

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Evaluación de tres proporciones diferentes de partículas finas en el alimento y sus efectos en rendimientos productivos, tamaño de molleja e integridad intestinal en pollos de engorde.

Jimena Orozco Astúa

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2019

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ph.D. Sergio Salazar Villanea

Director de tesis

M.Sc. Rebeca Zamora Sanabria

Miembro del tribunal

Lic. Humberto Ugalde Bogantes

Miembro del tribunal

Ph.D. Catalina Salas Durán

Miembro del tribunal

M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo

Director de Escuela

Jimena Orozco Astúa

Sustentante

DEDICATORIA

A mis padres, hermano y abuelos por su apoyo y comprensión brindada a lo largo de la carrera profesional y de la tesis.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir cumplir este proyecto.

A mis tutores Ph.D. Sergio Salazar y mentores M.Sc. Rebeca Zamora y M.Sc. Emilio Cura Castro por permitirme realizar dicho proyecto y guiarme durante el proceso.

Emilio Cura Castro *lector ad honorem* por su apoyo y confianza incondicional.

Al departamento de Investigación y Desarrollo; Humberto Ugalde y Marlon Menjivar por toda la ayuda y seguimiento brindado durante toda la prueba.

Al personal de la granja Experimental Siquiaries por ayudarme en las labores diarias de la prueba.

Al Departamento de Agricultura de Corporación Pipasa Cargill por permitirme realizar mi tesis y todo el soporte brindado en todo este tiempo.

Al Departamento de Producción y Calidad; Ing. Rodrigo Gómez y Luis Sánchez.

A Jairo Cascante y Mónica Castro por ayudarme en la toma de muestras.

A Cecilia Alvarado por su ayuda incondicional.

A los profesores de la Escuela de Zootecnia por su ayuda en la formación, y a los que formaron parte de la ayuda en la prueba.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO.....	5
Calidad de Pelet.....	5
Generalidades del Pelet.....	6
Formación de Pelet.....	7
Características de Calidad del Pelet.....	8
a) Dureza.....	8
b) Durabilidad.....	8
Efectos de Partículas Finas en el Alimento sobre rendimientos productivos.	9
Efecto de Pelet en Tránsito Gastrointestinal.....	10
Páncreas.....	12
Método para la evaluación de integridad intestinal.....	12
OBJETIVOS.....	14
a. General:.....	14
b. Específicos:.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Procedimiento general.....	15
Ubicación del experimento.....	15
Manejo de los animales.....	16
Tratamientos.....	16
Elaboración de los alimentos o tratamientos.....	17
Rendimiento en canal.....	19
Tamaño de molleja y evaluación intestinal.....	19
Evaluación de integridad la intestinal.....	19
Variables a evaluar.....	21
Rendimientos en campo.....	21
Planta de proceso.....	21
Integridad intestinal.....	22

Unidad Experimental	22
Análisis estadístico	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Peso Acumulado	28
Consumo Acumulado	30
Conversión Alimenticia	32
Rendimiento en canal.....	33
Prueba ISI en tracto gastrointestinal	35
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES.....	40
LITERATURA CITADA	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Tratamientos utilizados en el experimento.	16
2	Fases de alimentación para pollos de engorde Cobb 500.....	17
3	Composición nutricional de las dietas para pollo de engorde Cobb 500.	18
4	Composición nutricional de las fases de alimentación de pollo de engorde, según análisis de NIR.	18
5	Máxima puntuación para el método ISI de acuerdo con el grupo de órganos evaluados.....	20
6	Peso acumulado según tamaño de pollito y nivel de partículas finas en el alimento a los 7, 21 y 35 días de edad en pollo de engorde.....	26
7	Consumo acumulado según tamaño de pollito y nivel de partículas finas en el alimento a los 7, 21 y 35 días de edad en pollo de engorde.....	26
8	Conversión alimenticia según tamaño de pollito y nivel de partículas finas en el alimento a los 7, 21 y 35 días de edad en pollo de engorde.....	27
9	Cantidad de partículas finas sobrantes por tratamiento en los 35 días.....	28
10	Peso de canal y piezas de pollo según el sexo a 35 días de edad.....	33
11	Valores de pesos de cortes de pollo a 35 días de edad de acuerdo con los tratamientos.....	34
12	Peso y longitud promedio de las vísceras durante los 35 días de edad.	37
13	Evaluación utilizando el método ISI del tracto gastrointestinal y el total por tratamiento y en los 35 días acumulados.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Proceso de formación de pelet.....	6

RESUMEN

La prueba se realizó en una granja experimental de pollo de engorde para evaluar los efectos de tres proporciones diferentes de partículas finas (PF) en el alimento (0, 15 y 30%) y tres tamaños de pollito de un día de edad (pequeño, grande y pequeño) sobre los rendimientos productivos, tamaño de molleja e integridad intestinal. No se observó un efecto de interacción entre los 2 factores para las variables de peso acumulado, consumo acumulado y conversión alimenticia para los 7, 21 y 35 días de edad. Se encontró que el tamaño de pollito tuvo efecto a los 7, 21 y 35 días de edad, los mejores pesos acumulados fueron de 170 g el pollo grande a los 7 días de edad; y los pollos grandes y medianos de 911,53g y 2187,67 g durante los 21 y 35 días de edad respectivamente. Para la variable de consumo acumulado los mejores resultados los tuvieron los pollos grandes y medianos, a los 7 días presentaron un consumo de 135 g, a los 21 días de 1139,10 g y a los 35 días de 3115,16 g. Las mejores conversiones alimenticias fueron las que los pollos grandes y medianos con una conversión de 0,794 a los 7 días, a los 21 días con una de 1,250 y a los 35 días no muestra diferencia significativa, pero se observó una tendencia de mejor conversión el pollo pequeño. Para el factor de nivel de PF no se tuvo una diferencia significativa en la variable de peso acumulado a los 7 ni a los 21 días de edad, a los 35 días el mejor peso lo tuvieron los alimentos con 0 y 15% de PF. Los mejores consumos acumulados los tuvieron los pollos alimentados con 15 y 30% de PF en el alimento, con 133 g a los 7 días de edad. A los 35 días el mejor consumo lo tuvieron las aves alimentadas con 0 y 15% de PF, 3219,92 g. La mejor conversión alimenticia a los 7 días se observó con 0% de PF en el alimento con 0,795. No se observan diferencias significativas a los 21 y los 35 días de edad. Se observó interacción entre el tamaño de pollito y el nivel de PF en el alimento en los pesos de cortes de pollo a los 35 días de edad, donde los mejores pesos vivos, muslos, alas, pechuga, filete y carcasa en aves grandes y alimentadas con 0% de PF y tamaño de pollito grande. No se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para los pesos de la molleja, páncreas, hígado, proventrículo e intestino y para longitud de intestino y páncreas. Mantener hasta un 15% de PF en comedero es beneficioso para observar buenos resultados en el desempeño de las aves. Como también incrementar la cantidad de partículas intermedias en el alimento tipo migaja.

INTRODUCCIÓN

Las industrias nacionales que elaboran alimentos balanceados para animales utilizan altos volúmenes de materias primas importadas, lo cual se traduce en costos elevados de las formulaciones. Esto representa para el país un monto significativo y el constante egreso de divisas. Del total de los alimentos producidos en el país, un 46% está destinado a la producción avícola (CIAB 2017). La producción de alimento balanceado para pollo de engorde es de 344,891 TM/año (CIAB 2018). Lo anterior indica la importancia de mejorar las prácticas de alimentación en el sector avícola, con el fin de maximizar la producción y reducir los costos de la misma.

La peletización es el proceso térmico más utilizado en la industria avícola (Muramatsu et al. 2015). Por medio de un proceso físico-químico transforma el alimento en harina en un alimento granulado, esto cuando se adiciona vapor al alimento en harina y sometiéndolas a temperaturas específicas, unidades de presión y por tiempo determinado (Schmitt et al. 2012). Con alimento peletizado el desperdicio se reduce en un 18 % comparada con alimento en harina, esta característica se debe a que el proceso de peletización genera una mayor agregación de las partículas, esto también elimina la separación y selección de estas (Schmitt et al. 2012). En Costa Rica se produce alimento balanceado peletizado para pollo de engorde 124,620 TM/año (Gómez 2019¹). El alimento peletizado tiene una mejor palatabilidad para las aves, aumenta la eficiencia de retención de energía metabolizable y facilita la detención por parte de las aves (Schmitt et al. 2012).

Utilizar alimento peletizado en las dietas de pollo de engorde tiene como ventajas una mayor densidad, mejoras en la digestibilidad de los almidones por cambios químicos durante el proceso de peletizado, incrementa los nutrientes consumidos, los cambios en la forma física del alimento reducen el desperdicio y disminuyen el gasto de energía en el consumo (Calet 1965, Jensen 2000) e incrementa la solubilidad del agua del almidón (Pettersson et al. 1991). Como otras ventajas, en términos de rendimiento se han observado mejoras en las ganancias de peso, el consumo de alimenticio y la conversión alimenticia en pollo de engorde sin importar la fuente del grano en la alimentación (Calet 1965, Douglas et al. 1990, Nir et al. 1995, Jensen 2000, Nir y Ptichi 2001).

¹ GOMEZ R.2019. Comunicación personal. Corporación Pipasa, Cargill. Costa Rica.

Una buena calidad de pelet es fundamental para lograr buenos rendimientos y mejoras económicas por sus beneficios en la alimentación. Algunas causas que afectan la calidad de pelet son: formulación de la dieta, tamaño de partículas, acondicionamiento, especificaciones de dieta, enfriamiento y secado del pelet, según Paulino (2013). Dependiendo de la temperatura y humedad durante el acondicionamiento, materias primas utilizadas, granulometrías utilizadas en las dietas y los tiempos de enfriamiento y secado, todos estos factores causan un deterioro en el proceso mientras se produce el pelet lo que posteriormente llega a perjudicar los rendimientos productivos de las aves (Kenny y Rollins 2007).

La cantidad excesiva de partículas finas (PF), en los alimentos en polvo o procesados, en la alimentación de pollo de engorde se asocia a un aumento en la velocidad de pasaje gastrointestinal, mala salud intestinal y baja digestibilidad de nutrientes, esto de acuerdo con Pacheco et al. (2015).

La industria avícola acostumbra alimentar con alimento tipo migaja hasta los 15 días de edad aproximadamente. El alimento tipo migaja se produce a partir de la formación de pelets que pasan a través de un set de rodillos de migaja a una anchura específica (Hu et al. 2012). La ranura entre los dos rodillos se debe de ajustar para que se convierta de pelet a migaja con la menor producción de partículas finas, para producir un alimento de calidad uniforme (Wilson et al. 2001).

La ganancia de peso y el consumo de alimento disminuyen conforme aumenta la cantidad de partículas finas en el alimento (Greenwood et al. 2004). Es importante conocer el impacto de la cantidad de estas partículas en el alimento tipo migaja, en los pollos de engorde sobre rendimientos productivos, condición intestinal y el tamaño de molleja; el cual está relacionado con su desarrollo. Fahrenholz (2012) explica que, el peletizado mejora en un 6% la ganancia de peso comparado con alimento en harina.

Un 40% de pelet entero en el alimento es el porcentaje mínimo de calidad para observar los efectos nutricionales positivos según la granulometría (Fahrenholz 2012). La ventaja de una buena calidad de pelet son una menor frecuencia de consumo y mayor descanso, estas ventajas se dan a medida que la proporción de pelet aumenta en la dieta (Fahrenholz 2012). Estimando la granulometría, también se puede determinar que, con alimentos peletizados, el tiempo de llenado del buche es menor, el tiempo de retención mayor y el tránsito del alimento más eficiente en cuanto a absorción y actividad enzimática (Castillo y Flores 2011).

