud (Richards, 2003).
- Factores sensoriales: Incluye el reconocimiento, precisión e ingestión del alimento; los pollitos no consumen alimento fácilmente si no lo reconocen por medios visuales, además de que tienen preferencia sobre ciertos colores como el naranja del espectro visual, y tamaño de la partícula del alimento o ingrediente, una vez que consumen alimento de cierta forma de partícula es necesario un grado de adaptación si se les proporciona otra diferente (Grenat, 2006).
- Fotoperiodo: El consumo de alimento de las aves a libre acceso regularmente es a lo largo del día; sin embargo, se puede observar un aumento en la ingesta al principio y al final del periodo de luz. Por otro lado, bajo condiciones de luz continua, el patrón de consumo es constante, sin importar la hora (Quishpe, 2006).
- Temperatura: El principal factor ambiental que controla la ingesta de alimentos es la temperatura ambiente. Las aves son homeotérmicas, el rango de temperatura promedio óptima para el rendimiento general de un

pollo emplumado es de 20 °C, una disminución provoca que el ave genere más calor y tienda a aumentar la ingesta de alimento, por otro lado, en condiciones calurosas las aves tienen limitaciones de disipar el calor asociado a la actividad metabólica normal, por lo que aumentan las necesidades de energía de mantenimiento (Ferket y Gernat, 2006).

- Estresores: Los cambios ambientales de temperatura y humedad dentro de la caseta de producción generan una respuesta; temperatura y humedad alta, originan el estrés calórico que deprime el consumo de alimento en un 20% aproximadamente (Díaz *et al.*, 2016), mientras que un descenso de la temperatura incrementa el consumo de la ración (Farfán, 2010).

Señales fisiológicas internas

- Hormonas: El control del consumo de alimento a corto plazo implica señales hormonales que se originan principalmente en el intestino y se generan en respuesta a la presencia de alimento o nutrientes, que envían señales específicas al hipotálamo existiendo estimuladoras del apetito (Neuropéptido Y, Proteína relacionada con Agouti, Péptido YY, Polipéptido Pancreático, Galanina y Visfatin) e inhibitoras del apetito (Hormona Estimuladora de Melanocitos α , Leptina, Grelina, Insulina, Colecistoquinina bombesina, y Gastrina), (Richards, 2010).
- Depósitos de energía: La hormona Leptina se sintetiza en el tejido adiposo, en el hipotálamo activa neuronas liberadoras de hormona de melanocitos α que produce sensación de saciedad (Ferket y Gernat, 2006).
- Nivel de nutrientes y metabolitos: el desequilibrio de aminoácidos en la dieta causa disminución en el consumo de la ración, el triptófano tiene un efecto importante sobre el apetito al limitarlo. Las deficiencias marginales de vitaminas y minerales en la dieta pueden estimular el consumo, mientras que un exceso produce rechazo al alimento (Quishpe, 2006).

Alimentación modulada

La alimentación modulada se refiere a programas que se caracterizan por proporcionar a las aves una menor cantidad de alimento en los comederos,

dejando el consumo a libre acceso. Los primeros programas de alimentación modulada utilizados en el pollo de engorda como un paliativo para el control del síndrome ascítico, fueron desarrollados comercialmente en México a principios de 1980 en reproductoras pesadas por el Dr. Jesús Estudillo, y evaluados experimentalmente en pollos de engorda (López, 1982), en ambos casos se encontraron beneficios en disminución de la mortalidad e índice de conversión alimenticia, pero con la desventaja de menor ganancia de peso. Posteriormente, Arce y col. (1996), comenzaron a trabajar con programas de alimentación a grandes altitudes sobre el nivel del mar, obteniendo resultados satisfactorios en el control del problema, desarrollado programas de restricción de tiempo de acceso al alimento a edades tempranas, siendo hoy en día una de las medidas más aceptadas y utilizadas por los avicultores.

Actualmente la aplicación de programas de alimentación modulada se estudia y aplica para observar el comportamiento de diferentes criterios de selección, como porcentaje de grasa abdominal, peso corporal compensatorio e índice de conversión alimentaria. Sin embargo, existen beneficios secundarios como la disminución de los problemas locomotores; como deformaciones óseas y problemas de patas, así como para el control de enfermedades metabólicas (Omosebi *et al.*, 2014).

Butcher (2003), señala que la modificación de la velocidad de crecimiento hace atractivo su implementación en los programas de alimentación, y al mismo tiempo demuestra la importancia del desarrollo del sistema digestivo en la primera semana de vida y refuerza el hecho de que los programas alimentación modulada no se hacen en edades tempranas sino normalmente después de los 14 días de edad, y en cierta forma el hecho de que es más importante la ganancia de peso pudiendo tener buenos parámetros sin que necesariamente se presente mortalidad elevada por el síndrome ascítico.

Programas de alimentación modulada utilizados en México

Los programas de alimentación se pueden dividir clasificar en dos categorías:

Método Cualitativo: Consiste en usar bajos niveles de proteína y energía, que pueden ser a través de formulación o bien una dilución con grano a la dieta. Este método es poco utilizado en la industria ya que no ha sido contundente en bajar la mortalidad por el síndrome ascítico, y existe una respuesta negativa hacia el índice de conversión alimentaria (Rahimi *et al.*, 2016).

Método Cuantitativo: Se refiere a modular el consumo de alimento y que puede ser limitando el tiempo de acceso al alimento en forma manual, disminuir la cantidad de alimento servido, y a través de formas alternas del fotoperiodo, incluyendo el uso de químicos que suprimen el consumo de alimento, como la adición a las dietas de ácido glicólico, o dosis altas de triptófano en el alimento, estos dos últimos solamente han sido aplicados bajo condiciones experimentales (López, 2005).

El método cuantitativo de modulación del consumo de alimento contempla diferentes variantes:

- Modulación del consumo de alimento durante un periodo definido, inicia cuando el porcentaje de mortalidad por síndrome ascítico presenta un incremento y se mantiene comúnmente por 15 días para continuar con la alimentación a libre acceso.
- Restricción desde la etapa de iniciación (iniciando entre los 14 o 21 días de edad), hasta el final del ciclo, generalmente el consumo de alimento es cercano al 90% del que se tuviera a libre acceso.
- Restricción con un periodo de “crecimiento compensatorio”, se modula el consumo del alimento durante la mayor parte del ciclo de producción y se deja a libre acceso los últimos siete días de este (Valdiviezo, 2012).

Ventajas y desventajas los programas de alimentación modulada

Estarán en función de un programa integral de sanidad, manejo y condiciones de alojamiento adecuado y de su aplicación en tiempo y forma.

Ventajas

- La reducción de los problemas metabólicos y alteraciones del aparato locomotor, que se traduce en una menor mortalidad y decomisos asociados a estos aspectos (Omosebi *et al.*, 2014).
- Existe también una disminución del índice de conversión alimenticia, debido a una reducción del contenido energético para el mantenimiento asociado a un menor peso corporal (tasa metabólica basal). Estudios han demostrado que las aves alimentadas a libre acceso están consumiendo de 2 o 3 veces más energía que la necesaria para su mantenimiento (Butzen, 2015).
- La disminución de la grasa abdominal, relacionada a una menor cantidad de adipocitos, asociada a una menor actividad de la lipogénesis (Omosebi *et al.*, 2014).

Desventajas

- Disminución del peso corporal, existiendo una mayor predisposición a canibalismo, buche penduloso, baja y desuniformidad en la pigmentación y peso corporal, así como lesiones en la piel (Mark, 2002)
- Desbalance del consumo de agua: alimento que existe cuando las aves están sometidas a un programa de modulación del consumo de alimento (López *et al.*, 2011)
- Incremento en la humedad de la cama que predispone a mayor incidencia de pododermatitis plantar y bursitis de la quilla (Espinoza, 2013).

Aparato digestivo

Desarrollo intestinal

El desarrollo del tejido intestinal del pollito comienza desde la incubadora, con la segmentación después de ocurrida la fertilización del huevo en el oviducto, en donde se forman dos surcos: uno vertical en el blastodisco y otro de forma perpendicular al primero para producir el área del blastodisco, en donde se comienza a formar la blástula y queda formado el blastocele (Pérez, 2012).

Una vez expulsado el huevo de la cloaca, a partir del blastodermo (capa de células que rodea al blastocele) se forman dos capas mediante un proceso llamado gastrulación: la capa superior de las células llamada ectodermo y el inferior endodermo; en seguida se inicia la formación entre estas dos capas de una tercera llamada mesodermo (Warin, 2008).

Del ectodermo se formará el sistema nervioso, ciertas partes de los ojos, las plumas, el pico, las uñas y la piel; el endodermo dará origen al aparato respiratorio, digestivo, hígado y páncreas; a partir del mesodermo se desarrollará el sistema óseo, muscular y circulatorio, así como los órganos reproductores (Pérez, 2012).

El sistema digestivo empieza su formación a partir del cuarto día de incubación, cuando comienza la formación del estomodeo (futura cavidad bucal) y lengua del embrión; al quinto día empieza la formación de la molleja y el proventrículo; sexto día inicia la formación del pico observándose una estructura denominada diamante del pico; para el noveno día de incubación el embrión tiene forma de ave y se observa la abertura bucal; para el día 15 el intestino comienza a penetrar al interior de la cavidad abdominal; el día 18 de incubación el embrión ha completado su crecimiento, comienza la absorción de la yema junto con la entrada del saco vitelino en la cavidad abdominal (vestigio en el intestino de los pollitos llamado divertículo de Meckel), el cual se incorpora totalmente hasta el día 20 para comenzar la cicatrización del ombligo (Plano y Di Matteo, 2001).

El sistema digestivo del pollito muestra el máximo peso relativo entre los 3 y 8 después del nacimiento, lo que hace que el tracto gastrointestinal, bajo condiciones normales, se desarrolle más rápido con relación al resto de los tejidos del cuerpo. Las microvellosidades intestinales en el duodeno alcanzan su mayor volumen relativo a los 4 días de edad, mientras que el yeyuno e íleon, llegan a su punto máximo hasta los 10 días de edad (Barrera *et al.*, 2014). El hígado crece a una velocidad dos veces mayor que el cuerpo durante la primera semana de vida, mientras que en el páncreas ocurre a una velocidad de cuatro veces más que la del cuerpo durante el mismo periodo. A pesar que el hígado desarrolla bastante temprano, la producción de la bilis, esta aumenta más lentamente, siendo deficiente durante la primera semana de vida, alcanzando su nivel adecuado de producción hasta la cuarta semana de edad por lo que el sistema digestivo del pollito es poco eficiente para digerir proteínas y grasa, durante los primeros 10 días de edad. Durante este periodo se da un desarrollo estructural y funcional de todos los órganos que repercutirá a lo largo del ciclo de producción (Betancourt, 2017).

El desarrollo del intestino puede limitar el crecimiento del ave durante la primera semana de vida, este desarrollo puede ser afectado tanto por una alimentación acelerada como también por la restricción del consumo de alimento por ingredientes en la dieta como antibióticos y por la propia microbiota intestinal (Cárdenas, 2013).

Morfología intestinal

Cada órgano tubular del sistema digestivo presenta características funcionales específicas, resultantes de especializaciones estructurales en una o más de sus capas. La estructura del sistema digestivo de las aves sigue, como en los mamíferos, un modelo básico, constituido por cuatro tunicas o capas concéntricas, con características histológicas y funcionales distintas, denominadas de la luz tubular hacia la periferia del órgano como mucosa, submucosa, muscular y serosa (Rebollar, 2002).

Mucosa

La mucosa participa directamente en el proceso de absorción de nutrientes, en donde están implicados los pliegues, las vellosidades, microvellosidades y criptas intestinales (Castillo y Pacheco, 2016).

Las vellosidades son proyecciones digitiformes de la mucosa, que se extienden en el lumen del intestino como dedos flexibles; vasos linfáticos, capilares, haces de fibras musculares lisos, tejido nervioso y otras células que ocupan el núcleo de cada vellosidad (Figura 1). Estas tienen la función de proporcionar un aumento de la superficie de absorción de los nutrientes que a su vez está influenciada por el área superficial disponible por ello, mientras más vellosidades mejor es la absorción (Castillo y Pacheco, 2016). La altura y el perímetro de las vellosidades se incrementan desde el 14 día de incubación hasta el día 7 posteclosión. El volumen de las vellosidades tiene un pequeño cambio en los 2 días después de la eclosión, pero se aumenta significativamente en todos los segmentos entre el día 4 y 14 de edad del pollito; sin embargo, la tasa de crecimiento es diferente en cada uno de los segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), debido a que el incremento en el duodeno va hasta el día 7, mientras que en el yeyuno e íleon el tamaño de la vellosidad aumenta hasta el día 14 de edad (Jaramillo, 2011).

Cada vellosidad está forrada con células epiteliales (enterocitos) que están diferenciados de acuerdo a su localización; los que se encargan de absorber fluidos y nutrientes se encuentran en la punta, de secretar electrolitos y fluidos en los costados y cripta, regenerar y reemplazar células dañadas o aquellas que se hayan perdido en la cripta de Lieberkühn (Cunningham y Bradley, 2009).

Los pliegues llamados también pliegues circulares o válvulas de Kerckring, están constituidos por la mucosa y la submucosa, y se encuentran en el extremo proximal del duodeno (Poultry CRC, 2015).

Las criptas intestinales están formadas por invaginaciones tubulares de la mucosa, (Figura 1); mientras que las microvellosidades se localizan en el borde apical de los enterocitos (Poultry CRC, 2015). Las criptas de Lieberküm (estructura similar a las glándulas) presentan una división celular en sus bases y estas células indiferenciadas cuando maduran pueden reemplazar a las que se descaman (Angulo, 2009).

La mucosa está constituida por 3 estructuras: epitelio, lámina propia y una muscular de la mucosa de tejido muscular liso (Boaro, 2009).

Epitelio

Reviste la mucosa por un epitelio simple cilíndrico, formando una capa celular continua sobre las vellosidades y las criptas (Boaro, 2009).

Está constituida por cinco tipos celulares: enterocitos, células caliciformes, células de Paneth, células enteroendocrinas y células madre pluripotenciales (Salazar *et al.*, 2013).

Enterocitos: son las principales células del intestino tapizan la superficie luminal desde la base hasta la punta de las vellosidades, recubiertas por una estructura filamentosa que desempeña funciones de protección llamada glucocáliz. Su función es la absorción de nutrientes (Díaz, 2006).

Células caliciformes: se localizan en el epitelio de las vellosidades como en las criptas; su función es producir mucina, que asociado con el glucocáliz crean una capa viscoelástica en la pared intestinal para restringir la difusión de los

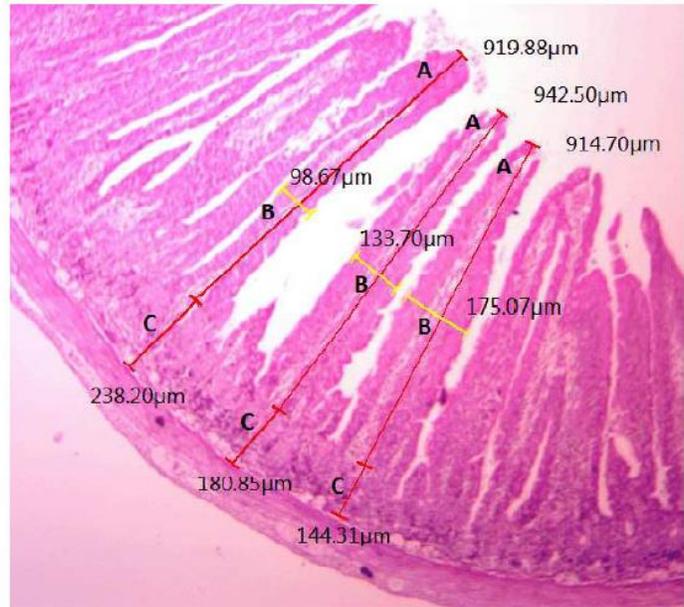


Figura 1. Ejemplo de la morfología intestinal del pollo de engorda con un corte histológico de duodeno de cuyo. Se muestra los puntos de referencia para la medición de largo (A) y ancho (B) de vellosidades intestinal y la profundidad (C) de las criptas de Lieberkühn, 10x (Puente *et al.*, 2019).

compuestos de alto peso molecular. La mucina lleva los nutrientes a la superficie de absorción y protege a las enzimas asociadas con la degradación del lumen de la mucosa por enzimas pancreáticas (Rebollar, 2002).

Células de Paneth: se encuentran en el fondo de las criptas, aisladas o formando pequeños grupos, contienen abundantes gránulos de secreción acidófilos que contienen lisozima y péptidos de acción antibacteriana, implicados en la defensa de la mucosa intestinal (Gutiérrez, 2014).

Células enteroendocrinas: se encuentran principalmente en las criptas, producen hormonas peptídicas tales como gastrina, colecistoquinina, secretina, polipéptido inhibidor gástrico y monoaminas biogénicas que son sustancias que participan en la regulación de la digestión y absorción de nutrientes (Díaz, 2006).

Células madre pluripotenciales: constituyen el tercio inferior de las criptas, migran hacia el vértice de la vellosidad haciendo que sus microvellosidades se alarguen, se hagan más numerosas y regulares para que desarrollen la dotación enzimática necesaria para la digestión y absorción (Gutiérrez, 2014).

Los capilares sanguíneos de la mucosa de las vellosidades son muy permeables y drenan hacia la vena porta por medio de vasos mesentéricos pequeños, los capilares linfáticos de la mucosa y de las vellosidades drenan a grandes vasos linfáticos llevando productos generados en los enterocitos después de la absorción de los productos finales de la digestión de los lípidos (Angulo, 2009).

Lámina propia

Es una red estructural que estabiliza el epitelio y contiene fibras nerviosas, así como una abundancia de células inmunes, incluyendo células plasmáticas (IgA secretor), linfocitos T (generalmente CD4 +), macrófagos, eosinófilos, mastocitos y células dendríticas, cuyo número tiende a incrementar con la edad. El epitelio de las vellosidades y de las criptas se encuentra separado por la lámina propia de la

membrana basal. Está formada por una red de tejido conectivo laxo, que ocupa el centro de las vellosidades y territorio entre las criptas (Castillo y Pacheco, 2016).

Submucosa

La submucosa está constituida de tejido conjuntivo moderadamente denso y tal como la mucosa, pueden contener glándulas que abren sus conductos en la luz intestinal. Es una vía por la que atraviesan capilares, vasos de mayor calibre sanguíneo y linfáticos, estos drenan y dan nutrientes a la mucosa y túnica muscular externa (Gutiérrez, 2014).

La inervación de los intestinos está dada por un componente extrínseco (fibras simpáticas y parasimpáticas) y otro intrínseco dado por agrupaciones de neuronas que conforman en la submucosa, el plexo de Meissner o submucoso, y el plexo mientérico, muscular o de Auerbach (Díaz, 2006).

Muscular

La túnica muscular posee, en general, dos capas de músculos lisos, la capa interna está formada por fibras musculares dispuestas de forma circular al tracto digestivo, su contracción alarga y constringe el intestino. La capa externa está constituida de fibras musculares dispuestas longitudinalmente. Ambas están unidas por tejido conectivo rico en fibras elásticas donde se sitúa el plexo nervioso mientérico o de Auerbach. La acción coordinada de estas dos capas promueve la peristalsis (Cañedo, 2017).

El control nervioso de las actividades funcionales del sistema digestivo como la peristalsis, mezcla, digestión y absorción, es realizado por dos plexos nerviosos ganglionares del sistema nervioso autónomo: el plexo de Meissner, que alcanza la submucosa y el plexo de Auerbach, localizados entre las capas musculares de la túnica muscular (Borao, 2009).

Musculares mucosae

Es una banda delgada compuesta por dos finas capas de fibras musculares lisas perpendiculares entre sí, tiene por función controlar los movimientos que son independientes de los de la túnica muscular (Castillo y Pacheco, 2016).

Serosa

La túnica serosa, a su vez, está formada de tejido conjuntivo envuelto por mesenterio, con excepción de la porción cervical del esófago. La serosa se corresponde con la hoja visceral del peritoneo (Cañedo, 2017).

Anatomía y fisiología del sistema digestivo

El sistema digestivo de las aves es el conjunto de secciones (cavidad oral, esófago, buche, proventrículo, molleja, intestino delgado, ciegos, intestino grueso y termina en la cloaca) y glándulas anexas (páncreas e hígado), que tiene la función de prensar, deglutir y digerir los alimentos transformándolos en nutrientes asimilables para que éstos sean transportados por la sangre a los tejidos del cuerpo (Vaca, 2003). Por su tamaño, representa una superficie de interacción muy extensa entre el medio ambiente externo y el ave ya que es el punto de entrada para una gran variedad de agentes etiológicos de gran impacto de salud, inmunológico y económico en la avicultura, por ello el ave destina cerca del 75% de su inmunidad al tracto gastrointestinal (Gómez *et al.*, 2010).

