



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y  
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE MAGÍSTER EN NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TEMA: “EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA DEL CARBONATO  
DE CALCIO SOBRE EL DEPÓSITO DE CENIZA EN HUESO EN  
BROILERS”**

**AUTOR: GUEVARA NOBOA, DANNY PATRICIO**

**DIRECTOR: DR. CHAVES PAZMIÑO, DIEGO ALBERTO, MVZ, MSC.**

**SANGOLQUI**

**2019**



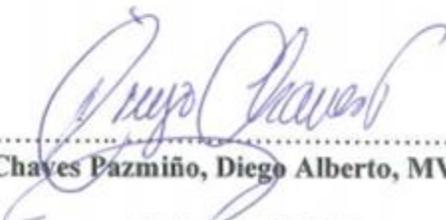
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**CERTIFICADO DEL DIRECTOR**

Certifico que el trabajo de titulación, *"EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL CARBONATO DE CALCIO SOBRE EL DEPÓSITO DE CENIZA EN HUESO EN BROILERS"*, fue realizado por el señor Guevara Noboa, Danny Patricio, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 08 de enero del 2019**

  
.....  
**Dr. Chaves Pazmiño, Diego Alberto, MVZ, MSc.**  
C.C: 171235362-0



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Guevara Noboa, Danny Patricio*, con cédula de ciudadanía n<sup>o</sup>: 060318691-7, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL CARBONATO DE CALCIO SOBRE EL DEPÓSITO DE CENIZA EN HUESO EN BROILERS”***, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 08 de enero del 2019



Ing. Guevara Noboa, Danny Patricio

C.C: 060318691-7



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Guevara Noboa, Danny Patricio**, con cédula de ciudadanía n°: 060318691-7, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL CARBONATO DE CALCIO SOBRE EL DEPÓSITO DE CENIZA EN HUESO EN BROILERS”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 08 de enero del 2019**



---

**Ing. Guevara Noboa, Danny Patricio**

**C.C: 060318691-7**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis hijos Thomas y Martina, a mi esposa Soledad y a mi familia por todo el apoyo incondicional que he recibido en todo momento, son mi vida y mi motor para continuar con mis retos.

A mis amigos y mentores; Marcelo Mosquera, Diego Chaves, Patricio Guevara, quiénes con sus sabias enseñanzas y consejos han fomentado en mí el gusto por la Nutrición Animal que me llevó a inclinarme por esta maestría.

Guevara Noboa, Danny Patricio

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Diego Chaves, al Ing. Marcelo Mosquera y a PRONACA por su apoyo incondicional para la realización y finalización de este trabajo de investigación, y por su acertada, constante y desinteresada asesoría y soporte técnico.

Finalmente, un agradecimiento especial a la Escuela Superior Politécnica del Ejército y a su valioso personal docente de quienes recibimos un amplio bagaje de conocimientos técnicos.

Guevara Noboa, Danny Patricio

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....</b>	<b>i</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. Objetivo General .....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Generalidades .....	6
2.1.1. Granulometría del alimento y de las materias primas .....	11
2.1.2. Producción avícola en el Ecuador .....	13
2.1.3. Calcio en los huesos .....	15
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>17</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1. Ubicación del lugar de investigación .....	17
3.1.1. Ubicación Ecológica .....	17
3.1.2. Ubicación y límites.....	18
3.2. Factores en estudio .....	18
3.3. Unidades experimentales: .....	18
3.4. Tipo de Diseño .....	18

3.5. Selección de animales .....	19
3.6. Tratamientos.....	19
3.7. Diseño Experimental .....	19
3.8. Distribución de los tratamientos en las jaulas .....	20
3.9. Análisis estadístico.....	20
3.10. Medición de variables .....	21
3.10.1. Peso corporal.....	21
3.10.2. Ganancia de Peso Diaria (GDP).....	21
3.10.3. Consumo de alimento .....	21
3.10.4. Conversión alimenticia acumulada .....	21
3.10.5. Mortalidad semanal y acumulada.....	22
3.10.6. Análisis de concentración de cenizas en patas .....	22
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>23</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>23</b>
4.1. Ganancia Diaria de Peso (GDP) a los 7 días .....	23
4.2. Consumo de alimento a los 7 días .....	24
4.3. Conversión alimenticia a los 7 días.....	24
4.4. Digestibilidad a los 7 días .....	24
4.5. Consumo de alimento a los 14 días.....	25
4.6. Conversión alimenticia a los 14 días.....	26
4.7. Consumo de alimento a los 21 días.....	26
4.8. Conversión alimenticia a los 21 días.....	27
4.9. Contenido de ceniza en hueso .....	28
4.10. Ahorro económico.....	29
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>30</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>30</b>
5.1. Conclusiones .....	30
5.2. Recomendaciones.....	30
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>31</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Principales países productores de pollo a nivel mundial (datos en miles de toneladas) ..</i>	6
<b>Tabla 2</b> <i>Producción de alimentos balanceados en el Ecuador .....</i>	14
<b>Tabla 3</b> <i>Descripción de tratamientos experimentales .....</i>	19
<b>Tabla 4</b> <i>Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales (jaulas) .....</i>	20
<b>Tabla 5</b> <i>Variables productivas de los pollos de engorde con la inclusión de dos tipos de alimentos en fase de finalización .....</i>	23
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados de Análisis de Varianza para Peso Corporal (g), consumo, conversión alimenticia, digestibilidad y ganancia de peso .....</i>	24
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados de Análisis de Varianza para Peso Corporal (g), consumo, conversión alimenticia y digestibilidad .....</i>	26
<b>Tabla 8</b> <i>Resultados de Análisis de Varianza para Peso Corporal (g), consumo, conversión alimenticia y digestibilidad .....</i>	27
<b>Tabla 9</b> <i>Resultados de Análisis de Varianza para cenizas (%) de la tibia en pollos broilers a los 10 días .....</i>	29

**INDICE DE FIGURAS**

*Figura 1* Ubicación ecológica de la parroquia Puembo .....17

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la provincia de Los Ríos, Ecuador; en el Galpón experimental de pollos de engorde de la Empresa “PRONACA”. El objetivo fue evaluar el efecto del tamaño medio de partícula de la caliza para determinar cómo influye en la absorción del fósforo. 560 pollitos de línea Cobb 500, fueron colocados al azar en 56 jaulas de 10 aves cada una, distribuidos en cuatro tratamientos con replicas. Los tratamientos en estudio fueron: TA-Tratamiento A: Parámetro de Ca y P en la dieta: Ca 0.5% y P 0.25% con TMP 1380 um. TB-Tratamiento B: Parámetro de Ca y P en la dieta: Ca 0.7% y P 0.35% con TMP 1380 um. (Recomendaciones Cobb). TC-Tratamiento C: Parámetro de Ca y P en la dieta: Ca 0.9% y P 0.45% con TMP 1380 um. TD-Tratamiento D: Parámetro de Ca y P en la dieta: Ca 0.7% y P 0.35% con TMP 220 um. (Recomendaciones Cobb). Se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar, mediante ANOVA de mediciones repetidas. Para determinar las diferencias entre medias de tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey al 5%. Solo se encuentran diferencias en la segunda y tercera semanas entre el tratamiento A vs. los otros tratamientos. Para determinar la absorción de minerales en los huesos se realizó análisis de ceniza. No se evidenció diferencia estadística entre el tratamiento A vs. D por lo que se concluye que se pueden bajar los niveles de Ca y P de la dieta utilizando un tamaño de partícula de 220 um, obteniendo un ahorro de 2 usd/Tm en el alimento.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **DIGESTIBILIDAD**
- **PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS**
- **CALCIO**
- **FÓSFORO**

## **ABSTRACT**

The present study was carried out in the province of Los Ríos, Ecuador; in the experimental broiler house of the Company "PRONACA". The objective was to evaluate the effect of the average particle size of the limestone to determine how it influences phosphorus absorption. 560 Cobb 500 line chicks were randomly placed in 56 cages of 10 birds each, distributed in four replicate treatments. The treatments under study were: TA-Treatment A: Parameter of Ca and P in the diet: Ca 0.5% and P 0.25% with TMP 1380 um. TB-Treatment B: Parameter of Ca and P in the diet: Ca 0.7% and P 0.35% with TMP 1380 um. (Recommendations Cobb). TC-Treatment C: Parameter of Ca and P in the diet: Ca 0.9% and P 0.45% with TMP 1380 um. TD-Treatment D: Parameter of Ca and P in the diet: Ca 0.7% and P 0.35% with TMP 220 um. (Recommendations Cobb). A Fully Randomized Experimental Design was used, using ANOVA of repeated measurements. To determine the differences between means of treatments, the Tukey Test at 5% was used. Only differences are found in the second and third weeks between treatment A vs. the other treatments. To determine the absorption of minerals in the bones, ash analysis was performed. There was no statistical difference between the treatment A vs. D so it is concluded that the levels of Ca and P of the diet can be lowered using a particle size of 220 um, obtaining a saving of 2 usd / Tm in the food.