Una dieta con partículas finas podría perjudicar las contracciones peristálticas retrógradas específicas de las aves; puede provocar dilatación del proventrículo y subdesarrollo de molleja, ya que se da una rápida solubilidad y baja estimulación de la misma (Kwakkel y Moquet 2013). Scheideler (1991), encontró un efecto positivo relacionado con calidad del pelet en pollo de engorde, se observó una disminución en el consumo de alimento y una mejora en la conversión alimenticia. Así mismo, Behnke et al. (2010) encontraron que los pollos de engorde alimentados con pelets de alta calidad crecen de 2,7 a 4,7% más rápido en comparación con aves alimentadas con alimentos de baja calidad de pelets o en harinas.

El pelet puede ser degradado por dos fuerzas, fragmentación y abrasión (Thomas y Van der Poel 1996). Después de la salida del pelet de la peletizadora, está expuesto a dichas fuerzas, y es manejado por elevadores para su posterior almacenamiento, provocando una disminución en la calidad de la migaja, por lo que es importante monitorearlo en cuanto se enfríe.

La calidad del alimento en general es definida por las características físicas. La calidad del pelet en el alimento está basado en la cantidad de partículas finas presentes. Conforme aumentan las partículas finas de 0 a 100% aumenta la conversión alimenticia (McKinney y Teeter 2004). Los animales tienen mejores ganancias de peso con alimento peletizado que en harina cuanto mayor es el porcentaje de pelet entero en el comedero, mayores son los beneficios productivos (Leeson y Summers 2005).

En la industria avícola, la integridad del tracto gastrointestinal de las aves se relaciona con un mejor desempeño y más rentabilidad (Santin 2015). La preocupación por la integridad intestinal en la industria es alta, es importante el equilibrio entre la defensa del animal y el desafío de los microorganismos para mantener la integridad intestinal. En campo se encuentran muchos desafíos como los son: nutrición, infección y manejo, que pueden perturbar el equilibrio y resultar en enfermedades o lesiones macroscópicas y con esto en una reducción del desempeño (Santin 2015). Es de importancia tomar en cuenta la integridad de los órganos ya que afectan los rendimientos productivos (Contreras 2017).

Además de mejorar los rendimientos productivos, una buena calidad de pelet permite un mejor aprovechamiento en los recursos y una disminución del costo de producción de la carne (Pacheco et al. 2015). Esta investigación pretende conocer el impacto de la cantidad de partículas finas en el alimento peletizado sobre los

rendimientos productivos, tamaño de molleja e integridad intestinal en pollos de engorde.

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Calidad de Pelet.

El calor que se genera durante el proceso de acondicionamiento y el proceso de peletización hace que el alimento sea más digestible por la ruptura de los almidones, generando una mejor calidad de pelet. Además, por medio del pelet, la alimentación es concentrada y se reduce el desperdicio de alimento durante el proceso de alimentación (Hott et al. 2008). De esta manera también se evita que los animales puedan escoger entre los diferentes ingredientes del alimento. Además cuando se utiliza alimento peletizado se observan buenos resultados en la ganancia diaria promedio de peso y en la conversión alimenticia de las aves (Stark 2012).

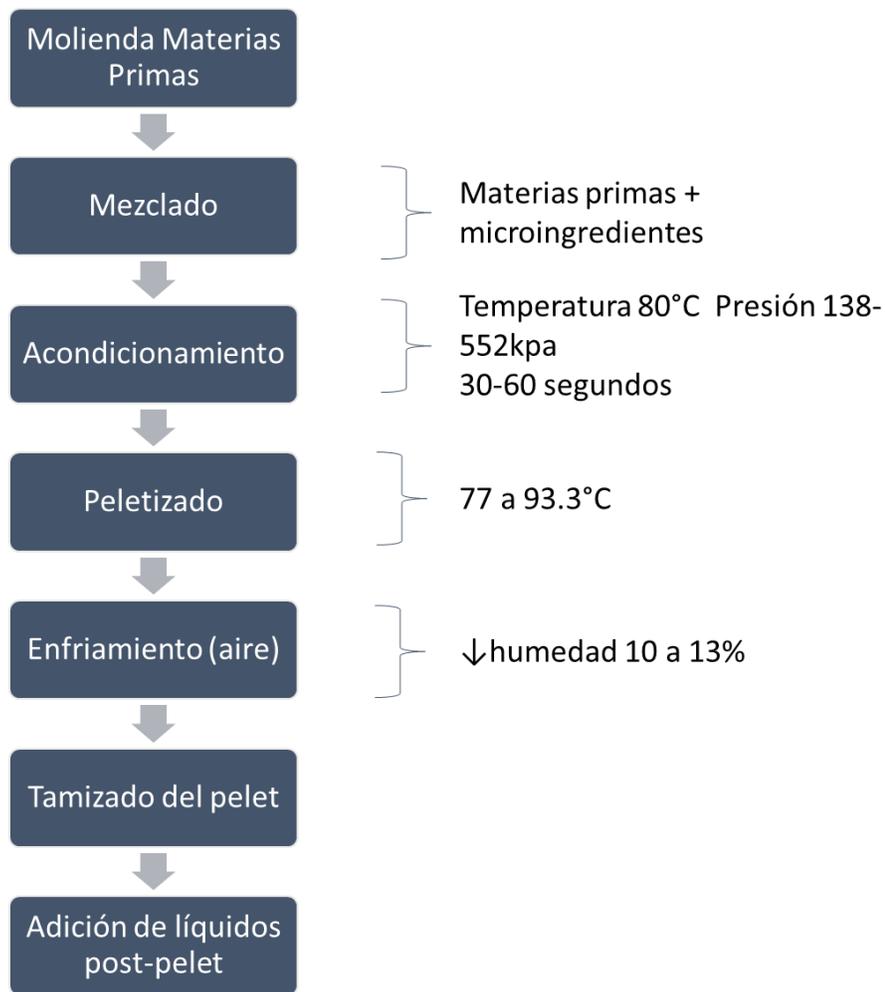


Figura 1. Proceso de formación de pelet.

Generalidades del Pelet.

La peletización es la aglomeración de pequeñas partículas en partículas más grandes bajo un proceso mecánico en el cual se ven involucrados humedad, calor y presión (Buchanan et al. 2010). El proceso de peletización (Figura 1) es caro en cuanto a inversión y en costos de producción, pero el gasto se justifica por el mejoramiento de las utilidades de la planta de alimentos, así como el desempeño animal (Behnke et al. 2010).

Formación de Pelet

Para realizar los pelets para alimentación de aves se requieren de varios procesos para generar un alimento de buena calidad, como lo son: la molienda, mezclado, acondicionamiento, peletizado, enfriamiento, tamizado del pelet y adición de líquidos post- pelet.

El proceso inicia con la molienda de las materias primas, la cual se da con una serie de martillos, donde golpea las materias primas a gran velocidad lo transforma en harina, reduciendo el tamaño de las partículas según las especificaciones requeridas, posterior a esto se da el proceso de mezclado de los ingredientes utilizados en las dietas de las aves. Durante el proceso de mezclado se realiza un movimiento de las materias primas por un eje de cintas por un tiempo determinado y la incorporación de los micro ingredientes (vitaminas, minerales, enzimas, aceites o medicamentos). Posterior a esto, el bache mezclado cae en tolvas de compensación para luego ser transportado a una peletizadora. La harina llega a un acondicionador, donde es sometida a humedad y calor que es inyectada de una caldera que envía la presión. La temperatura adecuada de acondicionamiento para la gelatinización de los almidones de maíz es de 80°C. Para los alimentos de aves se recomienda una temperatura entre 80-85°C y una presión de vapor de 138 Kpa y 552 Kpa, con un tiempo de acondicionamiento de 30 a 60 segundos (Paulino 2013). Debido a la combinación de humedad, calor y presión en los ingredientes del alimento, se produce la gelatinización de los almidones, lo que provoca una mejor utilización de los nutrientes por parte de las aves (Briggs et al. 1999).

El acondicionamiento con vapor mejora la calidad de pelet. El vapor sirve como lubricante, este reduce la fricción durante la peletización y mejora la durabilidad del pelet cuando se tiene una temperatura dentro del acondicionador de 80°C (Skoch et al. 1981). Este proceso sirve para que se de una gelatinización en la harina formando una masa donde los almidones se dispersan y se degradan formando un polímero y permite adherir otras partículas, posterior a esto pasa por los dados, forzado por unos rodillos a pasar una matriz que contiene orificios, donde por la presión y gravedad ejercida la harina pasa y se forma el pelet. Para la formación de pelet se requiere temperatura que fluctúa entre 77 y 93,3°C (Paulino 2013). Luego de la producción del pelet pasa por el enfriamiento, la máquina extrae la temperatura del producto por inyección de aire,

reduce la temperatura y humedad hasta alcanzar temperatura ambiente y reducir la humedad un 10 a 13%.

Características de Calidad del Pelet

a) Dureza

La dureza es la resistencia que opone un cuerpo a las fuerzas de deformación. Es la fuerza que se necesita para romper un pelet (Thomas 1998). Una de estas fuerzas es la presión estática. La presión estática es causada, por el peso del pelet arriba de los demás Thomas (1998). La prueba para medir la dureza del pelet se realiza al menos media hora después de haberse enfriado este, se realiza por medio de presión en kilogramos sobre el pelet con un durómetro. La prueba de dureza se realiza en el laboratorio de calidad, donde se toma una muestra de pelet a la salida del muestreador automático. Se sujeta el durómetro con el yunque hacia arriba sosteniendo el pistón hacia abajo mientras se ajusta el indicador en la marca "cero" de la escala. Se coloca el pelet entre la concavidad del yunque y la punta del pistón. Se aprieta el tornillo de presión girándolo hacia la derecha hasta romper y el indicador mostrará la presión ejecutada. Las unidades utilizadas para indicar la dureza son kg de presión. El valor de dureza ideal en un alimento peletizado es de 2 a 4 kg de presión.

b) Durabilidad

Es la medición de la cantidad de partículas finas (PF) devueltas de un lote de pelets bajo condiciones estandarizadas. El pelet está sujeto a acciones abrasivas y de corte durante el transporte, por lo que se producen diferentes cantidades de partículas finas en el alimento (Thomas y Van der Poel 1996). La durabilidad es determinada mediante la inducción a partículas finas por acciones de abrasión de corte del pelet entre cada uno y contra las paredes de los tambores del equipo. El procedimiento para obtener los datos de durabilidad se realiza por dimensiones específicas. Para la prueba de PDI (Índice de durabilidad del pelet) se requiere de un simulador de durabilidad del pelet, se recolecta un 1 kg de muestra de alimento utilizando una malla # 7 (2,8 mm), se procede a pasar la muestra por la malla # 7 para separar el pellet entero de las partículas menores a 2,8 mm. Después de realizar el zarandeo, se procede a pesar 500

gramos de pelet retenido en la malla, luego se coloca en el simulador, que debe cerrarse de cerrarlo herméticamente. Se enciende el simulador durante 10 minutos a 50 RPM, este se detiene automáticamente. Posteriormente se saca una muestra y se pasa nuevamente por la malla # 7 para separar los pelets enteros, después de esto se realiza el cálculo. La durabilidad de pelets y de las migajas se calcula como; peso de pelets o migaja después del volteo entre el peso de pelets o migaja antes del volteo (500 gramos) x 100 (McKinney y Teeter 2004). Este valor se conoce como el índice de durabilidad de pelet y es reportado como porcentaje. La prueba se debe realizar después del enfriamiento del pelet. Cuando la temperatura está dentro de $\pm 10^{\circ}$ F de ambiente, se considera que ya están fríos (Stark y Fahrenholz 2015).