En el intestino se encuentra la mayor parte de las células linfoides con el fin de brindar inmunidad, la mucosa intestinal está formada por anticuerpos IgA. Esta barrera tiene como objetivo impedir la adherencia de patógenos a la pared intestinal y eliminar bacterias mediante una acción citotóxica (Betancourt, 2017).

La longitud y el peso del intestino delgado, hígado, páncreas, molleja y proventrículo aumentan significativamente la primera semana de vida. El páncreas, duodeno y yeyuno se desarrollan, en proporción, más rápidamente que el hígado y el íleon. El desarrollo del aparato digestivo es mucho más rápido que el del resto del organismo (Chávez, 2016).

Cavidad oral

La cavidad oral está formada por el pico, revestido por un estuche córneo epidérmico muy duro denominado ranfoteca. En las aves sustituye a los labios, carrillos y dientes de los mamíferos (Cano, 2018).

La cavidad oral y la faringe de las aves forman una cavidad común llamada orofaríngea, debido a que estas carecen de paladar blando y nasofaringe, se caracteriza por la existencia de un largo paladar duro, la mucosa tiene un epitelio escamoso estratificado sin queratinizar que contiene un gran número de crestas que se extienden longitudinalmente por el paladar y papilas que se dirigen caudalmente (Getty, 2005).

En la submucosa del paladar existen glándulas salivales maxilares y palatinas pares, las primeras están unidas a la línea media en la parte rostral del tercio medio del paladar, las glándulas palatinas se agrupan en la zona medial y lateral (Getty, 2005).

La mucosa del suelo de la cavidad oral tiene un epitelio escamoso estratificado, en la submucosa existen glándulas salivales submandibulares pares (Getty, 2005). En en la cavidad oral se encuentran dos glándulas mandibulares una anterior y otra posterior, la glándula palatina, angular, maxilar posterior y cricoaritenoides (Also, 2017).

La lengua posee en su parte posterior, una hilera o cresta de papilas filiformes o cónicas dirigidas hacia atrás, ayudan a empujar los alimentos hacia la faringe o abertura del esófago y actúan como una barrera para el filtrado del alimento. La mucosa de la lengua tiene un epitelio escamoso estratificado (Vaca, 2003).

La secreción de saliva es pequeña, 7 a 30 ml en 24 horas, contiene enzimas como la amilasa o ptialina, que actúan sobre carbohidratos; sin embargo, debido a que el alimento es retenido por corto tiempo en la cavidad la hidrólisis en esta área es muy limitada (Rebollar, 2002).

En la región oral el primer proceso es la aprensión de los alimentos e introducción en la boca acción que ejerce el pico, seguido en la cavidad oral, mezclado con saliva, se deglute el alimento y por gravedad o presión negativa progresará hacia el esófago (Angulo, 2009).

Esófago

Es un conducto tubular elástico, además que tiene la propiedad de extenderse; tiene unos músculos longitudinales en la parte externa y circulares en la parte interna, está compuesto por un epitelio escamoso estratificado con glándulas mucosas, recibe inervación vagal y su función es lubricar los alimentos (Rodríguez *et al.*, 2016).

Buche

El buche es una dilatación del esófago, se encuentra afuera de la cavidad torácica, actúa como órgano de almacenamiento temporal del alimento en donde es ablandado por el efecto de maceración y acción de la ptialina proveniente de la saliva de la cavidad oral (Vaca, 2003). En el buche no se producen enzimas, algunos investigadores señalan la presencia de enzimas y que se produce la digestión del almidón, sin embargo, estas podrían ser de origen exógeno, o bien, provenir del duodeno y proventrículo, resultado de la regurgitación (Sturkie, 1998). En la unión del esófago con el estómago glandular, existe una acumulación linfoglandular que forma una amígdala esofágica (Almirón, 2014).

Estómago glandular

También llamado proventrículo es un órgano fusiforme. Tiene dos capas musculares y cubiertas por una membrana mucosa, la cual contiene glándulas gástricas que contienen una sola clase de células que secretan el ácido clorhídrico y la pepsina, las cuales actúan sobre las proteínas (Vaca, 2003).

Su principal función es la de secreción, las células principales contienen cantidades variables de gránulos de pepsinogeno, dependiendo del estado de digestión. Estos gránulos aumentan durante el ayuno y decrecen inmediatamente después de comer. La acción del jugo gástrico continúa después de que el alimento ha pasado a la molleja donde es molido (Rodríguez *et al.*, 2016). El alimento permanece poco tiempo en el proventrículo por lo que la digestión en ese órgano es poca (Rebollar, 2002).

Estómago muscular

El estómago muscular también llamado molleja está situada inmediatamente después del proventrículo, es relativamente de gran tamaño en proporción al cuerpo del ave. Está compuesta por los pares de músculos delgados y músculos gruesos que al unirse forman un órgano esferoide aplanado en sus lados (Vaca, 2003). Los cuatro están formados de un músculo liso circular proveniente de una aponeurosis central, cubiertos en la luz del tubo digestivo de un epitelio interno queratinizado, llamado cutícula. Estos músculos actúan como órgano de masticación, con sus repetidas contracciones, ejercen presión sobre los alimentos, quebrándolos en pequeñas partículas mezclándolas con los jugos gástricos (Rebollar, 2002).

El alimento contenido en la molleja tiene cerca de un 50% de agua, se encuentra la enzima pepsina, procedente del proventrículo; sin embargo, la molleja no secreta enzimas, la digestión ocurre por enzimas secretadas en el proventrículo (Rodríguez *et al.*, 2016).

Intestino delgado

En las aves el intestino delgado ocupa la porción caudal de la cavidad corporal y es la porción más larga del sistema digestivo, se extiende desde el estómago muscular hasta los ciegos, se subdivide en duodeno, yeyuno e íleon, es paso obligado de los nutrientes que sirven de base para el metabolismo, el crecimiento y mantenimiento. Su función es la asimilación de nutrientes, mantenimiento de una barrera protectora contra las infecciones microbianas y virales además de realizar la función peristáltica que empuja el material no digerido hacia los ciegos y recto (Gauthier, 2005).

La motilidad de intestino es por movimientos pendiculares, contracciones y peristaltismo que proporcionan acciones de mezcla y avance del contenido intestinal a través del intestino (Angulo, 2009).

Duodeno

Duodeno es donde se lleva la mayor absorción de nutrientes, localizado inmediatamente después del proventrículo o estómago muscular, constituido por

una porción proximal descendente y una distal ascendente, entre las cuales queda localizado el páncreas (Cañedo, 2017). En la porción ascendente, se abren los conductos biliares y pancreáticos, que conducen los jugos biliares y pancreáticos hacia el interior del intestino, la reacción del contenido en el duodeno es casi siempre acida, presentando un pH de 6.31, por lo que posiblemente el jugo gástrico ejerce aquí la mayor parte de su acción, esta irrigado por la arteria celiaca (Jaramillo, 2011).

Es el sitio principal de la digestión química, ya que involucra enzimas de origen pancreático e intestinal como: aminopeptidasa, amilasa, maltasa e invertasa. Las enzimas presentes en los adultos no se encuentran en los pollitos antes de los siete días de edad (Sturkie, 1998). Las actividades enzimáticas de la mucosa intestinal se incrementan en diferentes rangos en los diferentes segmentos intestinales de tal forma que las actividades de la sucrasa, maltasa y gamaglutamiltransferasa por gramo de intestino, alcanzan la actividad máxima entre los dos a cinco días post- eclosión y después decrecen (Rebollar, 2002).

Yeyuno

Es la parte más larga del intestino y se encuentra dispuesto en varias asas, termina en donde se encuentra el divertículo de Meckel o divertículo vitelino, el cual es el vestigio del tallo del saco vitelino y funciona como órgano linfoide, está sostenido por el mesenterio, que forma una serie de asas que le dan un aspecto de guirnalda a todo el conjunto y ocupa la mitad derecha de la cavidad visceral (Vaca, 2003; Boaro, 2009)).

Su función es la absorción de algunas de las sustancias del quimo. Presenta un pH de 7.04, lo delimita el divertículo de Meckel (Jaramillo, 2011).

Íleon

Al yeyuno le sigue el íleon, su estructura se encuentra en el centro de la cavidad abdominal, su pH fluctúa entre 6.8 a 7.6 y su función principal es la absorción de nutrientes digeridos (Álvarez, 2002).

Intestino grueso

El intestino grueso histológicamente es similar al intestino delgado, excepto que las vellosidades son más cortas. Aquí no se secreta ninguna enzima, cualquier digestión es simplemente, continuación del proceso iniciado en el intestino delgado (Rebollar, 2002). Se subdivide también en tres porciones: ciego, recto y cloaca (Jaramillo, 2011).

Ciegos

Son dos sacos con extremidades ciegas que se encuentran en la unión del intestino delgado e intestino grueso y se extienden en dirección craneal. El pH del ciego derecho es de 7.08, mientras que del izquierdo es de 7.12, los ciegos tienen la función de continuar la desintegración de los principios nutritivos y la absorción de agua (Jaramillo, 2011).

Tiene la función de realizar la digestión de las fibras y la síntesis de vitaminas del grupo B, al comparar los ciegos de los pollos de engorda y gallinas con las de otras especies, se identifica que la cantidad de microorganismos no es demasiado alta permaneciendo más tiempo las heces cecales para excretarse una vez al día (Franceschi, 2018).

Aquí se efectúa la fermentación, paso previo a la digestión de una pequeña cantidad de fibra que el pollo es capaz de utilizar (Sturkie, 1998).

Recto

El recto es corto y derecho, se expande para formar la cloaca y su función es la acumular las heces. En el colon se realiza la absorción de agua (Jaramillo, 2011).

Cloaca

La cloaca es el receptáculo común a los sistemas genital, digestivo y urinario. El intestino grueso se vacía dentro del coprodeo y el tracto genital y urinario termina en el proctodeo y urodeo. El proctodeo abre externamente a través del ano (Rebollar, 2002). Por el lado izquierdo se eliminan heces y orina

conjuntamente y el lado derecho comprende parte del aparato reproductivo (Almirón, 2014).

Adyacente a la cloaca se encuentra la bolsa de Fabricio que es un órgano linfoide prominente y una proyección dorsal del urodeo. El colon y la cloaca están involucrados en la excreción y en el balance del agua y minerales (Rebollar, 2002).

Glándulas anexas

Hígado

El hígado está formado por dos lóbulos y un istmo, es relativamente grande comparado con el de los mamíferos. El conducto hepático izquierdo comunica directamente con el duodeno, mientras que el conducto derecho este comunicado con la vesícula biliar, que da lugar a los conductos biliares, los cuales desembocan en el duodeno, cerca del final del asa distal. Se localiza en la zona craneal de la cavidad torácico-abdominal y sus porciones craneoventrales rodean la punta o vértice del corazón (Jaramillo, 2011).

Secreta bilis, una sustancia verdosa que se vacía por intermedio de la vesícula biliar en el intestino, su acción principal es ayudar en la digestión de las grasas, por su acción emulsionante y sus efectos sobre la lipasa pancreática (Sturkie, 1998).

Páncreas

Se encuentra dentro del asa duodenal, es una estructura de color rosado cubierto por una capa serosa y fijado al duodeno por los ligamentos pancreático duodenales. Compuesto de tres lóbulos de tejido glandular: dorsal, ventral y esplénico, sus secreciones llegan al duodeno por la de tres ductos (Jaramillo, 2011).

En las aves, el páncreas es una glándula con dos componentes: un exocrino y un endocrino; el primero consiste en una glándula tubuloacinososa compuesta y una red ramificada de conductos que transportan las secreciones en forma inactivas de enzimas proteolíticas, así como amilasa, lipasa nucleasa y electrolitos en particular

HCO₃⁻ y segundo es el componente endocrino que está aislado en forma de islotes muy vascularizados de células epiteliales (islotes de Langerhans) que segregan varias hormonas polipeptídicas y proteicas (insulina y el glucagón) que regulan el metabolismo de la glucosa en los demás tejidos del organismo (Osorio *et al.*, 2016; Ross y Pawlina, 2007).

La edad y el estado nutricional de las aves influyen sobre la secreción y la actividad de las enzimas pancreáticas (Ortiz, 2006). La reserva enzimática del páncreas en el pollito al nacimiento es limitada (tripsina, quimotripsina, amilasa y lipasa). Su secreción se estimula rápidamente la primera semana de vida (Vaca, 2003).

Desplazamiento de la ingesta y pH intestinal

El alimento recorre el sistema digestivo para que los nutrientes sean absorbidos, tienen que ser digeridos en el proventrículo, molleja e intestino delgado (Rebollar, 2002).

Existen tres movimientos fisiológicos antiperistálticos:

- Un reflujo del alimento de la molleja hacia el proventrículo y buche
- El contenido duodenal puede retomar hasta el proventrículo
- El contenido del colon se mueve en un peristaltismo regresivo hacia los ciegos.

Este movimiento inicial de retroceso desde la molleja a partir de la contracción de los músculos del órgano; el segundo movimiento de retroceso ocurre entre el íleon terminal, yeyuno, duodeno y dentro del estómago glandular, esta peristalsis reversible aumenta en el caso de ayuno; La tercera incidencia de movimiento de retroceso ocurre en el intestino grueso como un proceso de ondas de baja amplitud que resulta en el desplazamiento de material desde la cloaca e intestino grueso hacia los ciegos e íleon distal (Ángel *et al.*, 2013).

En las aves, la ingesta puede tener un doble sentido de tránsito entre el proventrículo, la molleja y duodeno; normalmente no pasa hacia el resto del tubo

digestivo hasta que la ingesta es reducida a una sustancia cremosa y se alcanza el pH adecuado (Sturkie, 1998).

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 (Rebollar, 2002).

El intestino recibe el contenido gástrico proveniente de la molleja con un pH de 3.5 a 4.5 y debe ajustarse a un pH de 6 a 7 para que las enzimas actúen eficientemente (Sturkie, 2000).

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. La absorción de aminoácidos es sensible al pH. Cuando el material esta pobremente digerido se produce un estímulo en el duodeno que promueve el reflujo hacia la molleja y retrasa el vaciado de la molleja. Si la molleja está vacía, la ingesta puede pasar directa por el buche hasta la molleja, posteriormente puede retornar al buche (Rebollar, 2002).

Los valores de pH en las diferentes secciones del sistema digestivo de los pollos son: Bucle 4.5, proventrículo 4.4, molleja 2.6, duodeno 5.8, yeyuno 5.9, íleon 6.4, recto 6.3 y ciego 5.7. Sin embargo, investigaciones han demostrado que el pH no es estático y está cambiando continuamente (Sturkie, 1998).

Tiempo de tránsito alimenticio intestinal

El tiempo de tránsito del alimento a lo largo de las diferentes estructuras que componen el sistema gastrointestinal en pollo de engorde 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 (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 (López *et al.*, 2011).

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 diferente composición de los 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 engorde (López *et al.*, 2013).

Es bien sabido que el daño al epitelio intestinal aumenta la velocidad de paso de los alimentos en el tracto digestivo. Por otro lado, 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, la adición de antibióticos en la ración reducen la velocidad de paso del alimento (Dai Prá *et al.*, 2014).

Cuadro 1. pH y duración media del tiempo de tránsito del alimento*

Sección 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	

*Alimento en harina, 6 semanas de edad, Alimentación *ad libitum*

*(Gauthier, 2005).

Síndrome de tránsito rápido (STR)

El STR 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 (Paulino, 2017).

Se evidencia un proceso de digestión inadecuado y posiblemente de absorción, ocasionando pérdida de la productividad, el cual erróneamente se le ha denominado como STR, que repercute severamente en un incremento del índice de conversión alimenticia, reducción en el peso corporal, 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 (López *et al.*, 2014).

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).

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. La coloración amarilla de la piel disminuye y es des-uniforme; no hay una recuperación de la pigmentación al aumentar el pigmento en cantidades tan elevadas como 100 ppm (López *et al.*, 2015).

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 pletórica 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 (López *et al.*, 2014).

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).

Viscosidad intestinal

Las secreciones del intestino delgado proporcionan agua, moco, inmunoglobulinas, iones bicarbonato y enzimas. Las secreciones endógenas

permiten diluir el alimento, neutralizar la acidez del mismo, mientras que el moco y las inmunoglobulinas se adhieren a la mucosa intestinal y la protegen de agentes físicos y bacterias (Angulo, 2009).

Las células caliciformes se localizan tanto en el epitelio de las vellosidades como en las criptas; son productoras de mucina (glucoproteína), que asociado con el glucocálix de las microvellosidades crean una capa viscoelástica en la pared intestinal para restringir la difusión de los compuestos de alto peso molecular. Su función también es prevenir la autodigestión de las células epiteliales y la mucosa, así como protegerlas de la invasión de patógenos (Rebollar, 2002).

El objetivo principal de la mucina es proteger de las enzimas asociadas con la degradación del lumen de la mucosa por las enzimas pancreáticas (Castillo y Pacheco, 2016).

Existen metabolitos secundarios que se encuentran en los ingredientes para elaborar los alimentos para pollo de engorda (saponinas, lectinas, factores antitiroideos, lipoxidasas, inhibidores de tripsina, hemoaglutininas y polisacáridos no amiláceos) que no son degradables por las enzimas endógenas y se asocian a una mayor secreción de mucus intestinal, que genera un incremento en la viscosidad intestinal, mayor secreción pancreático-biliar y disminución en la capacidad de absorción de nutrientes (Nuñez *et al.*, 2013). Un aumento de la viscosidad de la digesta puede limitar la mezcla de nutrientes con enzimas pancreáticas y ácidos biliares. Además, el movimiento de nutrientes hacia la pared gastrointestinal se reduce por un aumento de la viscosidad de la digesta, que en consecuencia limita la digestión y la absorción (Langhout *et al.*, 2000). La alta viscosidad intestinal disminuye los coeficientes de digestibilidad de todos los macronutrientes y disminuye la actividad reactiva digestiva en todo el intestino delgado (Lee *et al.*, 2003).

Digestión y absorción de nutrientes

La digestión comprende procesos físicos y químicos por los cuales un alimento es transformado en el aparato digestivo, quedando en condiciones de ser

absorbido por el organismo. En las aves el proceso de digestión comienza en la cavidad oral con la secreción de saliva, aunque es secretada en poca cantidad, tiene acción sobre alimentos por medio de la ptialina, responsable de desdoblar el almidón en azúcares más simples. En seguida el bolo alimenticio pasa al buche donde es almacenado mientras la ptialina de la saliva sigue actuando. Al llegar al proventrículo, el alimento entra en contacto con el jugo gástrico (agua, ácido clorhídrico y pepsina) que actúan sobre las proteínas transformándolas en productos nitrogenados intermedios de fácil absorción (Masaquiza, 2012). El ácido clorhídrico también interviene en la digestión de la fibra de los alimentos y en la solubilidad de las sales minerales, haciéndolas vulnerables por las enzimas del intestino. Cuando el medio no es muy ácido en el proventrículo, actúa la lipasa, que desdobla los lípidos en glicerol y ácidos grasos; de no completarse ahí esta función se efectúa en el intestino por la acción del jugo pancreático (Vaca, 2003).

El bolo alimenticio con todos los jugos producidos en el proventrículo, pasa a la molleja donde se efectúa un proceso de trituración y molido. Aunque la molleja no aporta jugos digestivos, el proceso químico empezando en el proventrículo continúa produciéndose sobre el alimento mientras éste es triturado por la molleja (Rebollar, 2002). Esta primera parte de la digestión se llama quimificación, o conversión del bolo alimenticio en quimo, fina papilla que pasa al intestino por una abertura de la molleja (Vaca, 2003).

En el asa duodenal es donde tiene efecto la parte más importante de la digestión al ponerse en contacto el quimo con la bilis segregada por el hígado y el jugo pancreático producido por el páncreas. La bilis actúa en la emulsificación de las grasas y el jugo pancreático, de naturaleza ligeramente alcalina, aporta enzimas que contribuyen a la digestión de los carbohidratos, grasas y proteínas (Masaquiza, 2012).

Siguiendo por el resto del intestino delgado, empujado por la contracción y la relajación de los músculos del mismo intestino, el quimo se expone a la acción del jugo intestinal. En el intestino se efectúa la absorción de los principios nutritivos

que están en disposición de pasar al torrente sanguíneo. Esta absorción se lleva a cabo a través de las vellosidades intestinales (Rodríguez, 2003)

En los apéndices ciegos se acumula materia fecal de naturaleza fibrosa, que sufre una especie de digestión con la acción de bacterias que atacan la celulosa. Los restos del quimo no aprovechables por los intestinos y los ciegos, se retienen en el recto, porción más gruesa del intestino donde son expulsadas al exterior de la cloaca (Vaca, 2003).

