

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



## **MAESTRIA EN CIENCIAS**

### **MENCIÓN: PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN ANIMAL**

#### **TESIS**

Efecto de la adición de butirato, ácido propionico y butirato más ácido propionico en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento sobre los parámetros productivos.

Para optar el Grado Académico de

#### **MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

**WILDER JAVIER CHILÓN DÍAZ**

Asesor:

**Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA**

**CAJAMARCA, PERÚ**

**2017**

COPYRIGHT © 2017 by  
**WILDER JAVIER CHILÓN DÍAZ**

Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



## **MAESTRIA EN CIENCIAS**

### **MENCIÓN: PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN ANIMAL**

### **TESIS APROBADA**

Efecto de la adición de butirato, ácido propionico y butirato más ácido propionico en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento sobre los parámetros productivos.

Para optar el Grado Académico de

### **MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

**WILDER JAVIER CHILÓN DÍAZ**

### **Comité Científico**

Dr. Manuel Eber Paredes Arana  
Asesor

Mg. Gilberto Fernández Idrogo  
Miembro de Comité Científico

Mg. José Antonio Niño Ramos  
Miembro del Comité Científico

M.Cs. Wilder Quispe Urteaga  
Miembro de Comité Científico

Cajamarca - Perú

2017



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11.00 a.m. de la mañana del día 12 de mayo de dos mil diecisiete, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Comité Científico Evaluador presidido por el **Mg. GILBERTO FERNÁNDEZ IDRIGO**, en Representación del Director y como Miembro del Comité Científico, **Dr. MANUEL PAREDES ARANA**, en calidad de Asesor, **Mg. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS**, **M.Cs. WILDER QUISPE URTEAGA**, como integrantes del Comité Científico. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “EFECTO DE LA ADICIÓN DE BUTIRATO, ÁCIDO PROPIONICO Y BUTIRATO MÁS ÁCIDO PROPIONICO EN LA DIETA DE CUYES (*Cavia porcellus*) EN CRECIMIENTO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS”, presentada por el **Ing. Zootecnista WILDER JAVIER CHILÓN DÍAZ**, con la finalidad de optar el Grado Académico de MAESTRO EN CIENCIAS, de la Unidad de Posgrado de la facultad de Ciencias Veterinarias, con Mención en **PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN ANIMAL**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Comité Científico, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR... con la calificación de BUENA (15)... la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Ing. Zootecnista WILDER JAVIER CHILÓN DÍAZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como MAESTRO EN CIENCIAS, de la Unidad de Posgrado de la facultad de Ciencias Veterinarias, con Mención en **PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN ANIMAL**.

Siendo las 2.50. horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Mg. Gilberto Fernández Idrogo**  
Miembro de Comité Científico

  
.....  
**Dr. Manuel Paredes Arana**  
Asesor

  
.....  
**Mg. José Antonio Niño Ramos**  
Miembro de Comité Científico

  
.....  
**M.Cs. Wilder Quispe Urteaga**  
Miembro de Comité Científico

A:

Mi familia, mención especial a mi señora Lilia, mis hijos Chris, Eydan y Bryam quienes son la razón de mi vida y por lo que sigo en constante superación para inculcarles que el estudio es parte importante de la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento en primer lugar a Dios, Nuestro Padre Celestial, que siempre guía mi camino; a mi madre Edelmira Díaz Huamán que la llevo en mi corazón, y la que me inculco para ser un profesional; a mis hermanos: Nelida, Walter, Rosa y en especial a mi hermano Manuel que me apoyo desinteresadamente en el apoyo económico de realizar la presente maestría.

Mi agradecimiento a todas las personas, profesionales y amigos, que han colaborado en la realización del trabajo especialmente al Dr. Manuel Eber Paredes Arana y Msc. Joe Charly Mantilla Oliva.

## CONTENIDOS

ITEM	Página
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Base teórica.....	8
2.3. Base conceptual.....	16
<b>CAPÍTULO III DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>18</b>
3.1. Hipótesis.....	18
3.2. Localización del experimento.....	19
3.3. Material y métodos.....	20
3.4. Régimen alimenticio.....	20
3.5. Parámetros evaluados.....	24
3.6. Diseño estadístico.....	27
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Evolución de los pesos corporales.....	28
4.2. Ganancias de peso.....	31
4.3. Consumo de alimento.....	33
4.4. Conversión alimenticia.....	35
4.5. Mérito económico.....	37
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>LISTA DE REFERENCIA.....</b>	<b>41</b>

<b>CUADROS</b>	<b>Página</b>
01.Requerimientos nutritivos de cuyes.....	11
02.Evolución de los pesos corporales.....	29
03.Ganancia de peso.....	31
04.Consumo de alimento.....	33
05.Conversión alimenticia.....	35
06.Costo de alimentación.....	38
07.Valor inicial.....	39

<b>APENDICES</b>	<b>Página</b>
1. ANAVA pesos iniciales.....	49
2. ANAVA pesos primera semana.....	49
3. ANAVA pesos segunda semana.....	50
4. ANAVA pesos tercera semana.....	50
5. ANAVA pesos cuarta semana.....	51
6. ANAVA pesos quinta semana.....	51
7. ANAVA pesos sexta semana.....	52
8. ANAVA pesos sétima semana.....	52
9. ANAVA pesos octava semana.....	53
10.ANAVA pesos novena semana.....	53
11.ANAVA pesos décima semana.....	54



## RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo determinar el efecto de la adición de Butirato, Acido Propionico y su combinación en la dieta de cuyes en crecimiento sobre los parámetros productivos. Se trabajó con cuyes destetados de 21 días de edad, machos (20) y hembras (20); en la Provincia y Distrito de Chota Región Cajamarca. Los animales estuvieron distribuidos individualmente en 40 pozas, alimentados con concentrado sin aditivos (T0), concentrado + butirato (T1), concentrado + ácido propiónico (T2) y concentrado + Butirato-ácido propiónico (T3); de manera restringida se suministró alfalfa, forraje verde como fuente de vitamina C. No se observó diferencias en el peso final de los cuyes machos atribuidos a la adición de ácidos orgánicos. En hembras si hubo diferencias a favor de los cuyes T1. Las mejores ganancias de peso en cuyes machos y hembras correspondió al tratamiento T1, así el mismo efecto lo alcanzaron los machos que recibieron el aditivo asociado de ácidos orgánicos T3. El consumo de alimento no se vio afectado negativamente por la presencia de ácidos orgánicos; así los cuyes machos y hembras T1 tuvieron mayor consumo de materia seca durante todo el experimento. Los cuyes que consumieron alimento adicionado solo con butirato de sodio (T1) y los machos T3 fueron más eficientes que los demás cuyes de los otros tratamientos, reflejado en una mejor conversión alimenticia. El mejor mérito económico lo alcanzaron los animales T1, lo cual puede atribuirse a los mejores incrementos de peso que se logró con estos animales, así como a las mejores conversiones alimenticias.

**Palabras Clave:** cuyes, parámetros productivos, butirato, ácido propiónico.

## ABSTRACT

The goal of this research was to determine the effect of the addition of Butyrate, Propionic Acid and its combination in the diet of growing guinea pigs on the productive parameters. This work was done with weaned guinea pigs of 21 days of age, males (20) and females (20); in the Province and District of Chota Cajamarca Region. The animals were distributed individually in 40 floor cages, fed with concentrate without additives (T0), concentrate + butyrate (T1), concentrate + propionic acid (T2) and concentrate + Butyrate-propionic acid (T3); In a restricted way, alfalfa, green forage, was supplied as a source of vitamin C. No differences were observed in the final weight of male guinea pigs attributed to the addition of organic acids. In females, there were differences in favor of guinea pigs T1. The best weight gains in male and female guinea pigs corresponded to the T1 treatment, thus the same effect was achieved by the males that received the associated additive of organic acids T3. The consumption of food was not negatively affected by the presence of organic acids; thus, the male and female guinea pigs T1 had higher dry matter consumption during the whole experiment. The guinea pigs that consumed food added only with sodium butyrate (T1) and the T3 males were more efficient than the other guinea pigs of the other treatments, observed in a better feed conversion. The best economic merit was achieved by the T1 animals, which can be attributed to the better weight increases achieved with these animals, as well as to the best feed conversions.

**Keywords:** guinea pigs, productive parameters, butyrate, propionic acid.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la crianza del cuy (*Cavia porcellus*) se ha visto incrementada, debido al aumento del consumo de carne de cuy a nivel local, regional y nacional, por la promoción de sus bondades entre las que destacan el alto porcentaje de proteína que aporta a la dieta así como sus bajos costos de producción.