Los pelets son sensibles a los cortes después del dado. Debido a este efecto en la superficie del pelet, aumenta la probabilidad de posibles deterioros, procesos inadecuados de enfriamiento del pelet pueden provocar deterioros en la calidad del alimento. Pelets que no reciben un adecuado enfriamiento pueden tener una reducción en la durabilidad debido a la tensión en el pelet entre la capa externa que se encuentra fría y la del centro que está caliente (Thomas y Van der Poel 1996).

Cuando la velocidad del aire aumenta, más agua y calor son removidos de la superficie del pelet que pueden ser liberados por los capilares, surge una capa externa quebradiza con propiedades físicas que difieren de las del núcleo interno, donde la capa interna es más caliente y viscosa (Thomas y Van der Poel 1996). Estas diferencias en el pelet causan una tensión, la cual provoca que la capa externa sufra una ruptura, lo que produce un aumento en el porcentaje de partículas finas. Pelets de diámetro de 3 mm son más susceptibles que los pelets de diámetro de 6 mm, ya que, por medio de la aglutinación al tener mayor área, permite una mejor compactación de la masa dentro del pellet (Thomas y Van der Poel 1996).

Cuanto mayor sea el Índice de Durabilidad de Pelet (IPD) mejor será la calidad de este. Un IPD promedio de 71,75 %, se considera de buena calidad, valores por debajo se consideran de baja calidad (Cutlip et al. 2008). La durabilidad del alimento es fundamental, lo ideal son valores cercanos al 90% o mayor (García et al. 2011).

Efectos de Partículas Finas en el Alimento sobre rendimientos productivos.

Los estudios realizados por Hu et al. (2012) indican que las aves con mayor peso fueron las que se alimentaron con alimento tipo migaja comparado con las

alimentadas con harina, con una diferencia de 67 gramos a los 14 días de edad de las aves. También se observaron mejores consumos y ganancias de peso en los animales que se alimentaron con alimento tipo migaja, existe una relación lineal positiva entre la ganancia de peso y el aumento en el porcentaje de migaja.

El efecto de la calidad del pelet en el rendimiento en canal es variable. Lilly et al. (2011) observaron que conforme el porcentaje de pelet aumenta en el alimento el peso en canal mejora. En estudios realizados por Lv et al. (2015) no se observó resultados con diferencia significativa en el tipo de alimento (harina o peletizado). Esto también se encontró en los resultados de Sogunle et al. (2013) y Ebrahimi et al. (2010).

Efecto de Pelet en Tránsito Gastrointestinal

La calidad de pelet también se ve implicada en el tránsito del alimento por el tracto gastrointestinal. Está regulado por el buche, donde alimentos finos determinan un mayor tiempo de llenado y menor tiempo de retención debido a la facilidad de lubricación y homogenización del quimo dentro del buche, por lo que el tránsito intestinal será más rápido y el proceso de absorción no será el mejor (Castillo y Flores 2011).

Alimentos peletizados tienen mejores resultados de retención y son más eficientes en la absorción y actividad enzimática en pollos de engorde. Una molleja bien desarrollada mejora la motilidad intestinal, aumenta el tiempo de retención del alimento en el tracto gastrointestinal, promueve una mejor digestión y absorción de nutrientes en el intestino superior y reduce los riesgos de coccidia y otras enfermedades entéricas en el intestino inferior (Pacheco et al. 2015). Una molleja saludable puede generar una mejora de cuatro a cinco puntos en conversión alimenticia, superando la reducción en la conversión por mejoras en la durabilidad del pelet (Sacranie 2018). Debido a que una mayor proporción de partículas gruesas estimulan de mejor forma la actividad de la molleja, lo cual genera una molienda más eficiente, se produce una mayor cantidad de partículas finas que son digeridas más eficientes y se reduce la tasa de pasaje, lo que incrementa la exposición de los nutrientes a las enzimas digestivas (Amerah et al. 2017). Uno de los indicadores fundamentales para conocer si se tiene una buena molleja es medir el tamaño de molleja y su relación con el peso corporal del ave (Ruiz 2017). El peso del ave tiene una estrecha relación con el tamaño de molleja,

lo ideal es que sea de 1,5 a 2% del peso corporal vivo, lo importante es mantenerlos uniformes y que el coeficiente de variación no sea más de 15% (Ruíz 2017).

La molleja juega un rol muy importante en el mantenimiento, funcionamiento y preservación de la salud intestinal (Gabriel et al. 2003). El buen funcionamiento de la molleja cumple un rol en el balance ácido/base de los diferentes órganos del tracto gastrointestinal (Selle 2012, Ferket y Gernat 2006). La salud intestinal depende del funcionamiento multifactorial correcto, de varios órganos y factores. Debe de presentar un microbiota estable, una adecuada digestión y absorción de nutrientes, ausencia de inflamación y lesiones en la mucosa intestinal, cantidad reducida de subproductos no deseados y la habilidad de resistir el desafío de patógenos (Ramírez y Santin 2017). El tracto gastrointestinal es un área que combina la nutrición, microbiología, inmunología y fisiología, cuando se ve afectada la salud intestinal se afecta la digestión y la absorción de nutrientes, con esto se puede ver afectada la conversión alimenticia y por consiguiente pérdidas económicas y mayor incidencia de enfermedades (Bailey 2013). Para evaluar una molleja se debe de considerar el tamaño, conformación y la integridad de la misma, ya que puede tener un tamaño adecuado, pero con una mala integridad, presentar erosiones o puede estar pequeña y tener una buena integridad (Ruíz 2017).

El ambiente de la molleja y de los otros órganos del tracto gastrointestinal determina la capacidad de los patógenos para persistir e infectar. El buen funcionamiento de estos regula la capacidad del sistema digestivo para desnaturalizar proteínas y solubilizar minerales, y ayuda a mejorar el funcionamiento de las enzimas y el establecimiento de un microbiota benéfico (Ramírez y Santin 2017). Un eficiente movimiento peristáltico a través del tracto gastrointestinal incluye también al ciego, lo cual se logra con un adecuado desarrollo y motilidad de la molleja (Ramírez y Santin 2017).

La estructura de la membrana se ve afectada por las partículas finas (PF), la única forma que entre bilis a la molleja es mediante partículas gruesas para que exista reflujos por anti peristalsis duodenal (Ruíz 2017).

La molleja no permite que pasen partículas mayores a 1 mm de tamaño, por lo que a mayor tamaño de partícula más tiempo permanece y aumenta la musculatura y mayor peso tendrá este órgano (Ruíz 2017 y Penz 2018).

La presencia de alimentos muy finos en el intestino predispone a una mayor incidencia de algunos trastornos digestivos, como un mayor pasaje de alimento sin

digerir en el ciego, mayor crecimiento de bacterias proteolíticas y tránsito rápido (Ruíz 2017).

Páncreas

El tamaño de las partículas también tiene efecto en el páncreas. Engberg et al. (2002), observaron que aves alimentadas con alimento peletizado tienen un peso relativo de páncreas significativamente menor y menor actividad enzimática (amilasa, lipasa y quimotripsina), lo cual indica la existencia de un mecanismo de retroalimentación, esto se debe a una activación por la concentración intestinal de producción enzimática hidrolizado o de las enzimas digestivas respectivas.

Método para la evaluación de integridad intestinal

El TGI es el sistema que se desarrolla más rápido en el pollo de engorde (Santin 2017). En el intestino es donde se absorben todos los nutrientes, y este se los brinda al resto del sistema del animal y protege contra patógenos. El TGI es una barrera de protección en el ave (Santin 2017). Las lesiones macroscópicas en el tracto gastrointestinal están correlacionadas con presentación clínica de enfermedad y eso implica que los daños y pérdidas ya están establecidos y poco se puede hacer para revertir el proceso (Santin 2015). El TGI también tiene una función importante como auxiliar de maduración del sistema inmune. La integridad del TGI y la salud intestinal son aspectos claves para mejorar la conversión alimenticia en aves comerciales (Santin 2017).

El tubo gastrointestinal presenta un aumento de tamaño y funcionalidad en las primeras semanas de vida del ave (Maiorka et al. 2003) lo que actúa como barrera contra los patógenos y está en comunicación continua con el tejido linfoide asociado al intestino (GALT) y las bacterias intraluminales (Mittal y Coopersmith 2014). La colonización microbiana empieza antes del nacimiento, en los primeros días de edad el ecosistema no es estable, por lo que muchas condiciones nutricionales y ambientales podrían afectar esta colonización, en todo el intestino hay una relación muy cercana entre el huésped y la microbiota, los microorganismos que habitan la mucosa (Mittal y Coopersmith 2014).

Para definir la integridad intestinal es adecuado considerar componentes subcelulares, celulares y de órganos. A nivel subcelular, las actividades de

oxirreducción cambian cuando hay una enteritis séptica. A nivel celular se reduce la proliferación de criptas con un aumento en la apoptosis de criptas y vellosidades. Al final todos los eventos antes mencionados resultan en una alteración general del órgano, que pueden observarse en las necropsias, según lo indica Mittal y Coopersmith (2014).

En la industria, la integridad intestinal óptima se correlaciona con la ausencia de lesiones en el tubo gastrointestinal durante la necropsia, lo cual está relacionado con un buen desempeño animal. Cuando se observa una mala integridad intestinal es difícil establecer la causa correcta de la misma, puede darse por muchas causas; calidad de los ingredientes, condición de manejo, eimeria (Santin 2015).

La evaluación de integridad intestinal es una tarea difícil, sin embargo, la que se da de una mejor manera es mediante el método de ISI (I See Inside) realizado por Santin (2015). Este método de evaluación involucra un muestreo representativo del grupo de aves de la prueba. Con esta se puede ejecutar una evaluación sistemática de los órganos del ave, lo cual se puede traducir de manera cuantitativa las alteraciones observadas, y con esto tener un resultado del estado de la salud intestinal de las aves (Ramírez 2017).

OBJETIVOS

a. General:

- Evaluar los efectos de tres proporciones diferentes de partículas finas en el alimento balanceado y de tres tamaños de pollo de un día de edad sobre los rendimientos productivos, tamaño de molleja e integridad intestinal en pollo de engorde.

b. Específicos:

1. Cuantificar el efecto de tres proporciones diferentes de partículas finas en el alimento balanceado de pollo de engorde en rendimientos productivos y tamaño de molleja.
2. Evaluar la interacción entre tres proporciones diferentes de partículas finas en el alimento balanceado y los tres diferentes tamaños de pollo.
3. Evaluar condición intestinal según su longitud, peso y condición macroscópica de la membrana mucosa a los 7, 14, 21, 28 y 35 días de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedimiento general

Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en una granja experimental, ubicada en la provincia de Alajuela, entre los meses de diciembre 2017 a enero del 2018. La granja experimental se ubica a 745 msnm y presenta una temperatura media anual de 24,1 °C y una precipitación de 2075 mm aproximadamente. Se utilizaron 3150 aves mixtas Cobb 500 de un día de edad, las cuales se vacunaron por aspersión al día de nacidas en la incubadora contra bronquitis infecciosa, enfermedad de Gumboro y Newcastle.

Se utilizaron 60 corrales los cuales estaban organizados en seis baterías, donde se colocaron 50 aves por corral. Se pesaron en grupo las 50 aves y todos los días se anotó la cantidad de aves muertas las cuales también se pesaron. Las dimensiones de los corrales fueron de 1,37 x 2,37m, con una densidad de 15,80 pollos por metro cuadrado y se utilizó cascarilla de arroz como cama. La galera que alojó los pollos contó con ventilación controlada tipo túnel con una dimensión de 11m x 100m. La temperatura del galpón se controló con calentadores de gas tipo turbo durante los primeros 11 días de edad y ventiladores con ventilación mínima hasta los 15 días de edad, posterior a esta se utilizó ventilación tipo tunel. Se utilizó un programa de luz continuo de 20 horas luz y 4 horas de oscuridad con una intensidad de luz de 5 lux.