Glucosa en sangre

La glucosa es el principal combustible metabólico para las células de los animales debido a que es la única fuente de energía para el sistema nervioso (Osorio *et al.*, 2016). En las dietas convencionales para pollo de engorde la fuente principal de glucosa se encuentra en el maíz, trigo y cebada, la cual es un carbohidrato compuesto por la mezcla de dos polisacáridos que son la amilosa y la amilopectina (almidón), formado por uniones de glucosa, en el caso de la amilosa forma una cadena lineal por enlaces α 1-4 y la amilopectina aparece en ramificaciones debidas a enlaces α 1-6 (Miranda *et al.*, 2007).

Los carbohidratos en las aves como en mamíferos no pueden ser digeridos como están, estos pasan a través del sistema digestivo por un proceso de hidrólisis (rompimiento de enlaces) para liberar oligosacáridos y luego monosacáridos, en donde intervienen enzimas (α -amilasa) rompiendo enlaces α -1-4, quedando dextrinas las cuales siguen siendo degradadas hasta llegar a las uniones α -1-6, en donde interviene la amilopsina y la α -1,6 glucosidasa pancreática que digiere cualquier otro oligosacárido que pueda haber escapado de la digestión de la α -amilasa. La acción de estas enzimas lleva a la formación del disacárido maltosa, que por medio de la enzima maltasa, deja como producto final el monómero de glucosa el cual es absorbido (Vaca, 2003).

La mayor absorción de glucosa ocurre en el intestino delgado acumulativamente hasta el 65, 85 y 97% en el duodeno, yeyuno e íleon terminal, respectivamente. El 80% de la absorción de la D-glucosa ocurre por transporte activo, cuando la

molécula de glucosa se desplaza en contra de su gradiente de concentración; hay una mayor afinidad para el transporte activo de glucosa en el íleon (Sturkie, 1998).

Los valores circundantes de la glucosa en el plasma sanguíneo según, López (2012) son de 218.43 ± 21.10 mg/dL. La glucosa sanguínea procede de las siguientes fuentes: glucosa absorbida procedente de los alimentos; glucosa sintetizada a partir de diversos precursores y glucosa liberada a partir de glucógeno especialmente en el hígado (siendo esta última la que primero contribuye a la glucemia) (Osorio *et al.*, 2016).

La concentración de glucosa en sangre debe mantenerse dentro de un intervalo, depende del equilibrio entre la entrada de glucosa en la circulación y de su utilización en los tejidos periféricos, después de la absorción a nivel intestinal, la glucosa a partir de una serie de reacciones es almacenada en forma de glucógeno, que se moviliza durante un periodo de ayuno. Los niveles sanguíneos de glucosa en aves clínicamente sanas pueden alterarse según las concentraciones de glucocorticoides endógenos o exógenos que presentan ante determinadas concentraciones de manejo (Miranda *et al.*, 2007).

Mientras tanto los tejidos que controlan el metabolismo de los carbohidratos en aves y mamíferos adultos, incluyen al páncreas (insulina, glucagón y la somatostatina), tiroides y secreciones hipofisarias, particularmente adrenocorticotropina (ACTH), prolactina (LTH) y la hormona del crecimiento (GH) (De La Torre, 2017).

El páncreas controla la glucemia de forma estricta por la acción de dos hormonas: Insulina (hormona hipoglicemiante), ya que cuando los niveles de glucosa aumentan se desencadena su secreción y al contrario, cuando los niveles de glucosa descienden se desencadena la secreción de glucagón (hormona hiperglicemiante) que moviliza las reservas hepáticas del glucógeno; en situación de ayuno prolongado se liberan otras hormonas como la adrenalina, hormonas tiroideas y glucocorticoides. Cuando la glucosa se encuentra en exceso se almacena en el hígado en forma de glucógeno, y la libera cuando los niveles son bajos (Berg *et al.*, 2013).

La hipoglucemia en aves estimula un centro nervioso para el consumo, mientras que la hiperglucemia estimula el centro para la saciedad, por lo que uno de los mecanismos de regular los niveles de glucosa es el consumo, estudios han observado reducciones en el consumo de alimento después de introducir, por infusión, glucosa a tasas fisiológicas a la vena porta hepática de pollos en ayuno, sin embargo, no se observó ningún efecto cuando se introdujo glucosa por infusión en la vena yugular (Quishpe, 2006). Se presenta en enfermedades hepáticas severas, septicemias relacionadas al sistema endocrino y aspergilosis, sin embargo, las concentraciones de glucosa en el plasma sanguíneo no disminuyen ya que los eritrocitos de las aves utilizan principalmente ácidos grasos del organismo para su metabolismo y no glucosa (Campbell, 2012; De La Torre, 2017).

En el hígado los corticoides aumentan el metabolismo de glucógeno y la glucogénesis por mayor actividad de las desaminasas y aminotransferasas a expensas de aminoácidos (Apráez *et al.*, 2015). El estrés agudo fisiológico en pollos causa hiperglicemia por aumento en la secreción de catecolaminas, epinefrina y glucocorticoides, aumentando los niveles sanguíneos de glucosa, colesterol y triglicéridos; presentándose poliuria y aumento del consumo de agua (De La Torre, 2017; Apráez *et al.*, 2015).

En aves se presentan alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos ante la presencia de enfermedades infecciosas (Newcastle e influenza aviar); la acción de hormonas como la del crecimiento y la prolactina son factores que aumentan las concentraciones de glucosa (De La Torre, 2017). En condiciones de estrés la demanda de energía aumenta la fuente preferida para producir energía es la glucosa (Zapata *et al.*, 2013).

Conceptualización del problema científico

a) Significancia del trabajo

En el presente trabajo se estudió el uso de diferentes programas de alimentación modulada que es una práctica habitual en la producción de pollo de engorda, porque se quiere hacer una aproximación para entender cómo su aplicación repercute en el sistema digestivo de las aves a fin de ayudar a los avicultores a comprender si modular el consumo del alimento de forma severa puede traer consecuencias en la integridad intestinal en el pollo de engorda que repercuta en los parámetros zootécnicos.

b) Originalidad

El uso de programas de alimentación modulada ha demostrado disminuir la mortalidad por problemas de origen metabólico, así como ayudar a mejorar el índice de conversión alimenticia en la avicultura, sin embargo, existe escasa información sobre cómo repercute esta práctica en el sistema digestivo del pollo de engorda, esta investigación es importante porque se hace una aproximación para entender cómo afecta modular el consumo de alimento en la integridad intestinal, la cual se considera importante a nivel comercial pues su mantenimiento depende del bienestar de las aves y repercute en la calidad del producto que sale al mercado.

c) Problema de investigación

Aunque es una práctica común en la avicultura el uso de programas de alimentación modulada, aún el efecto que tienen sobre el sistema digestivo no está del todo definido, por ser un sistema complejo por la gran cantidad de factores que participan en su funcionamiento. Por lo tanto los avicultores en ocasiones exageran aplicado de forma severa la modulación del alimento, con el fin de mejorar índice de conversión alimentaria y disminuir los costos de producción, por lo que se desconoce porqué se llegan a presentar efectos adversos en los parámetros productivos en lugar de presentarse los beneficios que se obtienen, atribuyendo signos de patologías entéricas a todo menos a la modulación de alimento que se está aplicando.

d) Pregunta de investigación

¿Cómo afecta el nivel de modulación del consumo de alimento a los parámetros zootécnicos y el sistema digestivo del pollo de engorda?

HIPÓTESIS

Los programas de alimentación modulada aplicada en tiempos prolongados comprometen al sistema digestivo y provocan cambios negativos en los parámetros zootécnicos del pollo de engorda.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar diferentes programas de alimentación modulada durante la crianza del pollo de engorda en dos estirpes comerciales y entender el modelo de restricción que puede contribuir a mantener la integridad del sistema digestivo para obtener los beneficios en los parámetros zootécnicos y económicos.

Objetivos específicos

1. Obtener los parámetros zootécnicos (peso corporal, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia) y mortalidad
2. Evaluar parámetros digestivos el tiempo de tránsito intestinal, morfología de vellosidades intestinales del duodeno y yeyuno y viscosidad del yeyuno)
3. Evaluar los niveles de glucosa en sangre de las aves en ayunas
4. Evaluar el Porcentaje de variación del peso corporal
5. Analizar el costo por kilogramo de carne producido por concepto de alimento y por kg de carne producido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en una granja de producción avícola localizada en el Municipio de Tarímbaro, Michoacán en las coordenadas 19°46' de latitud norte y 101°07' de longitud oeste, a una altura de 1940 msnm, con clima templado y lluvias en verano, registrando una temperatura mínima anual de 8°C y una máxima de 25.1°C, la precipitación pluvial anual es de 609 mm (INAFED, 2019).

Infraestructura y equipo

Se utilizó una caseta de ambiente natural con techo de lámina galvanizada recubierta con aislamiento térmico, la cual cuenta en su interior con 60 lotes experimentales de 2.5 x 1.80 m cada uno de ellos, dentro de los cuales se colocó equipo de iniciación: 1 bebedero manual de dos litros y 1 charola de alimento, para la recepción del pollito y equipo de finalización acondicionado con 2 comederos de tolva con capacidad para 10 kilos cada uno y un bebedero tipo campana plason automático. Se utilizó en cada uno de los lotes material de cama (aserrín, 5 cm de espesor), además se ubicaron 14 criadoras de gas convencional durante las tres primeras semanas de vida.

Al inicio de la prueba se colocó un termómetro digital (EXTECH RHT10), por dentro de la caseta a la altura del dorso de las aves, el cual fue programado para obtener la temperatura (°C), humedad (%) y punto de rocío (°C) ambiental, durante cada hora por el tiempo de estudio (Cuadro 5).

Material biológico

En el estudio se utilizaron 2640 pollitos machos de 1 día de edad (1320 Cobb 500 y 1320 Ross 308), los cuales se mantuvieron en la investigación hasta los 42 días de edad. Se distribuyeron completamente al azar mediante un diseño factorial 2 (estirpes) x 6 (tratamientos); con 5 réplicas de 44 aves cada una de ellas. La edad de la Reproductora para la estirpe Cobb 500 y Ross 308 utilizada

fue de 38 y 31 semanas de edad con un peso inicial del pollito de 43 y 41 gramos respectivamente.

Manejo

Se utilizó un fotoperiodo de luz natural durante el día, y por la noche se proporcionó un total de 3 horas de luz artificial con ayuda de un “Timer” distribuidas de la siguiente forma: de 21:00 a 22 h; 1:00 a 2:00 h. y 5:00 a 6:00 h; con una densidad de población de 10 aves/m².

En los Cuadros 3 y 4, se muestran las dietas y análisis calculado de los nutrientes utilizados en tres fases de alimentación aplicadas: Iniciación (1 a 21 días), crecimiento (22 a 35 días), y finalizador (36 a 42 días), de acuerdo a lo establecido por Rostaño (2018).

El alimento proporcionado fue en una presentación física de harina. Se evaluaron tres tratamientos con programas de alimentación en forma modulada (uno con 10% y dos con 20% menos del consumo del tratamiento control) y dos tratamientos programas de alimentación modulada aplicados de forma manual (de 7 a 14 días de 14 a 21 días). Para los tratamientos identificados como 10 y 20% (1), se les proporcionó alimento a libre acceso del día 1 al 14 de edad y a partir del día 15 hasta el 42 de edad se restringió el 10 y 20 % del consumo del día anterior en el tratamiento identificado como Control en un solo suministro ofrecido a las 8:00 h. El tratamiento identificado como 20% (2), fue similar al tratamiento identificado como 20% (1), con la diferencia que el alimento se le proporciono en dos horarios (50% a las 8:00 h y 50% a las 17:00 h).

Los programas de alimentación modulados aplicados de 7-14 días consistió en levantar los comederos a las 17:00 h y bajarlos a las 08:00 h del día siguiente, posteriormente fue a libre acceso hasta finalizar la prueba. El programa de 14 - 21 días fue similar al anterior, pero en diferente edad.

En todos los tratamientos se les proporciono agua a libre acceso.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados para cada una de las estirpes.

Tratamientos	Concepto
Control	Control (alimento a libre acceso; que se utilizó como centinela para calcular los consumos de alimento diarios)
Menos 10%	Del día 14 al 42 de edad 10% menos del consumo de alimento registrado el día anterior en el tratamiento control y proporcionado el 100% a las 8:00 h.
Menos 20% (1)	Del día 14 al 42 de edad 20% menos del consumo de alimento registrado el día anterior en el tratamiento control y proporcionado el 100% a las 8:00 h.
Menos 20% (2)	Del día 14 al 42 de edad 10% menos del consumo de alimento registrado el día anterior en el tratamiento control proporcionando 50% a las 08:00 h y 50% a las 17:00 h.
7-14 días	Alimentación modulada aplicada en forma manual de 17:00 h a 08:00 h de 7 a 14 días, después a libre acceso
14- 21 días	Alimentación modulada aplicada en forma manual de 17:00 h a 08:00 h de 14 a 21 días, después a libre acceso

Diseño experimental

Los resultados de las variables se analizaron usando el análisis de varianza (ANDEVA), con arreglo factorial 2 x 6 en donde las estirpes y los tratamientos fueron los factores a considerar. En la morfología de vellosidades de duodeno y yeyuno se utilizó un arreglo factorial 2 x 6 x 6, en donde las estirpes, los tratamientos y la edad fueron los factores a considerar. Cuando se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$), entre las medias, se realizó la comparación de Medias a través del método de Tukey, con ayuda de un paquete estadístico.

Variables evaluadas

Parámetros zootécnicos

1) Peso corporal semanal de las aves (kg): Se pesaron 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 para obtener la ganancia de peso semanal.

2) Consumo de alimento semanal (kg): Se pesó el alimento ofrecido al inicio de semana y el residual al final de semana de cada réplica. Se calculó el consumo promedio por ave semanal según el número de aves vivas al final de la semana.

3) Índice de conversión alimenticia semanal (kg/kg): Se obtuvo dividiendo el consumo de alimento semanal entre la ganancia de peso corporal de la semana.

4) Mortalidad semanal (%): Las aves muertas se pesaron y anotaron en la bitácora de cada réplica con la fecha de dicho acontecimiento. Se obtuvo el porcentaje de mortalidad con el número de aves muertas de cada semana, multiplicado por 100, entre el número de aves iniciadas en la semana.

Parámetros digestivos

1) Tiempo de tránsito del alimento en el sistema digestivo (horas): A los 7, 14, 21, 28, 35, y 42 días de edad, se seleccionó a un ave de cada repetición y se le proporcionó una capsula de 1 gramo de óxido férrico, a las 09:00 horas para evaluar el tiempo transcurrido entre la toma y presencia de excretas color rojo.

2) Morfología intestinal (μm): A los 7, 14, 21, 28, 35, y 42 días de edad se sacrificó 1 ave de cada réplica de acuerdo a lo establecido en la NOM-033-ZOO-2014; NORMA Oficial Mexicana Sacrificio Humanitario de los Animales domésticos y silvestres (2014), para obtener tres cortes de 2 cm de longitud cada uno del asa ascendente del duodeno, y del yeyuno correspondiendo a la parte anterior del divertículo de Meckel; los cuales se mantuvieron en formol al 10% con colorante estéril verde del laboratorio HUVEPHARMA en donde permanecieron 72 horas para teñirse y obtener imágenes con cámara Optisum Industrial Digital Modelo 9.0 MP 1/2.4; y la observación de las vellosidades se realizaron con un microscopio marca "SWIFT", modelo "STEREO EIGHTY" con lente de 2x. Mediante el software de medición para PC "Motic Images 2.0, de cada imagen se midió en micras (μm), la

longitud y ancho de tres vellosidades de cada corte, así como la profundidad de las criptas de Lieberkühn y se determinó el número de vellosidades en una área de 1 000 000 μm^2 con el fin de obtener el área de absorción en μm^2 , que se obtuvo a partir de la siguiente formula:

Área de absorción= longitud x ancho x número de vellosidades.

Se obtuvo también la relación entre la longitud de las vellosidades y la profundidad de cripta de Lieberkühn, con la siguiente formula:

Relación longitud / Cripta= Longitud de vellosidad/ Profundidad de la cripta de Lieberkühn.

3) Viscosidad del yeyuno (cP): De las aves utilizadas para tomar las muestras de morfología intestinal a los 28, 35 y 42 días de edad, se tomó una muestra de contenido intestinal obtenida de tres centímetros antes y tres centímetros después del divertículo de Meckel. En las muestras frescas se midió la viscosidad de la digesta a través de un viscosímetro digital (Brookfield, modelo LVTDVCP-II, Brookfield Engineering Laboratories, Stouhton, MA.), con aguja F-96 a 20 rpm, mantenido a 30°C durante 1 minuto.

Otros parámetros relacionados a los parámetros zootécnicos y digestivos

1) Niveles de glucosa en sangre (mg/dl). A los 28, 35 y 42 días de edad, se seleccionaron 3 aves vivas por tratamiento de las cuales se tomó una gota de sangre de la vena axial para medir la glucemia a través de un glucómetro inalámbrico marca Accu-Chek Performa con rango de medición de 10 a 600 mg/dl que funciona con tiras reactivas de la misma marca.

2) Coeficiente de variación del peso corporal (%): A los 1, 7, 14, 21, 28, 35, y 42 días se identificaron 12 aves de cada tratamiento y se pesaron individualmente para obtener coeficiente de variación con la siguiente formula: $CV = \text{Desviación estándar} / \text{la Media} \times 100$.

3) Costos de producción (MXN): Al final del trabajo se realizó un estudio económico en el cual se analizó en cada tratamiento el costo por kilogramo de carne producido, por concepto de alimento y el ingresos por la venta de Kg. de pollo vivo al término de la investigación, que depende de los parámetros

zootécnicos, ambos representan los conceptos de mayor impacto, y considerando que el resto de los rubros fueron iguales para todos los tratamientos no se tomaron en cuenta. El costo del alimento y del pollito, representan el 70% del costo total de producción (alimento 60% y pollito de un día de edad el 10%).

Las fórmulas para determinar el costo del alimento y el ingreso por la venta de pollo finalizado son:

Costo por concepto de Alimento= Índice de conversión alimenticia a los 42 días de edad x Precio del alimento consumido en cada fase de alimentación

Costo por Kg de carne de pollo producido=

((100/porcentaje de supervivencia) x precio del pollito de un día de edad)

Peso corporal final.

RESULTADOS

La obtención de resultados en la presente investigación, fueron consideradas las libertades del bienestar animal, respetando la densidad de población, cantidad de equipo requerido y el ambiente de la caseta, así como el sacrificio de las aves de acuerdo a lo establecido en NOM-033-ZOO-2014; NORMA Oficial Mexicana Sacrificio Humanitario de los Animales domésticos y silvestres (2014).

Parámetros zootécnicos

Peso corporal

Los resultados semanales del peso corporal se muestran en el Cuadro 6, entre estirpe se manifestaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), durante el desarrollo de la prueba excepto en el día 21; la estirpe Cobb 500 presentó el mayor peso corporal al final del ciclo productivo con relación a la estirpe Ross 308. En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), a partir de los 14 días; los tratamientos identificado como programas de restricción realizados en forma manual a los 7-14 y 14-21 días de edad, fueron los que presentaron los mayores pesos corporales en relación al Control y los programas de restricción alimenticia modulada de 10 y 20%, al final de la prueba experimental para las dos estirpes. Se presentó interacción ($p \leq 0.01$) entre las estirpes y los tratamientos en los días 14, 28 y 35 días de edad.

Consumo de alimento

Los resultados semanales del consumo de alimento durante el ciclo productivo se muestran en el Cuadro 7; en las estirpes evaluadas se manifestaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en los días 7, 14, 28 y 35 sin presentar diferencias el día 21 y al final del ciclo productivo. En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), a partir de los 14 días, efecto que se mantuvo

hasta los 42 días de edad; el tratamiento identificado como Control presentó mayor consumo de alimento con respecto al resto de los programas de restricción de alimento al final de la prueba experimental. No se presentaron interacciones ($p \geq 0.01$), entre las estirpes y los tratamientos.

Índice de conversión alimenticia

Los resultados semanales del índice de conversión alimenticia durante el ciclo productivo se muestran en el Cuadro 8; entre las estirpes, no se mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$). En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), a partir de los 21 días de edad manteniéndose hasta el final de la prueba experimental; los tratamientos con restricción de alimento, fueron los que presentaron las mejor índice de conversión de alimento a los 42 días de edad, con relación al tratamiento Control. Se presentó efectos de interacción ($p \leq 0.01$), entre las estirpes y los tratamientos a los 28 y 35 días de edad, sin presentar diferencias ($p \geq 0.05$), al final de la prueba.