### **KEYWORDS:**

- **DIGESTIBILITY**
- **ZOOTECNICAL PARAMETERS**
- **CALCIUM**
- **PHOSPHORUS**

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Introducción

La importancia del sector avícola radica en el crecimiento que ha experimentado esta industria con el paso de los años en respuesta a la creciente necesidad de alimento, a tal punto que hoy se habla de ganancia de peso por hora; este incremento en la productividad trajo consigo tres grandes problemas por afrontar: la susceptibilidad a enfermedades, los problemas metabólicos y los desórdenes esqueléticos. Estos causan grandes mermas económicas y se estima que representan más del 30% del total de pérdidas por lo tanto se tiene que poner especial interés en la nutrición mineral (ya que el 99% del calcio y el 80% del fósforo del organismo del ave se encuentran formando la matriz ósea).(Uculmana, C., 2015).

Los minerales constituyen aproximadamente el 4% de los animales vertebrados, de los cuales el calcio y el fósforo representan más de la mitad de esta cantidad. Estos dos minerales comprenden más del 70% del contenido mineral del cuerpo del animal. Se afirma que el calcio es el mineral más prevalente en el cuerpo y se requiere en la dieta en mayores cantidades que cualquier otro mineral. El alto requerimiento de calcio de los pollitos en crecimiento depende de la necesidad de mineralización esquelética. (Moreki, J. 2005). Altas concentraciones de Ca en la dieta, no se refiere necesariamente a exceder el requerimiento, esta condición sucede cuando las relaciones Ca:P (totales) son mayores a 1.2 y reducen la digestibilidad de P y de otros nutrientes. La noción de la relación Ca:P en los huesos y el hecho de que, a mayores densidades de Ca en los alimentos, mayor es su retención y el contenido de cenizas en hueso. (Cuaron, J 2014). El calcio (Ca) y el fósforo (P) son minerales esenciales para muchos procesos biológicos y la salud esquelética, sin embargo,

tienen una relación interactiva compleja. Las dietas con niveles de Ca total más bajos son deseables para mejorar la digestibilidad de P, la eficiencia de conversión de alimento y el aumento de peso, sin embargo, un nivel de Ca total más bajo puede tener un efecto negativo en el bienestar de los pollos de engorde, en particular Efectos sobre la salud del esqueleto y las piernas. (Bradbury, E. *et. al* 2015).

El Calcio es un elemento cuyo nombre proviene del latín (calx, calcis, cal), es un metal blanco, muy alterable al aire y al agua, que, con el oxígeno, forma la cal. El símbolo químico del Calcio es: Ca y se encuentra en muchas rocas, en forma de carbonato, fosfato, silicato y fluoruro; en la mayoría de las aguas naturales como bicarbonato, sulfato y cloruros, en las plantas, en los huesos y dientes. (Mufarrege, D. *et. al.* 2015). La caliza para ser absorbida en el animal, primero tiene que ser solubilizado, el tiempo de solubilización depende de la fuente de calcio y del tamaño de partícula, la variación en la composición química, solubilidad in vitro, biodisponibilidad y granulometría son importantes para la selección de fuentes de calcio en la alimentación animal, siendo la solubilidad un factor principal, porque está relacionada con la biodisponibilidad y absorción intestinal. (Aurora, M. *et. al.* 2016)

El impacto de alimentar diferentes tamaños de partículas de  $\text{CaCO}_3$  en el aumento de peso y las conversiones de alimento de los pollos de engorde no ha sido estudiado extensivamente. Los pollos de engorde no mostraron ningún beneficio en el aumento de peso, conversiones de alimentación y ceniza de los huesos de la tibia cuando se alimentaron con partículas gruesas de  $\text{CaCO}_3$ . En un estudio realizado con diferentes tamaños de partícula se observó que el tamaño óptimo fue piedra caliza finamente molida con un tamaño de partícula menos de 150  $\mu\text{m}$ . Demostró (250-840 micras) produjo el mejor aumento de peso y conversiones de alimento y necesita menos P disponible para cenizas óseas óptimas en comparación con las más grandes tamaño de partícula  $\text{CaCO}_3$  (840-1700

micras). La investigación ha descuidado evaluar los efectos del Ca Tamaño de partícula y solubilidad. (Manangi, M. *et. al.* 2007). Por lo que para este proyecto se realizó un estudio probando 2 diferentes granulometrías de caliza en el alimento y sus objetivos fueron:

- Evaluar los parámetros zootécnicos en aves alimentadas con dos diferentes tamaños de partícula de carbonato de Calcio (220 y 1380  $\mu\text{m}$ ).
- Medir la concentración de ceniza, calcio y fósforo contenida en tibias de aves, bajo los dos tratamientos.
- Determinar el costo económico de los tratamientos.

## 1.2. Justificación

El fósforo es el tercer elemento más costoso en la formulación de dietas para monogástricos después de la energía y la proteína. El desarrollo del tracto digestivo está influenciado por el tamaño de las partículas del alimento. Las aves alimentadas con partículas grandes de alimento desarrollan una molleja más grande y muscular y un tracto intestinal más largo. (Uculmana, C., 2015).

Las partículas grandes de alimento requieren de más tiempo en la molleja para moler el alimento en partículas más pequeñas antes de pasar al intestino delgado. (Moreki, J. 2005).

La longitud de las microvellosidades en el intestino es mayor, lo cual aumenta el área de superficie de absorción, y por lo tanto afecta positivamente la digestibilidad y la absorción de nutrientes. (Manangi, M. *et. al.* 2007). Algunos investigadores han especulado que la inclusión de partículas grandes de alimento en la dieta aumenta la secreción de enzimas digestivas localizadas en el intestino delgado, lo que beneficia la digestibilidad total de nutrientes. (Bradbury, E. *et. al.* 2015)

Independientemente de las formas en las que se ingiera el Ca y P, su absorción depende de su solubilidad y del punto de contacto con las membranas absorbentes. (Cuaron, J 2014). La absorción tanto de Ca como de P es favorecida por factores que los mantienen en solución. La solubilidad del compuesto de Ca, y por lo tanto la absorción de Ca, es favorecida por el ácido y obstaculizada por las condiciones alcalinas en el intestino delgado. (Diniz, G. et. al. 2004).

La absorción de fósforo está influenciada por la fuente de P, el pH intestinal, la edad animal y la ingesta dietética de varios otros minerales incluyendo Ca, hierro (Fe), Al, manganeso (Mn), potasio (K) y Mg (Charly,M. et. al. 2015). Dado a la importancia que tiene el Calcio y fósforo en el ave tanto en el desempeño zootécnico como el económico es importante la evaluación de 2 tamaños de partículas que se encuentran en la industria y determinar la mejor fuente de calcio y su relación con la absorción del fósforo.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto del tamaño de dos partículas de carbonato de calcio (220 y 1380 micras), mediante el suministro en el alimento concentrado de aves de engorde de 0 a 21 días, para medir el grado de absorción del P contenido en alimento y el depósito de ceniza en hueso y desempeño productivo.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. . Evaluar los parámetros zootécnicos en aves alimentadas con dos diferentes tamaños de partícula de carbonato de Calcio (220 y 1380 um).