Cada corral contó con un comedero tipo infantil hasta los 7 días de edad, el cual se estimuló dos veces al día, moviéndolo para que descendiera el alimento, y luego se procedió a colocar un comedero manual con una línea de bebedero tipo tetina, a una relación de 10 aves por boquilla y se les ofreció agua *ad libitum*.

Los pollos se pesaron al primer día de nacidos y una vez por semana hasta los 35 días que duró el período de engorde, con el fin de llevar un registro de las ganancias de peso.

Manejo de los animales

Todas las aves fueron vacunadas a los 14 días de edad contra bronquitis infecciosa y la enfermedad de Gumboro. A los 17 días de edad de las aves se medicaron con antibiótico, por problemas de aerosaculitis, a todos los tratamientos por igual, este se aplicó al agua de bebida por 5 días.

A todos los corrales se les proporcionó la misma cantidad de alimento de acuerdo al programa de alimentación diseñado por la empresa para alcanzar los rendimientos esperados a la edad de mercado.

Tratamientos

El experimento consistió en un arreglo factorial 3 x 3, donde los factores principales fueron porcentajes de finos en la dieta (0%, 15% y 30%) y tamaño de pollito de 1 día de edad (grande, mediano y pequeño) (Cuadro 1).

La edad de las reproductoras tiene relación con el tamaño del huevo y esto por ende con el peso del pollito a 1 día de edad.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamiento	% de partículas finas x tamaño de pollito
1	alimento 0% partículas finas x pollo pequeño (30 semanas de edad)
2	alimento 15% partículas finas x pollo pequeño (30 semanas de edad)
3	alimento 30% partículas finas x pollo pequeño (30 semanas de edad)
4	alimento 0% partículas finas x pollo mediano (40 semanas de edad)
5	alimento 15% partículas finas x pollo mediano (40 semanas de edad)
6	alimento 30% partículas finas x pollo mediano (40 semanas de edad)
7	alimento 0% partículas finas x pollo grande (55 semanas de edad)
8	alimento 15% partículas finas x pollo grande (55 semanas de edad)
9	alimento 30% partículas finas x pollo grande (55 semanas de edad)

Elaboración de los alimentos o tratamientos.

Para los diferentes tratamientos se elaboraron diferentes alimentos realizando primero un tamizaje de las PF del alimento y luego agregando a los pelets la cantidad de PF necesarias para alcanzar los porcentajes de PF para cada tratamiento: 0, 15 y 30%.

Para separar las partículas se utilizaron zarandas de 2,8 mm y de 1 mm. Partículas superiores a 2,8 se consideraron partículas gruesas y partículas menores a 1 mm se consideraron finas. Partículas intermedias entre 2,8 mm y 1 mm no fueron utilizadas en la alimentación de las aves de la prueba. Con esto se logró realizar la preparación de los alimentos según cada tratamiento. Las cuatro fases de alimentación utilizadas recibieron la misma elaboración, según el consumo diario de las aves (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fases de alimentación para pollos de engorde Cobb 500.

Fases	Preinicio	Inicio	Desarrollo	Engorde
Período (días)	0-8	9-18	19-28	>29
Cantidad de alimento por ave (gramos)	180	700	1350	<i>Ad libitum</i>
Estructura del alimento	Pelet	Pelet	Pelet	Pelet

Fuente: Cobb Vantress (2018).

Los alimentos se formularon de acuerdo a los requerimientos para pollo de engorde Cobb 500, utilizando una dieta basada en maíz y soya, y los nutrientes utilizados se observan en el Cuadro 3. Para asegurar la composición nutricional de cada tratamiento se realizó un análisis del contenido nutricional en los diferentes tipos de alimentos con la ayuda del NIR (Near Infrared Analysis), donde la grasa y la proteína fueron los parámetros a comparar entre los alimentos, grueso y fino (Cuadro 4).

Cuadro 3. Composición nutricional de las dietas para pollo de engorde Cobb 500.

Fase	Preinicio	Inicio	Desarrollo	Engorde
Proteína Cruda (%)	21-22	19-20	18-19	17-18
Energía Metabolizable (Kcal/kg)	2,975	3,025	3,100	3,150
Lisina digestible (%)	1,22	1,12	1,02	0,97
Metionina digestible (%)	0,46	0,45	0,42	0,40
Calcio (%)	0,90	0,84	0,76	0,76
Fósforo disponible (%)	0,45	0,42	0,38	0,38
Sodio (%)	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30
Cloro (%)	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30

Fuente: Cobb Vantress (2018).

Cuadro 4. Composición nutricional de las fases de alimentación de pollo de engorde, según análisis de NIR.

	Proteína Cruda				Grasa				Humedad			
	Preinicio	Inicio	Desarrollo	Final	Preinicio	Inicio	Desarrollo	Final	Preinicio	Inicio	Desarrollo	Final
Normal	23,14	20,08	20,28	20,78	4,01	3,72	4,41	4,93	10,68	12,08	12,01	11,05
Grueso	22,98	21,10	21,04	20,80	4,10	3,35	4,52	4,67	10,55	11,90	12,30	11,10
Intermedios	23,18	20,50	21,23	20,81	4,04	3,70	4,20	4,85	10,51	11,84	12,34	11,23
Finos	22,89	20,45	21,16	21,02	5,00	3,95	4,72	4,70	10,59	11,70	12,29	11,28

Rendimiento en canal

Para el traslado a matadero se procedió a separar 20 aves, 10 hembras y 10 machos por tratamiento, se tomó un ave por repetición y se identificó para obtener trazabilidad de su peso vivo, su peso con 6 horas de ayuno de alimento y 2 horas de agua y el peso una vez procesado en planta, sin vísceras, para obtener el porcentaje de rendimiento en canal en caliente, antes de pasar por el chiller, también se pesaron las diferentes piezas del ave, según cada tratamiento. En planta de proceso se midió rendimiento en canal, rendimiento de: grasa, pechuga, alas, muslos y carcasa.

Tamaño de molleja y evaluación intestinal

Se realizaron necropsias a 5 aves por tratamiento; se tomó un ave por repetición a los 7, 14, 21, 28 y 35 días de edad. Se tomaron hembras y machos por tratamiento, se pesaron, se extrajeron las mollejas y se dejó la grasa periférica. La molleja se abrió, se extrajo el contenido de alimento, se procedió a secar con toalla de papel para luego pesarla. Se pesaron los intestinos con el contenido y se midió la longitud desde el inicio del duodeno hasta el recto. Además, se obtuvo el peso y longitud del páncreas y el peso del hígado y el proventrículo. A cada intestino se le realizó la prueba de integridad intestinal propuesta por Santin (2015). Se calcularon los datos de tasa de crecimiento, tamaño de molleja en relación con el tamaño del ave y la integridad intestinal.

Evaluación de integridad la intestinal

Para esta prueba se utilizó el índice llamado ISI (Santin 2015). Esta toma en cuenta diferentes calificaciones de las lesiones intestinales. Al final todas las alteraciones se multiplican por el factor de gravedad de la lesión (FGL). El factor se relaciona con el grado de reducción de la función del órgano promovido por la lesión. El factor de impacto tiene un rango de 1 a 3, donde 3 es la alteración que induce un mayor daño a la función del órgano.

La suma de todos los resultados de esta evaluación en cada órgano del tubo gastrointestinal va a generar el número particular que representa la integridad intestinal. El número máximo es de 63, mayor a esto significa una muy mala integridad intestinal.

El método hace una suma de una serie de evaluaciones sobre el daño de las alteraciones al funcionamiento normal y a la fisiología del tracto gastrointestinal y de los órganos asociados. Esta tiene 5 grupos de sistemas evaluados que se dividen en: locomotor, órganos asociados al tracto gastrointestinal, intestinal, lesiones típicas de coccidiosis y respiratorio. Esta lleva una relación entre los diversos órganos y la salud intestinal (Ramírez 2017).

Para describir la salud intestinal (SI) mediante el método ISI (Cuadro 5), Ramírez (2017) propuso la siguiente ecuación:

$$SI = L(x) + O(x) + I(x) + C(x) + R(x)$$

Donde:

SI: Salud intestinal

L: la evaluación de daños para sistema locomotor

O: evaluación de los daños de los órganos asociados con el intestino (molleja, riñones, hígado)

I: evaluación de los daños de los componentes internos de la vía intestinal (duodeno, yeyuno, íleon y ciegos)

C: evaluación de los daños relacionados con la coccidiosis

R: evaluación de los daños del sistema respiratorio (tráquea, corazón y sacos aéreos)

Cuadro 5. Máxima puntuación para el método ISI de acuerdo con el grupo de órganos evaluados.

ISI	Máximo
General (patas, muslo y locomotor)	12
Respiratorio	18
Proventrículo, molleja y anexos	33
Intestino (duodeno, yeyuno, íleon y ciegos)	72
Coccidiosis	30
Puntuación total	165

Adaptado de Ramírez (2017).

Esta cifra ayudar a tomar decisiones económicas y técnicas para controlar y prevenir el problema y que estos aumenten según el sistema afectado (Santin 2017).

Variables a evaluar

Las variables a evaluar se dividen en 3 grupos de variables dependientes: rendimientos en campo, en planta de proceso e integridad intestinal.

Rendimientos en campo

Los resultados de rendimiento en campo se tomaron en la granja, se calculó el consumo diario de alimento de las aves, donde se pesó el alimento ofrecido y el alimento sobrante 24 horas después de ser ofrecido. El alimento sobrante fue tamizado para conocer la proporción de partículas finas por cada tratamiento. Se utilizó una balanza de plataforma UWE con capacidad de 6 x 0,01 kg.

Los pesos acumulados se determinaron pesando el total de aves por cada corral y sacando un promedio del peso según la cantidad de aves; se verificó la cantidad con el dato de mortalidad por corral de la semana.

Para conversión alimenticia se sumaron los consumos de los 7 días de la semana y se dividieron entre el peso corporal de las aves de la semana en cada corral.

Planta de proceso

A las 20 aves trasladadas a matadero a los 35 días de edad se les determinó su rendimiento de canal, muslos, alas, pechuga, grasa, filete y carcasa.

Rendimiento en canal: $\text{peso de la canal del ave en caliente} / \text{peso del ave posterior al ayuno en granja} \times 100$.

Rendimiento muslos: $\text{peso de los muslos en caliente} / \text{peso en canal del ave} \times 100$.

Rendimientos alas: $\text{peso de las alas en caliente} / \text{peso en canal del ave} \times 100$.

Rendimiento de grasa: $\text{peso de grasa abdominal} / \text{peso en canal del ave} \times 100$.

Rendimiento de pechuga: $\text{peso de pechuga sin hueso y sin piel} / \text{peso en canal del ave} \times 100$.

Rendimiento de filete de pechuga: $\text{peso de filete de pechuga} / \text{peso en canal del ave} \times 100$.

Integridad intestinal

Las evaluaciones de integridad intestinal se realizaron según el método ISI y se calificó según la lesión observada. Los pesos de los órganos se tomaron en granja pesando cada uno de estos según el tratamiento.

Unidad Experimental

Cada corral se consideró la unidad experimental, con 50 aves por corral, para un total de 60 unidades experimentales. Se tuvieron que eliminar 3 corrales, entonces se tuvieron 7 unidades experimentales en los tratamientos 2, 3, 4, 5, 7 y 8 y en el tratamiento 1, 6 y 9 se contó con 6 unidades experimentales.