Mortalidad general acumulada

Los porcentajes de la mortalidad general acumulada durante el ciclo productivo se muestran en el Cuadro 9; no se observaron efectos estadísticos ($p \geq 0.05$), entre las estirpes, los tratamientos y su interacción, sin embargo, se presentó una diferencia numérica mostrando mayor mortalidad acumulada los tratamientos Control y con programa de alimentación modulada de 7-14 días de 6.5 y 7.3% respectivamente a los 42 días de edad, los cuales también obtuvieron mayor mortalidad por SA (3.8 y 6.0%) mostrada en el Cuadro 10.

El trabajo experimental mostro un promedio de la mortalidad general al final de 3.53% entre los tratamientos del cual el 2.08% fue por síndrome ascítico.

Parámetros digestivos

Tiempo de tránsito intestinal por semana

Los resultados semanales del tiempo del tránsito del alimento a través del sistema digestivo durante el ciclo productivo se muestran en el Cuadro 11; entre

las estirpes se manifestaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), al día 21 y 42. La estirpe Ross 308 fue la que presentó el mayor tiempo al día 21 y la Cobb 500 al día 42, sin embargo, en el promedio de las semanas de evaluación (3:25 vs 3:24 hrs), no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), a partir de los 14 días, efecto que se mantuvo hasta el final de la prueba experimental; en general el tratamiento identificado como Control presentó mayor tiempo del tránsito del alimento a través del sistema digestivo con relación al resto de los programas de restricción de alimento. Se presentó interacción ($p \leq 0.01$), entre las estirpes y tratamientos, a partir del día 35 manteniéndose hasta el final de la prueba, al igual que en el promedio de las evaluaciones.

Morfología intestinal del duodeno

Los resultados de morfología de las vellosidades en duodeno se muestran en el Cuadro 12; Entre estirpes, se manifestaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en longitud y capacidad de absorción, sin presentar diferencias ($p \geq 0.05$), en el ancho, número de las vellosidades, profundidad de cripta de Lieberkühn y relación longitud/ profundidad de cripta; por lo que la longitud de la vellosidad influyó para que el área de absorción sea mayor en la estirpe Cobb 500 en relación a Ross 308.

En los tratamientos evaluados se observan diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en las mediciones evaluadas; con excepción ($p \geq 0.05$) en los valores del ancho y número de vellosidades, por lo que la longitud de la vellosidad tuvo una marcada influencia para que el área de absorción en el tratamiento Control y la restricción manual realizada de 14 a 21 días se manifestara mayor que en el resto de los tratamientos evaluados independientemente de la estirpe. La profundidad de la cripta de Lieberkühn fue mayor ($p \leq 0.01$), en los tratamientos de restricción del alimento identificados como menos 10% y 20% (2), en comparación al resto de los tratamientos, sin embargo, en la relación longitud/ profundidad de cripta se observó mayor relación ($p \leq 0.01$), en el tratamiento Control.

Entre las edades de evaluación se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.01$), en todas las mediciones realizadas, mostrando un aumento en la longitud y ancho de las vellosidades conforme las aves crecen, efecto contrario en el número de vellosidades en un área de $1000\mu\text{m}^2$; se presentó una mayor profundidad cripta de Lieberkühn a la edad de 21 días, sin embargo, la relación más alta de longitud/ profundidad de cripta se observó a la edad de 35 días; también se manifestó una mayor área de absorción a partir del día 21, efecto que se mantuvo hasta la última medición a los 42 días de edad.

En el Cuadro 13 se presentaron efectos de interacción ($p \leq 0.01$), entre las estirpes, tratamientos y edades en longitud de las vellosidades, profundidad de cripta de Lieberkühn y área de absorción sin mostrar diferencias ($p \geq 0.05$), en el ancho y número de vellosidades.

Morfología intestinal del yeyuno

En el Cuadro 14 se muestran los resultados de la morfología de las vellosidades en yeyuno. En las estirpes evaluadas se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en ancho y profundidad de la cripta de Lieberkühn, sin presentar diferencias ($p \geq 0.05$), en la longitud, número de las vellosidades, relación longitud/ profundidad de cripta y área de absorción; presentando mayor profundidad de cripta de Lieberkühn en la estirpe Cobb 500.

En los tratamientos evaluados se observan diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en las mediciones evaluadas excepto en el ancho de las vellosidades. La respuesta de la longitud, profundidad de cripta de Lieberkühn y relación longitud/ profundidad de cripta fueron para los tratamientos identificados como Control, restricción menos 10% y con restricción manual aplicados a los 7-14 y 14-21 días. El área de menor absorción fue para el tratamiento identificado como Menos 20% sirviendo dos veces en el día.

Entre las edades de evaluación se observaron diferencias ($p \geq 0.01$), en todas las mediciones. Al igual que el duodeno se mostró un aumento en la longitud y ancho de las vellosidades conforme las aves crecen, efecto contrario en el número de

vellosidades en un área de $1000000\mu\text{m}^2$; una mayor profundidad cripta de Lieberkühn a la edad de 28 días; sin embargo, la relación más alta de longitud/ profundidad de cripta se observó a la edad de 42 días; se manifestó una mayor área de absorción al día 42.

En el Cuadro 15, se presentaron efectos en el yeyuno de interacción ($p\leq 0.01$), entre las estirpes, tratamientos y edades en las mediciones de la morfología de vellosidades, relación longitud/ profundidad de cripta y área de absorción.

Viscosidad intestinal

Los resultados de viscosidad del yeyuno se muestran en el Cuadro 16; entre las estirpes se manifestaron diferencias significativas ($p\leq 0.01$), al día 28. La estirpe Ross 308 fue la que presentó menor viscosidad que Cobb 500.

En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p\leq 0.01$), en todas las evaluaciones (28, 35 y 42 días), en donde los tratamientos identificados como Menos 20% (1) y (2), presentaron mayor viscosidad que el tratamiento Control y el resto de los programas de alimentación modulada. Se presentó interacción ($p\leq 0.01$), entre las estirpes y tratamientos, en el día 38 y 42 de evaluación.

Niveles de glucosa sanguínea

Los resultados de los niveles de glucosa en sangre se muestran en el Cuadro 17; entre las estirpes no se manifestaron diferencias significativas ($p\geq 0.01$). Con relación a los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p\leq 0.01$), los tres periodos evaluados (28, 35 y 42 días), los tratamientos identificados como Control, Menos 10% y modulación del consumo de alimento en forma manual de 7-14 y 14- 21 días presentaron niveles de glucemia normales. Los programas con alimentación modulada de 20% presentaron niveles de hipoglucemia al final de la prueba experimental. Se presentaron efectos de interacción ($p\leq 0.01$), entre los tratamientos y las estirpes en el día 28.

Coefficiente de Variación del Peso Corporal (CVPC)

Los resultados semanales del porcentaje CVPC durante el ciclo productivo se muestran en el Cuadro 18; entre las estirpes evaluadas se manifestaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en los días 1, 21 y 28 de edad mostrando la estirpe Cobb 500 mejor CVPC en el peso corporal con relación a la estirpe Ross 308, sin embargo, al final de la evaluación no se observaron diferencias ($p \geq 0.01$).

Con relación a los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), a partir de los 7 días, efecto que se mantuvo hasta el final de la prueba experimental; los tratamientos identificados como Control, restricción de forma manual de 7-14 y 14-21 días de edad presentaron menor CVPC en relación a los tratamientos con restricción de alimento modulado de 10 y 20%. Se presentó efecto de interacción ($p \leq 0.01$), entre las estirpes y los tratamientos, en todas las evaluaciones excepto en el día 14.

Costos de producción

Los resultados de costos de producción por kilogramo de carne producido al final del ciclo productivo se muestran en el Cuadro 19; entre las estirpes, no se manifestaron diferencias significativas ($p \geq 0.01$), por concepto de alimento y kg de carne producido.

En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$); por concepto de alimento en los tratamientos con programas de alimentación modulada fueron los que presentaron los costos más bajos en relación al tratamiento Control. Por kg de carne producido se presentó menor costo los tratamientos identificados como menos 10% y los programas con restricción de alimento en forma manual de 7-14 días de edad, con relación a la restricción de alimento de menos 20% (1) y (2). No se manifestaron efectos de interacción ($p \geq 0.01$), entre estirpes y tratamientos.

DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados en los resultados, se acepta la hipótesis alternativa general que establece que existe relación de dependencia entre los programas de alimentación modulada y los cambios en los parámetros zootécnicos y el sistema digestivo en el pollo de engorda.

Parámetros zootécnicos

El dominio y avance de la mejora genética de estirpes de pollos de engorde ha generado un mercado competitivo y calificado de la carne de pollo, en las que cada compañía tiene sus criterios de selección para proporcionar estirpes que, aunque similares, tienen particularidades propias. Investigaciones muestran que hay diferencias en el rendimiento de las estirpes en canal, mientras que algunas tienen un mayor rendimiento de pechuga, otros tienen mayor rendimiento en pierna y muslo (López *et al.*, 2011). Existe información (Nogueira *et al.*, 2019), donde se menciona que la estirpe Ross AP95 presentó un desempeño productivo mejor con relación a otras estirpes incluyendo la Cobb 500; sin embargo, Andrade *et al.* (2017), evaluaron los parámetros productivos en Cobb 500 y Ross 308 concluyendo que el híbrido Cobb 500 obtuvo mejores rendimientos productivos. Otros estudios no mostraron diferencias entre estirpes en el índice de conversión alimenticia al final del estudio (Api *et al.*, 2017; Alvarado *et al.*, 2018), como se observó en el presente estudio en donde las diferencias ($p \leq 0.01$), fueron en el peso corporal final, mostrando Cobb 500 los más altos valores; probablemente debido a la edad de la reproductora de cada estirpe, ya que en la estirpe Cobb 500 la edad de reproductora fue de 38 vs 31 semanas de Ross 308 y el peso al nacer de cada una de ellas (43 vs 41 gramos), respectivamente; de acuerdo a lo descrito por Mercado (2015), quien concluyó que entre más adultas sean las reproductoras la progenie muestran mejores ganancias de peso, además de que también puede

influir en el embrión la disponibilidad y metabolismo de nutrientes, cantidad de energía utilizada y desarrollo embrionario (Nangsuay *et al.*, 2015).

Una práctica habitual en la producción del pollo de engorda es utilizar algunas estrategias de alimentación como modular el consumo de alimento con el objeto de reducir la incidencia de las enfermedades metabólicas, disminución de la deposición de grasa en la canal y mejorar el índice de conversión alimenticia (Hassan *et al.*, 2017); con la consecuencia de disminuir la ganancia de peso (Omosebí *et al.*, 2014; Rokesshi y Jafari, 2015), como sucedió en el presente estudio en donde los programas de restricción de alimento severos utilizados, mostraron pesos corporales bajos con relación a los tratamientos con programas de alimentación modulada utilizados manualmente a temprana edad, coincidiendo con los estudios de Maheri *et al.*, (2011), y Ardila *et al.*, (2013), quienes evaluaron el efecto de la modulación del consumo de alimento en diferentes edades sobre el rendimiento, encontrando que la mejor edad para aplicar un programa de alimentación modulada es entre la segunda y tercera semana de edad, mencionando que antes de esa edad puede causar un subdesarrollo intestinal y disminución del rendimiento productivo, observando también que el consumo de alimento en la alimentación modulada aplicada de forma manual a edad temprana resultó con un mayor consumo posterior, lo que explica el crecimiento compensatorio que obtuvieron; efecto ratificado recientemente por Sánchez *et al.*, (2019), quien observó un crecimiento compensatorio en las aves sometidas a programas de alimentación modulada cuantitativas y definido años atrás por Sahraei (2012), en el que explica que el crecimiento compensatorio es la relación de un crecimiento anormalmente rápido en un animal después de un retraso en el crecimiento, como sucedió en el presente estudio. Recientemente se han reportado estudios (Rodríguez y Piraquive; 2017; Jaramillo y Piraquive 2019), evaluando parámetros productivos en las estirpes Ross 308 y Cobb 48, encontrando mejor índice de conversión alimenticia en los tratamientos con consumo de alimento modulado, mismo efecto registrado en el presente estudio. El bajo consumo de alimento reportado en los programas con alimentación modulada, mejoraron la conversión de alimento.

Los programas de alimentación modulada se comenzaron a utilizar hace tiempo en el pollo de engorda para disminuir la mortalidad por el SA, sobre todo en sitios de producción localizados en altitudes por arriba de 1600 msnm (Peña, 2019); sin embargo, en el presente estudio se realizó a una altitud de 2000 msnm, los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), en la mortalidad general entre las estirpes, tratamientos e interacción, sin embargo en general, se observó numéricamente menor porcentaje de mortalidad en los tratamientos en donde se utilizaron los programas de restricciones de alimento, coincidiendo con lo reportado por otros estudios (Romero, 2018), quien señaló que no encontró diferencias en la mortalidad general y la del SA, al igual que Villacres (2019), quien evaluó programas de restricción de alimento a edades tempranas, en altitud de 2160 msnm.

Parámetros digestivos

Tiempo de tránsito del alimento en el aparato digestivo

Alfaro y Briseño (2016), mencionan que el tiempo de tránsito del alimento en el sistema digestivo en pollo de engorda de 42 días de edad con alimentación a libre acceso y en forma de harina es de 4:00 a 4:30 h. aproximadamente para que el alimento pueda ser digerido y los nutrientes absorbidos en las distintas secciones del tracto intestinal; sin embargo, López *et al*, (2014), mencionan que las aves sometidas a restricción alimenticia tienden a presentar tiempos de tránsito de alimento más rápidos como sucedió en el presente estudio observando que los programas de alimentación modulada estudiados disminuyeron el tiempo de tránsito del alimento con relación a las aves que estuvieron a libre acceso; lo cual puede deberse además del estrés ocasionado; a diversos trastornos del comportamiento en el consumo de alimento y agua, incluyendo un aumento en el peso absoluto de la molleja conforme se aumenta el grado de modulación del alimento, afectando las regiones donde ocurre la perístasis inversa y la del intestino (Ravindran, 2016; Peña, 2019), relacionándose con menor ganancia de peso por disminuir el tiempo de digestión enzimática de los nutrientes y el contacto con las vellosidades intestinales.

Morfología del duodeno y yeyuno

El tracto intestinal responde de manera muy rápida y dramática a los cambios de alimento y consumo de los nutrientes debido a que utiliza aproximadamente del 6 al 8% de la energía derivada de la dieta, lo que explica que algunos programas de alimentación modulada manifiesten cambios en la dinámica y estructura del tracto intestinal (Alfaro y Briseño, 2016). En el presente estudio las evaluaciones realizadas entre las estirpes en duodeno y yeyuno muestran diferencias únicamente en duodeno en relación a la longitud de las vellosidades y en la capacidad de área de absorción, siendo la estirpe Cobb 500 la que manifestó tener mayor área de absorción debido principalmente a la mayor longitud de vellosidades con relación a la estirpe Ross 308, lo que pudiera explicar en parte las diferencias del peso corporal al final de la prueba a favor de la estirpe Cobb 500.

Importante es mencionar las diferencias encontradas en el presente estudio entre las estructuras de las vellosidades del duodeno y yeyuno, en relación al largo (760.7 vs 484.8 μm), ancho (84.9 vs 60.3 μm), número (33 vs 51 n), profundidad de cripta (149.2 vs 113.1 μm), relación longitud/cripta (5.41 vs 4.43) y área de absorción (6.47 vs 4.31 μm^2). Diferencias encontradas a favor del duodeno con excepción al número de vellosidades el cual demostró ser mayor en el yeyuno, sin olvidar el tiempo que tarda el quimo alimenticio en cada una de estas regiones anatómicas (5-8 vs 20-30 minutos), respectivamente según lo reportado por Alfaro y Briseño (2016), ambas zonas anatómicas son importantes para la absorción de nutrientes (Svihus, 2014).

Los programas de alimentación de alimento modulados (menos 20% de acuerdo al control), considerados severos, presentaron cambios significativos principalmente en la zona del duodeno, con relación al tratamiento control, programas de alimentación modulada del 10% y a los aplicados en forma manual a edades tempranas; en general presentaron menor longitud, mayor profundidad de cripta, menor relación longitud/cripta y menor área de absorción; resultados que coinciden con Tompson y Applegate (2006), quienes evaluaron la altura de las

vellosidades intestinales del duodeno y yeyuno con ayuno a los 42 días de edad previo al sacrificio. Los programas de alimentación modulada a edades tempranas y con el 10% de modulación del consumo de alimento se comportaron similares al tratamiento control, lo que puede deberse a que la morfología intestinal presentó un crecimiento alométrico, cuando los programas son a temprana edad o considerados moderados (menos 10%), debido al crecimiento compensatorio del peso corporal, que presentan las aves, como lo propone Cárdenas (2015), o a una consecuencia de mayor necesidad de capacidad digestiva Svihus (2014).

La profundidad de la cripta intestinal se considera una fábrica de vellosidades y una cripta grande indica un rápido cambio de tejido Medina *et al.* (2015); en los resultados obtenidos en esta investigación se observaron criptas intestinales más grandes en los tratamientos con restricción de alimento, que de acuerdo a Roa *et al.* (2018), se asocia con una mayor capacidad de absorción de nutrientes en animales bajo condiciones de estrés fisiológico; sin embargo, vellosidades cortas y mayor profundidad de cripta se asocia con una mayor secreción de agua en la luz intestinal por células de la cripta de Lieberkühn, este es un mecanismo por el cual bacterias productoras de toxinas como *E. coli* o *Salmonella* las cuales inician procesos de diarrea produciendo enterotoxinas que se unen a los enterocitos para estimular la transferencia de agua y electrolitos a la luz intestinal, razón de que una de las desventajas de los programas de alimentación modulada que se han mencionado es mayor humedad de cama y en tiempos prolongados resultados no benéficos en los parámetros productivos (Espinoza, 2013); sin embargo, la relación de la longitud de vellosidad/ profundidad de cripta es un criterio útil para estimar la probable capacidad digestiva en intestino delgado Rajes *et al.* (2019), lo que coincidió con el valor que se obtuvo del área de absorción de la presente investigación; con una menor relación longitud/cripta en programas de alimentación modulada en duodeno y yeyuno que indica un aumento en la tasa de la proliferación de células de la cripta y un recambio celular más rápido que se refleja en menor longitud de las vellosidades y por ende en menor capacidad de absorción (Kalantar *et al.* 2019).

Viscosidad intestinal

Los resultados encontrados en el presente estudio se muestra que los programas de alimentación severos tienden a aumentar la viscosidad en el yeyuno lo que puede dificultar la mezcla de enzimas digestivas con el sustrato en la luz del intestino, interfiriendo en la absorción de nutrientes, resultados que coinciden con Hejdysz (2018), quien evaluó la viscosidad y morfología intestinal con diferentes niveles dietéticos de especies de leguminosas encontrando valores de viscosidad altos con menor capacidad de absorción intestinal. El incremento de los valores de viscosidad en los programas de alimentación modulada severos observados en el presente estudio puede también aumentar la tasa de pérdida de células en las vellosidades lo que lleva a atrofia de ellas, asociado con una mayor producción de células de cripta y en general una mayor profundidad de cripta (Cowieson *et al.*, 2018; Kalandar *et al.* 2019), como sucedió en el presente estudio, además se ha encontrado que el aumento de la viscosidad, crea un ideal entorno para la proliferación de bacterias ácido lácticas, *clostridium* y *E. coli* (Yaghobfar y Kalandar., 2017).

Niveles de glucosa en sangre

Existe discrepancia en la información reportada en los niveles normales de glucemia en pollos de engorda, los cuales pueden variar entre 180 a 220 mg/dl (Lee *et al.*, 2003). En los resultados encontrados en el presente trabajo se observaron niveles de glucemia inferiores en las aves sometidas a los programas de alimentación moduladas severas (menos de 20%); niveles que pudieran estar involucrados por los valores encontrados de la viscosidad en estos tratamientos ya que se ha reportado que el aumento de la viscosidad intestinal puede reducir la absorción de glucosa hasta en un 35%, así como la absorción de agua hasta en un 40% (López, 2012); sin embargo, también puede ser el resultado por la escasa ingesta de alimento, en donde las aves ocupan sus reservas energéticas para mantener los niveles de glucosa (Nares *et al.*, 2018), contrario a lo que menciona Martínez (2019), reportando que los pollos de engorda son resistentes a la hipoglucemia en ayunas, ya que los valores de glucosa en sangre se mantienen incluso durante largos periodos de alimentación modulada.

Coefficiente de Variación del Peso Corporal (CVPC)

Los resultados en el presente estudio sobre el tiempo de tránsito del alimento en el tracto digestivo, morfología intestinal, viscosidad y glucemia en aquellos programas de alimentación modulada severos (20% menos de alimento), tuvieron que mostrarse también en el CVPC; mostrando porcentajes significativos más altos que los mencionados por los manuales de manejo Ross 308 (2014) y Cobb 500 (2012), en donde recomiendan un CVPC menor del 8% como un valor que representa una parvada uniforme. La uniformidad de la parvada indica la eficacia de la granja y en muchas ocasiones representa un índice económico debido a que cierto tipo de mercado exige especificaciones muy concretas de los productos que compran, según Madsen y Pedersen (2018), no cumplir con las especificaciones puede devaluar el producto hasta 40%.