2. Medir la concentración de ceniza, calcio y fósforo contenida en tibias de aves, bajo los dos tratamientos.
3. Determinar el costo económico de los tratamientos.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Generalidades

A nivel mundial, observamos un aumento en la producción de pollo. Comparando los valores de la evolución de producción de pollo entre los años 2000 y 2010 por ejemplo USA, que es el mayor productor mundial con un 21.9%, ha aumentado en este tiempo en 2.645.000 Tm, seguido de China con un 16.8% de producción mundial, ha aumentado 3.281.000 toneladas y por último otro de los principales países productores como México, con un 3.8% sobre la producción mundial, ha aumentado 873 miles de toneladas (González, E. *et. al.* 2013). Esto lo podemos ver reflejado en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Principales países productores de pollo a nivel mundial (datos en miles de toneladas)*

	Años											%
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
<b>Usa</b>	13703	14033	14467	14696	15286	15870	15930	16226	16561	15935	16348	21.9
<b>China</b>	9269	9278	9558	9898	9998	10200	10350	11291	11840	12100	12550	16.8
<b>Brasil</b>	5980	6567	7449	7645	8408	9350	9355	10305	11033	11023	11420	15.3
<b>U.E.</b>	6181	6654	6625	6456	8046	8217	7931	8733	8854	8983	9231	12.4
<b>México</b>	1936	2067	2157	2290	2389	2498	2592	2683	2853	2781	2809	3.8
<b>India</b>	1080	1250	1400	1500	1650	1900	2000	2240	2490	2550	2650	3.5
<b>Rusia</b>			500	560	650	900	1180	1350	1600	1790	2000	2.7
<b>Argentina</b>	870	870	640	750	910	1030	1200	1320	1430	1500	1650	2.2
<b>Irán</b>					1152	1237	1327	1423	1450	1525	1600	2.1
<b>Otros</b>	10690	10355	10196	9622	11314	11887	12555	12876	13449	13860	14459	19.4
<b>Total</b>	49709	51074	52992	53417	59803	63089	64420	68447	71560	72047	74717	100

Fuente:(González 2013)

La carne de pollo es la más consumida a nivel mundial. La actual situación económica ha favorecido este estatus ya que se trata de un alimento sano, nutritivo y de precio asequible. (González, E. *al.* 2013)

La avicultura se define como la explotación pecuaria encargada de criar aves, con el fin de beneficiarse de subproductos, se remonta a la era Neolítica donde los egipcios fueron los primeros avicultores. Durante la Edad Media, los huevos y carne de aves, especialmente la de gallina, eran el alimento más fino y apreciado. Con el crecimiento poblacional dado a partir de esa época, el consumo de carne se expandió notablemente, es así que las aves de corral tomaron gran importancia en la alimentación. Durante los últimos 200 años se dio una explotación racional y tecnificada de la avicultura. (Rodríguez, S. *al.* 2017)

La producción avícola nacional en el Ecuador abastece el ciento por ciento de la demanda de carne de pollo y de huevos de consumo y alrededor del 95% de la demanda de carne de pavo. (CONAVE. *al.* 2013)

Está creciendo el consumo mundial de carne avícola, asimismo como en América, con la carne blanca de pechuga siendo la preferencia de los consumidores de altos recursos económicos, escribe el analista de la industria. América en el año 2000 representó casi 842 millones o 14 por ciento de la población mundial. Desde entonces, aunque los números han incrementado a 991 millones en 2015, la participación de la región en el total ha bajado a 13.5 por ciento. Mirando más hacia el futuro, se espera que la población de esta región crezca 0.8 por ciento anual hasta el año 2030. Sin embargo, se prevé que el total mundial se incrementará un poco menos del 1% anual, por lo tanto, América como parte de esto, disminuirá más a 13.3 por ciento y de hecho, para el 2050 la participación de esta región estará por debajo del 13 por ciento. (www.elsitioavicola.com 2016)

En las últimas décadas la avicultura ha alcanzado un excelente nivel de producción, especialmente la producción de pollo de engorda, se ha destacado por su alta tecnológica y eficiencia en la producción de alimentos altamente nutritivos, sin elevar los costos, por lo que la carne de pollo es un alimento consumido por una gran parte de la población, independientemente de su nivel económico. (Hernández, J. *al.* 2006)

El correcto crecimiento y apropiado desarrollo de las particularidades del endoesqueleto en los animales de granja ejerce una influencia sustancial en su productividad, principalmente cuando se sabe que el pollo de carne consigue considerable peso corporal en tiempos más cortos. En pollos de carne los trastornos del esqueleto y los problemas de patas causan un grado variable de pérdidas económicas en los productores ya que estas anomalías constituyen la principal causa de descarte de pollos en granja en los últimos años; por ello, diversos estudios evalúan la integridad esquelética por medio de la morfometría ósea, indicadores de mineralización, alteraciones óseas y resistencia. (Quispe, R. *al.* 2017)

Los minerales constituyen aproximadamente el 4% de los animales vertebrados, de los cuales el calcio y el fósforo representan más de la mitad de esta cantidad. Estos dos minerales comprenden más del 70% del contenido mineral del cuerpo del animal. Se afirma que el calcio es el mineral más prevalente en el cuerpo y se requiere en la dieta en cantidades más grandes que cualquier otro mineral. El alto requerimiento de calcio de los pollos en crecimiento es impulsado por la necesidad de mineralización esquelética. (Moreki, J. *al.* 2005)

Dentro de los minerales que necesitamos consumir en la dieta, se encuentran el calcio y el fósforo. Ambos tienen funciones esenciales en el organismo, como por ejemplo formar la estructura de huesos y dientes, lo que hace que se requieran en cantidades relativamente altas comparadas con otros minerales. El calcio tiene numerosas otras funciones en el organismo, por ejemplo en la

acción de las hormonas y en la coagulación sanguínea. El fósforo es esencial para la formación de moléculas muy importantes que tienen que ver con el manejo de la energía y el metabolismo dentro de las células. (Cifuentes, M. *al.* 2011)

El calcio es uno de los minerales básicos en la nutrición de los pollos, ejerce diversas funciones vitales en el metabolismo, es el principal componente de la estructura ósea, participa en la contracción de los músculos esqueléticos y lisos, excitabilidad del músculo cardíaco, interviene en la coagulación de la sangre, en la ganancia de peso y la utilización de los alimentos, en el equilibrio ácido-básico en los sistemas enzimáticos. (Muñoz, J. *al.* 2012)

El calcio se suministra generalmente como carbonato de calcio de piedra caliza en raciones de aves de corral. Las fuentes de calcio difieren en su origen (depósito animal o mineral) y su tamaño de partícula; Como consecuencia, sus características físico-químicas son diferentes. Caliza molida, particularmente en niveles bajos de fósforo. (Guinotte, N. *et. al.* 1991)

El papel más importante que el calcio desempeña en el organismo, son: contribuye en unión con el fósforo a la formación del tejido óseo, intervienen en la constitución de los núcleos celulares, actúa como regulador de los equilibrios iónicos, modera los fenómenos de excitabilidad neuromuscular, aumenta la amplitud de las concentraciones cardíacas, interviene en la conducción de los influjos nerviosos, en los procesos diatésicos actúa como catalizador o activamente como fermento, por ejemplo en la coagulación de la sangre, disminuye la permeabilidad de la sangre. La diferencia entre las fuentes de calcio con la misma granulometría, puede haber sido influenciada por la composición mineral y por las características físicas. La selección de la fuente de calcio debe seguir criterios económicos relacionados con la solubilidad. (Muñoz, J. *al.* 2012)

El calcio y el fósforo son elementos indispensables para la vida animal, por lo cual deben formar parte integral de las raciones para animales domésticos en proporciones adecuadas para llenar los

requisitos de mantenimiento, crecimiento y/o producción; por lo tanto, es necesario conocer las fuentes de calcio y fósforo de que se dispone. Entre los compuestos de calcio más importantes que se encuentran en forma natural, el carbonato de calcio o calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) es quizá el más abundante. (San, D. *et. al* 1966)

Además de la importancia del calcio y fósforo a nivel individual en la absorción y utilización de estos nutrientes, el metabolismo de estos minerales es en gran parte afectado por la relación que existe entre el calcio y el fósforo; así los pollos de engorde se adaptan a una amplia gama de concentraciones de fósforo o de calcio, sin disminuir su productividad, siempre y cuando se mantenga una relación idónea entre estos dos minerales. La deficiencia de calcio limita la utilización del fósforo y el exceso podría reaccionar con otros minerales para dar lugar a la formación de complejos insolubles en el lumen intestinal, lo que dificultaría la utilización adecuada de los demás nutrientes. (Morales, U. *al*. 2015)