Análisis estadístico

Se tuvo 3 grupos de variables dependientes, en las que tuvieron análisis diferentes según los datos obtenidos.

Los análisis inferenciales de los datos consumo, peso, conversión alimenticia y cantidad de PF sobrantes se utilizó la técnica de modelos mixtos, con proc Mixed de SAS en el cual se incluyó el bloque como efecto aleatorio. La separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey- Kramer en las variables que resultaron significativas ($P < 0,05$).

Para estas variables de desempeño en granja el modelo utilizado fue:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta_h + T_j + F_k + (TF)_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

y_{ijkl} : valor de la característica del i^o individuo, del i^o sexo y del j^o tamaño de pollito, que recibió el k^o nivel de finos en el h^o bloque

μ : efecto común a todas las unidades experimentales

β_h : efecto aleatorio del h^o bloque

T_j : efecto fijo del j^o tamaño de pollito

F_k : Efecto fijo del k^o nivel de finos

$(TF)_{jk}$: Efecto fijo de la interacción entre el j^o tamaño y el k^o nivel de finos

e_{ijkl} : Efecto aleatorio asociado a la l^a unidad experimental en el h^o bloque

Para los datos de rendimiento en canal y pesos y longitud de los órganos no se contó con la identificación del corral del que provenían las aves, por lo que se utilizó la técnica de mínimos cuadrados, ya que no hay efecto aleatorio en el modelo.

Para las características de la canal y órganos el modelo utilizado fue:

$$y_{ijkl} = \mu + S_i + T_j + F_k + (TF)_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} : variables dependientes (peso molleja, peso hígado, peso proventrículo, peso páncreas, peso intestino, longitud intestino, longitud páncreas, peso vivo, peso alas, peso muslos, peso pechuga, peso filete de pechuga, peso grasa abdominal, peso carcasa, peso canal).

μ : efecto común todas las unidades experimentales

S_i : efecto fijo del i^o sexo

T_j : efecto fijo del j^o tamaño de pollito

F_k : Efecto fijo del k^o nivel de finos

$(TF)_{jk}$: Efecto fijo de la interacción entre el j^o tamaño y el k^o nivel de finos

e_{ijkl} : Efecto aleatorio asociado a la l^a unidad experimental

Los datos de integridad intestinal, ISI y para el tracto gastrointestinal, fueron analizados mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de las varianzas. Estos dieron datos de normalidad por lo que se utilizó análisis de varianza y la prueba de Tukey para las variables que resultan significativas ($P < 0,05$) según correspondan.

$$y_{ijkl} = \mu + T_j + F_k + (TF)_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} : variables dependientes (ISI total y tracto gastrointestinal)

μ : efecto común todas las unidades experimentales

T_j : efecto fijo del j^o tamaño de pollito

F_k : Efecto fijo del k^o nivel de finos

$(TF)_{jk}$: Efecto fijo de la interacción entre el j^o tamaño y el k^o nivel de finos

e_{ijkl} : Efecto aleatorio asociado a la l^a unidad experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferentes resultados de parámetros zootécnicos como peso acumulado, consumo acumulado y conversión alimenticia a los 7, 21 y 35 días de edad, se presentan en los Cuadros 6, 7 y 8. La mortalidad fue considerada en todos los períodos para conocer la significancia de la misma según los tratamientos. En los 35 días de la prueba no se observó una diferencia significativa ($P>0,05$) en la cantidad de aves muertas según los diferentes tratamientos.

Se puede observar que existen diferencias significativas según el peso del pollito y el nivel de PF en el alimento para las variables de peso acumulado, consumo acumulado y conversión alimenticia.

Para el peso acumulado, consumo acumulado o la conversión alimenticia. No se observaron efectos significativos ($P>0,05$) de la interacción entre tamaño de pollito y nivel de PF en el alimento, en los tres periodos de tiempo analizados.

Cuadro 6. Peso acumulado según tamaño de pollito y nivel de partículas finas en el alimento a los 7, 21 y 35 días de edad.

Días	Tamaño de pollito			Error estándar combinado	Valor p	Partículas finas en alimento (%)			Error estándar combinado	Valor p
	Grande	Mediano	Pequeño			0	15	30		
7	170 a	163 b	146 c	1,55	<0,0001	159	159	161	1,55	0,483
21	903,22 a	911,56 a	854,43 b	4,11	<0,0001	891,23	894,64	883,34	4,11	0,172
35	2132,44 a	2132,87 a	2073,97b	7,62	<0,0001	2132,46 a	2112,08 ab	2094,75 b	6,91	0,005

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Cuadro 7. Consumo acumulado según tamaño de pollito y nivel de partículas finas en el alimento a los 7, 21 y 35 días de edad.

Días	Tamaño de pollito			Error estándar combinado	Valor p	Partículas finas en alimento (%)			Error estándar combinado	Valor p
	Grande	Mediano	Pequeño			0	15	30		
7	135 a	134 a	123 b	0,86	<0,0001	127 b	133 a	133 a	0,86	<0,0001
21	1137,59 a	1139,10 a	1083,61 b	4,76	<0,0001	1120,48	1124,46	1115,35	4,90	0,475
35	3236,18 a	3230,57 a	3115,16 b	14,38	0,0002	3219,92 a	3197,85 ab	3164,14 b	14,41	0,014

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Cuadro 8. Conversión alimenticia según tamaño de pollito y nivel de partículas finas en el alimento a los 7, 21 y 35 días de edad.

Días	Tamaño de pollito			Error estándar combinado	Valor p	Partículas finas en alimento (%)			Error estándar combinado	Valor p
	Grande	Mediano	Pequeño			0	15	30		
7	0,794 b	0,826 a	0,843 a	0,007	<0,0001	0,795 b	0,842 a	0,826 a	0,007	<0,0001
21	1,259 b	1,250 b	1,268 a	0,005	0,035	1,258	1,257	1,263	0,0045	0,6964
35	1,518	1,516	1,501	0,005	0,053	1,510	1,515	1,510	0,005	0,755

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Según el consumo diario de las aves se pudo obtener la cantidad de alimento sobrante, por lo cual se les ofreció un 5% más de alimento por día para evitar que las aves se quedaran sin alimento. La cantidad de PF sobrantes por tratamiento fue pesada (Cuadro 9), las cuales no presentaron diferencias significativas por tratamiento.

Cuadro 9. Cantidad de partículas finas sobrantes por tratamiento en los 35 días.

Tratamiento	Semana 1 (%)	Semana 2 (%)	Semana 3 (%)	Semana 4 (%)	Semana 5 (%)
P x 0 % PF	2,14	0,58	0,13	0,16	0,26
P x 15% PF	25,11	10,31	13,25	20,13	5,01
P x 30% PF	19,03	12,86	18,22	27,90	21,43
M x 0 % PF	7,22	0,29	0,05	1,84	0,21
M x 15% PF	18,35	5,50	8,34	5,46	7,98
M x 30% PF	18,51	7,08	9,46	17,14	12,34
G x 0 % PF	0,24	0,09	0,07	3,42	0,18
G x 15% PF	16,73	4,99	6,74	9,23	11,04
G x 30% PF	13,91	5,84	8,69	12,14	16,36

P: pollo pequeño, M: pollo mediano, G: pollo grande

Peso Acumulado

Según el Cuadro 6, el tamaño de pollito tiene un efecto significativo ($P < 0,0001$) sobre el peso corporal de las aves a los 7 días de edad. El pollo grande presentó mayor peso que el mediano y el mediano mayor que el pequeño. El efecto de tamaño de huevo y de peso de pollito tiene una correlación positiva (Ulmer-Franco et al. 2016), en el cual a mayor peso de huevo se tiene un mayor peso de pollito al día uno de nacimiento, lo cual se mantiene hasta los 7 días de edad (Vieira 2001, Duman y Sekeroglu 2017) y concuerda con los resultados obtenidos en este experimento.

A los 21 días de edad de las aves se tuvo diferencias ($P < 0,0001$) en peso acumulado para el factor de tamaño de pollito, siendo diferentes significativamente el pollito grande y mediano del pollito pequeño. En el experimento se observó que el peso acumulado en pollito grande-mediano fue mayor que el pequeño, lo cual concuerda con lo reportado por Gomes et al. (2008) y Maiorka et al. (2003), quienes encontraron que aves más pesadas presentan un mejor desempeño. Esto continua con la tendencia de los 7 días de edad. No existieron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los 3 niveles de PF en el alimento hasta los 21 días, pero sí a los 35 días de edad. El tamaño de partícula gruesa no tuvo un efecto negativo ($P = 0,6256$) para el peso acumulado en el pollo pequeño. En este período, no se utilizó partículas intermedias en el alimento tipo

migaja solo partículas mayores a 2,8 mm por lo que se observó que no hay efecto perjudicial en ganancia de peso con el tratamiento de 0% de PF. Wilson et al. (2001) reportaron que no hubo diferencias significativas en la ganancia de peso cuando se usó migaja gruesa (4,0 mm) y la media migaja (1,5 – 4,0 mm), pero si con la migaja fina (1,5 mm), con la que se obtuvo una menor ganancia de peso. Se obtuvo una diferencia de 38 gramos en ganancia de peso a los 21 días de edad, entre los pollos alimentados con migajas gruesas y media versus los de migaja fina. Por lo que, si se utilizaran partículas intermedias en el alimento tipo migaja se podrían esperar los mismos resultados de pesos en cuanto al nivel de PF en el alimento.

Para el mismo período, no se observaron efectos del nivel de PF en el alimento. El PDI de los pelets utilizados fue de 96%, los cuales fueron medidos en planta después del enfriamiento una vez por semana, con lo cual se obtiene un óptimo desempeño en las aves. Valores de hasta 80% son aceptables en pollo de engorde, aunque hay evidencia que un 25% a 30% de finos no afecta el desempeño de las aves significativamente (Paulino 2013).

Para los 35 días de edad, se presentan diferencias significativas ($P < 0,0001$) de acuerdo con el tamaño de pollito y el nivel de PF presente en el alimento (Cuadro 6). Para el factor de tamaño de pollito, el que tiene mayor peso es el grande, el mediano y el grande no presentan diferencia entre ellos. El tamaño de pollito de un día de edad sigue influyendo en el peso acumulado de las aves teniendo un mayor peso el pollo grande y mediano. De acuerdo con Stringhini et al. (2003), el peso del ave al primer día de edad influye significativamente en esta hasta los 35 días de edad. Mendes et al. (2011) indican que el pollo pequeño no recupera el peso corporal durante las 5 semanas de edad, aun y cuando todas las aves tienen el mismo manejo productivo, como también se observó en el experimento.