Las Instituciones Públicas: Gobiernos Locales, Foncodes (Fondo de cooperación y desarrollo social), Agro Rural - proyecto Sierra y Selva Alta, etc., en la Provincia de Chota; vienen fortaleciendo la cadena productiva del cuy trabajando con organizaciones de productores debidamente formalizadas, en la adquisición y venta de cuyes, incentivando la crianza intensiva; por lo que los productores se han visto en la necesidad de adquirir otras fuentes de alimento, aparte de los forrajes como alfalfa, rye grass + trébol. Por tanto la producción intensiva de cuyes en la provincia de Chota, Región Cajamarca ha conllevado al uso de alimento concentrado, el cual contiene dosis de antibióticos con la finalidad de mejorar el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la salud del animal; práctica cuestionada debido al creciente temor de la posible generación de resistencia bacteriana para antibióticos empleados en terapéutica humana (Errecalde, 2004).

Tradicionalmente, los cuyes criollos han sido alimentados con forraje, pero con los trabajos de mejoramiento genético y de nutrición, los nuevos genotipos presentan requerimientos nutricionales superiores para optimizar los rendimientos en crecimiento y reproducción, siendo necesario la inclusión de alimento balanceado (Camino J, Hidalgo V, 2014)

Los cuyes como productores de carne requieren del suministro de una alimentación completa y bien equilibrada que no se logra si se suministra únicamente forraje, a pesar que tiene una capacidad de consumo (Chauca 1997). El conocimiento de los requerimientos nutritivos nos permitirá elaborar alimentos balanceados que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción (Gómez *et al.*, 1993).

Los nutrientes requeridos por el cuy son: agua, proteína (aminoácidos), fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas. Los requerimientos están determinados de acuerdo a la edad, estado fisiológico y medio ambiente o donde se desarrolla la crianza (INIA – CIID, 1996)

El uso de antibióticos ha dado lugar al desarrollo de diversas prácticas para afrontar las posibles pérdidas en la eficiencia productiva de los animales cuando los antibióticos no son utilizados en las dietas, encaminadas a mejorar las condiciones de bienestar y de salud del animal; prácticas de manejo, bioseguridad y cambios en los programas de alimentación, se viene empleando en las dietas, nuevos aditivos no antimicrobianos que pueden ejercer efectos en el animal de tipo nutricional o de mejorar las condiciones de salud del tracto digestivo, dentro de los que se tienen: enzimas, levaduras, extractos de plantas, oligosacáridos mananos, inmuno estimulantes y ácidos orgánicos, lo cuales serán empleados en la nutrición moderna como alternativa para mejorar la productividad del animal ante la ausencia de antibióticos (Bedford, 2000; Brufau, 2000). El uso de ácidos orgánicos es una de las estrategias que más se ha utilizado en los últimos años en la producción animal, siendo los más frecuentes el ácido fórmico, propiónico, cítrico, fumárico, láctico y butírico. A su vez, se

utilizan mayormente en forma de sales, debido a que estas son inodoras, más fáciles de manejar en el proceso de fabricación del concentrado (gracias a su forma sólida y menos volátil que los productos líquidos), ser menos corrosivas, y por no tener que disminuir sustancialmente el consumo de alimento (Roth, 1999).

Los principales ácidos orgánicos de cadena corta producidos en el organismo del cuy son el acetato, butirato y propionato, los cuales reflejan diferentes funciones sobre la velocidad de tránsito de la digesta, cuando han sido evaluados individualmente. Siendo el butirato y el propionato, ácidos que cumplen cierta función antagónica a nivel de colon en lo referente a estimulación de las células epiteliales del cuy (Furasawa *et al.*, 2013). El butirato y propionato de manera natural tienen su actividad a nivel de intestino grueso, que es una zona de menor importancia en el cuy en lo que se refiere a digestión y absorción de nutrientes (Arpaia *et al.*, 2013), por lo que es necesario adicionar butirato y propionato en el alimento para poder evaluar la respuesta del cuy en una zona digestiva de mayor importancia, como es la actividad de estos ácidos orgánicos a nivel de intestino delgado, evaluando su repercusión en términos de rendimiento productivo.

Se busca mejorar los parámetros productivos del cuy, que por ser no rumiante compite con especies más eficientes como el cerdo y las aves a partir de la interrogante si el butirato y el propionato exógenos son capaces, individual o asociadamente propiciar una actividad con mayor eficiencia en conversión alimenticia y ganancia de peso, dadas sus características de propiciar buena salud intestinal y poseer propiedades bactericidas y antimicóticas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Determinar el efecto de la adición de butirato, ácido propionico y su combinación en la dieta del cuy en crecimiento sobre los parámetros productivos.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la influencia del butirato y ácido propiónico sobre la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia en cuyes en crecimiento.
2. Determinar el mérito económico que se obtiene por la adición de butirato, ácido propionico en la dieta en cuyes en crecimiento.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Con el objetivo de evaluar el efecto del butirato de sodio en el alimento sobre el desarrollo de vellosidades intestinales y criptas de Lieberkühn en cuyes de engorde de 84 días de edad; encontraron mayor longitud de vellosidades intestinales con 300 ppm de butirato de sodio y la menor longitud de vellosidad en cuyes que consumieron alimento sin ningún tipo de aditivo. Para el ancho de vellosidad en el íleon hubo efecto positivo en cuyes alimentados con adición de 100, 200 y 300 ppm de butirato de sodio. La profundidad de la cripta intestinal a nivel del yeyuno e íleon fue menor para la adición de 200 y 300 ppm de butirato de sodio, e igualmente con estos tratamientos se obtuvo mejor relación largo de vellosidad/profundidad de cripta en los tres segmentos intestinales, concluyéndose que la dieta suplementada con butirato de sodio afectó positivamente al desarrollo intestinal de cuyes de engorde con mejores resultados que una dieta base. (Vallejos *et al.* 2015).

Bajo la hipótesis de que el efecto del butirato y propionato, como Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC) sobre la motilidad colónica en el cuy varía con la longitud de la cadena, determinaron que el butirato en colon proximal aumentó la frecuencia de las propagaciones de larga duración, disminuyó las cortas y tuvo un efecto bifásico sobre las contracciones que no se propagan. El propionato bloqueó propagaciones completas y cortas y tuvo un efecto bifásico sobre las contracciones que no se propagan. En el colon distal, butirato y propionato

disminuyeron la velocidad de propulsión. Esto sugiere que el papel del butirato puede ser para mejorar el movimiento de los contenidos a través del colon, y el papel de propionato puede ser para frenar el movimiento del material a través del colon y promover la absorción (Hurst, *et al.*, 2014)

Con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de una mezcla de tres ácidos orgánicos en la dieta sobre los parámetros productivos del cuy, distribuyeron ochenta cuyes machos aleatoriamente en cinco tratamientos: T1: Control (dieta base), T2: Zinc bacitracina (dieta base más 200 ppm de Zinc-Bacitracina), T3, T4 y T5: (dieta base más 100, 200 o 300 ppm, respectivamente, de una mezcla de **ácido acético, láctico y propiónico** en iguales proporciones). La dieta base estuvo compuesta por forraje (Rye grass + trébol) más afrechillo de trigo. La máxima ganancia de peso estuvo asociada con un nivel de 173 ppm de ácidos orgánicos y el nivel de 152 ppm de ácidos orgánicos generó la mejor conversión alimenticia inferior a 7. El consumo de materia seca no se vio afectado por los tratamientos. Se concluyó, luego de la experimentación y análisis de datos que los ácidos orgánicos incluidos en el alimento mejoran la ganancia de peso y conversión alimenticia en la etapa de crecimiento y engorde de los cuyes. (Sánchez-Silva et al. 2014).