El calcio y el fósforo en el organismo interactúan en numerosos procesos del organismo y existe una estrecha coordinación en la regulación de ambos minerales. Como ya se indicó, ambos forman parte de la estructura de los huesos. Cuando la coordinación de su regulación se ve alterada, hay consecuencias importantes para la salud. Por ejemplo, la falta de regulación de los niveles de fósforo que se describió en enfermedad renal crónica ocasiona un peligroso depósito de calcio en tejidos blandos, que puede elevar el riesgo de mortalidad. (Cifuentes, M. *al* 2011)

La absorción de estos minerales se lleva a cabo especialmente en el duodeno y yeyuno superior, estas rutas están reguladas por la hormona 1,25-dihidroxicolecalciferol. La estructura química de la fuente del fósforo influye en la disponibilidad de este mineral, la forma metabólicamente activa para el pollo de engorde es el ortofosfato ( $\text{PO}_4^-$ ); otras formas en las que se encuentra el fósforo en el organismo son el pirofosfato y el meta fosfato, la primera consiste en dos moléculas enlazadas,

mientras que la segunda está constituida por estructuras cíclicas; además, cuando las moléculas están entrelazadas (polifosfatos) la absorción a través de la pared intestinal del ave es bastante lenta, en consecuencia el nivel de absorción del fósforo es bajo. Lo mismo ocurre con el calcio, la forma en la que participa activamente en el metabolismo es bajo la forma de ión (Rodríguez, S. *al* 2017).

El fósforo se presenta en la naturaleza principalmente en los minerales: Apatita,  $\text{Ca}_5(\text{P}_04)_3 \cdot \text{F}$ ; hidroxiapatita,  $\text{Ca}_5(\text{P}_04)_3 \cdot \text{OH}$ ; roca fosfórica o fosforita, cuya composición varía desde fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{P}_04)_2$  hasta hidroxiapatita. El empleo de roca fosfórica para alimentación animal no se generalizó sino hasta después de 1914, debido a la creencia de que por lo menos una parte del fósforo necesario para animales debería ser proporcionada en forma orgánica. (San, D. *et. al.* 1966)

### **2.1.1. Granulometría del alimento y de las materias primas**

El tamaño de las partículas de alimento es un aspecto que a menudo se pasa por alto en la producción de aves. Los productores no deben asumir que el alimento es de un tamaño uniforme y mezclado homogéneamente, o que el molino de alimento les está proporcionando la mezcla ideal de partículas en la ración. Las partículas del alimento varían en tamaño desde muy finas hasta muy gruesas, y los diferentes métodos para moler pueden resultar en la distribución de diferentes tamaños. Las diferencias en el tamaño de las partículas en una ración pueden afectar tanto el sistema digestivo como el rendimiento del ave, aun cuando el valor nutricional total sea similar. Es por eso que los productores deben evaluar frecuentemente la distribución del tamaño de las partículas y tener en mente las variables que pueden afectar. (DANE. *al.* 2016)

La diferencia entre las fuentes de calcio con la misma granulometría, puede haber sido influenciada por la composición mineral y por las características físicas. La selección de la fuente de calcio debe seguir criterios económicos relacionados con la solubilidad. (Muñoz, J. al. 2012)

En la alimentación de los pollos de engorde, afectan a la productividad son la composición y la presentación física del alimento. El procesamiento de ingredientes considerando la granulometría de los alimentos terminados es una práctica común de la industria avícola que se incrementa por sus efectos beneficiosos sobre la productividad en pollos de engorde<sup>1</sup>. Entre los procesos tecnológicos más utilizados están la molienda y el granulado. La aplicación de estas técnicas mejora la fisiología digestiva y por lo tanto la productividad. Sin embargo, la influencia de las condiciones del proceso de los ingredientes, la uniformidad de la granulometría, y calidad del alimento sobre la rentabilidad de las explotaciones, no solo depende de los efectos de estos factores tecnológicos, sino también de una interrelación entre composición del alimento, la edad de los pollos y el estatus sanitario de los mismos. (Charly, M. et. al. 2015)

El tamaño de partícula del calcio apropiado depende de la solubilidad de la piedra caliza. Es posible que los niveles de calcio en la dieta deban ajustarse en función de la solubilidad de la piedra caliza. (Hy-Line International 2016)

Mantener la concentración del calcio sérico en equilibrio es complejo y requiere de acciones integradas de la Paratohormona (PTH), los metabolitos de la vitamina D y la calcitonina. El intestino y el riñón son los principales órganos reguladores del equilibrio del calcio en el cuerpo. La absorción de calcio de la dieta es un proceso muy relevante y depende de vías de absorción, la tasa de pasaje a través del intestino y de la solubilidad dentro del sistema gastrointestinal; una vez que el calcio es solubilizado atraviesa el intestino mediante dos vías de absorción, la primera es la vía para celular o no saturable, esta vía es independiente de las regulaciones fisiológicas y solo se

rige por la concentración de calcio a nivel luminal; la segunda es la vía intracelular o saturable, esta vía predomina cuando hay bajas concentraciones de calcio y por lo tanto este no puede trasladarse de manera pasiva, este proceso por tanto requiere energía. (Morales, U. al. 2015)

La variación en la composición química, solubilidad in vitro, biodisponibilidad y granulometría son importantes para la selección de fuentes de calcio en la alimentación animal, la solubilidad es un factor principal, ya que está muy relacionada con la biodisponibilidad y absorción intestinal. (Humberto, J. et. al. 2012)

El tamaño de las partículas de alimento en la dieta juega un papel muy importante en la regulación del consumo de alimento del ave. El tamaño óptimo de las partículas de alimento aumenta con la edad con el desarrollo del pico, molleja y tracto digestivo. El ave ponedora tiene preferencia por las partículas grandes y esa preferencia aumenta con la edad. Durante las primeras seis semanas, la presentación de la dieta de inicio es generalmente en forma de migajas, que se logra rompiendo los gránulos que se logran rompiendo los gránulos de alimento en partículas finas de un tamaño entre 1–3 mm. El alimento en migajas es ideal para las aves jóvenes porque cada migaja está compuesta de diferentes componentes de la dieta. Si se continúa proporcionando alimento en forma de migajas después de la dieta de inicio se reduce la longitud del intestino y el tamaño de la molleja. (DANE. al. 2016)

### **2.1.2. Producción avícola en el Ecuador**

La carne de pollo es el principal alimento proteico que integra la dieta de los ecuatorianos, su gran ventaja se encuentra en su precio, el cual es inferior a otras carnes y productos proteicos de origen animal, como son la carne vacuna, porcina, camarones y pescado. Esto ha llevado a que la producción avícola en el país mantenga un dinámico crecimiento durante los últimos 20 años y ha

permitido que el desarrollo de esta actividad sea un espacio importante para los ecuatorianos establecidos en las zonas rurales. La avicultura ecuatoriana está segmentada por grandes, medianos y pequeños productores, en donde se encuentra una marcada diferencia; por un lado, los grandes avicultores con implementación de tecnología que promueve la eficiencia en la producción, y por otro lado los pequeños y medianos productores con limitada tecnología, bajo capital de inversión y un mercado cautivo y limitado. (Camiruaga, M. et. al. 2001)

Los pollos parrilleros comenzaron a criarse industrialmente en Estados Unidos y luego en Europa. Actualmente en Ecuador es una actividad en auge. Este sector de la avicultura ha tenido un desarrollo muy dinámico en nuestro país, particularmente desde la década de los 90, la cría de pollos de engorde tiene un alto nivel tecnológico. El costo de alimentación de los pollos se duplicó en una década, poniendo más presión en mejorar el índice de conversión e importancia de un buen manejo es por eso que se debe alimentar inteligentemente, evitando desperdicios, buena integridad intestinal asegurando que están consumiendo cantidades adecuadas y nutricionalmente balanceadas. (Romero, L. al 2015)

**Tabla 2**  
*Producción de alimentos balanceados en el Ecuador*

<b>Provincia</b>	<b>Engorde</b>	<b>Postura</b>	<b>Camarones</b>	<b>Tilapia</b>	<b>Porcino</b>	<b>Bovino</b>	<b>Otros</b>	<b>Producción</b>
<b>Azuay</b>	16950	2200	0	0	600	510	500	20760
<b>Cotopaxi</b>	196	30077	0	0	8473	710	0	39456
<b>El Oro</b>	12445	0	0	0	1053	866	16761	31125
<b>Guayas</b>	30370	20523	98323	35638	3920	4809	5846	199429
<b>Imbabura</b>	23717	0	0	0	0	0	0	23717
<b>Los Ríos</b>	10472	0	0	0	0	0	0	10472
<b>Manabí</b>	64305	39016	297	0	922	423	322	105285
<b>Pichincha</b>	129324	73030	0	142	7750	2851	3321	216373
<b>Tungurahua</b>	77241	234220	0	0	22977	3089	12948	350475
<b>Total</b>	365020	399066	98620	35780	45695	13258	39698	997092

Fuente: (AFABA. al. 2011).