Costos por kilogramo de carne producido

Existen evidencias que los programas de alimentación modulada mejoran conversión de alimento y disminuyen mortalidad; efectos que ayudan a mejorar los costos de producción por concepto de alimento (Jabib *et al.*, 2012), como sucedió en el presente estudio, observando una disminución del costo debido a una mejor conversión alimenticia obtenida al final del trabajo con relación al tratamiento con una alimentación a libre acceso. Sin embargo, cuando se aplican programas de alimentación modulada severos; como los aplicados en el presente estudio de 20% menos de consumo; se mantiene el beneficio de la conversión de alimento y baja mortalidad, con la desventaja de obtener bajos pesos corporales que además de afectar la calidad de la carne se afecta el costo de producción por kilogramo de carne producido por el concepto del ave, lo que puede afectar la rentabilidad de la parvada (Delgado y dueñas, 2017); sin olvidar que en la producción del pollo de engorda se debe de ser capaz de abastecer productos de alta calidad además de económicos.

CONCLUSIONES

1. Los programas de alimentación del consumo de alimento aplicados en tiempos prolongados de 10 y 20% sirviendo una o dos veces al día mejoran la conversión alimenticia en 5.4, 5.0 y 4.8% a costa de una menor ganancia de peso corporal de 2.8, 11.9 y 11.7% con relación al tratamiento Control a los 42 días de edad del pollo de engorda independientemente de la estirpe.
2. Los programas de alimentación del consumo de alimento aplicados a edad temprana mejoran la conversión de alimento en 4.6% y manifiestan un crecimiento corporal superior a las aves con alimentación a libre acceso de 1.9% en pollo de engorda de 42 días de edad, independientemente la estirpe.
3. La severidad en los programas de alimentación modulados aumenta los valores de viscosidad intestinal, modificando la morfología en duodeno, disminuyendo el tiempo de tránsito del alimento en el sistema digestivo y por ende la capacidad de absorción así como los niveles de glucosa en sangre de pollo de engorda haciéndolo susceptible a patologías digestivas.
4. Los programas de alimentación modulada, disminuyeron el costo de producción por alimentación, sin mostrar beneficio en el costo obtenido por kg de carne producidos, además de disminuir el coeficiente de variación del peso corporal.

Validación de hipótesis

La hipótesis del presente trabajo fue parcialmente válida, debido a que los programas de alimentación modulada aplicados en tiempos prolongados beneficiaron los parámetros productivos como el índice de conversión de alimento, pero, comprometiendo la integridad intestinal de las aves, predisponiéndolas a patologías digestivas.

BIBLIOGRAFÍA

- Afanador, G. 2008. Manual de avicultura. (1ª ed.). Texas, Estados Unidos. Ed. Liberty. p. 256-311.
- Aho, P. 2007. Impact on the world poultry industry of the age global shift to biofuels. Poultry Science, Supplement. 1. 86.
- Alfaro, L. E. y Briseño, J. V. 2016. Importancia de la salud intestinal en las aves y diseño de programas anticoccidiales [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/foros/importancia-salud-intestinal-aves-t39625/>> [Consulta: 13 de junio 2018].
- Almirón, E. 2014. Bioquímica de la digestión de las aves. [En línea]. Facultad de Ciencias Veterinarias UNNE. <<https://es.scribd.com/document/281921256/486890973-Bioquimica-de-La-Digestion-de-Las-Aves>> [Consulta: 18 de septiembre 2018].
- Also, M. Z. 2017. Fisiología digestiva. [En línea]. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/FisiologiadelaNutricion/images/Fisiologia_Digestiva_de_aves_2017.pdf> [Consulta: 29 de octubre 2018].
- Alvarado, A. H. J; Guerra, C. L. D; Vázquez, M. R; Ceró, R. A. E; Gómez, V. C. y Gallón, V. E. 2018. Comportamiento de indicadores productivos en dos líneas de hembras broilers con dos sistemas de alimentación en condiciones ambientales del trópico. Revista de Producción Animal. 30 (3):120-125.
- Álvarez, A. 2002. Fisiología comparada de los animales domésticos. Ed. Machala. UNAH. La Habana. p. 234-250.
- Andrade, Y. V; Toalombo, P; Andrade, Y. S. y Lima, O. R. 2017. Evaluación de parámetros productivos de pollos Broilers Cobb 500 y Ross 308 en la Amazonia Ecuador. Revista Electrónica de Veterinaria. 18 (2): 1-8.
- Ángel, R.; Kim, S. W.; Li, W. y Jiménez, E. M. 2013. Velocidad de paso y pH intestinal en aves: Implicaciones para la digestión y el uso de enzimas. XXIX Curso de Especialización Fedna. Madrid, 6 y 7 de noviembre de 2013.
- Angulo, E. A. 2009. Fisiología aviar. Ed. Universidad de Lleida. Departamento de producción animal. Escuela Técnica superior de Ingeniería Agraria: 9-19.
- Ardila, O. A; Murillo, S. D; Duran, M. J. y Aguilar, O. X. 2013. Efecto de la restricción alimenticia sobre el crecimiento en pollos de engorde. Revista Innovando en la U. 5 (4).

- Arce M. J.; López C. C; Ávila G. E.; y Tirado A. J. 1996. La Restricción en el tiempo de acceso al alimento en pollo de engorda para reducir la mortalidad causada por el síndrome ascítico. *Veterinaria México*. 26 (3): 225-230.
- Api, I; Takahashi, S. E; Mendes, A. S; Refati, R. and Rostelatto, R. 2017. Efeito da sexagem e linhagens sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*. 18 (1):1-10.
- Apráez, E; Martínez, J. y Riascos, R. 2015. Efecto de la aclimatación precoz sobre metabolitos sanguíneos en pollos de engorde. *Agro Sur*. 43(3): 1-8.
- Barrera, B. M. E; Rodríguez, G. S. P. y Torres, V. G. 2014. Efectos de la adición de ácido y un probiótico comercial en el agua de bebida, sobre la morfometría del duodeno y parámetros zootécnicos en pollo de engorde. *Orinoquia-Universidad de los Llanos*. Vol. 18. (2): 53- 62.
- Betancourt, R. S. A. 2017. Efecto de un núcleo de integridad intestinal en pollos de engorde en la avícola "Megaves" ubicada en el sector de Ascázubi, provincia de Pichincha - Ecuador. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias.
- Berg. M. J; Stryer, L. y Tymoczko, J. L. 2013. *Bioquímica*. (7ª ed). Ed. Reverté. Barcelona.
- Boaro M. 2009. Morfofisiología del tracto intestinal. APINCO 2009. Facta: Porto Alegre: 262-274.
- Bortoluzzi, C.; Fernandes, J. M.; Contini, J. P.; Gurski, T. J.; Esser, A. F. and Prokoski, K. 2013. Quantitative feed restriction from 35 to 42 days of age for broiler chickens. *Bras Saú Prod Anim*. 14(4): 778-784.
- Butzen, F. M; Vieira, M. M; Kessler, A. M; Aristimunha, P. C; Marx, F. R; Bockor, L. and Ribeiro, A. M. L. 2015. Early feed restriction in broilers. II: Body composition and nutrient gain. *Poultry Science Association Inc*. (25): 198-205.
- Campbell, T. W. 2012. Blood chemistry in minor vertebrates. Department of Clinical Sciences. College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences. State University. Colorado.
- Cano, F. G. 2018. Anatomía específica de aves: aspectos funcionales y clínicos. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. [En línea] <<https://www.um.es/anatvet/interactividad/aaves/anatomia-aves-10.pdf>> [Consulta: 13 de junio 2018].
- Castañeda, S. M. P. 2017. México, séptimo productor de pollo de engorda. *Boletín UNAM*. [En línea] <http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2017_461.html> [Consulta: 21 de octubre 2018].
- Cañedo, C. I. B. 2017. Evaluación de las propiedades nutracéuticas de *Ulva rigida* en pollo de engorde (Tesis de maestría). Instituto Politecnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. Baja California Sur. México.
- Cárdenas, F. N. 2015. Evaluación del desarrollo alométrico duodenal y los parámetros zootécnicos al suministrar diferentes porcentajes de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de pollos de engorde (Tesis de Licenciatura). Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Facultad de Ciencias Agrarias Medicina Veterinaria. Tunja. Colombia.

- Castillo, G. G. R. y Pacheco, B. C. R. 2016. Efecto del extracto etanólico de propóleo sobre la microflora bacteriana, morfometría de vellosidades intestinales y comportamiento productivo, en pollo de engorde (Tesis de Licenciatura). Universidad de Ciencia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cuenca. Ecuador.
- Chávez, L.A; López, A. y Parra, J.E. 2016. Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Archivos de Zootecnia. 65 (249):51-58.
- Cobb-Vantress. Guía de manejo del pollo de engorde. 2012 [En línea] <<http://www.pronavicola.com/contenido/manuales/Cobb.pdf>> [Consulta: 21 de octubre 2018].
- Cowieson, A. J; Abdollahi, M. R; Zaefarian, F; Pappenberger, G. and Ravindran, V. 2018. The effect of a single-component exogenous protease and graduated concentrations of ascorbic acid on the performance, nutrient digestibility and intestinal architecture of broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 235: 128-137.
- Cunningham, J. y Bradley, G. 2009. Fisiología veterinaria. (4ª ed). Ed. Elsevier Saunders. Madrid. España.
- Delgado, G. M. A. y Dueñas, B. M. A. 2017. Comparación de tres horarios de restricción alimenticia en pollos de engorde Cobb 500 mixtos del día 8 al 32 y el efecto en su productividad (Tesis de Licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- De La Torre, Q. R. 2017. Perfil bioquímico de pollos criollos y pavipollos criados en altura (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Puno, Perú.
- Díaz, O. S. y Reese, B. R. R. 2016. Comparación de cuatro programas de ayuno en pollos de engorde Cobb 500 mixtos del día 8 al 31 y el efecto en su productividad (Tesis de licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
- Díaz, S. J. V. 2006. Efecto de dos promotores de crecimiento y dos coccidiostatos sobre diversos parámetros morfológicos microscópicos en duodeno y yeyuno del pollo de engorda (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Veterinarias. Maestría en Ciencias de la Nutrición Animal.
- Dukes, H. H. 1999. Fisiología de los animales domésticos de Dukes. (5ª ed.). (Vol. 2). Ed. Limusina. Noruega. p. 428-434.
- Espinoza, D. S. 2013. Diseño y evaluación de tres programas alimenticios en la producción de pollos broiler Cobb 500, en el sitio San Roquito del Cantón Balsas (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Farfán, C; Rossini, M. y Basilio, D. Efecto de la adición de electrolitos en agua y alimento sobre variantes sanguíneas en pollos de engorda bajo estrés calórico. XV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Barquisimeto. 28 al 30 de octubre del 2010.

- Ferket, P. R. and Gernat, A. G. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: A review. *International Journal of Poultry Science*. 5 (10): 905-911.
- Flores, A; Ayala, H. A. y Nolberto, O. 2012. Evaluación del promotor de crecimiento orgánico "Celmanax" (*Saccharomyces Cerevisiae*) en la alimentación de pollos broiler "Ross" en Chaltura Imbabura (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba, Ecuador.
- Fransechi, D. M. 2018. Composición y manejo de la flora intestinal. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/composicion-manejo-flora-intestinal-t42208.htm>> [Consulta: 10 de agosto 2018].
- Gauthier, R., 2005. La Salud Intestinal: Clave de la Productividad - El Caso de los Ácidos Orgánicos. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/salud-intestinal-clave-productividad-t26193.htm>> [Consulta: 19 de noviembre 2018].
- Geiger, A; Rebollo, M. y Wilson, M. 2018. Inflamación en el tracto gastrointestinal y el sistema inmune innato. *NutruNews*. 15-20.
- Getty, R. 2005. Sisson y Grossman Anatomía de los animales domésticos. (5ª ed.) Ed. Masson. Barcelona, España. p. 2034-2060.
- Gernat, A. 2006. Consumo de alimento de pollo de engorde de la A a Z. Engormix. [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/consumo-alimento-pollo-engorde-t26586.htm>> [Consulta: 03 de agosto del 2019].
- Gómez, V. G.; López, C. C.; Maldonado, B. C. y Ávila, G. E. 2010. El sistema inmune digestivo en las aves. *Investigación y Ciencia*. 18 (48): 9-16.
- Gutiérrez, R.C. 2014. Determinación de los parámetros morfométricos del duodeno de pollos de engorde después de la administración de una mezcla de probióticos (Tesis de maestría). Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Medicina Veterinaria. Bogotá. Colombia.
- Hadman, J. 2011. Registro de 60 años de avances en genética de pollo de engorda. *Alternative Production Environments*. 38. (4): 299-309.
- Hassan, M. A. H; Saleh, E. S; Tawfeek, S. S; Youssef, I. M. and Abdel, D. A. 2017. Effects of probiotics, prebiotics and synbiotics with and without feed restriction on performance, haematological indices and carcass characteristics of broilers. *Asian Australas. J. Anim Sci*. 30 (5): 672- 682.
- Hejdysz, M; Andrzej, K. S; Rogiewicz, A. and Rutkowski, A. 2018. Influence of graduated dietary levels of meals of three lupine species on dry matter of excreta, intestinal viscosity, excretion of total and free sialic acids and intestinal morphology of broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 241(3): 223-232.
- Hernández, V. I. 2016. Manejo de reproductores. XVII Congreso Bional AMENA. Puerto Vallarta, Jalisco. 20 y 23 de octubre del 2016.
- Howie, J. A; Tolkamp, B. J; Avendano, S. y Kyriazakis I. 2009. The structure of feeding behavior in commercial broiler lines selected for different growth rates. *Poultry Science*. 88(6): 1143-1150.

- Howie, J. A; Avendano, S; Tolkamp, B. J. y Kyriazakis, I. Genetic parameters of feeding behavior traits and their relationship with live performance traits in modern broiler lines. *Poultry Science*. 90(6):1197-1205.
- Industria avícola. 2018. Pollos Ross 308: éxito en Latinoamérica y EE. UU. *Industria avícola*: 52-55.
- Jabib, B. L; Botero, B. O; Robles, G. B. y Vergara, O. G. 2012. Efecto de la restricción de alimento sobre variables productivas en pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 4 (1): 24-34.
- Jaramillo, A. H. B. 2011. Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira - Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Tolima-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ibagué.
- Jaramillo B. A. H. y Piraquive, C. A. 2019. Evaluación de la restricción alimenticia y su efecto en la ascitis aviar en dos líneas genéticas de pollos en la Sabana de Bogotá [En línea] <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/evaluacion-restriccion-alimenticia-efecto-t43434.htm>> [Consulta: 19 de noviembre 2018].
- Juárez, C. 2003. Comportamiento de la parvada de gallinas criollas en condiciones naturales del medio rural. (1ª ed). Chihuahua, México. Ed. Ciencia Nicolaita. p. 35-80.
- Kalantar, M; Schreurs, N. M; Abbas, R. S. H; Khan, R; Zaheer, A. J; Yaghobfar, A; Shah, A. M; Hassan, K. M; Hosseini, S. M and Rahman, S. U. 2019. Effect of different cereal-based diets supplemented with a mixture of multiple enzymes on villous structure in growth performance and gene expression (SGLT1, GLUT2, PepT1 and MUC2) in the small intestine of broiler. *Poultry Science*. 4(1): 63-71.
- König, H. E. y Liebich, H. G. 2005, *Anatomía de los animales domésticos*. (2ª ed.) Buenos Aires, Medrid. Ed. Panamericana. p. 38.
- Langhout, D. J; Schutte, J. B; Jong, J; Sloetjes, H; Verstengen, A. and Tamminga, S. 2000. Effect of viscosity on digestion of nutrients in conventional and germ-free chicks. *British Journal of Nutrition*. 83:533-540.
- Lee, J. T; Bailey, C. A. and Cartwright, A. L. 2003. Guar meal germ and hull fractions differently affect growth performance and intestinal viscosity of broiler chickens. *Poultry Science*. 82: 1589-1595.
- López C. C.; Casas, C. L. y Paasch, L. M. 1982. Efecto de la altura sobre la presentación del síndrome ascítico. *Memorias I Reunión de Investigación Pecuaria en México*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México D. F. Octubre de 1982. p. 214-217.
- López, C. C.; Arce, M. J. y Ávila G. E.; Consideraciones para aplicar un programa de restricción alimenticia como paliativo para el control del síndrome ascítico. Engormix. [En línea] 2005. <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/consideraciones-aplicar-programa-restriccion-t26153.htm>> [Consulta: marzo del 2018].
- López, K. P; Schilling, M. W. and Corzo, A. 2011. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. *Poultry Science*. 90: 1105-1111.

- López, C. C.; Arce, M. J. y Ávila G. E.; Aspectos de alimentación a considerar en la integridad y funcionamiento del sistema digestivo. Engormix. [En línea] 2011. <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/aspectos-alimentacion-considerar-integridad-t29030.htm>> [Consulta: marzo del 2018].
- López, E. 2012. Efectos del estrés calórico en el pie de monte Amazónico Colombiano sobre algunos parámetros fisiológicos y zootécnicos en dos estirpes de pollo de engorda (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- López, C. C.; Fehérvári, T.; Arce, M. J.; Ávila, G. E. 2014. El síndrome de tránsito rápido en pollos de engorde. XIII Seminario Internacional de Patología Aviar. AMEVA. Universidad de Georgia, Athens, GA. 24 y 28 de marzo del 2014.
- Madson, T. G. y Pedersen, J. R. La importancia de la uniformidad de parvada BM Editores. [En línea] 2018. <https://bmeditores.mx/avicultura/la-importancia-de-la-uniformidad-de-parvada-1576/> [Consulta: noviembre 2019].
- Maheri, S. N.; Seyyed, N. S.; and Abdolahad, S. 2011. Effect of feed restriction on growth performance of broiler chickens. *Animal Biol Res.* 2: 247-252.
- Marck, N. 2002. Manual de producción avícola. (3ª ed.). Chihuahua, México. Ed. El Manual Moderno. p. 10-25.
- Martínez, V. M.; Klein, D. R.; Branco, T. and Dos Santos P. M.; 2019. Glycemic response of poultries in different feeding systems. *Animal Sciences.* 41: 2-5.
- Masaquiza, M. D. A. 2012. Evaluación de cuatro atrapadores de micotoxinas en dietas para pollos parrilleros en crecimiento y engorde (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba, Ecuador.
- Medina, R. N. M.; Gonzáles, C.; Matute, T. G. y Barahona, R. R. 2015. Morfología intestinal en pollos de engorde con o sin suministro de biomasa de levaduras de la producción de etanol combustible. *Zootecnia Tropical.* 33(2): 107-116.
- Mercado, P. A. L. 2015. Influencia de la edad de la reproductora sobre el rendimiento productivo de dos lotes de pollos de engorde (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad del Perú, Decana de América. Facultad de Medicina Veterinaria. Lima, Perú.
- Miranda, L. S.; Rincón, R. R.; Muñoz, R.; Higuera, A.; Arzálluz, F. A. y Urdaneta, H. 2007. Parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con tres niveles diéticos de harina de granos de frijol (*Vigna unguiculata*) durante la fase de crecimiento. *Revista Científica.* XVI. (2): 150-160.
- Mohammad, R. and Masoud, J. 2015. The effect of quantitative feed restriction in different ages on performance and carcass traits of broilers chicks. *Advances in Bioresearch.* 6 (1): 90-95.
- Nangsuay, A.; Meijerhof, R.; Van Den Anker, I.; Heetkamp, M. J. W.; Kemp, B. and Van Den Brande, H. 2015. Development and nutrient metabolism of embryos from two modern broiler strains. *Poultry Science.* 94 (1): 2546-2554.
- Nogueira, B. R. F.; Reis, M. P.; Carvalho, A. C.; Mendoza, E. A. C.; Oliveira, B. L.; Silva, V. A. and Bertechini, A. G. 2019. Performance, Growth Curves and

- Carcass Yield of Four Strains of Broiler Chicken. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 21 (4): 1-8.
- Noth, O. 1982. Manual de producción avícola. Ed. El Manual Moderno, S.A de C. V.
- Núñez, M. A. O; Araque, H; Rossini, M; Machado, I. y Basilio, V. D. 2013. Adición de dos complejos enzimáticos a raciones con harina de soya (*Glycine max L.*) con diferente solunilidad de proteína y respuesta productiva en pollos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16: 297-307.
- Omosebi, D. J.; Adeyemi, O. A.; Sogunle, M. O.; Idowu, O. M. and Njoku, C. P. 2014. Effects of duration and level of feed restriction on performance and meat quality of broiler chickens. *Archivos de Zootecnia*. 63 (244): 612-616.
- Orejuela, C. M. 2018. Gastrina: hormonas con múltiples funciones (Tesis de maestría). Universidad Complutense. Facultad de Farmacia.
- Ortiz, A. 2006. Salud intestinal, ajuste de dietas. [En línea]. <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/salud-intestinal-ajuste-dietas-t26477.htm>> [Consulta: 21 de junio 2018].
- Osorio, H. J; Quenán, Y. E. y Ramírez G. F. 2016. Concentraciones de glucemia e insulinemia en pollos machos y hembras de cuatro semanas de edad y su relación con el peso. *Rev. (32)*: 21-28.
- Paulino, B. C. 2017. Influencia de tiempo de instalación de pollos bb sobre título de anticuerpos y morfometría de las vellosidades intestinales (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Pérez, B. 2012. Desarrollo embrionario del pollo. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Médicas. Histología.
- Peña, A. L. A. 2019. Evaluación de diferentes niveles de restricción proteica y energética para reducir el síndrome ascítico en pollos de carne, en zonas altas (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Loja, Ecuador.
- Plano, C. M. y Di Matteo, A. M. 2001. Atlas de patología de la incubación del pollo. 1ª ed. Facultad de ciencias veterinarias de U.B.A. Buenos Aires. Argentina.
- Poultry CRC. 2015. Digestive System. [En línea] 3w<<http://www.poultryhub.org/physiology/body-systems/digestive-system/>> [Consulta: 09/febrero/2019].
- Quintana, J. A. 2011. Avitecnia, manejo de las aves domésticas más comunes. (4ª ed.). Ed. Trillas. México. p. 44-48.
- Quishpe, S. G. J. 2006. Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y postura (Tesis de Licenciatura). Zamorano. Carrera de Ciencia y producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras.
- Rahimi, S; Seidavi, A; Sahraei, M; Peña, B. F; Schiavone, A. and Martínez, M. 2017. Effects of feed restriction and diet nutrient density during re-alimentation on growth performance, carcass traits, organ weight, blood parameters and the immune response of broilers. *Italian Journal of Animal Science*. 14-583-593.
- Rajes, J. H; Fohse, J. M. and Tiwari, U. P. 2019. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 6 (48): 2-11.