En un ensayo de alimentación de 33 días para determinar los efectos del butirato de sodio en el rendimiento productivo de los pollos de engorde alimentados con una dieta con 2 kg / t de butirato sódico tuvieron el peso corporal más alto y la mejor conversión alimenticia (Cortyl, 2012)

Bajo una alimentación mixta, suministrando maíz chala como forraje, a razón de 10% del peso vivo de los cuyes y con un alimento balanceado



suministrado ad libitum, el cual contenía 87.5% de MS, 2800 y 3000 Mcal/kg de ED y con dos niveles de proteína, 15 y 18%, se realizó un experimento con 48 cuyes machos de la raza Perú con  $14 \pm 3$  días de edad, con un peso promedio inicial de 304 g/cuy. Luego de 49 días de evaluación encontraron ganancias de peso durante toda la etapa que variaron entre 592 y 695 g/cuy, se registraron consumos de materia seca entre 2017 y 2362 g por animal, la conversión alimenticia fue entre 3.3 y 3.68. Los rendimientos de carcasa variaron entre 70.6 y 71.8% (Torres et al., 2006)

En un experimento con 136 cuyes machos de líneas mejoradas de cruce con línea Perú, destetados de  $14 \pm 3$  días de edad, peso inicial de 249 g, alimentados con maíz chala en cantidades restringidas, en base al 10% del peso vivo y alimento concentrado peletizado suministrado ad libitum; luego de siete semanas de evaluación se encontraron pesos vivos finales en promedio de 1062.9 g, incremento total de peso de 816.4 g, incremento diario de 16.7 g, consumo de alimento de 2633 g de materia seca y conversión alimenticia de 3.29 (Valverde et al., 2006)

Con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de cuyes procedentes del cruce con la raza Perú, usando dietas concentradas, como alimento único, isoproteicas e isoenergéticas, con diferentes niveles de lisina y aminoácidos azufrados, se realizó un experimento con 72 cuyes machos de  $14 \pm 3$  días de edad, durante ocho semanas experimentales, encontrándose pesos finales de 1121 g, ganancias de peso de 827 g, conversiones alimenticias de 3.63, con un consumo promedio/cuy durante todo el experimento de 3003 g (Remigio et al., 2006).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Del Sistema digestivo del Cuy**

Los cuyes desde su domesticación han sido sometidos a una selección natural y han mantenido una gran variabilidad genética, habiendo sufrido una serie de cambios y mutaciones, lo cual a su vez le ha permitido sobrevivir y perpetuarse como especie productiva (Chauca y Muscari, 2001). El cuy, especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana; su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración. Realiza cecotrófia para reutilizar el nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína. El cuy está clasificado según su anatomía gastrointestinal como fermentador post-gástrico debido a los microorganismos que posee a nivel del ciego. El ciego de los cuyes es un órgano grande que constituye cerca del 15 por ciento del peso total (Hagan y Robison, 1953, citado por Gómez y Vergara, 1993).

El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido, no demora más de dos horas en llegar la mayor parte de la ingesta al ciego. El pasaje por el ciego es más lento pudiendo permanecer en él parcialmente por 48 horas, debido a que la celulosa de la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de ácidos grasos que se da en el ciego e intestino grueso. La absorción de los otros nutrientes se realiza en el estómago e intestino delgado incluyendo los ácidos grasos de cadenas largas; por tanto la flora bacteriana

existente en el ciego permite un buen aprovechamiento de la fibra (Reid, 1948, citado por Gómez y Vergara, 1993).

La producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan microorganismos, en su mayoría bacterias gram-positivas, que pueden contribuir a cubrir sus requerimientos nutricionales por la reutilización del nitrógeno través de la cecotrófia, que consiste en la ingestión de las cagarrutas (Gómez y Vergara 1993). El ciego de los cuyes es menos eficiente que el rumen debido a que los microorganismos se multiplican en un punto que sobrepasa al de la acción de las enzimas proteolíticas. A pesar de que el tiempo de multiplicación de los microorganismos del ciego es mayor que la retención del alimento, esta especie lo resuelve por mecanismos que aumentan su permanencia y en consecuencia la utilización de la digesta (Reid, 1948, citado por Gómez y Vergara, 1993).

El consumo de alimentos, es extremadamente importante desde el punto de vista de la salud intestinal; la investigación en nutrición animal y humana indican que existen oportunidades para prevenir los desórdenes entéricos mediante dietas funcionales; basándose en un conocimiento profundo de la interacción entre nutrición y salud, lo que permite formular dietas que puedan prevenir eficazmente las enfermedades entéricas o aliviar los efectos de las infecciones (Smith *et al.*, 1999). Datos científicos determinan que un tracto gastrointestinal sano es el prerrequisito más importante para la transformación de nutrientes en desempeño productivo. Hoy en la determinación de una implementación de unas Buenas Prácticas Pecuarias como tema importante de la alimentación y nutrición animal es, por lo tanto, promover y mantener la salud

gastrointestinal para asegurar producción eficiente, posicionarse en el mercado y proveer al mercado productos animales sanos e ino cuos y de alta calidad (Alle y Touchette 1999).

### **2.2.2. De la nutrición del cuy**

La fisiología digestiva estudia los mecanismos que se encargan de transferir nutrientes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente al medio interno, para luego ser conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Es un proceso bastante complejo que comprende la ingestión, la digestión y la absorción de nutrientes y el desplazamiento de estos a lo largo del tracto digestivo (Chauca, 1993).

En cuyes no han sido determinados los requerimientos nutritivos en sus diferentes estadios fisiológicos. Al igual que en otros animales, los nutrientes requeridos por el cuy son: agua, proteína (aminoácidos), fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas y dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle la crianza. Los requerimientos para cuyes en crecimiento recomendados por el Consejo Nacional de Investigaciones de Estados Unidos (NRC, 1978), para animales de laboratorio vienen siendo utilizados en los cuyes productores de carne. Los cuyes como productores de carne precisan del suministro de una alimentación completa y bien equilibrada que no se logra si se suministra únicamente forraje, a pesar que el cuy tiene una gran capacidad de consumo. Solamente con la alfalfa podría conseguirse buenos crecimientos y resultados óptimos en la reproducción (Caycedo, 1992).

## Cuadro 01. Requerimiento nutritivo de cuyes

Nutrientes	Unidad	Etapa productiva		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	(%)	18	18 - 22	13 - 17
ED'	(kcal/kg)	2 800	3 000	2 800
Fibra	(%)	8 -17	8 - 17	10
Calcio	(%)	1,4	1,4	0,8 – 1,0
Fósforo	(%)	0,8	0,8	0,4 – 1,0
Magnesio	(%)	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
Potasio	(%)	0,5 – 1,4	0,5 – 1,4	0,5 – 1,4
Vitamina C	(mg)	200	200	200

'Energía digestible.

Fuente: Nutrient requirements of laboratory animals. 1990. Universidad de Nariño, Pasto (Colombia). Citado por Caycedo, 1992.

### 2.2.3. De los ácidos orgánicos

Los ácidos grasos de cadena corta son un producto de la fermentación de los hidratos de carbono no digeribles, producidos por las bacterias que viven en el tracto gastrointestinal del mismo animal, siendo mayor esta población bacteriana en el intestino grueso proximal (Than *et al.*, 2014). Los ácidos grasos de cadena corta que más se producen son el acetato, propionato, y butirato, utilizados como una fuente de nutrientes por las células epiteliales del colon. Estos ácidos grasos tienen un papel funcional en el transporte de electrolitos y de agua, crecimiento y diferenciación celular, además cumplen rol protector contra enfermedades como el cáncer de colon (Binder, 2010).

Las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta varían según el organismo, la dieta, la diversidad de la microflora y la concentración producida en el colon (Bugaut, 1987). Las concentraciones relativas de estos ácidos tienden a producirse en relaciones de 3: 2: 1 o 3: 1: 1 con acetato como más

prevalente, seguido de propionato y butirato, respectivamente, con una concentración total de ácidos grasos de cadena corta de alrededor de 100 mM (Tazoe et al., 2008).

Los ácidos grasos de cadena corta como el butirato y propionato tienen efectos diferentes sobre la motilidad a nivel intestinal, dependiendo de la longitud de la cadena del ácido y la concentración del ácido graso a nivel luminal. Así, el efecto neto de los ácidos grasos de cadena corta sobre la motilidad colónica dependen del equilibrio de ácidos grasos producidos por la digestión microbiana de almidones resistentes. Dicho balance también podría alterarse por la ingesta de alimento que contiene butirato y propionato exógenos. (Hurst *et al.*, 2014).

El uso de una mezcla de tres ácidos orgánicos, ácido acético, láctico y propiónico en la dieta de cuyes en base a rye grass + trébol + afrechillo de trigo, mejoró los parámetros productivos; sin embargo no se conoce el rendimiento productivo del cuy en esa misma etapa si la adición de ácidos orgánicos sería en un alimento concentrado compuesto por varios ingredientes proteicos y energéticos, y si los ácidos orgánicos serían adicionados por separado, solo butirato y solo propionato, o asociados butirato y propionato en mezcla (Sánchez-Silva *et al.*, 2014).