En cuanto al nivel de PF en el alimento (Cuadro 8), el mayor peso obtenido fue con los pollos que se alimentaron con 0% PF, mientras que el menor peso fue el grupo alimentado con 30% de PF. No se observó diferencias entre los pesos de los pollos alimentados con 0% y 15% de PF, como tampoco entre los de 15% y 30% de PF. La incorporación de PF en la dieta de pollo de engorde disminuye el crecimiento en todas las fases productivas (Engberg et al. 2002, Svihus et al. 2004 y Corzo et al. 2011). El nivel de PF en el alimento influye en el peso acumulado del ave debido a que se tiene un menor gasto energético a la hora del consumo (Fahrenheit 2012 y Lopez et al. 2012), disminuye la velocidad de pasaje gastrointestinal y aumenta la digestibilidad de los

nutrientes (Castillo y Flores 2011). Además, se disminuye la segregación y clasificación de las partículas por parte del ave (Pacheco et al. 2015). Como también lo indica Solís (2016), se incrementa el tiempo de exposición de los nutrientes a las enzimas digestivas, lo cual resulta en una mejor utilización de la energía y la digestibilidad de estos, teniendo un mejor desempeño las aves alimentadas con alimento tipo pelet. Entre mayor sea el nivel de PF en el alimento, menor va a ser el rendimiento de las aves (Kenny y Rollins 2007, Mirghelenj y Golian 2009), como se muestra en los resultados anteriores en cuanto al peso del ave y consumo de alimento. Según Hu et al. (2012), en la etapa de desarrollo y finalizador las aves alimentadas con 100% pelet fueron 5% más pesadas que las alimentadas con 50% de pelet. Otros estudios realizados por Nir et al. (1995), Engberg et al. (2002), Svihus et al. (2004) y Corzo et al. (2011) indican que la incorporación de partículas finas en la dieta de pollo de engorde disminuye el crecimiento en todas las fases productivas. Otros estudios demuestran que aves alimentadas con una mejor calidad de pelet crecieron 2,7% más rápido comparado con aves alimentadas con dietas que contenían baja calidad de pelet (Dozier et al. 2010), ya que se afecta la eficiencia de las aves.

Consumo Acumulado

Se observó a los 7 días de edad de las aves, que existen diferencias significativas en consumo de alimento, tanto para tamaño de pollito como para porcentaje de PF en el alimento (Cuadro 7), donde el mayor consumo lo tienen el pollo mediano y grande. Las aves con mayor peso inicial tienen un mayor consumo de alimento durante la primera semana de edad (Leandro et al. 2006).

Las aves alimentadas con 15 y 30% de PF en el alimento tuvieron un mayor consumo a los 7 días de edad, esto ya que no se utilizó partículas intermedias en el alimento tipo migaja para retar a las aves a consumir un mayor tamaño de partículas, por lo que se facilitaba el consumo aumentando la cantidad de partícula más pequeña, PF. Esto no significa que aumentar la cantidad de PF mejora el consumo en el alimento tipo migaja en esta etapa. Con una mayor proporción de partículas intermedias se podría observar un mejor consumo de las aves

A los 21 días de edad de las aves (Cuadro 7) existe una diferencia significativa ($P < 0,0001$) en consumo según el para tamaño de pollito. El mayor consumo acumulado

fue el de pollito mediano y grande, lo cual continúa con la tendencia de los 7 días de edad de las aves. No existe diferencia en consumo entre el pollo de tamaño grande y mediano.

Para la variable de PF en el alimento no se observó una diferencia significativa a la edad de 21 días ($P=0,475$). A esa edad se dejó de observar el efecto de la partícula gruesa sobre las aves, ya que el alimento tipo migaja se utiliza hasta los 14 días de edad.

Para los 35 días de edad se tuvo una diferencia significativa en consumo ($P=0,0002$) entre el pollo grande y mediano con respecto al pollo pequeño. No hubo diferencia entre el pollo grande y el mediano, lo cual mantuvo la misma tendencia durante los 35 días de la prueba. Durante las 5 semanas acumuladas se observó que el pollo grande y mediano tienen los consumos más altos, por consiguiente, tuvieron los pesos más altos. El mejor rendimiento obtenido por las aves grandes y medianas puede estar relacionado con un mayor consumo de alimento (Pinchasov 1991). Se observó diferencia significativa ($P=0,014$) entre los niveles de PF de 0 y 30%. No se presentaron diferencias entre 0 y 15% de PF, como tampoco se entre 15 y 30% de PF. Por comportamiento del ave, según Solís (2016), se observó que estas prefieren el consumo de alimento peletizado, donde el mayor consumo lo tuvo el alimento con 0% de PF. Los tratamientos con inclusión de 30% de PF tuvieron mayores cantidades de sobrantes de partículas finas y menores consumos de alimento (Cuadro 8). El comportamiento antes mencionado se debe a que las aves distinguen la diferencia en el tamaño de partícula debido a mecanoreceptores localizados en el pico (Gentle 1979). También, Fahrenholz (2012) menciona que las ganancias de peso y el promedio de consumo de alimento disminuyeron en 7,9 y 5,8%, respectivamente, conforme se aumentaron los porcentajes de PF de 20 a 60%. En este caso aumentando la cantidad de PF a 30% disminuyó el consumo. Así mismo, Svihus et al. (2004) también reportaron 25% de incremento en el consumo de alimento y ganancia de peso en pollos de engorde con dietas peletizadas comparado con dietas en harina.

Conversión Alimenticia

Las aves a los 7 días de edad (Cuadro 8) tuvieron diferencias significativas en conversión según los efectos de tamaño de pollito y porcentaje de PF en el alimento. La mejor conversión alimenticia la tuvieron los pollos grandes y medianos, por encima de los pollos pequeños. Según el nivel de PF en el alimento, la mejor conversión la tuvo el pollo que consumió alimento con 0% de PF, comparado con los tratamientos que incluían 15 y 30% PF. Esto podría deberse a una reducción en el tiempo de consumo, lo cual aumenta la cantidad de energía metabolizable disponible. Además, con menor cantidad de PF se da un mejor desarrollo de molleja y una menor velocidad de tránsito por el tracto digestivo, lo cual puede generar una mejor utilización de los nutrientes (Lopez et al. 2012). Al utilizar partículas mayores a 2,8mm en el alimento se pudo notar que no existen efectos negativos, en términos de conversión alimenticia, por el uso de estas partículas durante la primera semana de edad.

La mejor conversión alimenticia a los 21 días de edad fue la de pollo mediano, y la mayor fue el de pollo pequeño ($P=0,035$). Entre pollo grande y pollo mediano no hubo diferencia significativa. En este periodo, se observó un cambio con respecto lo que se observó a los 7 días de edad para la variable de nivel de PF, ya que no se observó diferencia significativa entre los tres diferentes niveles. No se observó el efecto negativo de no utilizar partículas intermedias en el alimento tipo migaja y de tener un consumo mayor de PF, lo cual también ocurrió para la variable de consumo acumulado.

A los 35 días de edad de las aves no se encontraron diferencias significativas en conversión ($P>0,05$) en tamaño de pollito o el nivel de PF en el alimento. Esto contrarresta con el estudio realizado por Cerrate et al. (2009), en el cual se observó que un incremento en el nivel de PF afecta la conversión alimenticia. Por cada punto porcentual de PF en la dieta se puede atribuir un incremento del 0,001 a 0,0015 puntos en la tasa de conversión alimenticia (Sacranie 2018). Este efecto se pudo observar debido a que ya que las PF sobrantes fueron retiradas a las 24 horas después de suministradas en el alimento. En cuanto al tamaño del pollito, al final del periodo, no se observó un efecto en los rendimientos productivos debido a los tres tamaños. Sin embargo; se presentó una mejor conversión en el pollo pequeño entre los tres. Los resultados fueron similares a los obtenidos por Joseph y Moran (2005) en el cual la mejor conversión alimenticia fue la del pollo pequeño, los cuales tienen un mejor desempeño que los pollos grandes y medianos.

Rendimiento en canal

El factor sexo tuvo efectos significativos sobre el rendimiento de los diferentes cortes de piezas de pollo, peso vivo y peso canal (Cuadro 10). Se observó que los machos tienen un mayor peso que las hembras en peso vivo. Además, los machos mostraron un mayor peso en todas las variables seleccionadas para el estudio como lo son peso vivo, peso en canal, peso alas, peso pechuga, peso filete, peso carcasa. Estos resultados coinciden con Lilly et al. (2011), Rondelli et al. (2003), Lazzari y Pagani (1999), Joseph y Moran (2005), ya que los machos tienen mejores ganancias de peso por lo que tienen un mayor peso vivo, lo cual también se refleja en un mayor peso de todos los cortes. El peso de la grasa abdominal no tuvo diferencia significativa según el sexo del ave; resultados similares fueron reportados por Leeson (1995).

Cuadro 10. Peso de canal y piezas de pollo según el sexo a 35 días de edad.

Peso	Sexo		Valor p
	Macho	Hembra	
Peso Vivo (g)	2275,10 a	1947,80 b	<0,0001
Peso en Canal (g)	1627,60 a	1399,40 b	<0,0001
Peso Grasa (g)	10,98	10,69	0,7949
Peso Alas (g)	183,02 a	158,43 b	<0,0001
Peso Muslo (g)	674,84 a	566,15 b	<0,0001
Peso Pechuga (g)	756,58 a	660,39 b	<0,0001
Peso Filete (g)	533,13 a	483,18 b	<0,0001
Peso Carcasa (g)	203,45 a	177,21 b	<0,0001

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Se observó (Cuadro 11) un efecto significativo de la interacción entre tamaño de pollito y porcentaje de PF en el alimento sobre el peso vivo y el peso de la canal, las alas, los muslos, la pechuga, el filete y la carcasa.

Cuadro 11. Valores de pesos de cortes de pollo a 35 días de edad de acuerdo con los tratamientos.

Tratamiento	Peso Vivo	Peso en Canal	Peso Alas	Peso Muslo	Peso Pechuga	Peso Filete	Peso Carcasa
P x 0 % PF	2022,02 d	1447,70 c	164,74 cd	593,40 c	675,88 c	498,84 b	177,04 c
P x 15% PF	2024,13 d	1464,10 c	161,20 d	596,29 c	695,50 bc	501,55 ab	193,95 ab
P x 30% PF	2077,11 bcd	1487,50 bc	167,03 bcd	604,98 bc	704,01 abc	511,55 ab	192,46 abc
M x 0 % PF	2177,03 ab	1478,10 bc	169,90 abcd	642,70 ab	684,45 bc	500,95 ab	183,50 bc
M x 15% PF	2068,06 dc	1555,50 ab	175,20 abc	612,70 abc	723,45 abc	535,80 ab	187,65 bc
M x 30% PF	2120,02 abcd	1533,40 ab	169,61 abcd	615,78 abc	731,83 ab	536,00 ab	195,83 ab
G x 0 % PF	2177,94 ab	1593,60 a	180,90 a	651,70 a	751,14 a	545,33 a	205,80 a
G x 15% PF	2202,73 a	1560,80 ab	177,75 ab	647,96 ab	714,24 abc	518,53 ab	195,71 ab
G x 30% PF	2134,53 abc	1500,90 bc	170,19 abcd	618,93 abc	695,89 bc	514,84 ab	181,05 bc
T	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0195	0,0725
PF	0,3755	0,3549	0,2551	0,1746	0,7006	0,7962	0,4333
T x PF	0,0034	0,0006	0,0188	0,0367	0,0002	0,0124	<0,0001

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

P: pollo pequeño, M: pollo mediano, G: pollo grande.

Los mayores pesos en canal se observan en los pollos de tamaño grande y mediano, y los que tienen consumo de 0 y 15% de PF. Los menores pesos los tuvieron las aves pequeñas y con consumo de 30% de PF. Los pollitos grandes y con un consumo de 0% de PF en el alimento tuvieron los mejores pesos en canal, alas, muslos, pechuga, filete y carcasa. Se observaron los mejores pesos porque las aves grandes tuvieron los consumos más altos de alimento con 0% de PF, por lo que presenta un mejor rendimiento en las piezas. Otros autores (Viera y Moran 1998, Leandro et al. 2006) reportaron diferencias significativas en los rendimientos en cortes de las aves por efecto de la variable tamaño de pollito. Según Lv et al. (2015), Ebrahimi et al. (2010) y Sogunle et al. (2013), no se observaron efectos del factor de nivel de PF en el alimento sobre los rendimientos de las piezas en canal. Otros estudios, donde se utilizó únicamente el tamaño de pollito como factor experimental, reportaron que los pollitos de mayor peso al día de edad tuvieron pesos superiores en matadero comparados con aquellos de menor peso (Leandro et al. 2016).