- Ravindran, V; Tancharoenrat, P; Zaefarian, F. y Ravindran, G. 2016. Grasas en la nutrición avícola: fisiología digestiva y factores que influyen en su utilización. Elsevier. 213: 1-21.
- Rebollar, S. M. E. 2002. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extrudidos y malta de cebada (Tesis de maestría). Universidad de Colima. Programa Institucional en Ciencias Pecuarias. Colima, México.
- Real Academia española. 2019. En Diccionario de la lengua española (23 ed.).
- Richards, M.P. 2010. Regulation of feed intake for broiler farming: in theory and in practice 1 2. *World's Poultry Science Journal*. 60 (4): 508-522.
- Roa, M. L; Guzmán, Y. E. y Navarro, C. A. 2018. Efecto del uso de probióticos en la morfometría intestinal de pollos de engorde. *Archivos de Zootecnia*. 67 (260): 486-492.
- Rodríguez, C. F.; Waxman, S. y Lucas, B. J. J. 2016. Particularidades anatómicas fisiológicas y etológicas con repercusión terapéutica, en medicina aviar (II): aparato digestivo, aparato cardiovascular, sistema músculo- esquelético, tegumento y otras características. [En línea]. Facultad de veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. <<https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/2017/3/10/113722.pdf>> [Consulta: 04 de junio 2018].
- Rodríguez, C. E. y Piraquive, C. A. 2017. Evaluación de la restricción alimenticia y su efecto en la ascitis aviar en dos líneas genéticas de pollo en la Sabana de Bogotá (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente Zootecnia. Bogotá, Colombia.
- Rokeshi, M. and Jafari, M. 2015. The effect of quantitative feed restriction in different ages on performance and carcass traits of broilers chicks. *Advances in Bioresearch*. 6(1): 5-9.
- Romero, M. Y. P. 2018. Efecto de la restricción alimenticia cualitativa sobre el síndrome ascítico en broiler criados en la altura (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Loja, Ecuador.
- Ross, M. H. y Pawlina, W. 2007. *Histología texto atlas color con biología celular y molecular*. (5ª ed.). Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. p. 624-660.
- Ross-Aviagen. Manual de manejo del pollo de engorde. 2014 [En línea] <http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossBroilerHandbook2014-ES.pdf> [Consulta: 21 de octubre 2018].
- Ruiz, B. 2013. En 60 años de genética: menos alimento y más producción. *Industria Avícola*. p. 54- 60.
- Ruiz, B. 2018. Nutrido crecimiento avícola en 2017. *Industria Avícola*. 65. (4):6-30.
- Sahraei, M. 2012. Feed restriction in broiler chickens production: a review. *Global Veterinaria*. 8 (5): 449- 458.
- Sánchez, G. V. E. y Luna, J. A. V. 2019. Evaluación de diferentes programas de restricción alimenticia temprana en pollos broiler, para reducir el síndrome

- ascítico en zonas altas. Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Lima, Ecuador.
- Seiden, R. 2008. Manual de avicultura. (2ª ed.). Chihuahua, México. Ed. Diana. p. 34-38.
- Silva, B. A. H. 2016. Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos pos cosecha de *Theobroma cacao* L. (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera Ingeniería Agropecuaria. Ambato, Ecuador.
- Strader, A. D. and Woods, S. C. 2005. Gastrointestinal hormones and food intake. *Rev Gastroenterol Mex.* 70 (4).
- Sturkie. D. P. 1998. Sturkie's avian physiology. Ed. G. Causey Whittow. Department of physiology. School of medicine University of Hawaii at Manoa. Honolulu, Hawaii. p. 299-310.
- Svihus, B. 2014. Function of the digestive system. Poultry Science Association, Inc. 23: 306-314.
- Thompson, K. L. and Applegate, T. J. 2006. Feed withdrawal alters small intestinal morphology and mucus of broilers. *Poultry Science.* 85(9): 1535- 1540.
- Union Nacional de Avicultores (UNA). Indicadores económicos. [En línea] 2019. <<http://www.una.org.mx/index.php/component/content/article/2-uncategorised/19-indicadores-economicos>> [Consulta: marzo del 2018].
- Vaca, L. A. 2003. Producción avícola. (1ª ed.). Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 58-61.
- Valdiviezo, H. M. F. 2012. Determinación y comparación de parámetros productivos en pollos broiler de las líneas Cobb 500 y Ross 308, con y sin restricción alimenticia (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootecnia. Riobamba, Ecuador.
- Villacres, L. A. J. 2019. Evaluación de diferentes programas de restricción alimenticia temprana en pollos broiler, para reducir el síndrome ascítico en zonas altas (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Lima, Ecuador.
- Villena, E. 2008. Manual Técnico de Ganadería. Madrid, España. Grupo Cultural. p. 146-210.
- Warin, S. 2008. Desarrollo embrionario, día a día. *Selecciones Avícolas.* Vol. 57. (14):39-41.
- Yaghobfar, A. and Kalantar, M. 2017. Effect of Non- Starch Polysaccharide (NSP) of wheat and barley supplemented with exogenous enzyme blend on growth performance, gut microbial, pancreatic enzyme activities, expression of glucose transporter (SGLT1) and mucin producer (MUC2) genes of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science.* 19 (4): 629- 638.
- Yu, M. W. and Robinson, F. E. The application of short-term feed restriction to broiler chicken production a review. 2016 [En línea]. <<http://japr.oxfordjournals.org/> at Penn State University (Paterno Lib)> [Consulta: julio del 2018].

Zapata, W; Holtman, B. y Fajardo, D. Manual de química sanguínea. 2013 [En línea]. <<http://docslide/documents/manual-de-quimica-sanguinea-veterinaria.html>> [Consulta: noviembre del 2018].

ANEXOS

Cuadro 3. Dietas utilizadas en el desarrollo de la prueba experimental

	1 a 21 días (Iniciación)	22 a 35 días (Crecimiento)	36 a 42 días (Finalizador)
Ingredientes	Kg/ton		
Maíz blanco 7.5	595.90	651.10	692.30
Pasta de Soya 46%	354.00	288.00	248.00
Aceite vegetal	10.75	22.00	23.00
Ortofosfato	9.20	8.50	6.80
Carbonato de Calcio 38%	12.30	11.95	11.00
Sal refinada	3.400	3.000	2.900
DL-Metionina 99%	3.650	3.150	2.700
L-Lisina 78%	2.825	2.500	2.500
Bicarbonato de sodio	1.800	1.800	1.800
Enramicina	0.125	0.125	0.125
Vit + min + colina	4.000	4.000	3.500
Nicarbazina	0.500	0.000	0.000
Treonina 98%	1.425	1.000	0.700
Antioxidante	0.150	0.150	0.150

Pigm-30 gr/kg	0.000	2.000	3.750
Carophil rojo 10%	0.000	0.250	0.250
Salinomicina	0.000	0.550	0.550
Total de alimento	1000	1000	1000

Cuadro 4. Composición nutrimental de la dieta

Nutrientes	1 a 21 días (Iniciación)	22 a 35 días (Crecimiento)	36 a 42 días (Finalizador)
Proteína cruda (%)	20.725	18.550	17.650
Lisina digestible (%)	1.228	1.070	1.020
Metionina + cisteína dig. (%)	0.925	0.835	0.795
Treonina digestible (%)	0.818	0.695	0.660
Tryp digestible (%)	0.198	0.190	0.180
Arginina digestible (%)	1.290	1.125	1.070
Isoleucina digestible (%)	0.780	0.705	0.675
Valina digestible (%)	0.910	0.805	0.770
E. Met. Aves Kcal./kg	3000.000	3100.000	3150.000
Extracto etéreo (%)	3.650	4.850	5.200
Calcio total (%)	0.870	0.840	0.760
Fosforo disponible (%)	0.435	0.420	0.380
Sodio total (%)	0.198	0.185	0.180

Cuadro 5. Parámetros ambientales semanales registrados dentro de la caseta durante la prueba

Primera semana	Temperatura °C	Humedad relativa (%)	Punto de Rocío °C
Media	28.0	37.2	11.6
Máxima	33.5	51.4	16.2
Mínima	22.0	18.2	5.2
Desviación estándar	2.8	8.1	2.7
Coefficiente Variación (%)	10.1	21.8	23.6
Segunda semana			
Media	27.9	45.9	15.0
Máxima	32.0	54.9	18.2
Mínima	24.7	34.2	12.0
Desviación estándar	1.5	4.6	1.1
Coefficiente Variación (%)	5.4	10.1	7.1
Tercera semana			
Media	26.6	51.1	15.5
Máxima	30.0	61.7	19.0
Mínima	22.1	25.5	5.7
Desviación estándar	1.4	7.1	2.0
Coefficiente Variación (%)	5.1	14.0	12.7
Cuarta semana			
Media	21.5	63.4	14.0

Máxima	29.4	71.3	19.6
Mínima	15.9	37.8	9.1
Desviación estándar	2.9	7.8	2.1
Coeficiente Variación (%)	13.6	12.4	15.1
Quinta semana			
Media	20.1	62.4	12.4
Máxima	26.8	71.6	17.3
Mínima	12.7	29.6	7.0
Desviación estándar	3.4	9.6	2.3
Coeficiente Variación (%)	17.0	15.3	18.2
Sexta semana			
Media	19.3	59.5	10.8
Máxima	27.2	71.6	16.7
Mínima	11.5	33.8	4.4
Desviación estándar	4.2	11.1	2.5
Coeficiente Variación (%)	21.6	18.6	22.7

Cuadro 6. Peso corporal de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Días	7	14	21	28	35	42	
Estirpe	Kg						
Cobb 500	0.150 a	0.480 a	0.870	1.340 a	1.996 a	2.756 a	
Ross 308	0.144 b	0.459 b	0.865	1.300 b	1.964 b	2.735 b	
Probabilidad	0.001	0.001	0.597	0.001	0.001	0.009	
Tratamiento							
Control	0.149	0.451 bc	0.921 a	1.466 a	2.079 a	2.855 b	
Menos 10%	0.147	0.484 a	0.868 b	1.283 c	1.923 b	2.774 c	
Menos 20% (1)	0.147	0.486 a	0.863 b	1.245 c	1.826 c	2.513 d	
Menos 20% (2)	0.146	0.472 ab	0.865 b	1.249 c	1.836 c	2.509 d	
7-14 días	0.148	0.434 c	0.870 b	1.347 b	2.112 a	2.903 a	
14-21 días	0.149	0.489 a	0.817 c	1.329 b	2.102 a	2.917 a	
Probabilidad	0.878	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Estirpe	Tratamiento						
Cobb 500	Control	0.149	0.451 bc	0.914	1.462 a	2.049 b	2.854
Cobb 500	Menos 10%	0.151	0.501 a	0.865	1.294 cd	1.963 c	2.781
Cobb 500	Menos 20% (1)	0.151	0.499 a	0.866	1.246 cd	1.836 de	2.517
Cobb 500	Menos 20% (2)	0.150	0.496 a	0.876	1.267 cd	1.870 de	2.529
Cobb 500	7-14 días	0.151	0.434 c	0.885	1.382 b	2.127 a	2.912
Cobb 500	14-21 días	0.151	0.500 a	0.812	1.386 b	2.128 a	2.942
Ross 308	Control	0.149	0.452 bc	0.929	1.469 a	2.109 ab	2.857

Ross 308	Menos 10%	0.142	0.468 abc	0.871	1.272 cd	1.882 d	2.767
Ross 308	Menos 20% (1)	0.143	0.472 abc	0.860	1.245 cd	1.816 de	2.509
Ross 308	Menos 20% (2)	0.142	0.448 bc	0.854	1.231 d	1.801 e	2.490
Ross 308	7-14 días	0.145	0.434 c	0.855	1.313 bc	2.097 ab	2.894
Ross 308	14-21 días	0.146	0.478 ab	0.822	1.272 cd	2.077 ab	2.892
Probabilidad		0.685	0.034	0.522	0.002	0.001	0.378
Promedio Gral.		0.147	0.469	0.867	1.320	1.980	2.745
EEM		0.001	0.004	0.006	0.011	0.017	0.023

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d,e,= Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 7. Consumo de alimento acumulado de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Días	7	14	21	28	35	42	
Estirpe							
	Kg						
Cobb 500	0.121 b	0.559 b	1.126	2.012 b	3.073 b	4.367	
Ross 308	0.116 a	0.532 a	1.105	1.968 a	3.034 a	4.340	
Probabilidad	0.001	0.018	0.089	0.001	0.012	0.111	
Tratamiento							
Control	0.117	0.525 ab	1.173 c	2.124 c	3.264 c	4.719 d	
Menos 10%	0.116	0.562 ab	1.145 bc	2.001 b	3.031 b	4.338 b	
Menos 20% (1)	0.120	0.574 b	1.092 ab	1.854 a	2.775 a	3.938 a	
Menos 20% (2)	0.119	0.558 ab	1.076 a	1.855 a	2.776 a	3.940 a	
7-14 días	0.120	0.514 a	1.161 c	2.087 c	3.251 c	4.572 c	
14-21 días	0.119	0.541 ab	1.046 a	2.020 b	3.223 c	4.613 c	
Probabilidad	0.948	0.021	0.001	0.001	0.001	0.001	
Estirpe	Tratamiento						
Cobb 500	Control	0.117	0.519	1.164	2.124	3.259	4.703
Cobb 500	Menos 10%	0.116	0.579	1.159	2.023	3.048	4.343
Cobb 500	Menos 20% (1)	0.126	0.594	1.110	1.878	2.795	3.950
Cobb 500	Menos 20% (2)	0.122	0.590	1.105	1.906	2.823	3.979
Cobb 500	7-14 días	0.121	0.510	1.158	2.086	3.251	4.557
Cobb 500	14-21 días	0.125	0.563	1.061	2.053	3.262	4.673
Ross 308	Control	0.117	0.532	1.183	2.123	3.270	4.735
Ross 308	Menos 10%	0.117	0.545	1.130	1.978	3.014	4.332
Ross 308	Menos 20% (1)	0.113	0.553	1.073	1.829	2.755	3.927
Ross 308	Menos 20% (2)	0.117	0.527	1.047	1.803	2.729	3.901
Ross 308	7-14 días	0.118	0.518	1.164	2.087	3.251	4.588
Ross 308	14-21 días	0.112	0.519	1.031	1.987	3.184	4.554
Probabilidad		0.418	0.294	0.490	0.190	0.296	0.085
Promedio Gral.		0.118	0.546	1.116	1.990	3.053	4.354
EEM		0.001	0.006	0.009	0.015	0.029	0.042

Cuadro 8. Índice de conversión alimenticia en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Estirpe		Kg/kg					
Cobb 500		1.130	1.281	1.364	1.554	1.574	1.609
Ross 308		1.120	1.276	1.341	1.565	1.578	1.610
Probabilidad		0.693	0.847	0.100	0.312	0.575	0.900
Tratamiento							
Control		1.096	1.284	1.335 abc	1.493 a	1.603 bc	1.678 b
Menos 10%		1.115	1.272	1.387 bc	1.613 c	1.613 c	1.588 a
Menos 20% (1)		1.142	1.294	1.331 ab	1.541 ab	1.555 a	1.594 a
Menos 20% (2)		1.150	1.297	1.307 a	1.537 ab	1.548 a	1.597 a
7-14 días		1.136	1.310	1.403 c	1.600 c	1.570 ab	1.598 a
14-21 días		1.112	1.213	1.351 abc	1.571 bc	1.564 ab	1.605 a
Probabilidad		0.774	0.260	0.001	0.001	0.001	0.001
Estirpe	Tratamiento						
Cobb 500	Control	1.105	1.273	1.337	1.498 a	1.625 bc	1.673
Cobb 500	Menos 10%	1.077	1.267	1.414	1.618 cd	1.587 abc	1.586
Cobb 500	Menos 20% (1)	1.170	1.301	1.349	1.561 abcd	1.559 a	1.597
Cobb 500	Menos 20% (2)	1.141	1.303	1.327	1.558 abcd	1.545 a	1.600
Cobb 500	7-14 días	1.128	1.305	1.376	1.559 abcd	1.560 a	1.589
Cobb 500	14-21 días	1.159	1.235	1.380	1.528 abc	1.564 ab	1.612
Ross 308	Control	1.086	1.294	1.332	1.487 a	1.581 abc	1.682
Ross 308	Menos 10%	1.152	1.276	1.361	1.608 bcd	1.638 c	1.589
Ross 308	Menos 20% (1)	1.115	1.286	1.313	1.520 ab	1.552 a	1.591
Ross 308	Menos 20% (2)	1.159	1.291	1.287	1.516 a	1.551 a	1.593
Ross 308	7-14 días	1.144	1.316	1.430	1.642 d	1.581 abc	1.608
Ross 308	14-21 días	1.065	1.191	1.322	1.615 cd	1.564 ab	1.597
Probabilidad		0.413	0.976	0.188	0.001	0.028	0.711
Promedio Gral.		1.125	1.278	1.352	1.559	1.576	1.610
EEM		0.012	0.012	0.008	0.008	0.005	0.005

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d= Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 9. Porcentaje de mortalidad acumulada de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Días	7	14	21	28	35	42
Estirpe	(%)					
Cobb 500	0	0.67	0.81	1.04	1.41	3.86

Ross 308		0	0.22	0.44	0.74	1.41	3.20
Probabilidad		0	0.418	0.537	0.650	0.997	0.703
Tratamiento							
Control		0	0.00	0.44	1.34	2.46	6.50
Menos 10%		0	1.33	1.33	1.33	1.33	2.00
Menos 20% (1)		0	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Menos 20% (2)		0	0.00	0.00	0.00	0.67	0.67
7-14 días		0	0.00	0.67	0.67	1.33	4.00
14-21 días		0	0.67	0.67	1.33	2.00	7.33
Probabilidad		0	0.651	0.879	0.788	0.727	0.112
Estirpe	Tratamiento						
Cobb 500	Control	0	0.00	0.89	0.89	1.79	8.48
Cobb 500	Menos 10%	0	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
Cobb 500	Menos 20% (1)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobb 500	Menos 20% (2)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobb 500	7-14 días	0	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67
Cobb 500	14-21 días	0	1.33	1.33	2.67	4.00	9.33
Ross 308	Control	0	0.00	0.00	1.80	3.14	4.52
Ross 308	Menos 10%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33
Ross 308	Menos 20% (1)	0	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
Ross 308	Menos 20% (2)	0	0.00	0.00	0.00	1.33	1.33
Ross 308	7-14 días	0	0.00	1.33	1.33	2.67	5.33
Ross 308	14-21 días	0	0.00	0.00	0.00	0.00	5.33
Probabilidad		0	0.391	0.338	0.220	0.104	0.799
Promedio Gral.		0	0.44	0.63	0.89	1.41	3.53
EEM		0	0.268	0.290	0.318	0.395	0.869