En los últimos años los ácidos orgánicos están siendo utilizados con mayor frecuencia como una de las estrategias en la producción animal, siendo los más frecuentes el ácido fórmico, propiónico, cítrico, fumárico, láctico y butírico que disminuyen sustancialmente el consumo de alimento. (Roth 1999) quien sugiere que la utilización de ácidos orgánicos en la alimentación de lechones, aves y conejos permite obtener un aumento en su ritmo de crecimiento. Santomá

*et al.* (2006) refieren que el ácido butírico, ácido orgánico de cadena corta, se usa obteniendo beneficios sustanciales como aditivo en la dieta de animales de engorde.

El butirato sódico, es una sal sódica del ácido graso de cadena corta ácido butírico, sus efectos fisiológicos se han demostrado en varias especies, tales como: control de la barrera intestinal, la reducción de patógenos, el aumento de la mucina, regulación de la respuesta inmune y efectos en el epitelio intestinal, como el suministro de energía a los colonocitos y los enterocitos, mejorador de la proliferación, diferenciación y maduración celular (Guilloteau *et al.*, 2010). El mejor desarrollo del epitelio intestinal da como resultado un aumento de la superficie intestinal que estará en contacto con la digesta, asegurando una mejor digestión (Pluske *et al.*, 1996). Por lo tanto, el uso de butirato sódico en cuyes resultará en animales con un epitelio intestinal bien desarrollado, lo que les permite digerir mejor el alimento que reciben, debido a una mayor longitud de las vellosidades intestinales de los animales (Mallo *et al.*, 2011). Esta mejora de la digestibilidad de la dieta puede explicar la reducción en la tasa de conversión del alimento que es normalmente observado con el uso de butirato de sodio (Mallo *et al.*, 2010). Además, los efectos bactericidas del butirato de sodio se demostraron frente a las bacterias gram negativas (Fernández-Rubio *et al.*, 2009) y gram positivas (Jerzsele *et al.*, 2011) cuando se asocia con algún aceite esencial.

Existen algunos análogos de butirato, así Qiao *et al.* (2013) hace referencia al hidroxib- $\beta$ -metilbutirato (HMB), que es un metabolito producido a partir del aminoácido esencial leucina con el potencial para aumentar la masa

muscular y mejorar calidad muscular; lo que ha ganado interés en el bienestar animal y humano, centrándose muchas investigaciones en las últimas dos décadas en el butirato, debido a que se viene demostrando que HMB puede tener efectos beneficiosos en varias especies. Nissen et al. (1994b) descubrió por primera vez que la alimentación de HMB en pollos de engorde generó una mejor tasa de crecimiento, disminución de la mortalidad y aumento de la deposición muscular. Otro grupo de investigación también obtuvo resultados positivos con HMB, como el aumento de la masa corporal en los corderos en crecimiento (Nissen et al., 1994c), mejorando el rendimiento de la carcasa en el lote de engorde (Van Koeveering et al., 1994), y la mejora en el porcentaje de grasa de la leche de cerda y el rendimiento de los lechones (Nissen et al., 1994a). Posteriormente, se realizaron estudios sobre el metabolismo proteico; la inclusión de HMB produjo degradación de proteínas en ratones aislados y músculos del pollo (Ostaszewski et al., 2000). En la resistencia muscular con ejercicio de campo, HMB aumenta fuerza en el músculo y masa magra, y minimiza el daño muscular (Panton et al., 2000; Vukovich et al., 2001; Nissen y Sharp, 2003). El HMB es ampliamente utilizado como suplemento ergogénico, en deportistas de gran esfuerzo como físico culturistas que buscan mejorar su rendimiento o aumentar la masa muscular (Portal et al., 2010). El efecto de la suplementación del butirato fue evaluado sobre el rendimiento en crecimiento del lechón, para lo cual se suministró 0.3% de butirato después de 4 días del nacimiento hasta el día 21, incrementándose la ganancia de peso de los lechones en un 13% respecto de los que no fueron suplementados (Lu et al., 2013)



El ácido butírico, es un agente trófico de los enterocitos, al comportarse como una fuente rápida de energía, también favorece la regeneración del epitelio intestinal, es capaz de modular la proliferación de las células intestinales y así mejora la salud intestinal, funcionando de forma preventiva frente a los problemas gastrointestinales de etiología infecciosa. (Fernández y Camino 2005). Los ácidos orgánicos pueden ser absorbidos por el animal, representando así una fuente adicional de nutrientes; también inhibir el crecimiento de determinados microorganismos digestivos patógenos, ya que reducen el pH del tracto digestivo y además tienen actividad bactericida y bacteriostática (Mayorga citado por Carro y Ranilla 2002).

En alimentos balanceados, el uso de butirato de sodio está en incremento, debido principalmente a su capacidad de mejorar la salud intestinal de animales jóvenes. El efecto de cubrir o proteger el butirato de sodio tiene dos funciones principales. La primera: mantener una concentración adecuada hasta el último tramo del intestino, donde se llevan a cabo la mayoría de los procesos biológicos de absorción de nutrientes. La segunda, no menos importante disminuir el efecto de irritación operacional que puede causar el butirato de sodio. Diversos fabricantes de aditivos tienen diferentes alternativas para llegar a obtener los efectos deseados con el propósito nutricional y para disminuir los efectos del olor. Se ha visto que existen productos protegidos con grasas de alto punto de fusión que proporcionan una funcionalidad muy importante del butirato. Sin embargo, el uso de grasas puede proporcionar ciertos problemas con el deterioro de oxidativos que disminuyen el propósito nutricional de todo el alimento (Cano 2015).

### 2.3. BASES CONCEPTUALES

**Ácido propiónico.** Es un ácido carboxílico monoprótico. No obedece la Ley de los Gases Ideales porque su vapor no consiste en moléculas individuales del ácido, sino en pares de moléculas enlazadas por dos puentes de hidrógeno. Puede formar amidas, ésteres, anhídridos, y haluros de propanoilo. En la industria, se lo produce a partir de la oxidación al aire de propanal. También se produce biológicamente del desdoblamiento metabólico de ácidos grasos con carbonos impares, y de algunos aminoácidos. Las bacterias del género propionibacterium lo producen como producto final de su metabolismo anaerobio. Estas bacterias se encuentran comúnmente en el rumen. El ácido propiónico es utilizado como conservante de alimentos. Inhibe el crecimiento de moho y de algunas bacterias. Para el pienso de animales se utiliza directamente, o como su sal de amonio (Weiss, 2015).

**Ácido butírico.** Es un ácido carboxílico con la fórmula estructural  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ . Sales y ésteres del ácido butírico son conocidos como butiratos. Se lo obtiene industrialmente por la fermentación de azúcar o almidón, la que es ayudada por la adición directa de *Bacillus subtilis*. Se lo utiliza como un aditivo de la alimentación animal, debido a la capacidad para reducir la colonización bacteriana patógena. Butirato se produce como producto final de un proceso de fermentación realizado únicamente por bacterias anaerobias obligadas. Residuos de fibras altamente fermentables, tales como los de almidón resistente, son transformados por las bacterias del colon en los ácidos grasos de cadena corta, incluyendo butirato. Del almidón resistente se produce más butirato que otros tipos de fibra dietética. Se ha demostrado que es un mediador crítico de la

respuesta inflamatoria del colon. Butirato posee tanto potencial preventivo y terapéutico para contrarrestar la inflamación mediada por la colitis ulcerosa y el cáncer colon rectal (IPCS 1998).

**Butirato de sodio.** Es una sal del ácido butírico que tiene características que generan un alto desempeño nutricional, es un polvo blanco altamente fluido y de un tamaño relativamente menor a cualquiera de los otros productos derivados del sodio, este tamaño oscila alrededor de 50 micras. La característica más distintiva del butirato de sodio es su olor característico (ligeramente irritante) y que por su propia naturaleza este olor sobresale en cualquier sustrato donde se use, incluso en la ración animal, puede llegar a ser un problema operacional si se usa en forma pura (Cano 2015).

## CAPITULO III

### DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

#### 3.1. HIPOTESIS

##### **Hipótesis general**

La adición de Butirato y Acido Propiónico a la dieta del cuy en crecimiento mejora los parámetros productivos.

##### **Hipótesis específica**

El butirato y ácido propiónico en la dieta de cuyes influye positivamente en ganancias de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mérito económica en cuyes en crecimiento, respecto de los animales con dietas sin la adición de estos ácidos.

### 3.2. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se efectuó en la Granja Israel; ubicado en el Km. 7.25 Carretera al Campamento ex Túnel Conchano en el distrito de Chota, provincia de Chota y departamento de Cajamarca; con una duración de 70 días experimentales.