### 2.1.3. Calcio en los huesos

El hueso es un órgano metabólicamente sensible que produce proteínas estructurales, almacena minerales y cataboliza proteínas; produce hormonas que controlan el metabolismo de recambio de minerales, que a su vez son regulados por otras hormonas, Vitamina D, etc. Cuando hay una alteración sistémica de los minerales o del esqueleto se origina un enorme rango de anomalías dada la regulación homeostática del Ca al nivel renal, la absorción de niveles elevados del elemento (particularmente cuando el P es limitante) podría originar hipercalcemia, que se soluciona por una reducción en la liberación de PTH y el aumento de calcitonina (CT) que lleva a la baja la actividad de osteoclasia. (Cuaron, J. al. 2014)

El organismo animal requiere calcio para las funciones vitales intracelulares y extracelulares, aparte de la función de soporte del esqueleto. El calcio es un catión divalente que ejerce una gran diversidad de funciones en el animal, siendo su principal función la formación del hueso, cáscara de huevo y como segundo mensajero intracelular a través del cual las células responden a los estímulos de las hormonas y los neurotransmisores. La absorción del calcio es de vital importancia para la homeostasis del organismo animal. La secreción de calcio y fósforo en el sistema digestivo de pollos (duodeno), mientras en el yeyuno se realiza la absorción. (Scientiae, M. al 2013)

Según las recomendaciones del “National Research Council” (NRC. al. 1994), el requerimiento de Ca en dietas de pollos es de 1% entre la primer y la tercera semana de edad, 0.9% entre la tercera y la sexta semana de edad y 0.8% desde la sexta a la octava semana, cabe resaltar que estos requerimientos son muy estrictos; por ello cada línea genética también cuenta con sus propias recomendaciones, es así que las recomendaciones de calcio para la línea genética

Cobb 500 (2012) para dietas de pollos de carne son 0.9% para dietas de cero a diez días, 0.84% para dietas de 11 a 22 días y 0.76% para dietas de 23 a más de 42 días. (Morales, U. al. 2015)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del lugar de investigación

Galpón Experimental para Pollos de Engorde perteneciente a empresa “A”

Provincia: Los Ríos

Cantón: Buena Fe

Parroquia: San Jacinto de Buena Fe

Altitud: 100 m.s.n.m.

##### 3.1.1. Ubicación Ecológica



**Figura 1.** Ubicación ecológica de la parroquia Puenbo  
Fuente: (Google maps, 2018)

### 3.1.2. Ubicación y límites

### 3.2. Factores en estudio

- TA-Tratamiento A: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.5% y P 0.25% con TMP 1380 um.
- TB-Tratamiento B: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.7% y P 0.35% con TMP 1380 um. (Recomendaciones Cobb)
- TC-Tratamiento C: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.9% y P 0.45% con TMP 1380 um.
- TD-Tratamiento D: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.7% y P 0.35% con TMP 220 um. (Recomendaciones Cobb).

### 3.3. Unidades experimentales:

- Unidad experimental: 56 jaulas cada una con capacidad de 100 pollitos, con un total de 560 pollos bb Cobb
- Número de unidades experimentales: 1
- Unidades experimentales por tratamiento: 56
- Número de individuos por unidad experimental: 560 pollos en total, todos machos con +/- 1 gramo.
- Número de individuos por tratamiento: 100 pollos

### 3.4. Tipo de Diseño

El ensayo para pruebas de campo en aves se dispondrá bajo un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y catorce repeticiones bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \quad \text{con } i=1,\dots,a; \quad j=1,\dots,b$$

- $\mu$  corresponde a la media general
- $\tau_i$  el efecto del i-ésimo tratamiento (Fijo o Aleatorio)
- $\beta_j$  el efecto del j-ésimo bloque (Fijo o Aleatorio)
- $\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado con la unidad experimental en el bloque j que recibe el tratamiento i, comúnmente los términos de error se asumen normalmente distribuidos con esperanza cero y varianza común  $\sigma^2$ .

De la combinación de los factores en estudio se tiene un total de 4 tratamientos con 14 repeticiones.

### 3.5. Selección de animales

Se utilizaron pollitos machos broiler de 1 día de edad de línea genética Cobb 500, con peso aproximado de  $48 \pm 1$  gramo.

Las aves fueron encasetadas en las jaulas para luego llevarlas al galpón experimental.

### 3.6. Tratamientos

Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Descripción de tratamientos experimentales*

TMP (1380 um)			TMP (220 um)		
Tratamiento	% Ca	% P	Tratamiento	% Ca	% P
A	0.5	0.25	-	-	-
B	0.7	0.35	D	0.7	0.35
C	0.9	0.45	-	-	-

### 3.7. Diseño Experimental

Tipo de diseño: Diseño Completamente al Azar (DCA)

### 3.8. Distribución de los tratamientos en las jaulas

Cada una de las réplicas se distribuyó de manera aleatoria en las jaulas dentro del Galpón Experimental (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales (jaulas)*

	Batería 1	Batería 2	Batería 3	Batería 4	Batería 5	Batería 6	Batería 7
1	A	11	-	21	C	31	B
2	B	12	D	22	A	32	C
3	-	13	A	23	-	33	-
4	C	14	B	24	B	34	A
5	B	15	-	25	D	35	C
6	-	16	A	26	C	36	-
7	A	17	C	27	B	37	B
8	D	18	B	28	D	38	D
9	C	19	C	29	-	39	A
10	D	20	D	30	A	40	D

**Nota:** TA-Tratamiento A: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.5% y P 0.25% con TMP 1380 um. TB-Tratamiento B: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.7% y P 0.35% con TMP 1380 um. (Recomendaciones Cobb).TC-Tratamiento C: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.9% y P 0.45% con TMP 1380 um. TD-Tratamiento D: Parámetro de calcio y fósforo en la dieta: Ca 0.7% y P 0.35% con TMP 220 um. (Recomendaciones Cobb)

### 3.9. Análisis estadístico

Se realizó comparación de medias al calcular los promedios de cada uno de las variables en estudio para cada réplica. Los datos se analizaron mediante ANOVA para estimar el mejor tratamiento.

Para determinar las diferencias entre medias de tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey al 5%.

### **3.10. Medición de variables**

#### **3.10.1. Peso corporal**

Se registró el peso grupal de los animales por jaula (unidad experimental) y se obtuvo el promedio del peso/animal con una frecuencia semanal, teniendo los pesajes al nacimiento, a los 7, 14 y 21 días. El dato registrado se expresó en gramos/animal.

#### **3.10.2. Ganancia de Peso Diaria (GDP)**

La ganancia de peso se evaluó a los 7, 14 y 21. La fórmula de cálculo para obtener esta variable fue:

GP semanal:  $(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \# \text{ días}$

Esta variable se expresó en gramos/animal

#### **3.10.3. Consumo de alimento**

Se registró diariamente el alimento total consumido en cada unidad experimental, y se obtuvo el promedio de consumo/animal. Para tal efecto se utilizó la siguiente fórmula:

$\text{Consumo alimento} = (\text{Alimento ofrecido (g)} - \text{Alimento sobrante (g)}) / \# \text{ aves}$

El dato obtenido se expresó en gramos/animal.

#### **3.10.4. Conversión alimenticia acumulada**

Este parámetro calculado semanalmente se obtuvo al dividir el alimento total consumido para el peso ganado.