EEM = Error estándar de la media

Cuadro 10. Porcentaje de mortalidad acumulada por Síndrome ascítico en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Días	7	14	21	28	35	42
Estirpe	(%)					
Cobb 500	0	0	0.15	0.15	0.52	1.78

Ross 308		0	0	0.22	0.45	1.12	2.38
Probabilidad		0	0	0.759	0.296	0.185	0.652
Tratamiento							
Control		0	0	0.44	1.12	2.24 b	3.81
Menos 10%		0	0	0.00	0.00	0.00 a	0.00
Menos 20% (1)		0	0	0.00	0.00	0.00 a	0.00
Menos 20% (2)		0	0	0.00	0.00	0.67 a	0.67
7-14 días		0	0	0.67	0.67	1.33 ab	2.00
14-21 días		0	0	0.00	0.00	0.67 a	6.00
Probabilidad		0	0	0.422	0.105	0.045	0.063
Estirpe	Tratamiento						
Cobb 500	Control	0	0	0.89	0.89	1.79	4.03
Cobb 500	Menos 10%	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobb 500	Menos 20% (1)	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobb 500	Menos 20% (2)	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobb 500	7-14 días	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobb 500	14-21 días	0	0	0.00	0.00	1.33	6.67
Ross 308	Control	0	0	0.00	1.35	2.70	3.60
Ross 308	Menos 10%	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ross 308	Menos 20% (1)	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ross 308	Menos 20% (2)	0	0	0.00	0.00	1.33	1.33
Ross 308	7-14 días	0	0	1.33	1.33	2.67	4.00
Ross 308	14-21 días	0	0	0.00	0.00	0.00	5.33
Probabilidad		0	0	0.218	0.698	0.187	0.884
Promedio Gral.		0	0	0.19	0.30	0.82	2.08
EEM		0	0	0.122	0.145	0.242	0.666

EEM = Error estándar de la media

Parámetros digestivos

Cuadro 11. Tiempo de tránsito alimenticio en el sistema digestivo de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Edad (días)	7	14	21	28	35	42	Promedio
-------------	---	----	----	----	----	----	----------

Estirpe	Horas							
Cobb 500	3:19	3:24	3:17 b	3:16	3:38	3:33 a	3:25	
Ross 308	3:20	3:22	3:27 a	3:17	3:32	3:24 b	3:24	
Probabilidad	0.762	0.724	0.007	0.830	0.146	0.032	0.678	
Tratamiento								
Control	3:11	3:35 a	3:38 a	3:50 a	3:53 a	4:05 a	3:42 a	
Menos 10%	3:18	3:29 a	3:18 bc	3:07 bc	3:28 b	3:08 c	3:18 cd	
Menos 20% (1)	3:17	3:26 a	3:15 bc	2:54 c	3:19 b	3:05 c	3:13 d	
Menos 20% (2)	3:22	3:26 a	3:18 bc	2:58 c	3:24 b	3:03 c	3:15 d	
7-14 días	3:29	2:54 b	3:32 ab	3:27 ab	3:31 b	3:43 b	3:26 bc	
14-21 días	3:22	3:30 a	3:13 c	3:21 bc	3:58 a	3:49 ab	3:32 b	
Probabilidad	0.134	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Estirpe	Tratamiento							
Cobb 500	Control	3:05	3:34	3:38	3:55	3:57 ab	4:07 a	3:43 a
Cobb 500	Menos 10%	3:18	3:29	3:04	3:12	3:23 cde	3:14 cd	3:17 d
Cobb 500	Menos 20% (1)	3:18	3:23	3:09	2:44	3:16 de	2:57 d	3:08 d
Cobb 500	Menos 20% (2)	3:22	3:31	3:17	3:01	3:19 cde	3:10 d	3:17 d
Cobb 500	7-14 días	3:31	2:59	3:28	3:24	3:52 abc	3:58 ab	3:32 ab
Cobb 500	14-21 días	3:21	3:29	3:08	3:19	4:05 a	3:54 ab	3:32 ab
Ross 308	Control	3:16	3:36	3:39	3:46	3:48 abcd	4:03 a	3:41 a
Ross 308	Menos 10%	3:19	3:28	3:31	3:02	3:34 abcde	3:02 d	3:19 bcd
Ross 308	Menos 20% (1)	3:15	3:29	3:21	3:05	3:23 cde	3:13 cd	3:18 cd
Ross 308	Menos 20% (2)	3:21	3:21	3:18	2:55	3:29 bcde	2:57 d	3:14 d
Ross 308	7-14 días	3:27	2:49	3:36	3:31	3:11 e	3:28 bcd	3:20 bcd
Ross 308	14-21 días	3:23	3:31	3:19	3:23	3:50 abc	3:44 abc	3:32 abc
Probabilidad		0.882	0.884	0.337	0.485	0.004	0.050	0.019
Promedio Gral.		3:20	3:23	3:22	3:16	3:35	3:29	3:24
EEM		0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d,e = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 12. Mediciones de la morfología de las vellosidades del duodeno en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

	Longitud	Ancho	Número de vellosidades	Profundidad Cripta de Lieberkühn	Relación longitud/ Cripta	Área de absorción
Estirpe	Micras (μm)					(μm^2)

Cobb 500	771.0 a	85.1	33	149.4	5.39	6.58 a
Ross 308	750.3 b	84.1	33	149.0	5.43	6.36 b
Probabilidad	0.001	0.295	0.563	0.725	0.472	0.001
Tratamiento						
Control	799.7 a	85.3	33	121.3 a	6.99 a	6.83 a
Menos 10%	742.4 c	85.1	33	165.0 d	4.63 ed	6.34 cd
Menos 20% (1)	727.0 c	85.1	33	158.0 c	4.72 d	6.22 d
Menos 20% (2)	725.5 c	84.4	33	166.9 d	4.42 e	6.10 d
7-14 días	767.5 b	84.8	34	142.5 b	5.65 c	6.54 bc
14-21 días	801.7 a	85.0	33	141.3 b	6.05 b	6.80 ab
Probabilidad	0.001	0.511	0.585	0.001	0.001	0.001
Edad (días)						
7	585.5 e	71.4 f	45 a	138.2 a	4.26 e	5.96 b
14	598.6 e	76.9 e	40 b	149.3 b	4.09 e	5.74 b
21	767.5 d	83.2 d	34 c	163.8 c	4.96 d	6.90 a
28	824.0 c	90.9 c	29 d	149.9 b	5.81 c	6.76 a
35	875.5 b	92.9 b	26 e	139.1 a	7.05 a	6.73 a
42	912.6 a	94.4 a	25 f	154.6 b	6.27 b	6.75 a
Probabilidad	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio Gral.	760.7	84.9	33	149.2	5.41	6.47
EEM	5.759	0.362	0.309	1.296	0.075	0.037

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 13. Interacción Estirpe-Tratamiento-Edad de morfología de las vellosidades del duodeno

ESTIRPE	Tratamiento	Edad	Longitud	Ancho	Número vellosidades	Profundidad Cripta de Lieberkühn	Relación longitud/Cripta	Área de absorción
			Micras (µm)					
			(µm)					
Cobb 500	Control	7	590.8 uvwxy	71.7	45	145.3 ghij	4.08 opqrs	6.04 efghijklmnñop
Cobb 500	Control	14	635.2 tuvwx	77.8	40	153.2 ijkl	4.17 nñopqr	6.27 defghijklmnñop
Cobb 500	Control	21	820.1 jklmnñ	84.3	34	109.2 abcde	7.63 cdef	7.33 abcdefg
Cobb 500	Control	28	906.3 cdefghij	91.8	29	136.9 defghi	6.68 defghij	7.72 ab
Cobb 500	Control	35	986.7 bc	93.4	26	97.1 abc	10.38 bc	7.69 abc
Cobb 500	Control	42	960.5 bcde	94.5	25	139.0 fghi	7.01 defghi	7.36 abcdef
Cobb 500	Menos 10%	7	581.2 uvwxy	72.3	46	131.1 defghi	4.45 mnñopqr	6.07 efghijklmnñop
Cobb 500	Menos 10%	14	623.5 uvwx	77.8	40	145.3 ghij	4.30 mnñopqr	6.00 ghijklmnñop
Cobb 500	Menos 10%	21	790.5 lmññopq	83.3	35	211.3 pq	3.76 pqrs	7.01 bcdefghijklm
Cobb 500	Menos 10%	28	832.0 ijklmn	90.8	29	215.1 pq	3.88 pqrs	6.67 bcdefghijklmnñ
Cobb 500	Menos 10%	35	884.9 defghijk	93.4	27	128.5 defghi	7.02 defghi	6.71 bcdefghijklmnñ
Cobb 500	Menos 10%	42	801.6 klmnñop	94.8	24	155.2 ijkl	5.21 jklmnñop	5.51 ñop
Cobb 500	Menos 20% (1)	7	583.8 uvwxy	71.2	46	144.7 ghij	4.05 opqrs	6.08 efghijklmnñop
Cobb 500	Menos 20% (1)	14	611.1 uvwx	76.9	41	146.9 hijk	4.18 nñopqr	5.72 lmññop
Cobb 500	Menos 20% (1)	21	786.9 lmññopq	82.4	34	186.9 mnñop	4.23 nñopqr	7.11 abcdefghij
Cobb 500	Menos 20% (1)	28	821.0 jklmnñ	91.5	29	158.3 ijklm	5.21 jklmnñop	6.93 bcdefghijklm
Cobb 500	Menos 20% (1)	35	836.7 hijklmn	93.1	27	128.6 defghi	6.55 efghij	7.00 bcdefghijklm
Cobb 500	Menos 20% (1)	42	773.0 mnñopq	95.0	25	142.9 fghij	5.51 jklmnñop	6.75 bcdefghijklmnñ
Cobb 500	Menos 20% (2)	7	589.7 uvwxy	72.1	45	142.2 fghij	4.16 nñopqr	6.02 fghijklmnñop
Cobb 500	Menos 20% (2)	14	613.8 uvwx	76.8	40	144.0 ghij	4.27 mnñopqr	5.47 ñop
Cobb 500	Menos 20% (2)	21	759.9 nñopq	85.3	34	181.1 lmññop	4.20 nñopqr	7.15 abcdefgh
Cobb 500	Menos 20% (2)	28	779.4 lmññopq	90.2	30	132.5 defghi	6.02 ghijkl	6.93 bcdefghijkl
Cobb 500	Menos 20% (2)	35	803.6 klmnñop	91.9	27	190.5 nñopq	4.29 mnñopqr	7.03 bcdefghijkl
Cobb 500	Menos 20% (2)	42	860.0 fghijkl	93.9	26	217.1 q	3.99 pqrs	6.96 bcdefghijklm
Cobb 500	7-14 días	7	577.5 uvwxy	71.4	46	136.1 defghi	4.25 mnñopqr	5.98 hijklmnñop
Cobb 500	7-14 días	14	562.4 wxy	76.6	40	177.7 lmññ	3.18 rs	5.78 jklmnñop
Cobb 500	7-14 días	21	799.2 klmnñop	83.1	34	143.0 fghij	5.63 ijklm	6.08 efghijklmnñop
Cobb 500	7-14 días	28	850.1 ghijklm	89.7	29	129.3 defghi	6.63 efghij	6.48 bcdefghijklmnñop
Cobb 500	7-14 días	35	910.4 cdefghi	93.2	27	141.6 fghij	6.49 fghij	6.01 ghijklmnñop
Cobb 500	7-14 días	42	910.4 cdefghi	94.1	24	141.7 fghij	6.49 fghij	6.35 cdefghijklmnñop
Cobb 500	14-21 días	7	594.0 uvwx	70.7	47	134.2 defghi	4.45 mnñopqr	5.80 ijklmnñop
Cobb 500	14-21 días	14	659.0 stuv	76.4	42	143.5 fghij	4.61 lmññopqr	4.78 p
Cobb 500	14-21 días	21	807.0 klmnñop	83.7	34	141.7 fghij	5.73 hijklm	7.33 abcdefg
Cobb 500	14-21 días	28	723.2 pqrs	91.0	28	121.2 cdefgh	6.03 ghijkl	6.80 bcdefghijklmnñ
Cobb 500	14-21 días	35	1007.9 a	91.3	26	137.1 defghi	7.47 defg	7.14 abcdefghi
Cobb 500	14-21 días	42	1124.3 a	94.3	25	147.3 hijk	7.72 cdef	7.08 bcdefghijk
Ross 308	Control	7	594.8 xy	72.7	45	132.5 defghi	4.51 mnñopqr	5.87 hijklmnñop
Ross 308	Control	14	574.9 vwxy	77.1	39	119.0 bcdefgh	4.86 klmnñopq	5.91 hijklmnñop
Ross 308	Control	21	745.6 ñopqr	81.8	35	119.1 bcdefgh	6.66 defghij	7.07 bcdefghijk
Ross 308	Control	28	851.7 ghijklm	90.6	29	108.1 abcd	7.98 cde	6.81 bcdefghijklmnñ
Ross 308	Control	35	927.2 bcdefg	94.1	26	87.7 a	10.80 a	6.92 bcdefghijklmn
Ross 308	Control	42	967.5 bcd	93.8	25	108.7 abcde	9.09 bc	5.74 klmnñop
Ross 308	Menos 10%	7	585.1 uvwxy	71.1	45	136.5defghi	4.30 mnñopqr	5.80 ijklmnñop
Ross 308	Menos 10%	14	559.4 xy	75.3	39	138.0 efghi	4.07 opqrs	5.51 ñop
Ross 308	Menos 10%	21	733.4 opqrs	83.5	34	201.4 ñopq	3.66 qrs	6.79 bcdefghijklmnñ
Ross 308	Menos 10%	28	839.0 hijklmn	91.8	29	153.3 ijkl	5.58 ijklmnñ	6.36 cdefghijklmnñop
Ross 308	Menos 10%	35	765.9 mnñopq	92.0	26	170.1 jklmn	4.57 mnñopqr	6.06 efghijklmnñop
Ross 308	Menos 10%	42	912.7 cdefghi	93.7	25	194.4 nñopq	4.73 lmññopq	6.26 defghijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (1)	7	588.1 uvwxy	71.0	46	140.5 fghij	4.20 nñopqr	6.20 efghijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (1)	14	606.9 uvwx	76.3	40	145.3 ghij	4.19 nñopqr	6.35 cdefghijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (1)	21	663.4 rstu	84.9	35	178.1 lmññ	3.76 pqrs	7.37 abcde
Ross 308	Menos 20% (1)	28	801.0 klmnñop	90.4	28	142.4 fghij	5.74 hijklm	6.02 fghijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (1)	35	775.8 lmññopq	92.7	26	200.8 ñopq	4.04 opqrs	7.57 abcd
Ross 308	Menos 20% (1)	42	877.0 efghijk	94.1	25	180.0 lmññop	4.94 klmnñopq	8.43 a
Ross 308	Menos 20% (2)	7	577.0 uvwxy	71.2	44	143.9 fghij	4.04 opqrs	5.90 hijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (2)	14	582.3 uvwxy	77.6	39	140.1 fghi	4.16 nñopqr	5.31 op
Ross 308	Menos 20% (2)	21	726.7 pqrs	83.7	35	177.7 lmññ	4.12 ñopqr	6.73 bcdefghijklmnñ
Ross 308	Menos 20% (2)	28	830.4 ijklmnñ	91.6	29	178.2 lmññ	4.75 lmññopq	7.01 bcdefghijklm
Ross 308	Menos 20% (2)	35	745.6 ñopqr	93.1	27	179.8 lmññ	4.20 nñopqr	5.83 hijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (2)	42	837.0 hijklmn	94.0	24	175.5 klmnñ	4.81 klmnñopq	6.99 bcdefghijklm
Ross 308	7-14 días	7	584.2 uvwxy	70.8	44	136.5 defghi	4.30 mnñopqr	5.85 hijklmnñop
Ross 308	7-14 días	14	506.5 z	76.5	38	194.1 nñopq	2.61 s	5.58 nñop
Ross 308	7-14 días	21	832.4 ijklmn	80.2	34	135.3 defghi	6.24 fghijk	6.36 cdefghijklmnñop
Ross 308	7-14 días	28	816.0 klmnñop	90.2	28	114.1 abcdef	7.19 defgh	6.75 bcdefghijklmnñ
Ross 308	7-14 días	35	942.1 bcdef	92.8	26	116.4 abcdefg	8.14 cd	5.66 mnñop
Ross 308	7-14 días	42	941.5 bcdef	94.9	25	144.6 ghij	6.62 efghij	6.19 efghijklmnñop
Ross 308	14-21 días	7	580.4 uvwxy	70.8	47	135.5 defghi	4.31 mnñopqr	5.90 hijklmnñop
Ross 308	14-21 días	14	648.6 stuvw	77.0	40	144.7 ghij	4.50 mnñopqr	6.17efghijklmnñop
Ross 308	14-21 días	21	709.8 qrst	82.1	34	181.0 lmññop	3.96 pqrs	6.49 bcdefghijklmnñop
Ross 308	14-21 días	28	838.5 hijklmn	90.7	29	209.7 opq	4.03 opqrs	6.62 bcdefghijklmnñop
Ross 308	14-21 días	35	942.1 bcdef	93.9	26	91.0 ab	10.67 a	7.15 abcdefgh
Ross 308	14-21 días	42	985.8 bc	95.7	25	108.2 abcde	9.12 bc	7.33 abcdefg
Probabilidad			0.001	0.883	0.886	0.001	0.001	0.001
Promedio Gral.			760.7	84.9	33	149.2	5.41	6.47
EEM			5.759	0.362	0.309	1.296	0.75	0.037

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,ñ,o,p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z= Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas (P≤0.05).

Cuadro 14. Mediciones de la morfología de las vellosidades del yeyuno en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

	Longitud	Ancho	Número de vellosidades	Profundidad Cripta de Lieberkühn	Relación longitud/ Cripta	Área de absorción
Estirpe	Micras (µm)					(µm²)
Cobb 500	487.5	60.0 b	51	114.4 b	4.38	4.29
Ross308	482.1	60.6 a	51	111.8 a	4.49	4.33
Probabilidad	0.122	0.018	0.465	0.013	0.061	0.314
Tratamiento						
Control	494.1 ab	60.6	51 ab	106.9 a	4.79 a	4.42 a
Menos 10%	487.1 ab	59.9	51 ab	124.4 c	4.05 b	4.32 a
Menos 20% (1)	476.9 bc	60.3	51 ab	119.1 b	4.15 b	4.26 ab
Menos 20% (2)	468.0 c	60.5	50 b	114.7 b	4.15 b	4.10 b
7-14 días	485.2 abc	60.0	51 a	104.5 a	4.82 a	4.34 a
14-21 días	497.6 a	60.4	51 ab	109.1 a	4.64 a	4.39 a
Probabilidad	0.001	0.572	0.039	0.001	0.001	0.001
Edad (días)						
7	295.9 e	47.6 f	87 a	102.2 b	2.90 e	3.83 e
14	388.2 c	53.6 e	55 b	115.1 d	3.39 d	3.63 d
21	537.6 b	56.9 d	46 c	122.4 e	4.45 c	4.38 c
28	552.0 bc	63.2 c	39 d	133.4 f	4.43 c	4.28 c
35	562.9 ab	68.9 b	39 d	108.5 c	5.31 b	4.75 b
42	572.3 a	71.5 a	39 d	97.0 a	6.12 a	4.97 a
Probabilidad	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio Gral.	484.8	60.3	51	113.1	4.43	4.31
EEM	4.861	0.357	0.668	0.982	0.056	0.033

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d,e = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas (P≤0.05).