La provincia de Chota, región Cajamarca presenta las siguientes características climatológicas (\*):

Altitud promedio	:	2388 m.s.n.m
Latitud sur	:	06°33'31"
Longitud oeste	:	78°38'51"
Clima	:	Templado
Temperatura promedio anual	:	15.2 °C
Temperatura mínima promedio anual	:	9.7 °C
Temperatura máxima promedio anual	:	20.6 °C
Precipitación Atmosférica	:	1038 mm/año
Humedad relativa promedio anual	:	62.8 %
Presión atmosférica	:	760.2 milibares
Horas de brillo solar promedio anual	:	6.2 sol/día

---

\* Fuente datos proporcionados por SENAMHI - Cajamarca 2016

### **3.3. MATERIAL Y MÉTODOS**

Los cuyes (*Cavia porcellus*) procedieron de dos granjas, ubicados en dos caseríos Llasavilca alto y Pingobamba ambos situadas en la provincia de Chota; Región Cajamarca.

Los cuyes evaluados pertenecieron a la línea Perú. Fueron alojados en pozas individuales; se trabajó con 40 cuyes de los cuales 20 fueron hembras y 20 machos, entre 14 y 21 días de edad, previamente fueron dosificados con Valbazén plus.

#### **Materiales de alojamiento**

- 40 pozas individuales de ladrillo y cemento, con dimensiones de 0.75 x 0.50 x 0.50, de largo, ancho y altura, respectivamente.
- 40 comederos de arcilla cocida
- 40 bebederos de arcilla cocida

### **3.4. RÉGIMEN ALIMENTICIO**

Los cuyes fueron alimentados bajo un sistema de alimentación mixta, en sus cuatro tratamientos considerando suministro de forraje verde restringido y suministro ad libitum de alimento concentrado. La fórmula alimenticia del indicado alimento balanceado fue la misma para los cuyes de todos los tratamientos con la diferencia de la adición de los ácidos orgánicos. El alimento concentrado tuvo la siguiente composición y contenido nutricional:

**Fórmula del alimento concentrado utilizada  
en el experimento.**

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Subproductos de trigo	39
Maíz	25
Polvillo de arroz	19
Torta de soya	14
Fosfato dicálcico	1
Carbonato de calcio	1.6
Sal común	0.3
Premezcla de vit. y min.	0.1
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

**Valor nutritivo calculado del concentrado**

Materia seca, %	88.00
E.D., Mcal/kg	2.93
Proteína, %	18.50
Fibra, %	6.06
Grasa, %	3.74
Lisina, %	0.89
Met +Cist, %	0.64
Calcio, %	1.11
Fósforo, %	0.98

### **3.4.1.- Alfalfa (*Medicago sativa*)**

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la principal especie forrajera y la base de la producción de carne y leche. La siembra de este cultivo es de importancia por sus altos rendimientos de materia seca (MS) ha, su excelente calidad forrajera y su gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (suelo, clima y manejo). Su capacidad para la fijación de Nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con *Sinorhizobium meliloti* la convierten en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Para una alta producción de forraje, la alfalfa requiere suelos profundos (>1,2 m), bien aireados, de reacción más bien neutra (pH 6,5 a 7,5) y buena fertilidad (especialmente P y, en menor proporción, S). A medida que las condiciones reales se alejen de este marco ideal. El cultivo disminuye su rendimiento y persistencia. En muchos casos, las deficiencias nutricionales se pueden cubrir con fertilizaciones y la acidez de los suelos con enmiendas cálcicas. El cultivo de alfalfa en la argentina (Basigalup 2007)

La alfalfa que se suministró a los cuyes durante las 10 semanas fue de la variedad WL 440 HQ (Dormancia 10,2), instalada hace aproximadamente 6 años, por los productores de estas zona el cual se realizó el corte aproximadamente a los 30 a 45 cm, suministro restringido administrado de acuerdo al peso vivo de los cuyes; con la finalidad de que los cuyes consuman mayor cantidad de alimento concentrado.



### **Valor nutritivo de la alfalfa, F.V. (en base seca)**

Materia seca, %	25.00
Proteína, %	17.50
FDN, %	40.23
Grasa, %	2.74
Calcio, %	1.08
Fósforo, %	0.4

Fuente: Laboratorio Control de alimentos. FICP. UNC

Los ácidos orgánicos utilizados fueron los siguientes:

#### **BIOBUTIL COATED**

Principio Activo                      Butirato de sodio 30 %

#### **FUNGIBAN**

Principio Activo                      Ácido propiónico 99.5 %

#### **Tratamientos en estudio**

Los tratamientos en estudio fueron considerados en base a 100 kg:

T0 = Sin ácidos orgánicos

T1 = 100 kg de concentrado testigo + 100 g de Biobutil coated (B)

T2 = 100 kg de concentrado testigo + 100 g de Fungiban (F)

T3 = 100 kg de concentrado testigo + 100 g de B + 100 g de F

### 3.5. PARAMETROS EVALUADOS

En el presente trabajo de investigación se evaluó los siguientes parámetros:

#### **Pesos corporales**

Luego de distribuir los cuyes destetados en cada poza, se procedió a tomar el peso inicial, para lo cual se atrapó el cuy de cada poza en una bolsa de nylon y se pesó en una balanza electrónica con una precisión de +/- 1g. Así se realizó con todos los animales de las 40 pozas. Así se procedió durante las 10 semanas experimentales para la recopilación de los pesos corporales de los cuyes evaluados.

#### **Ganancia diaria de peso (g/día)**

Recopilados los pesos semanales promedio de los cuyes por cada poza y según tratamiento se procedió a calcular la ganancia media diaria de los cuyes por semana, considerando el peso actual menos el peso de la semana anterior y dividido sobre 7, que son los días de la semana; así se generó este indicador durante las 10 semanas experimentales.

$$\text{Ganancia diaria de peso (g/cuy/día)} = \frac{\text{Peso actual} - \text{Peso semana anterior}}{7 \text{ días}}$$

## **Consumo de alimento (M.S)**

La medición del consumo de alimento, dependió en primer lugar del control de peso corporal semanal, por cuanto se consideró el suministro de forraje verde en proporción al peso del cuy; en cada poza diariamente y durante una semana se suministró el 5% de forraje verde respecto del peso promedio del cuy al inicio de la semana, luego esta cantidad se reajustó semanalmente, conforme varió el peso corporal de los cuyes. La cantidad de materia seca consumida proveniente de la alfalfa se lo calculó considerando un % promedio de MS de la alfalfa de 25%

El suministro de concentrado se realizó por las mañanas, para lo cual se tuvo en cada poza un comedero de arcilla cocida e igualmente un bebedero del mismo material. Se llenó las  $\frac{3}{4}$  partes del comedero con el alimento concentrado, el cual fue pesado previamente en balanza electrónica. Al observarse la necesidad de abastecer con mayor cantidad de concentrado, se fue agregando más alimento al medio día o por la tarde, desde luego cada cantidad que se agregó fue previamente pesado; de tal manera que se controló el suministro diario de alimento por cada poza e igualmente al siguiente día se pesó el residuo de alimento que quedó en el comedero, para luego abastecer con el alimento del siguiente día. Para determinar el consumo de materia seca proveniente del concentrado se consideró un contenido calculado de 88% de MS.

Para determinar el consumo diario de alimento por cuy se sumó el consumo de materia seca proveniente del forraje verde y del concentrado.

## **Conversión Alimenticia**

Es un cálculo que se realizó, conociendo el consumo de alimento promedio del cuy por cada poza y según tratamientos, y en cada semana, dato que fue dividido por la ganancia de peso promedio por cada cuy según poza y según tratamiento. Se lo tabuló semanalmente, teniéndose el índice de conversión por cada repetición y cada tratamiento de manera semanal y de forma acumulada.