Para el cálculo de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$\text{C.A} = \text{Alimento consumido (g)} / \text{Ganancia de peso (g)}$

### 3.10.5. Mortalidad semanal y acumulada

Para el cálculo de esta variable se determinó el número de aves muertas durante el transcurso de la investigación, el cual fue expresado en porcentaje. Para tal efecto se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = (\text{Número de aves muertas} / \text{número inicial de aves}) * 100$$

### 3.10.6. Análisis de concentración de cenizas en patas

El % de Ceniza en hueso se realizó a los 10 días, 2 animales x réplica y se seleccionaron al azar evitando tomar animales retrasados en crecimiento, se tomó la pata derecha para el análisis en el laboratorio, mientras que la pata izquierda se guardó con la identificación de tratamiento, réplica y edad, en refrigeración, en caso que se requiera confirmar resultado.

1. En un crisol de porcelana que previamente se calcinó y se llevó a peso constante, se colocó 2.5 g de muestra seca.
2. Se puso el crisol en una mufla y se calcinó a 550°C por 12 horas, luego se dejó enfriar para luego pasar a un desecador.
3. Nuevamente se pesó el crisol conteniendo la ceniza.

#### Cálculos

- A = Peso del crisol con muestra (g)
- B = Peso del crisol con ceniza (g)
- C = Peso de la muestra (g)
- Contenido de ceniza (%) =  $100((A - B) / C)$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

Según un estudio realizado por (Charly, M. *et. al.* 2015). Indica los siguientes resultados, tanto en consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia de 2 tratamientos: T1: > 400 micras vs. T2<200 micras.

**Tabla 5**

*Variables productivas de los pollos de engorde con la inclusión de dos tipos de alimentos en fase de finalización*

<b>Variables</b>	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>P</b>	<b>EE</b>
Consumo de alimento (g/pollo)	3009.2 a	2790.5 b	0.0001	31.23
Ganancia de peso (g/pollo)	1710.2	1646.8	0.871	35.8
Conversión de alimento	1.79 b	1.71f a	<0.04	0.03

**Nota:** Letras diferentes en superíndices indican diferencias estadísticas (P<0.05)

P: Probabilidad. EE: Error estándar de la media

De la literatura disponible, los estudios que investigan el tamaño de partícula de Ca reportan un conflicto de resultados. Los efectos beneficiosos de un mayor tamaño de partícula de Ca de la cáscara de huevo y el estado del hueso en capas se documentan, sin embargo, se requieren más investigaciones en pollos de engorde que investiguen los efectos sobre la digestibilidad de los minerales y la retención de partículas de Ca en la molleja. Los resultados (Bradbury, E. *et. al.*2015)

#### **4.1. Ganancia Diaria de Peso (GDP) a los 7 días**

Los resultados de análisis estadístico para la ganancia diaria de peso a los 7 días utilizando diferentes tamaños de partícula con diferentes niveles de Ca y P, se muestran en la Tabla 6, al respecto de este parámetro podemos observar que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos.

**Tabla 6**

*Resultados de Análisis de Varianza para Peso Corporal (g), consumo, conversión alimenticia, digestibilidad y ganancia de peso*

	<b>Peso Ini. (g)</b>	<b>Peso 7d (g)</b>	<b>Consumo (g)</b>	<b>CA.</b>	<b>Digest. 7d</b>
A	48.5	177	128	1	33.5
B	48.2	180	127	0.96	30.9
C	48.5	181	128	0.97	31.8
D	48.6	181	127	0.96	26.5
Niv. Sig	0.16	0.5	0.5	0.5	0.34

**Nota:** Medias dentro de una columna con letras diferentes son significativamente diferentes ( $P < 0,01$ )

Tratamiento A = 1380  $\mu\text{m}$  (Ca 0.5%, P 0.25%). Tratamiento B = 1380  $\mu\text{m}$  (Ca 0.7%, P 0.35%). Tratamiento C = 1380  $\mu\text{m}$  (Ca 0.9%, P 0.45%). Tratamiento D = 220  $\mu\text{m}$  (Ca 0.7%, P 0.35%)

#### 4.2. Consumo de alimento a los 7 días

Para el consumo de alimento a los 7 días que se encuentran en la tabla 6 no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, las diferencias son solo matemáticas. Al respecto (Charly, M. *et. al.* 2015). menciona que se identificaron los tratamientos evaluados en función a los resultados obtenidos para la variable consumo de alimento, donde hubo diferencias estadísticas.

#### 4.3. Conversión alimenticia a los 7 días

A los 7 días en lo referente a la conversión alimenticia que se encuentran en la tabla 6 no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, las diferencias son solo matemáticas. Por otra parte (Charly, M. *et. al.* 2015) indica que no hubo diferencia estadística con diferentes tamaños de partícula de caliza en la variable conversión alimenticia.

#### 4.4. Digestibilidad a los 7 días

La digestibilidad del Ca a los 7 días de encuentran en la tabla 6 y no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, las diferencias son solo matemáticas. En relación a la conversión de alimento (CA), (Charly, M. *et. al.* 2015) se observa que hubo diferencias estadísticas

( $P < 0,04$ ) entre los tratamientos, siendo T1 ( $< 400$  micras) el que resulto superior con 0,08 unidades en comparación a T2 ( $< 800$  micras), manifestando que los pollos que consumieron la dieta constituida con un mayor porcentaje de granulometrías gruesas, obtuvieron una ligera mayor conversión. En tal sentido, Consumo sugirió que, en las aves, cuando las dietas son más finas, la molleja opera más como un órgano de tránsito de alimento que como un molino, caso que no se expresó con el T2, con el grupo que se obtuvo la mejor conversión.

La solubilidad del calcio in vitro fue máxima cuando las partículas de calcio se molieron, independientemente de su origen. La solubilización del calcio disminuyó notablemente, dependiendo del origen del calcio, cuando se analizaron grandes tamaños de partículas. Sería posible ajustar el tamaño de partícula de una fuente de calcio para cambiar su solubilidad. (Guinotte, N. et. al. 1991)

Los resultados de análisis estadístico para peso corporal y ganancia de peso a los 14 días, consumo de alimento, conversión alimenticia y digestibilidad se muestran en la Tabla 7.

#### **4.5. Consumo de alimento a los 14 días**

Para el consumo de alimento a los 14 días que se encuentran en la tabla 7 no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, las diferencias son solo matemáticas. Al respecto la granulometría de los alimentos también tiene gran influencia en el desarrollo de la mucosa y la funcionalidad del intestino delgado. (Diniz, G. et. al. 2004).

**Tabla 7**

*Resultados de Análisis de Varianza para Peso Corporal (g), consumo, conversión alimenticia y digestibilidad*

	<b>Peso 14d (g)</b>	<b>Consumo Total (g)</b>	<b>CA.</b>
A	465 <sup>b</sup>	508 <sup>b</sup>	1.22 <sup>ab</sup>
B	498 <sup>a</sup>	524 <sup>ab</sup>	1.17 <sup>c</sup>
C	514 <sup>a</sup>	528 <sup>a</sup>	1.14 <sup>c</sup>
D	498 <sup>a</sup>	528 <sup>a</sup>	1.18 <sup>bc</sup>
Niv. Sig	< 0.01	< 0.01	< 0.01

**Nota:** Medias dentro de una columna con letras diferentes son significativamente diferentes ( $P < 0,01$ ). Tratamiento A = 1380  $\mu\text{m}$  (Ca 0.5%, P 0.25%). Tratamiento B = 1380  $\mu\text{m}$  (Ca 0.7%, P 0.35%). Tratamiento C = 1380  $\mu\text{m}$  (Ca 0.9%, P 0.45%). Tratamiento D = 220  $\mu\text{m}$  (Ca 0.7%, P 0.35%)

#### **4.6. Conversión alimenticia a los 14 días**

A los 14 días en lo referente a la conversión alimenticia que se encuentran en la tabla 7, se encontró diferencias significativas solo en el tratamiento A que es el que tiene niveles más bajos de calcio y fósforo. Por otra parte (Charly, M. *et. al.* 2015)

Indica que no hubo diferencia estadística con diferentes tamaños de partícula de caliza en la variable conversión alimenticia.