Cuadro 15. Interacción Estirpe-Tratamiento-Edad de la morfología de las vellosidades de yeyuno

ESTIRPE	Tratamiento	Edad	Longitud	Ancho	Número vellosidades	Profundidad Cripta de Lieberkühn	Relación longitud/ Cripta	Área de absorción
			Micras (µm)			(µm)		(µm ²)
Cobb 500	Control	7	295.8 w	47.9 tu	88 a	102.5 bcdefghij	2.90 tu	3.89 mnñopqrstuvw
Cobb 500	Control	14	428.5 pqrst	52.0 pqrstu	55 bc	129.2 klmnñopq	3.32 rstu	3.88 mnñopqrstuvw
Cobb 500	Control	21	531.4 efghijklmn	56.7 lmññopq	49 def	99.1 abcdefghi	5.47 cdefghij	4.64 defghijklmnñop
Cobb 500	Control	28	528.1 efghijklmn	62.5 efghijklmn	39 jklmnñop	98.6 abcdefgh	5.43 cdefghijk	4.04 ijklmnñopqrstuvw
Cobb 500	Control	35	559.9 bcdefghijkl	69.6 abcd	39 jklmnñop	109.8 cdefghijklmnñop	5.15 defghijklmn	4.83 abcdefghijklmn
Cobb 500	Control	42	645.0 ab	71.8 a	40 ijklmnñop	117.7 efghijklmnñop	5.55 cdefghi	5.75 a
Cobb 500	Menos 10%	7	294.9 w	47.7 tu	87 a	102.7 bcdefghij	2.88 tu	3.85 mnñopqrstuvw
Cobb 500	Menos 10%	14	343.5 tuv	52.7 pqrstu	56 bc	109.3 cdefghijklmn	3.15 stu	3.17 vw
Cobb 500	Menos 10%	21	568.4 bcdefghijk	57.7 ghijklmnñop	45 fghijkl	124.6 ijklmnñopq	4.56 fghijklmnñopqrs	4.57 efghijklmnñopq
Cobb 500	Menos 10%	28	618.4 bcd	61.3 fghijklmnñ	39 jklmnñop	221.7 t	2.81 u	4.64 defghijklmnñop
Cobb 500	Menos 10%	35	525.7 efghijklmn	68.7 abcde	39 jklmnñop	127.1 jklmnñopq	4.19 ijklmnñopqrstu	4.38 fghijklmnñopqrst
Cobb 500	Menos 10%	42	519.6 ghijklmnñop	71.1 a	42 ghijklmn	107.0 cdefghijklmn	4.96 defghijklmnñop	4.86 abcdefghijklm
Cobb 500	Menos 20% (1)	7	295.8 w	46.5 u	88 a	101.7 bcdefghij	2.92 tu	3.78 opqrstuvw
Cobb 500	Menos 20% (1)	14	392.9 rstuv	52.0 pqrstu	55 bcd	115.3 cdefghijklmnñop	3.41 qrstu	3.50 rstuvw
Cobb 500	Menos 20% (1)	21	517.6 ghijklmnñop	57.6 ghijklmnñop	44 fghijklm	138.4 opq	3.75 nñopqrstu	4.10 hijklmnñopqrstuvw
Cobb 500	Menos 20% (1)	28	585.2 bcdefghij	63.5 cdefghijk	38 mnñop	147.8 qr	3.99 jklmnñopqrstu	4.47 efghijklmnñopqr
Cobb 500	Menos 20% (1)	35	579.7 bcdefghij	69.7 abc	39 jklmnñop	100.8 bcdefghi	5.95 bcdefgh	4.91 abcdefghijkl
Cobb 500	Menos 20% (1)	42	489.1 klmnñopq	72.3 a	42 ghijklmn	100.9 bcdefghi	4.91 efghijklmnñopq	4.68 cdefghijklmnñop
Cobb 500	Menos 20% (2)	7	294.7 w	47.8 tu	87 a	102.1 bcdefghij	2.90 tu	3.83 nñopqrstuvw
Cobb 500	Menos 20% (2)	14	401.7 qrstuv	53.6 lmññopq	55 bcd	121.7 hijklmnñop	3.31 rstu	3.68 pqrstuvw
Cobb 500	Menos 20% (2)	21	457.4 mnñopqrs	56.6 lmñopqr	46 fghi	106.4 cdefghijkl	4.32 ijklmnñopqrst	3.68 pqrstuvw
Cobb 500	Menos 20% (2)	28	623.4 abc	63.1 defghijklm	40 hijklmnñop	134.0 ñopq	4.67 fghijklmnñopqrs	4.92 abcdefghijk
Cobb 500	Menos 20% (2)	35	592.5 bcdefgh	69.3 abcd	38 mnñop	116.9 defghijklmnñop	5.11 defghijklmnñ	4.93 abcdefghij
Cobb 500	Menos 20% (2)	42	581.5 bcdefghij	71.8 a	33 pq	95.9 abcdefg	6.26 bcde	4.34 gijklmnñopqrstu
Cobb 500	7-14 días	7	295.4 w	48.2 stu	87 a	101.7 bcdefghij	2.91 tu	3.88 mnñopqrstuvw
Cobb 500	7-14 días	14	407.3 qrstuv	47.0 tu	56 bc	116.1 defghijklmnñop	3.52 pqrstu	3.35 uvw
Cobb 500	7-14 días	21	593.8 bcdefgh	56.5 klmnñopq	47 efg	132.0 mnñopq	4.53 hijklmnñopqrs	4.99 abcdefghi
Cobb 500	7-14 días	28	591.2 bcdefgh	63.6 cdefghi	40 ijklmnñop	101.1 bcdefghi	6.00 bcdefg	4.68 cdefghijklmnñop
Cobb 500	7-14 días	35	541.5 cdefghijklm	69.3 abcd	40 jklmnñop	106.1 cdefghijkl	5.27 cdefghijklm	4.66 cdefghijklmnñop
Cobb 500	7-14 días	42	577.9 bcdefghij	71.0 a	36 ñopq	92.2 abcde	6.35 abcde	4.58 efghijklmnñop
Cobb 500	14-21 días	7	296.2 w	47.1 tu	86 a	102.1 bcdefghij	2.91 tu	3.77 opqrstuvw
Cobb 500	14-21 días	14	376.6 stuvw	53.4 opqrst	54 bcd	104.3 bcdefghijk	3.62 ñopqrstu	3.44 stuvw
Cobb 500	14-21 días	21	586.2 bcdefghi	57.1 ijklmnñopq	45 fghijk	119.7 ghijklmnñop	4.94 efghijklmnñop	4.71 cdefghijklmnñop
Cobb 500	14-21 días	28	428.1 pqrst	63.3 cdefghijk	40 hijklmnñop	97.9 abcdefgh	4.45 hijklmnñopq	3.37 tuv
Cobb 500	14-21 días	35	604.6 bcdefg	68.7 abcde	39 jklmnñop	109.9 cdefghijklmnñ	5.58 cdefghi	5.15 abcdefg
Cobb 500	14-21 días	42	582.0 bcdefghij	70.4 ab	34 opq	103.3 bcdefghij	5.66 cdefghi	4.40 fefghijklmnñopqrs
Ross 308	Control	7	296.6 w	48.0 tu	86 a	103.2 bcdefghij	2.89 tu	3.81 ñopqrstuvw
Ross 308	Control	14	421.6 pqrstu	59.9 ghijklmnñop	57 bc	116.7 defghijklmnñop	3.63	4.55 efghijklmnñopq
Ross 308	Control	21	595.0 bcdefgh	57.0 jklmnñopq	48 efg	122.2 hijklmnñopq	4.91 efghijklmnñop	5.11 abcdefgh
Ross 308	Control	28	503.3 ijklmnñop	63.2 cdefghijkl	40 hijklmnñop	92.0 abcde	5.55 cdefghi	3.95 jklmnñopqrstuvw
Ross 308	Control	35	564.1 bcdefghijkl	67.7 abcdef	40 ijklmnñop	117.3 defghijklmnñop	4.93 efghijklmnñop	4.74 abcdefghijklmnñop
Ross 308	Control	42	560.2 bcdefghijkl	71.1 a	31 q	74.0 a	7.79 a	3.90 lmññopqrstuvw
Ross 308	Menos 10%	7	295.6 w	47.6 tu	86 a	102.2 bcdefghij	2.91 tu	3.79 ñopqrstuvw
Ross 308	Menos 10%	14	409.7 qrstuv	50.8 qrstu	52 cde	114.0 cdefghijklmnñop	3.60 pqrstu	3.40 stuvw
Ross 308	Menos 10%	21	520.3 ghijklmnñop	57.1 ijklmnñopq	45 fghi	122.1 hijklmnñop	4.27 ijklmnñopqrstu	4.20 ghijklmnñopqrstu
Ross 308	Menos 10%	28	641.2 ab	63.7 cdefgh	39 jklmnñop	164.4 qr	3.94 klmnñopqrstu	4.98 abcdefghi
Ross 308	Menos 10%	35	521.1 fghijklmnñ	68.1 abcde	39 jklmnñop	98.3 abcdefgh	5.33 cdefghijkl	4.34 ghijklmnñopqrstu
Ross 308	Menos 10%	42	586.8 bcdefghi	71.8 a	43 ghijklmn	99.3 abcdefghi	6.04 bcdef	5.62 abcd
Ross 308	Menos 20% (1)	7	296.9 w	47.3 tu	86 a	102.1 bcdefghij	2.92 tu	3.79 ñopqrstuvw
Ross 308	Menos 20% (1)	14	335.8 uvw	54.9 ñopqr	54 bcd	119.3 ghijklmnñop	2.82 tu	3.16 vw
Ross 308	Menos 20% (1)	21	447.5 nñopqrs	56.9 klmnñopq	45 fghijkl	118.5 fghijklmnñop	3.79 mnñopqrstu	3.55 qrstuvw
Ross 308	Menos 20% (1)	28	631.6 ab	63.5 cdefghijk	38 ñop	179.8 s	3.69 nñopqrstu	4.81 abcdefghijklmnñ
Ross 308	Menos 20% (1)	35	568.1 bcdefghijk	68.4 abcde	39 jklmnñop	111.0 cdefghijklmnñ	5.26 cdefghijklm	4.69 cdefghijklmnñop
Ross 308	Menos 20% (1)	42	582.6 bcdefghij	71.3 a	44 fghijklmn	92.9 abcdef	6.44 abcd	5.72 ab
Ross 308	Menos 20% (2)	7	295.7 w	48.2 stu	87 a	102.0 bcdefhij	2.91 tu	3.89 mnñopqrstuvw
Ross 308	Menos 20% (2)	14	327.7 uvw	55.6 ñopq	53 cde	116.1 defghijklmnñop	2.83 tu	3.05 w
Ross 308	Menos 20% (2)	21	427.1 pqrst	55.9 nñopq	45 fghijkl	130.5 lmññopq	3.28 rstu	3.33 uvw
Ross 308	Menos 20% (2)	28	532.1 efghijklmn	63.7 cdefgh	39 jklmnñop	141.7 pqr	3.79 mnñopqrstu	4.12 hijklmnñopqrstu
Ross 308	Menos 20% (2)	35	477.3 lmññopqrs	68.7 abcde	38	98.4 abcdefgh	4.89 fghijklmnñopq	3.91 klmnñopqrstu
Ross 308	Menos 20% (2)	42	604.9 bcdefg	71.9 a	40 hijklmnñop	110.7 cdefghijklmnñ	5.52 cdefghi	5.49 abcde
Ross 308	7-14 días	7	296.6 w	47.1 tu	87 a	103.0 abcdefghij	2.89 tu	3.82 nñopqrstuvw
Ross 308	7-14 días	14	433.8 pqrqrs	56.7 lmññopq	59 b	113.7 cdefghijklmnñop	3.84 lmññopqrs	4.59 efghijklmnñop
Ross 308	7-14 días	21	497.9 jklmnñop	56.9 klmnñopq	46 fgh	113.3 cdefghijklmnñop	4.46 hijklmnñopqrs	4.04 ijklmnñopqrstuvw
Ross 308	7-14 días	28	433.1 opqrs	63.5 cdefghijk	39 jklmnñop	89.7 abc	4.93 efghijklmnñop	3.37 tuv
Ross 308	7-14 días	35	612.4 bcde	68.8 abcde	39 jklmnñop	106.8 cdefghijklm	5.84 bcdefgh	5.19 abcdefg
Ross 308	7-14 días	42	541.8 cdefghijklm	72.0 a	41 hijklmnñ	78.5 ab	7.29 ab	4.98 abcdefghi
Ross 308	14-21 días	7	296.8 w	48.3 rstu	86 a	101.4 bcdefghi	2.94 tu	3.89 mnñopqrstuvw
Ross 308	14-21 días	14	379.5 stuvw	54.6 opqrs	58 bc	105.5 cdefghijk	3.60 opqrstu	3.77 opqrstuvw
Ross 308	14-21 días	21	708.1a	56.7 lmññopq	45 fghij	141.7 pqr	5.10 defghijklmnñop	5.66 abc
Ross 308	14-21 días	28	508.2 hijklmnñop	64.0 bcdefg	39 jklmnñop	132.3 mnñopq	3.89 lmññopqrstu	3.99 ijklmnñopqrstu
Ross 308	14-21 días	35	608.3 bcdef	69.3 abcd	40 hijklmnñop	99.0 abcdefghi	6.23 bcde	5.25 abcdef
Ross 308	14-21 días	42	596.2 bcdefg	71.4 a	40 hijklmnñop	91.8 abcd	6.71 abc	5.30 abcdef
Probabilidad			0.001	0.038	0.001	0.001	0.001	0.001
Promedio Gral.			484.8	60.3	51	113.1	4.43	4.31
EEM			4.861	0.357	0.668	0.982	0.056	0.033

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,ñ,o,p,q,r,s,t,u,v,w= Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas (P<0.05).

Cuadro 16. Viscosidad en yeyuno de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Edad (días)		28	35	42
Estirpe		Centipoise (cP)		
Cobb 500		2.37 b	1.89	1.81
Ross 308		2.02 a	1.83	1.88
Probabilidad		0.001	0.421	0.398
Tratamiento				
Control		1.55 a	1.59 a	1.49 a
Menos 10%		1.55 a	1.68 a	1.63 a
Menos 20% (1)		3.24 b	2.02 b	2.41 b
Menos 20% (2)		3.81 c	2.52 c	2.35 b
7-14 días		1.55 a	1.60 a	1.52 a
14-21 días		1.48 a	1.74 ab	1.66 a
Probabilidad		0.001	0.001	0.001
Estirpe	Tratamiento			
Cobb 500	Control	1.44 a	1.65	1.41 a
Cobb 500	Menos 10%	1.41 a	1.79	1.58 ab
Cobb 500	Menos 20% (1)	4.26 c	1.99	2.13 bcd
Cobb 500	Menos 20% (2)	3.87 c	2.48	2.46 d
Cobb 500	7-14 días	1.71 ab	1.69	1.51 a
Cobb 500	14-21 días	1.55 a	1.71	1.79 abc
Ross 308	Control	1.66 ab	1.53	1.57 ab
Ross 308	Menos 10%	1.69 ab	1.57	1.69 abc
Ross 308	Menos 20% (1)	2.23 b	2.04	2.69 d
Ross 308	Menos 20% (2)	3.76 c	2.55	2.25 cd
Ross 308	7-14 días	1.39 a	1.51	1.54 ab
Ross 308	14-21 días	1.41 a	1.76	1.53 ab
Probabilidad		0.001	0.767	0.028
Promedio Gral.		2.20	1.86	1.84
EEM		0.080	0.043	0.046

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 17. Niveles de glucosa en sangre en pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308) machos en ayunas sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Edad (días)	28	35	42	
Estirpe	mg/dl			
Cobb 500	196	186	186	
Ross 308	198	188	184	
Probabilidad	0.517	0.336	0.386	
Tratamiento				
Control	199 ab	194 a	194 a	
Menos 10%	200 ab	185 ab	181 bc	
Menos 20% (1)	187 b	183 b	179 c	
Menos 20% (2)	182 b	182 b	179 c	
7-14 días	214 a	185 ab	188 abc	
14-21 días	201 ab	194 a	192 ab	
Probabilidad	0.001	0.032	0.001	
Estirpe	Tratamiento			
Cobb 500	Control	206 ab	186	198
Cobb 500	Menos 10%	180 b	187	181
Cobb 500	Menos 20% (1)	190 ab	184	179
Cobb 500	Menos 20% (2)	184 b	180	181
Cobb 500	7-14 días	210 ab	186	186
Cobb 500	14-21 días	205 ab	191	193
Ross 308	Control	191 ab	202	190
Ross 308	Menos 10%	220 a	182	180
Ross 308	Menos 20% (1)	184 b	181	179
Ross 308	Menos 20% (2)	180 b	183	177
Ross 308	7-14 días	218 a	184	189
Ross 308	14-21 días	197 ab	197	191
Probabilidad		0.005	0.265	0.799
Promedio Gral.		197	187	185
EEM		2.819	1.535	1.430

EEM = Error estándar de la media

a,b,c = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 18. Coeficiente de variación del peso corporal de pollos de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Días		1	7	14	21	28	35	42
Estirpe		(%)						
Cobb 500		4.74 a	5.73	6.76	8.13 b	7.51 a	7.87	7.60
Ross 308		5.07 b	5.64	6.68	8.52 a	7.95 b	7.91	7.47
Probabilidad		0.001	0.137	0.318	0.002	0.001	0.705	0.216
Tratamiento								
Control		4.89	5.73 ab	6.59 a	6.85 a	6.04 a	6.48 a	6.51 a
Menos 10%		4.88	5.83 b	6.43 a	8.05 b	8.32 c	7.79 c	7.73 b
Menos 20% (1)		4.91	5.64 ab	6.73 a	9.30 c	8.91 d	9.48 d	9.07 c
Menos 20% (2)		4.99	5.74 ab	6.60 a	9.69 c	8.78 cd	9.11 d	9.22 c
7-14 días		4.87	5.68 ab	7.34 b	7.83 b	7.03 b	7.31 bc	6.25 a
14-21 días		4.88	5.49 a	6.64 a	8.25 b	7.30 b	7.17 b	6.43 a
Probabilidad		0.621	0.023	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Estirpe	Tratamiento							
Cobb 500	Control	4.76 ab	5.81 abc	6.53	6.96 ab	6.03 a	6.52 ab	6.72 ab
Cobb 500	Menos 10%	4.60 a	5.89 bc	6.61	8.15 cd	7.74 cd	7.39 bcd	7.20 b
Cobb 500	Menos 20% (1)	4.70 ab	5.59 abc	6.66	9.09 defg	8.79 e	9.98 g	9.41 de
Cobb 500	Menos 20% (2)	4.75 ab	5.99 c	6.78	9.31 efg	8.41 ed	9.18 fg	9.68 e
Cobb 500	7-14 días	4.83 abcd	5.53 ab	7.39	7.14 ab	6.81 ab	6.86 ab	6.37 a
Cobb 500	14-21 días	4.79 abc	5.54 abc	6.59	8.14 cd	7.28 bc	7.28 abc	6.21 a
Ross 308	Control	5.01 bcde	5.65 abc	6.65	6.73 a	6.05 a	6.43 a	6.30 a
Ross 308	Menos 10%	5.16 de	5.76 abc	6.26	7.94 bc	8.91 e	8.18 de	8.27 c
Ross 308	Menos 20% (1)	5.11 cde	5.69 abc	6.80	9.50 fg	9.03 e	8.99 ef	8.72 cd
Ross 308	Menos 20% (2)	5.23 e	5.48 ab	6.42	10.07 g	9.15 e	9.04 ef	8.76 cd
Ross 308	7-14 días	4.92 abcde	5.83 abc	7.30	8.52 cdef	7.24 cd	7.76 cd	6.13 a
Ross 308	14-21 días	4.97 bcde	5.43 a	6.69	8.37 cde	7.32 bc	7.06 abc	6.65 ab
Probabilidad		0.014	0.002	0.175	0.002	0.016	0.001	0.001
Promedio Gral.		4.90	5.68	6.72	8.33	7.73	7.89	7.53
EEM		0.026	0.031	0.045	0.103	0.104	0.108	0.118

EEM = Error estándar de la media

a,b,c,d,e,f,g = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 19. Costos de producción por concepto de alimento y kg de carne producido de pollo de engorda (Cobb 500 y Ross 308), machos sometidos a diferentes programas de alimentación modulada

Días		Alimento	kg carne producido
Estirpe			
Cobb 500		11.81	3.82
Ross 308		11.82	3.80
Probabilidad		0.900	0.825
Tratamiento			
Control		12.32 b	3.75 ab
Menos 10%		11.65 a	3.69 a
Menos 20% (1)		11.68 a	4.01 b
Menos 20% (2)		11.71 a	4.01 b
7-14 días		11.74 a	3.61 a
14-21 días		11.80 a	3.78 ab
Probabilidad		0.001	0.049
Estirpe	Tratamiento		
Cobb 500	Control	12.29	3.84
Cobb 500	Menos 10%	11.64	3.71
Cobb 500	Menos 20% (1)	11.70	3.97
Cobb 500	Menos 20% (2)	11.73	3.95
Cobb 500	7-14 días	11.66	3.54
Cobb 500	14-21 días	11.86	3.90
Ross 308	Control	12.35	3.67
Ross 308	Menos 10%	11.66	3.67
Ross 308	Menos 20% (1)	11.66	4.04
Ross 308	Menos 20% (2)	11.68	4.07
Ross 308	7-14 días	11.81	3.68
Ross 308	14-21 días	11.75	3.66
Probabilidad		0.711	0.750
Promedio Gral.		11.82	3.81
EEM		0.037	0.045

EEM = Error estándar de la media

a,b,c = Literales distintas en una misma columna marcan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).