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo alimento (M.S)}}{\text{Incremento Peso}}$$

## **Mérito económico.**

Es un indicador parcial de rentabilidad que considera el ingreso y los egresos de mayor importancia (costo inicial del cuy y la alimentación). Se lo determinó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{M.E} = \frac{\text{VF} - (\text{VI} + \text{C.A}) * 100}{(\text{VI} + \text{C.A})}$$

## **Leyenda**

VI = Valor Inicial. Se consideró S/. 10.00 por cada cuy

VF = Valor Final. Se consideró el peso final del cuy, multiplicado por S/. 25.00

CA = Costo de alimentación

### **3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO**

Para el análisis de los datos se utilizó el Diseño Completamente Aleatorio (DCA), con 5 repeticiones por tratamiento, una repetición igual al dato de 1 cuy de una poza; en arreglo factorial de 4 x 2. Se realizó la prueba significativa de Tukey

#### **Factores de estudio:**

A = Adición de ácidos orgánicos en la dieta

B = Sexo

#### **Niveles de los factores**

##### **Del Factor A**

A1 = Sin ácidos orgánicos

A2 = Con butirato

A3 = Con ácido propiónico

A4 = Con butirato + ácido propiónico

##### **Del Factor B**

B1 = Machos

B2 = Hembras

#### **Combinaciones de Tratamientos**

**A1 B1 = Sin Aditivo / M**

**A1 B2 = Sin Aditivo / H**

**A2 B1 = Butirato / M**

**A2 B2 = Butirato / H**

**A3 B1 = Propionico / M**

**A3 B2 = Propionico / H**

**A4 B1 = Butirato + Propionico / M**

**A4 B2 = Butirato + Propionico / H**

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. EVOLUCIÓN DE LOS PESOS CORPORALES**

En el cuadro 02 se muestran los pesos corporales de los cuyes, evaluados semanalmente; se indican los pesos iniciales de los cuyes ubicados según tratamientos, igualmente se muestran los pesos promedio por cada tratamiento desde la primera hasta la décima semana de evaluación, que constituye el peso final. No se encontró interacción ( $p>0.05$ ) entre factores evaluados, sexo x alimento.

**Cuadro 02. Evolución de los pesos corporales (g) de los cuyes evaluados durante 10 semanas experimentales, según sexo y tipo de alimento**

SEMANA	T0		T1		T2		T3	
	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	MACHO
0	290 ± 5a	293 ± 3a	290 ± 4a	291 ± 6a	288 ± 11a	291 ± 5a	293 ± 7a	289 ± 5a
1	435 ± 48c	541 ± 25a	556 ± 36a	574 ± 36a	494 ± 146b	532 ± 101ab	493 ± 125b	472 ± 79bc
2	476 ± 69d	591 ± 25b	637 ± 48a	656 ± 49a	538 ± 76c	587 ± 103b	512 ± 95c	578 ± 78bc
3	502 ± 62d	606 ± 22b	661 ± 48a	682 ± 43a	560 ± 70c	625 ± 97ab	557 ± 90c	611 ± 67b
4	563 ± 45d	695 ± 56ab	727 ± 82ab	776 ± 71a	608 ± 41c	696 ± 112ab	655 ± 81bc	688 ± 76ab
5	595 ± 45d	735 ± 64b	786 ± 115ab	820 ± 57a	650 ± 48c	759 ± 153ab	701 ± 116b	723 ± 62b
6	654 ± 51d	777 ± 62b	830 ± 123a	865 ± 54a	684 ± 50d	818 ± 155ab	748 ± 116c	783 ± 58b
7	672 ± 38 d	817 ± 77b	860 ± 168a	894 ± 69a	731 ± 31c	837 ± 137ab	775 ± 133c	835 ± 58ab
8	706 ± 30cd	833 ± 85b	900 ± 166a	920 ± 64a	729 ± 35c	833 ± 126b	800 ± 122b	881 ± 45ab
9	752 ± 31cd	866 ± 72b	938 ± 160a	961 ± 64a	776 ± 32c	878 ± 128b	846 ± 93bc	925 ± 40a
10	790 ± 24c	895 ± 60ab	974 ± 146a	996 ± 69a	818 ± 26bc	916 ± 124ab	879 ± 82b	953 ± 28a

T0 = Sin ácidos orgánicos

T1 = 100 kg de concentrado testigo + 100 g de Biobutil coated (B)

T2 = 100 kg de concentrado testigo + 100 g de Fungiban (F)

T3 = 100 kg de concentrado testigo + 100 g de B + 100 g de F

a,b,c,d Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa

Los pesos iniciales no presentaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ), por tanto se constituyeron en un punto de partida óptimo para el presente experimento, asimismo el desvío estándar fue el óptimo, no superando la desviación respecto del promedio en más del 5%, en un solo tratamiento, lo cual demuestra que se inició con animales bastante homogéneos. Sin embargo a medida que avanza la edad del cuyes se observan algunas desviaciones estándar, respecto del promedio entre 10 a 20%, lo cual puede deberse a que los cuyes desde su domesticación han sido sometidos a una selección natural y han mantenido una gran variabilidad genética, habiendo sufrido una serie de cambios y mutaciones, lo cual a su vez le ha permitido sobrevivir y perpetuarse como especie productiva (Chauca y Muscari, 2001).

En estudios de mejoramiento genético. El genotipo Perú es considerado como una raza precoz porque alcanza un peso de 1046 g con un consumo de 2153 g de materia seca, conversión alimenticia de 3.03, obteniéndose al beneficio un rendimiento de 72.6% de carcasa (Chauca *et al.*, 2005); en el presente estudio se trabajó con línea Perú; por lo que se puede atribuir a no igualar o superar las ganancias de peso con referencia al estudio del genotipo Perú.

A las 10 semanas experimentales no se observaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) en el peso final de los cuyes machos atribuidos a la adición de ácidos orgánicos, aunque existe la tendencia numérica a favor de los cuyes machos que consumieron alimento con butirato. En las hembras si se hizo notorio la diferencia estadística ( $p<0.05$ ) a favor de los cuyes que consumieron concentrado adicionado con butirato, sobre las hembras de los demás tratamientos. Dichos resultados coinciden con lo manifestado por Santomá *et al.*



(2006) quienes refieren que el ácido butírico genera beneficios sustanciales como aditivo en la dieta de animales de engorde, ya que el ácido butírico, favorece la regeneración del epitelio intestinal y es capaz de modular la proliferación de las células intestinales, mejorando la salud intestinal (Fernández y Camino 2005).

#### 4.2. GANANCIAS DE PESO

En el cuadro 03 se indican las ganancias de peso de los cuyes evaluados hasta las diez semanas experimentales, según sexo y tipo de alimento. Se muestra las ganancias de peso total promedio por animal, promedio semanal y ganancia media diaria.

**Cuadro 03. Ganancias de peso (g) promedio por cuy evaluado, total, semanal y diario, durante las diez semanas experimentales, según sexo y tipo de alimento.**

TRATAMIENTOS		GANANCIA DE PESO		
		TOTAL	SEMANAL	DIARIA
T0	Hembra	500 d	50 d	7.14 d
	Macho	602 bc	60 bc	8.61 bc
T1	Hembra	682 ab	68 ab	9.74 a
	Macho	705 a	70 a	10.07 a
T2	Hembra	530 c	53 c	7.57 d
	Macho	625 b	62 b	8.93 b
T3	Hembra	586 bc	59 bc	8.37 c
	Macho	664 ab	66 ab	9.49 ab

Se observan las mejores ganancias de peso en los cuyes, tanto machos y hembras suplementados con butirato de sodio, así el mismo efecto lo alcanzaron los machos que recibieron el aditivo asociado de ácidos orgánicos, luego obtuvieron las mejores ganancias de peso los machos que fueron

suplementados con ácido propiónico; la menor ganancia de peso correspondió a las hembras del tratamiento testigo, sin suplemento de ácidos orgánicos.

Estudios reportan ganancia de peso de 16.7 g/día Valverde et al. (2006) esto no concuerdan con nuestros resultados, lo cual puede atribuirse a la edad de los animales y genotipo, ya que estos resultados corresponden a cuyes evaluados siete semanas post destete, a diferencia de los cuyes del presente estudio que fueron evaluados durante 10 semanas post destete. El mismo efecto puede atribuirse a las diferencias encontradas con Remigio et al. (2006) quienes reportan ganancias de peso de 827 g durante un experimento de ocho semanas post destete, superiores a las del presente estudio.

El butirato en los cuyes del presente estudio tuvo efecto positivo sobre los incrementos de peso, aumentando masa muscular, conforme reporta Qiao et al. (2013) refiriéndose a un análogo de butirato e igualmente Nissen et al. (1994b) quien descubrió que el butirato en pollos de engorde generó una mejor tasa de crecimiento y aumento de la deposición muscular. El butirato aumentó la masa corporal en los corderos en crecimiento y en otras especies, incluido el hombre (Nissen et al., 1994c; Panton et al., 2000; Vukovich et al., 2001; Nissen y Sharp, 2003; Portal et al., 2010).

### 4.3. CONSUMO DE ALIMENTO

En el cuadro 04 se muestra el consumo de alimento promedio por cuy durante todo el experimento, semanal y diario.