#### **4.7. Consumo de alimento a los 21 días**

Para el consumo de alimento a los 21 días que se encuentran en la tabla 8 no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, las diferencias son solo matemáticas.

Después de la dieta de inicio, es preferible una dieta con alimento triturado de buena textura (harina). Esto asegura un desarrollo apropiado del tracto digestivo. La dieta con alimento triturado de buena textura (harina) tiene de 55–85% de partículas de alimento de un tamaño entre 1 a 3 mm. (Boletín Técnica, Hy-Line. al 2017).

Ofrecer concentrados como migajas, micropellets o pellets, garantizan un alto consumo de alimento y mejor rendimiento productivo. El pollo de engorde Ross 708 de la empresa Aviagen, es

sensible a la forma en que se ofrece el alimento. La forma física del alimento tiene un efecto en el crecimiento del animal y en el consumo del alimento, se ha experimentado diferentes presentaciones de alimento en pollos de engorde como harinas, migajas y pelets, las mismas que afectan el consumo de alimento y su desenvolvimiento productivo.(Balcázar, G. et al. 2016).

#### 4.8. Conversión alimenticia a los 21 días

A los 21 días en lo referente a la conversión alimenticia que se encuentran en la tabla 8 no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, las diferencias son solo matemáticas.

El tamaño de partícula y sus efectos sobre la digestión de y los rendimientos en aves se muestra claramente que materias primas con mayor tamaño de partícula se retiene durante más tiempo en la molleja en relación con partículas finas o materiales solubles. (Angel, R. et. al 2013)

**Tabla 8**

*Resultados de Análisis de Varianza para Peso Corporal (g), consumo, conversión alimenticia y digestibilidad.*

	Peso 21d (g)	Consumo Total (g)	CA.	Mort. 21d
A	847 <sup>bc</sup>	1136 <sup>b</sup>	1.43	0.7
B	881 <sup>ab</sup>	1184 <sup>a</sup>	1.42	1.4
C	911 <sup>a</sup>	1202 <sup>a</sup>	1.39	0.7
D	895 <sup>a</sup>	1181 <sup>a</sup>	1.4	0
Niv. Sig	< 0.01	< 0.01	0.15	0.73

**Nota:** Tratamiento B = 1380 um (Ca 0.7%, P 0.35%). Tratamiento C = 1380 um (Ca 0.9%, P 0.45%). Tratamiento D = 220 um (Ca 0.7%, P 0.35%), Medias dentro de una columna con letras diferentes son significativamente diferentes (P < 0,01). Tratamiento A= 1380 um.(Ca 0.5%, P 0.25%)

Entre los 7 a 21 días de edad no se evidencian diferencias estadísticas ( $P > 0,01$ ) entre TB, TC y TD tanto para peso corporal como para ganancia de peso. Similares resultados fueron detallados por Nolle et. al. 2007 quienes llevaron a cabo un experimento en el cual, al comparar una dieta control formulada con minerales inorgánicos y una dieta alternativa con menor niveles de minerales suplementados como péptidos quelatados no encontraron diferencias estadísticas para peso y

ganancia diaria de peso durante todo el ciclo productivo. Tavares *et. al.* 2014, Petrovic *et. al.* 2010 y Peric *et. al.* 2007 evidenciaron comportamientos similares para las variables peso corporal y GDP durante todo el ciclo al reemplazar fuentes inorgánicas por orgánicas en dietas de pollos de engorde, considerando una reducción de la inclusión con minerales orgánicos.

#### **4.9. Contenido de ceniza en hueso**

En la tabla 9 se presenta los resultados de las cenizas en la tibia de pollos broilers alimentados con diferente tamaño de partícula del  $\text{CaCO}_3$  y diferente porcentaje y relación de Ca: P, al respecto en base tal cual se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos A con el valor más bajo frente a los B, C y D en donde no hubo diferencias estadísticas con los valores más altos en comparación al A. Este grado de significancia cambia cuando el reporte se lo realizó en base seca, en donde no se observó que existe diferencias significativas entre ningún tratamiento.

La deficiencia de calcio ocasiona reducción del crecimiento, disminución de la mineralización ósea, claudicación, fracturas espontáneas, convulsiones y raquitismo. El raquitismo es causado por la deficiencia en calcio o vitamina D, por lo tanto, es necesario suministrar calcio en la dieta y en cantidades y proporciones correctas, un bajo nivel de calcio en la dieta incrementa el consumo de alimento y por lo tanto también el consumo de agua en comparación con los pollos alimentados con los niveles completos de calcio, en relación a esto el calcio en la dieta es inversamente proporcional a la absorción de calcio en el intestino delgado. La deficiencia de calcio puede ocurrir debido a una dieta con niveles bajos en calcio o por un exceso de fósforo en la dieta. (Morales, U. *al.* 2015)

El tamaño medio de partícula de calcio de 250 a 850 micras para la máxima osificación ósea en comparación con partículas gruesas de 2360 a 3350 micras. (Guinotte, N. *et. al.* 1991)

La partícula más grande retenida en la molleja puede no haber proporcionado una ingesta adecuada de calcio para un rendimiento óptimo y cenizas de tibia. (Bueno, *I.et. al.* 2016).

**Tabla 9**

*Resultados de Análisis de Varianza para cenizas (%) de la tibia en pollos broilers a los 10 días*

Tratamientos	Ceniza En Hueso
A	4.03bc
B	4.23ab
C	4.51a
D	4.35ab

Nota: Tratamiento B = 1380 um (Ca 0.7%, P 0.35%). Tratamiento C = 1380 um (Ca 0.9%, P 0.45%). Tratamiento D = 220 um (Ca 0.7%, P 0.35%). Medias dentro de una columna con letras diferentes son significativamente diferentes (P < 0,01). Tratamiento A= 1380 um (Ca 0.5%, P 0.25%).

El estado del esqueleto es comúnmente utilizado como un indicador de nutrición mineral adecuada y consecuentemente es usada para evaluar niveles adecuados de calcio y fósforo; la ceniza en tibia es considerada y usada como una variable bastante sensible a la variación de calcio y fósforo; pero con la finalidad de reducir los costos y el tiempo para obtener los resultados, la resistencia a la rotura del hueso, es utilizada como un método alternativo para evaluar mineralización ósea. (Morales, U. *al.* 2015).

#### **4.10. Ahorro económico**

El precio de la caliza es 54 usd/Tm tanto para la caliza de 1380 um y 220 um, al no existir diferencias significativas entre el tratamiento C y D en la absorción de minerales en hueso el ahorro sería de 2 usd/Tm al utilizar un carbonato de calcio de 220 um.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Los resultados de las cenizas en la tibia de pollos broilers alimentados con diferente tamaño de partícula del  $\text{CaCO}_3$  entre el tratamiento C y D no existieron diferencias estadísticas significativas.
- El tamaño de partícula de la caliza influye en la absorción del calcio y fósforo en el animal.
- Se concluye que a menor tamaño de partícula del carbonato de calcio mejor es la absorción de minerales.
- Existe un ahorro de 2 dólares/Tm al utilizar un tamaño de partícula del carbonato de calcio de 220  $\mu\text{m}$ .

#### 5.2. Recomendaciones

- Al no encontrar diferencias significativas entre los tratamientos C (1830  $\mu\text{m}$ ) vs. D (220  $\mu\text{m}$ ) se recomienda el uso de un tamaño de partícula más fina.
- Se recomienda realizar un ensayo hasta la etapa final de la producción para ver el resultado de los pollos en campo.
- Se recomienda el uso de una caliza de 220  $\mu\text{m}$  porque existe un ahorro de 2 dólares/Tm en el alimento.

## BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, R., & Combellas, J. (1998a). *Efecto de la suplementación con cama de pollo sobre el consumo y la digestión ruminal de bovinos estabulados consumiendo rastrojo de sorgo*. Instituto de Producción Animal (IPA). Venezuela.
- Álvarez, R., & Combellas, J. (1998b). *Efecto de la suplementación con cama de pollo sobre la producción de vacas de doble propósito pastoreando rastrojo de maíz durante la estación seca*. Instituto de Producción Animal (IPA) (págs. 96-97). Venezuela.
- Anon, A. (2000). La gallinaza. *Revista Plumosas. Colombia*. 5:12. , 26.
- Bhattacharya, A., & Fontenot, J. (1966). Protein and energy value of peanut hulls and wood shaving poultry litters . *J. Anim. Sci.* 25, 367.
- Chavira, J. S., Gutiérrez González, J. C., García Castillo, R., López Trujillo, R., & Duarte Ortuño, A. (2011). Digestibilidad in situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 379-385.
- Cheryl, F., Atkinson, D., Jones, D., & Joseph, J. (1996). Biodegradability and microbial activities during composting of poultry litter. *Poult. Sci.* 75, 608.
- Combellas, J., & Alvarez, R. (20 de marzo de 2001). *Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos*. Obtenido de SciELO: <http://www.scielo.org.ve>
- Dastar, B., Golian, A., & Campbell, L. (2001). Effect of caeca microflora on endogenous amino acid losses and amino acid digestibility in some poultry feedstuffs. *Agric. Sci. Tech.* 15, 7.
- Edwards, D. (1996). Recycling livestock manure on pastures. R. E. *Nutrient cycling in forage systems Potash and Phosphate Institute*. Norcross, 45.
- Estrada, M. (2005). Manejo y Procesamiento de la Gallinaza. *LaSallista de investigación*, 43-48.
- Evers, G. (1998). Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for Coastal Bermudagrass Production in the Southeastern US. *J. Sustainable Agriculture*, Vol. 12, 4.
- Fontenot, J. (1998). *Alimentación del ganado con residuos avícolas*. En: *Memorias de la Conferencia Internacional sobre ganado en el trópico*. . Florida: Gainesville.
- Gabaldon, L., Melo, J., Laine, C., & Combellas, J. (1999). Sustitución de la cascarilla de soya por cama de pollo en el concentrado de vacas de doble propósito en pastoreo. *Zootecnia Tropical* 1, 51.
- García, Y., Elías, A., & Herrera, F. (2005). Dinámica microbiana de la fermentación in vitro de las excretas de gallinas ponedoras. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 39:75.
- González, G., & García, M. (1999). *Uso de aditivos como mejorantes de la calidad de las dietas para monogástricos: enzimas y acidificantes*. V Encuentro sobre Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. En Producción de Aves (pág. 1). Maracay, Venezuela.
- Google maps. (15 de 01 de 2018). *Ubicación ecológica de la parroquia de Puembo*. Obtenido de <http://puembo.gob.ec/datos.htm>
- Griffiths, N. (1988). *Best practice guidelines for using poultry litter on pastures*. En NSW Agriculture. 6th edition. (pág. 1).
- Helmer, L., & Bartley, E. (1971). Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants vol 54. *J. Dairy Sci.* 25-51.
- Inaoka, T., Okubo, G., Yokota, M., & Takemasa, M. (1999). Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken faeces as food source for poultry. *Jap. Poult. Sci.* 36, 174.

- Jeffrey, J., Kirk, J., Atwill, E., & Cullor, J. (1998). Prevalence of selected microbial pathogens in processed poultry waste used as dairy cattle feed. *Poult. Sci.* 77, 808.
- Jongbloed, A., & Kemme, P. (1997). XIII Curso de Especialización FEDNA. 91.
- Kelley, T., Pancorbo, O., Merka, W., Thompson, S., Cabrera, M., & Barnhart, H. (1996). Elemental Concentration of Stored Whole and Fractionated Broilers Litter. *J. Appl. Poult. Res.* 5, 176.
- Kwak, W. (1999). Effects of moisture levels on the fermentation characteristics of high moisture broiler litter added with different water absorbents. *Kor. J. Anim. Sci.* 41, 537.
- Lesson, S. (23 de 9 de 2003). *La producción de pollos parrilleros del futuro: desde la bioseguridad hasta el control de la contaminación*. Obtenido de <http://www.engormix.com/nuevo/prueba/alltech.asp>
- Lichtenberg, E., Parker, D., & Lynch, L. (12 de 01 de 2002). *Economic value of poultry litter supplies in alternative uses*. Obtenido de <http://www.arec.umd.edu/policycenter>
- Lima, I. (2003). Converting poultry litters into activated carbon. *World Poult.* 19: 28.
- Lu, J., Sanchez, S., Hofacre, C., Maurer, J., Harmon, B., & Lee, M. (2003). Evaluation of broiler litter with reference to the microbial composition as assessed by using 16S rRNA and functional gene markers. *Appl. & Environmental Microbiol.*, 69(2): 901.
- Manivela, D., Ryssen, J., Van Last, R., & Van Russen, J. (1997). The effects of broiler litter diets as survival ration on the health of sheep. *South African Vet. Assoc.* , 68:121.
- Marlone, G., & Chaloyka, G. (1982). Evaluation of shredded newspaper litter materials under various broiler management programs. *Poult. Sci.* 61:, 1385.
- Marshall, W. (2000). *Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza* . La Habana, Cuba: Tesis de Dr. en Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal.
- Marshall, W., Reyes, R., Uña, F., Corchado, A., & Delgado, A. (1998). Ceba ovina sobre la base de heno, miel-urea y suplementación con gallinaza. Digestibilidad y balance de nitrógeno. *Rev. Prod. Anim.* 10, 33.
- Martín, R., & Rodríguez, I. (2002). *Tecnología y métodos para la producción de abonos orgánicos a partir de camas avícolas*. Memorias. II Taller Internacional de Agricultura Sostenible en condiciones de Montaña. Guantánamo. Cuba.
- Martín, R., & Rodríguez, I. (2002). *Tecnología y métodos para la producción de abonos orgánicos a partir de camas avícolas*. II Taller Internacional de Agricultura Sostenible en condiciones de Montaña. Guantánamo Cuba.
- Morais, M., Tomich, T., Amorin, J., & Gonçalves, L. (1999). Consumo voluntário e digestibilidade da silagem de milho associada ao esterco de poedeiras. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 51:115.
- Morales, H., Gutierrez, E., Quintanilla, J., & Hernández, C. (1993). Utilización de la gallinaza de aves reproductoras en la engorda intensiva de toretes Holstein. *Ciencias Agropecuarias*, 6:7.
- Morales, M., & Egaña, J. (1997). Efecto del peletizado y ensilaje de las camas de broilers sobre su valor nutritivo para rumiantes. *Archivos de Zootecnia*, 46:159.
- Murthy, K., Reddy, M., & Reddy, G. (1996). Nutritive value of supplements containing poultry dropping for sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 21:71.

- Olaisen, V., Mejdell, T., Volden, H., & Nesse, N. (2003). Simplified in situ method for estimating ruminal dry matter and protein degradability of concentrates. *Journal of animal science*, 2(81), 520-528.
- Orskov, E., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92:499.
- Ortiz, A. (2004). *Evaluación de desechos de la industria cafetalera y azucarera como camas avícolas en Guantánamo y su aprovechamiento en la alimentación de ovinos*. La Habana, Cuba: Tesis de Dr. Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal.
- Parra, A., Combellas, J., & Ríos, L. (2001). *Efecto de la suplementación con un concentrado que incluye cama de pollo sobre la producción de leche de ovejas tropicales*. *Memorias I Congreso Internacional de Ovinos y Caprinos*. Maracay Estado Aragua.
- Piada, R. (2001). *Evaluación de la actividad probiótica de un hidrolizado enzimático de crema de destilería en pollitas de reemplazo de ponedoras*. Tesis Dr. Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Pool, L., Trinidad, A., Etchevers, J., Pérez, J., & Martínez, A. (2000). *Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas*. México.
- Rodríguez, H., Combellas, J., & Alvarez, R. (2000). *Evaluación de dos niveles de cama de pollo en el suplemento de bovinos en ceba con pastoreo restringido de Cynodon nlefluensis*. Instituto de Producción Animal (IPA) (pág. 16:37). Venezuela: Informe Anual 98-99.
- Rostagno, H., & Albino, I. (2005). *Simposio Internacional Sobre Exigencias Nutricionais de Aves e Suínos*. Vicosa, MG-Brasil.
- Terzich, M., Pope, M., Cherry, T., & Hollinguer, J. (2000). Survey of pathogens in poultry litter in the United States. *J. Appl. Poult. Res.* 9, 287.
- Tiquia, S., & Tam, N. (2000). Co-composting of spent pig litter and sludge with forced aeration. *Biores. Technol* 72, 1-7.