Prueba ISI en tracto gastrointestinal

Durante los 35 días de la prueba, el peso relativo de las vísceras y la longitud del páncreas y del intestino no presentaron diferencias significativas (Cuadro 12) para los factores de tamaño de pollito, porcentaje de PF en el alimento y la interacción entre estos dos. Por lo tanto, se presentan los promedios de todos los tratamientos durante los 35 días de la prueba (Cuadro 12). Según Shim et al. (2017) la molleja presenta un menor desarrollo por ende un menor peso conforme aumenta el consumo de PF en el alimento. Esto no se observó ya que las aves no se vieron obligadas a consumir las PF de la cantidad diaria suministrada, estas aves consumieron una menor cantidad de alimento (Cuadro 7), probablemente debido a un comportamiento de selección hacia peleteo entero. Al tener una menor cantidad de PF en el alimento se mantiene una digestión física adecuada por lo que causa una mayor actividad física en la molleja, con esto un mayor peso (Chewing et al. 2012).

En la evaluación del TGI con la metodología ISI, se observó diferencias significativas solo en la segunda semana de edad (Cuadro 13), teniendo una mayor

implicación en el TGI, en pollos grandes que en pollitos medianos y pequeños. La puntuación de lesión máxima para el TGI es de 33 (Cuadro 5), por lo cual se considera que los resultados observados no son de gran impacto para el desempeño de las aves.

Para la evaluación del ISI total se observó un efecto significativo de la interacción entre tamaño de pollito y PF en el alimento en la tercera semana. Se observó diferencias entre los tratamientos de pollito pequeño y mediano, ambos con 30% PF. Las aves medianas consumiendo alimento con 30% PF presentaron una menor cantidad de lesiones comparadas con las aves pequeñas con 30% de PF, ya que las primeras tuvieron un mayor consumo de alimento. Al igual no se observó un impacto negativo en el desempeño productivo de las aves, ya que el valor máximo es de 63 para observar una mala salud intestinal (Santin 2017).

Utilizando el método propuesto por Santin para la evaluación intestinal, no se obtuvo una puntuación alta por lo cual no se observó un efecto negativo en la salud intestinal de las aves. Se tomó como promedio la puntuación de las 5 aves evaluadas según el método. Se sugiere que las condiciones de manejo y nutricionales no presentaron desafío para las aves, ya que no consumieron en su totalidad las PF del alimento. En esta prueba no se vieron afectaciones en el organismo ya que las condiciones de manejo de las aves se mantuvieron estables. Aún cuando se considera que la metodología es más efectiva al ser cuantitativa, esta igual depende de la valoración visual de una persona, la cual igual afecta la puntuación final.

Cuadro 12. Peso y longitud promedio de las vísceras durante los 35 días de edad.

Días	Peso molleja (g)	Peso Intestino (g)	Longitud intestino (cm)	Peso Páncreas (g)	Longitud páncreas (cm)	Peso Hígado (g)	Peso Proventrículo (g)
7	6,14	20,57	103,00	0,90	7,14	6,84	1,54
14	13,64	38,80	120,60	2,10	9,00	15,78	3,28
21	19,70	62,57	149,20	2,76	11,47	28,44	4,50
28	33,10	88,25	185,40	3,92	12,04	48,86	6,64
35	47,12	98,09	190,40	4,98	13,00	53,46	8,56

Cuadro 13. Evaluación utilizando el método ISI promedio del tracto gastrointestinal y el total en los 35 días acumulados.

Tratamiento	ISI TGI					ISI Total				
	7d	14d	21d	28d	35d	7d	14d	21d	28d	35d
P x 0 % PF	1,40	2,00 ab	1,60	1,40	2,00	9,40	8,80	7,20 ab	8,20	7,40
P x 15% PF	2,40	1,20 b	0,80	0,80	1,80	9,60	9,40	5,80 ab	7,80	10,60
P x 30% PF	1,20	1,20 b	1,60	1,80	1,00	6,80	10,00	11,20 a	7,80	5,00
M x 0 % PF	2,00	2,20 ab	1,60	1,60	1,80	8,20	11,80	8,20 ab	6,60	6,20
M x 15% PF	0,40	1,80 ab	2,20	2,40	3,00	5,00	9,80	8,40 ab	10,00	9,20
M x 30% PF	1,60	1,20 b	1,20	0,60	2,00	5,20	10,60	5,00 b	3,80	8,00
G x 0 % PF	0,80	2,00 ab	1,00	2,60	0,60	6,20	11,20	5,40 ab	8,80	7,00
G x 15% PF	1,80	3,80 a	0,80	2,20	2,20	7,60	9,40	8,20 ab	8,20	6,80
G x 30% PF	1,20	2,26 ab	1,60	0,80	2,60	4,00	8,60	8,00 ab	6,80	6,20
Nivel PF	0,9051	0,3750	0,8944	0,0895	0,1713	0,1233	0,6905	0,5487	0,0704	0,0966
Tamaño de pollito	0,6457	0,0091	0,4642	0,3957	0,3270	0,0884	0,5759	0,6255	0,4890	0,5775
T x PF	0,0964	0,1410	0,3733	0,3314	0,1078	0,6339	0,7908	0,0077	0,1895	0,3042

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

P: pollo pequeño, M: pollo mediano, G: pollo grande.

CONCLUSIONES

El peso inicial del ave tiene un efecto sobre el rendimiento productivo de las aves, por ejemplo, en el consumo acumulado, peso acumulado y conversión alimenticia. Los mayores pesos obtenidos fueron los de las aves con un mayor peso inicial, los cuales dentro de la categorización serían el pollo mediano y grande.

Existe un efecto del porcentaje de partículas finas en el alimento sobre el rendimiento de las aves, en el período de los 35 días se obtuvieron los mejores pesos, consumos y conversiones alimenticias con el alimento con 0% PF.

No se observó efecto en la interacción entre el nivel de PF en el alimento y el tamaño de pollito. El pollito pequeño no presentó efectos negativos sobre su rendimiento productivo al consumir 0% de PF en el alimento.

El tamaño de pollito muestra un efecto sobre los rendimientos en canal, teniendo una relación positiva entre el peso inicial del ave y el peso en canal. No se presentó diferencia en los rendimientos de las canales para el factor de porcentaje de PF.

El no dejar que las aves durante los 35 días de edad consumieran el total de PF ofrecidas diariamente pudo afectar el impacto de estas en los rendimientos productivos. De igual forma, el efecto de no dejar consumir las PF pudo influir en el tamaño de los órganos, donde se pudo haber observado una mayor diferencia con los diferentes niveles de PF.

La proporción de PF en el alimento no tuvo un impacto en el tamaño de los órganos, ni en la calidad intestinal, por lo que con un 30 % de PF no se observa aún un impacto negativo en estas variables.

RECOMENDACIONES

Se recomienda incrementar la proporción de partículas intermedias en el alimento en la primera semana de edad del pollito, con el objetivo de aumentar su consumo. No se debe incrementar la proporción de PF en el alimento durante esta fase.

También, se recomienda no producir alimento con más de 15% de partículas finas para la producción de pollo de engorde. El máximo de partículas finas en el comedero debe ser menor al 15%.

Se sugiere realizar una prueba que incluya entre 15% y 30% de PF en el alimento, con el fin de conocer el máximo de PF en el alimento con el que no se tenga un impacto significativo sobre los rendimientos zootécnicos.

Además, se sugiere aumentar la cantidad de aves muestreadas para el peso de las vísceras, ya que una cantidad de 5 aves por tratamiento puede que no refleje la condición de los órganos según los factores de tamaño de pollito y nivel de PF en el alimento.

LITERATURA CITADA

- AMERAH A.M., RAVINDRAN V., LENTLE R.G., THOMAS D.G. 2007. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *World's Poultry Science Journal*. 63: 439-455.
- BAILEY R. 2013. Salud intestinal: mundo interior 1. El sitio avícola. Encontrado el 20 de febrero del 2019. Disponible en <http://www.elsitioavicola.com/articles/2463/salud-intestinal-en-las-aves-el-mundo-interior-1/>
- BEHNKE K., DOZIER W., GEHRING C., BRANTON S. 2010. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *Journal of Applied Poultry Research* 19: 219-226.
- BRIGGS J., MAIER D., WATKINS B. BEHNKE K. 1999. Effects of ingredients and processing parameters on pellet quality. *Poultry Science*. 78: 1464-1471.
- BUCHANAN N., LILLY K., GEHRING C., MORITZ J. 2010. The effects of altering diet formulation and manufacturing technique on pellet quality. *Journal of Applied Poultry Research*. 19:112–120.
- CALET C. 1965. The relative value of pellets versus mash and grain in poultry nutrition. *Worlds Poultry Science Journal*. 21: 23-52.
- CASTILLO A., FLORES J. 2011. Efecto de la calidad del peletizado en el desempeño del pollo de engorde a los 35 días de edad. Tesis de licenciatura, Universidad Zamorano, Honduras. 7p.
- CERRATE S., COTO C., WANG Z., WALDROUP P. 2009. Effect of pellet diameter in broiler starter diets on subsequent performance. *The Journal of Applied Poultry Research*. 18: 590-597.
- CHEWNING C.G., STARK C.R., BRAKE J. 2012. Effects of particle size and feed form on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*. 21. 830-837.
- CIAB. 2017. Primer informe de la situación actual de alimentos balanceados en Costa Rica. Productor agropecuario. Encontrado el 20 de octubre del 2017. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2463/salud-intestinal-en-las-aves-el-mundo-interior-1/>
- CIAB. 2018. Informe anual situación actual de alimentos balanceados 2018 Costa Rica. Encontrado el 3 de marzo del 2019. Disponible en https://www.ciabcr.com/charlas/Nutrici%C3%B3n%20Animal%202018/Charlas/Carl_Oroz.pdf

- COBB VANTRESS. 2018. Broiler Performance and Nutrition Supplement. Consultado el 18 de mayo de 2018. Disponible en <https://cobbstorage.blob.core.windows.net/guides/70dec630-0abf-11e9-9c88-c51e407c53ab>
- CONTRERAS M. 2017. Causas de cambios en la coloración de los hígados e naves comerciales. Avinews America Latina. 91-94.
- CORZO A., MEJIA L., LOAR R. 2011. Effect of pellet quality on various broiler production parameters. Journal Applied Poultry Research. 20: 68-74.
- CUTLIP S., HOT J., BUCHANAN N., RACK A., LATSHAW J., MORITZ J. 2008. Conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. Journal of Applied Poultry Research. 17: 249-261.
- DOUGLAS J., SULLIVAN T., BOND P., STRUWE E., BAIER J., ROBESON L. 1990. Influence of grinding, rolling, and pelleting on the nutritional- value of grain sorghums and yellow corn for broilers. Poultry Science. 69: 2150-2156.
- DOZIER W., BEHKE K., GEHRING C., BRONTON S. 2010. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42- day production period. Journal Applied Poultry Research. 19: 219-226.
- DUMAN M., SEKEROGLU A. 2017. Effect of egg weights on hatching results, broiler performance and some stress parameters. Brazilian Journal of Poultry Science. 19:255-262.
- EBRAHIMI R., BOJAR POUR M., ZADEH S. 2010. Effects of feed particle size on the performance and carcass characteristics of broiler. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9: 1482-1484.
- ENGBERG R.M., HEDEMANN., JENSEN B. 2002. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. British Poultry Science. 43: 569-579.
- FAHRENHOLZ A. 2012. Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability. Ph.D. Thesis, Kansas State University, United States. 6p.
- FERKET P., GERNAT A. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: A review. International Journal of Poultry Science 5: 905-911.
- GABRIEL I., MALLET S., LECONTE M. 2003. Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole

- wheat added to pelleted protein concentrate. *British Poultry Science*. 44:283-290.
- GARCÍA D., PÉREZ M., GONZÁLEZ G. 2011. El tamaño de partícula y la presentación del pienso en pollo de engorde. *Selecciones Avícolas*. 7-11.
- GENTLE M.J. 1979. Sensory control of feed intake. *British Poultry Science*. 259-273.
- GOMES GA., ARAÚJO LF., PREZZI JA., SAVIETTO D., JUNIOR JRS, VALERIO J. 2008. Tempo de fornecimento da dieta pre-inicial para frangos de corte com diferentes pesos ao alojamento. *Revista Brasileira Zootecnia*. 37: 1802-1807.
- GREENWOOD, M., CLARK P., BEYER R. 2004. Effect of fines level on broilers fed two concentrations of dietary lysine from 14 to 30 days of age. *International Journal of Poultry Science*. 3: 446-449.
- HOTT J., BUCHANAN P., CUTLIP S., MORTIZ J. 2008. The Effect of Moisture Addition with a mold inhibitor on pellet quality, feed manufacture, and broiler performance. *The Journal of Applied Poultry Research*. 17: 262-271.
- HU B., STARK C.R., BRAKE J. 2012. Evaluation of Crumble and Pellet Quality on broiler performance and Gizzard Weight. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11: 2453-2458.
- JENSEN L. 2000. Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry. *Asian-Australasian Journal Animal Science*. 13: 35-46.
- JOSEPH N., MORAN E. 2005. Effect of flock Age and Postemergent Holding in the Hatcher on broiler live performance and further processing yield. *Poultry Science*. 14:512-520.
- KENNY M., ROLLINS D. 2007. Feed physical Quality. *Aviagen*. 1-8. Consultado el 30 de junio del 2018. Disponible en http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Broiler_Breeder_Tech_Articles/English/AviaTech_FeedPhysical_Oct07.pdf
- KWAKKEL R., MOQUET P. 2013. Efectos de la calidad de la molienda del pienso en pollos de engorde. *Nutrinews*. 1-2. Consultado el 25 de mayo del 2017. Disponible en <https://nutricionanimal.info/efectos-de-la-calidad-de-la-molienda-del-pienso-en-pollos-de-engorde/>
- LAZZARI GL., PAGANINI JL. 1999. Dimorfismo sexual en el crecimiento muscular y óseo en pollos parrilleros de la línea Cobb 500. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 19: 75-79.

- LEANDRO N., 2006. Influência do peso inicial de pintos de corte sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos e a viabilidade econômica da produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35: 2314-2321.
- LEESON S. 1995. New concepts in feeding broiler chickens. XIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Chile. 30-40.
- LEESON S., SUMMERS J.D. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. Nottingham University Press. Ontario, Canadá. 1-398.
- LILLY K., GEHRING K., BEAMAN R., TURK P., SPEROW M., MORITZ J. 2011. Examining the relationships between pellet quality broiler performance and bird sex. *The Journal of Applied Poultry Research*. 20: 231-239.
- LOPEZ C., ARCE J., AVILA E. 2012. Alimentación y el sistema digestivo: presentación física del alimento. *El Sitio Avícola*. Encontrado el 20 de Enero del 2019. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2098/alimentacion-y-el-sistema-digestivo-presentacion-fasica-del-alimento/>
- LV M., YAN L., WANG Z., AN S., WU M, LV Z. 2015. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Animal Nutrition*. 1. 252-256.
- MAIORKA A., LUQUETTI BC., ALMEIDA JG. 2003. Idade da matriz e qualidade do pintinho. *Manejo de incubacao*. Jaboticabal: FACTA. 361-377.
- MCKINNEY L.J., TEETER R.G. 2004. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. *Poultry Science*. 83: 1165-1174.
- MENDES AS., PAIXAO SJ., RESTELATOO R., REFFATTI R., POSSENTI JC., MOURA DJ., MORELLO GMZ., CARVALHO TMR. 2011. Effects of inicial body weight and litter material on broiler production. *Revista Brasileira Ciências Avícolas*. 13: 165-170.
- MIRGHELENJ SA., GOLIAN A. 2009. Effect of feed form on development of digestive tract, performance and carcass traits of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8: 1911-1915.
- MITTAL R., COOPERSMITH C. 2014. Redefining the gut as the motor of critical illness.
- MURAMATSU K., MASSUQUETTU A., DAHLKE F., MAIORKA A. 2015. Factors that affect pellet quality: A review. *Journal of Agricultural Science and Technology A*. 5: 717-722.

- NIR I., HILLEL R., PITCHI I., SHEFET G. 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding Pelleting interaction. Poultry Science. 74: 771-783.
- NIR I., PITICHI I. 2001. Feed particle size and hardness: Influence on performance, nutritional, behavioral and metabolic aspects. *In*: Proceedings of the 1st World Feed Conference. Utrecht, Netherlands. 157-186.
- PACHECO W. STARK C., FAHRENHOLZ A. 2015. Effects of diet particle size on poultry performance. Extension Alabama A&M & Auburn Universities. Consultado el 21 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-2289/ANR-2289.pdf>
- PAULINO J. 2013. Peletización y calidad del pellet. El Sitio Avícola. Consultado el 19 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2482/peletizacian-y-calidad-del-pelet/>
- PENZ M. 2018. El futuro de la industria Avícola por Mario Penz. AviNews. Consultado el 25 de mayo de 2017. Disponible en: <https://avicultura.info/el-futuro-de-la-industria-avicola-por-mario-penz/>
- PETTERSSON D., GRAHAM H., AMAN P. 1991. The nutritive value for broiler chickens of pelleting and enzyme supplementation of diet containing barley, wheat and rye. Animal Feed Science and Technology. 33: 1-14.
- PINCHASOV Y. 1991. Relationship between the weight of hatching eggs and subsequent early performance of broiler chicks. British Poultry Science. 32: 109-115.
- RAMIREZ S., SANTIN E. 2017. Definición de salud intestinal y conceptos acerca de cómo las dietas pueden mejorar la salud, productividad y sustentabilidad en la producción de pollos. Actualidad Avipecuaria. Lima, Perú. Encontrado el 20 de Julio del 2018. Disponible en <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/definicion-de-salud-intestinal-y-conceptos-acerca-de-como-las-dietas-pueden-mejorar-la-salud-productividad-y-sustentabilidad-en-la-produccion-de-pollos.html>
- RONDELLI S., MARTINEZ O., GARCIA PT. 2003. Sex effect on productive parameters, carcass and body fat composition of two commercial broilers lines. Revista Brasileña Ciencias Avícolas. 3: 169-173.
- SACRANIE A. 2018. More to feed's physical quality than pellet durability. Poultry World. Consultado el 29 de setiembre de 2018. Disponible en: <https://www.poultryworld.net/Nutrition/Articles/2018/3/Theres-more-to-feeds->

- physical-quality-than-pellet-durability-255729E/?cmpid=NLC%7Cworldpoultry%7C2018-03-05%7CThere?s_more_to_feed?s_physical_quality_than_pellet_durability
- RUIZ B. 2017. La molleja: el órgano avícola olvidado. *Industria Avícola*. 64: 2p.
- SACRANIE A. 2018. More to feed's physical quality than pellet durability. *Poultry World*. Consultado el 25 de junio de 2018. Disponible en: <https://www.poultryworld.net/Nutrition/Articles/2018/3/Theres-more-to-feeds-physical-quality-than-pellet-durability-255729E/>
- SANTIN E. 2015. Cómo medir la integridad intestinal. *Industria Avícola*. 14-17. Consultado el 30 de mayo de 2017. Disponible en: <http://mm.web3box.com/wia/mercados-y-negocios/como-medir-la-integridad-intestinal/?amp>
- SANTIN E. 2017. Método para la evaluación de la integridad intestinal. *Memorias XXV Congreso Latinoamericano de Avicultura* Guadalajara, México.
- SCHEIDELER S. 1991. Pelleting is important for broiler. *Proc. 18th Annual Carolina Poultry Nutrition Conference*, Charlotte. North Carolina. 1-7.
- SCHMITT C., RICCI G., COUTINHO G., SUZIN L., SCAPINI L., SUREK D., LORENZONI A., HENRICH F. 2012. Politização de Rações: definições e vantagens na nutrição de aves. VIII Simposio de Ciencias da UNESP. Dracena, Brasil
- SELLE P., LIU S., CAI J., COWIESON A. 2012. Steam-pelleting temperatures, grain variety, feed form and protease supplementation of mediumly ground, sorghum-based broiler diets: influences on growth performance, relative gizzard weights, nutrient utilization, starch and nitrogen digestibility. *Animal Production Science*. 53: 378-387.
- SHIM Y., KIM., HOSSEINDOUST A., CHOI Y. 2017. Influence of diet physical form and fines proportions in pellet diet on feed quality, performance and microbial population in digestive organs of broiler chickens. *Animal nutrition and feed technology*. 17. 389-398.
- SKOCH, E.R., K.C. BEHNKE, C.W. DEYOE, AND S.F. BINDER. 1981. The Effect of Steam- Conditioning Rate on the Pelleting process. *Animal Feed Science Technology*. 6: 83.
- SOGUNLE M., OLATOYE B., EGBEYALE T., JEGEDE V., ADEYEMI A., EKUNSEITAN A. 2013. Feed forms of different particle sizes: effects on growth performance,

- carcass characteristics, and intestinal villus morphology of cockerel chickens. *The Pacific Journal of Science and Technology*. 14: 405-415.
- SOLÍS F. 2016. Importancia del tamaño de partículas en avicultura: 1- pollo de engorde. Consultado el 22 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2864/importancia-del-tamaao-de-partaculas-en-avicultura-1-a-pollo-de-engorde/>
- STARK C., FAHRENHOLZ A. 2015. Evaluating Pellet Quality. K- State Research and Extension. Consultado el 23 de mayo de 2017. Disponible en: <https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3228.pdf>
- STARK, C.R. 2012. Feed Processing to Improve Poultry Performance. Arkansas Nutrition Conference, 2012. Rogers, United States.
- STRINGHINI JH., RESENDE A., CAFÉ MB., LEANDRO NSM., ANDRADE MA. 2003. Efeito do peso inicial dos pintos e do período da dieta pré-inicial sobre o desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira Zootecnia*. 32: 353-360.
- SVIHUS B., KLOVSTADA K., PEREZA V., ZIMONJAA O., SAHLLSTROM S. 2004. Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mil and hammer mil. *Animal Feed Science Technology*. 117: 281-293.
- THOMAS M. 1998. Physical quality of pelleted feed. A feed model study. PhD. Thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 25-39p.
- THOMAS M., VAN DER POEL A. 1996. Physical quality of pelleted feed. 1. Criteria for pellet quality. *Animal feed science and technology*. 61: 89-112.
- VIEIRA SL., MORAN JR. 1998. Broiler yields using chicks from egg weight extremes in breeder age and dietary propionate. *Journal of Applied Poultry Reasearch*. 7. 372-376.
- VIEIRA S. 2001. Idade da matriz, tamanho do ovo e desempenho do pintinhos. *Fundação Apinco de Ciencia e Tecnologia Avícolas*. 117-123.
- WILSON K.J., BEYER R.S. FROETSCHNER J.R., BEHNKE K.C. 2001. Effect of feed conditioning method on broiler performance. Ph.D. Tesis, Universidad Estatal de Kansas, Estados Unidos.