**Cuadro 04. Consumo de alimento (g/día M.S) promedio por cuy durante todo el experimento, semanal y diario, según sexo y tipo de alimento.**

TRATAMIENTOS		CONSUMO DE FORRAJE (MS)			CONSUMO DE CONCENTRADO (MS)			CONSUMO TOTAL DE ALIMENTO (MS)		
		TOTAL	SEMANAL	DIARIO	TOTAL	SEMANAL	DIARIO	TOTAL	SEMANAL	DIARIO
T0	Hembra	770	77	11.00	2483	248	35.47	3253	358	46.47
	Macho	770	77	11.00	2493	249	35.61	3263	359	46.61
T1	Hembra	770	77	11.00	2553	255	36.47	3323	365	47.47
	Macho	770	77	11.00	2638	264	37.69	3408	374	48.69
T2	Hembra	770	77	11.00	2497	250	35.67	3267	360	46.67
	Macho	770	77	11.00	2512	251	35.89	3282	361	46.89
T3	Hembra	770	77	11.00	2486	249	35.51	3256	359	46.51
	Macho	770	77	11.00	2542	254	36.31	3312	364	47.31

Aun cuando no se refleja estadísticamente una diferencia ( $p>0.5$ ) entre los consumos de los cuyes de los diferentes tratamientos se observa que los cuyes machos y hembras suplementados con butirato tuvieron mayor consumo de materia seca durante todo el experimento. Lo que corrobora que el ácido butírico asociado a una sal le confiere una buena palatabilidad que por sí sólo (Cano 2015; corroborándose que el consumo de alimentos de cuyes con la adición de concentrados adicionados con ácidos orgánicos es extremadamente importante para mantener la salud intestinal y así prevenir los desórdenes entéricos; por lo cual se puede concluir que la dieta para cuyes con la adición de ácidos orgánicos de cadena corta constituyen las denominadas dietas funcionales (Smith *et al.*,1999)

Los consumos de materia seca de los cuyes del presente experimento fueron mayores de los consumo encontrados bajo una alimentación mixta, con maíz chala como forraje y alimento balanceado peletizado y en experimento de menos duración, tales como los consumos de materia seca entre 2017 y 2362 g por animal registrados por Torres *et al.* (2006), consumo de alimento de 2633 g de materia seca según Valverde *et al.* (2006) y el consumo promedio/cuy durante todo el experimento de 3003 g (Remigio *et al.*, 2006). Desde luego el consumo de alimento por cualquier especie está influenciado por una serie de factores, tales como edad, estado fisiológico del animal, calidad nutricional del alimento, la genética, entre otros factores.

#### 4.4. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En el cuadro 05 se muestra la conversión alimenticia promedio por cuy durante todo el experimento, semanal y diario. Se observan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) a favor de los cuyes alimentados con butirato y machos a los que se les suplementó los ácidos asociados.

**Cuadro 05. Conversión alimenticia promedio por cuy durante todo el experimento, semanal y diario, según sexo y tipo de alimento**

TRATAMIENTOS		CONSUMO TOTAL	INCREMENTO TOTAL	CONVERSION ALIMENTICIA
T0	Hembra	3253	500	6.51 cd
	Macho	3263	602	5.42 b
T1	Hembra	3323	682	4.87 a
	Macho	3408	705	4.83 a
T2	Hembra	3267	530	6.16 c
	Macho	3282	625	5.25 b
T3	Hembra	3256	586	5.56 b
	Macho	3312	664	4.99 ab

Los cuyes que consumieron alimento adicionado solo con butirato de sodio y los machos con la asociación butirato + ácido propiónico fueron más eficientes que los demás cuyes de los otros tratamientos, lo que corrobora el efecto del butirato de sodio en mantener en buen estado todo el tramo del intestino donde se lleva a cabo la absorción de nutrientes, disminuyendo problemas de irritación (Cano 2015); por tanto la dieta suplementada con butirato de sodio afectó positivamente al desarrollo intestinal de cuyes de engorde con mejores resultados que una dieta base sin suplemento de ácidos orgánicos de cadena corta, tal como lo reporta Vallejos et al. (2015). La mejor conversión alimenticia de nuestro estudio con la inclusión de ácidos orgánicos se debe a

que se generó un tracto gastrointestinal sano, que es el prerequisite más importante para la transformación de nutrientes en desempeño productivo (Alle y Touchette 1999). El butirato sódico por sus efectos fisiológicos: control de la barrera intestinal, la reducción de patógenos, el aumento de la mucina, regulación de la respuesta inmune y efectos en el epitelio intestinal, como el suministro de energía a los colonocitos y los enterocitos, mejorador de la proliferación, diferenciación y maduración celular (Guilloteau et al., 2010), mejor desarrollo del epitelio intestinal, aumento de la superficie intestinal que estará en contacto con la digesta, mejora de la digestión (Pluske et al., 1996). ha producido en los cuyes del presente estudio condiciones en el epitelio intestinal bien desarrollado, lo que les permite digerir mejor el alimento que reciben, debido a una mayor longitud de las vellosidades intestinales de los animales (Mallo et al., 2011). Esta mejora de la digestibilidad de la dieta explica la mejora en la tasa de conversión del alimento que es normalmente observado con el uso de butirato de sodio (Mallo et al., 2010).

Las conversiones alimenticias de nuestro estudio son menos eficientes con lo reportado en condiciones de alimentación mixta, suministrando maíz chala como forraje, a razón de 10% del peso vivo de los cuyes y con un alimento balanceado suministrado ad libitum, lo cual produjo una conversión alimenticia entre 3.3 y 3.68 (Torres et al., 2006), igualmente en otro trabajo con alimentación mixta se muestran mejores datos de conversión alimenticia de 3.29 (Valverde et al., 2006); lo mismo sucede con dietas peletizadas como alimento único, hallándose conversiones alimenticias de 3.63 (Remigio et al., 2006). Esto hace pensar que los cuyes evaluados por INIA, corresponden a otro genotipo y fueron realizados bajo otras condiciones de crianza en general.

#### **4.5. MERITO ECONOMICO**

En el cuadro 06 se muestra el costo de alimentación promedio por cuy durante todo el experimento. En el cuadro 07 se indica el valor inicial, valor final y mérito económico promedio por cuy durante todo el experimento. Se puede observar que el mejor indicador parcial de rentabilidad, mérito económico, se encontró con los animales que consumieron butirato de sodio, lo cual puede atribuirse a los mejores incrementos de peso que se logró con estos animales, así como a las mejores conversiones alimenticias que mostraron los animales suplementados con butirato. Asimismo se observa que el mayor costo de alimentación lo ocasionó, precisamente los animales del tratamiento con butirato, lo cual resulta contradictorio, pero no pudieron revertir con una mayor eficiencia biológica, reflejada en mejor incremento de peso y conversión, como se indica.

Los cuyes que tuvieron menor costo de alimentación fueron los cuyes a los que no se les suplementó con ácidos orgánicos, pero sin embargo al análisis económico no lograron el mejor indicador de rentabilidad, lo cual refleja que no siempre tener el menor costo de alimentación influye en la rentabilidad del proceso productivo pecuario.

**Cuadro 06. Costo de alimentación promedio por cuy durante todo el experimento, según sexo y tipo de alimento**

TRATAMIENTOS		Consumo FV, kg	Costo/kg S/.	Costo FV S/.	Consumo Conc. Kg	Costo/kg S/.	Costo Conc. S/.	Costo Alimentación, S/.
T0	Hembra	3.08	0.5	1.54	2.82	1.5	4.23	5.77
	Macho	3.08	0.5	1.54	2.83	1.5	4.245	5.785
T1	Hembra	3.08	0.5	1.54	2.9	1.5	4.35	5.89
	Macho	3.08	0.5	1.54	3	1.5	4.5	6.04
T2	Hembra	3.08	0.5	1.54	2.84	1.5	4.26	5.8
	Macho	3.08	0.5	1.54	2.85	1.5	4.275	5.815
T3	Hembra	3.08	0.5	1.54	2.83	1.5	4.245	5.785
	Macho	3.08	0.5	1.54	2.89	1.5	4.335	5.875



**Cuadro 07. Valor inicial, valor final y mérito económico promedio por cuy durante todo el experimento, según sexo y tipo de alimento**

<b>TRATAMIENTOS</b>		<b>Valor Inicial S/.</b>	<b>Peso final, KG</b>	<b>Precio/ kg S/.</b>	<b>Valor Final S/.</b>	<b>Costo Alimentación, S/.</b>	<b>MERITO ECONOMICO, %</b>
T0	Hembra	10	0.79	25	19.75	5.77	<b>25.24</b>
	Macho	10	0.895	25	22.375	5.785	<b>41.75</b>
T1	Hembra	10	0.974	25	24.35	5.89	<b>53.24</b>
	Macho	10	0.996	25	24.9	6.04	<b>55.24</b>
T2	Hembra	10	0.818	25	20.45	5.8	<b>29.43</b>
	Macho	10	0.916	25	22.9	5.815	<b>44.80</b>
T3	Hembra	10	0.879	25	21.975	5.785	<b>39.21</b>
	Macho	10	0.953	25	23.825	5.875	<b>50.08</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- La adición de butirato de sodio a la dieta de cuyes tuvo efecto positivo sobre los pesos corporales de las hembras, mas no en machos.
- Las mejores ganancias de peso en cuyes machos y hembras correspondió a los suplementados con butirato de sodio, así el mismo efecto lo alcanzaron los machos que recibieron el aditivo asociado de ácidos orgánicos.
- El consumo de alimento no se vio afectado negativamente por la presencia de ácidos orgánicos; así los cuyes machos y hembras suplementados con butirato tuvieron mayor consumo de materia seca durante todo el experimento.
- Los cuyes que consumieron alimento adicionado solo con butirato de sodio y los machos con la asociación butirato + ácido propiónico fueron más eficientes que los demás cuyes de los otros tratamientos, reflejado en una mejor conversión alimenticia.
- El mejor mérito económico lo tuvieron con los animales que consumieron butirato de sodio, lo cual puede atribuirse a los mejores incrementos de peso que se logró con estos animales, así como a las mejores conversiones alimenticias.

## LISTA DE REFERENCIAS

1. Allee GL, Touchette KJ. 1999. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. En: Avances en nutrición y alimentación animal. XV Curso de especialización. FEDNA.
2. Arpaia N, Campbell C, Fan X, Dikiy S, van der Veecken J, Deroos P, Liu H, Cross JR, Pfeffer K, Coffey PJ. 2013. Metabolites produced by commensal bacteria promote peripheral regulatory T-cell generation. *Nature*.
3. Basigalup D. 2007 El cultivo de alfalfa en la Argentina / Buenos Aires: INTA, 479 p.
4. Bedford MR. 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition their current value and future benefits. *J Animal Feed Science and Technology*. 86:1-13
5. Brufau J. 2000. The European Union ban of antibiotics performance enhancer in animal feeding and consequences: Potential alternatives. Pages 93-106 in Selected topics in Animal Nutrition.
6. Binder H. 2010. Role of colonic short-chain fatty acid transport in diarrhea. *Annual review of physiology*, 72: 297–313. [[PubMed](#)]
7. Bugaut M. 1987. Occurrence, absorption and metabolism of short chain fatty acids in the digestive tract of mammals. *Comparative biochemistry and physiology B, Comparative biochemistry*. Jan 4; 86(3):439–72. [[PubMed](#)].
8. Cano A. 2015. Artículo técnico Actualidad Avipecuaria (edición 59) butirato de sodio.

9. Carro MD, Ranilla MJ. 2002. Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: Situación actual y posibles alternativas. [Internet], [22 de enero de 2014]. Disponible en: <http://www.produccionbovina.com.ar/informacion>.
10. Camino J, Hidalgo V. Evaluación de dos fenotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. Rev Inv VetPerú 2014.
11. Caycedo, V.A. 1992. *Investigaciones en cuyes*. III Curso latinoamericano de producción de cuyes, Lima, Perú. UNA La Molina, Lima, Perú.
12. Cortyl M. 2012. Addition of sodium butyrate improves economic performances of broilers. Norel Animal Nutrition. Technical bulletin no. 19.
13. Chauca, F.L. 1993. *Sistemas de producción de cuyes en el Perú*. I Curso regional de capacitación en crianza de cuyes, págs. 77-86, Cajamarca, Perú, INIA-EELM-EEBI.
14. Chauca, F.L, Muscari, G.J. 2001. *Mejoramiento por selección del cuy o cobayo peruano*. Informe Programa de investigación en crías familiares, Proyecto cuyes del INIA. 45 pp.
15. Chauca FL, Muscari J, Hirahona R. 2005. Informe final sub-proyecto generación de líneas mejoradas de cuyes de alta productividad. Lima: INIA INCAGRO. 164 p
16. Errecalde JO. 2004. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. FAO, Roma. 61pp.

17. Fernández S, Camino T. 2005. Ácidos orgánicos en primeras edades. Albéitar: Publicación veterinaria independiente, ISSN 1699-7883, N°.88:64-66.
18. Furusawa E, Hirazumi A, Story S, Jensen J. 2003. Antitumor potential of a polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *Morinda citrifolia* (noni) on sarcoma180 ascites tumour in mice. *J. Phytotherapy Research*, v. 17, p. 1158-1164.
19. Fernández-Rubio C., Ordóñez C., Abad-González J., García-Gallego A., Honrubia M.P., Mallo J.J., BalañaFouce R. (2009) Butyric acid-based feed additives help protect broiler chickens from *Salmonella* Enteritidis infection. *Poultry Science*, 88: 943-948
20. Gilloteau P., Martin L., Eeckhaut V., Ducatelle R., Zabielski R., Van Immerseel F. (2010) From the gut to the peripheral tissue: the multiple effects of butyrate. *Nutrition Research Reviews*, 23: 366-384.
21. Gómez C, Vergara, V. 1993. *Fundamentos de nutrición y alimentación*. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares, págs. 38-50, INIA-EELM-EEBI.
22. Hurst R., Kendig M., Murthy S. y R. Grider. 2014. The short chain fatty acids, butyrate and propionate, have differential effects on the motility of the guinea pig colon. *Neurogastroenterol Motil.* 2014 Nov; 26(11):1586-96.
23. Jerzsele Á, Szekér K., Gálfi P., Puyalto M., Honrubia P., Mallo J.J. (2011) Effects of protected sodiumn-butyrate (BP70), its combination with essential

oils (BP70+EO), and of a *Bacillus amyloliquefaciens* probiotic (Ecobiol) in a necrotic enteritis artificial infection model in broilers. International Poultry Scientific Forum Abstract 42731.

24. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, IPCS. 1998 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado:. Disponible en: <http://lasaludfamiliar.com>.
25. INFORME FINAL CONVENIO INIA- CIID. 1996. Proyecto de Sistemas de Producción de Cuyes. Instituto de Investigación Agraria. Volumen I. Lima – Perú. 86 Pag.
26. Lu H, Su S, Ajuwon KM. 2012. Butyrate supplementation to gestating sows and piglets induces muscle and adipose tissue oxidative genes and improves growth performance. *J Anim Sci.*; 90, 4:430-2.
27. Nissen, S., T. D. Faidley, D. R. Zimmerman, R. Izard, and C. T. Fisher. 1994a. Colostral milk fat percentage and pig performance are enhanced by feeding the leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methyl butyrate to sows. *J. Anim. Sci.* 72:2331-2337.
28. Nissen, S., Jr., J. C. Fuller, J. Sell, P. R. Ferket, and D. V. Rives. 1994b. The effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on growth, mortality, and carcass qualities of broiler chickens. *Poult. Sci.* 73:137-155.
29. Nissen, S., D. Morrical, and J. C. Fuller Jr. 1994c. The effects of the leucine catabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on the growth and health of growing lambs. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1):243.

30. Nissen, S., and R. Sharp. 2003. The efficacy of dietary supplements in accentuating the muscle mass and strength gains achieved with resistance exercise: A meta-analysis. *J. Appl. Physiol.* 94:651-659.
31. Mallo J.J., Gracia M.I., Sánchez J., Honrubia P., Puyalto M. (2010) Effect of butyrate on broiler performance. XIIIth European Poultry Conference, S9-Nutrition Digestion.
32. Mallo J.J., Puyalto M., Rama Rao, S. V. (2010) Evaluation of the effect of sodium butyrate addition to broilers diet on energy and protein digestibility, productive parameters and size of intestinal villi of animals. 48th AECA Scientific Poultry Symposium, 343-349.
33. Ostaszewski, P., S. Kostiuk, B. Balasińska, M. Jank, I. Papet, and F. Glomot. 2000. The leucine metabolite 3-hydroxy-3-methylbutyrate (HMB) modifies protein turnover in muscles of laboratory rats and domestic chickens in vitro. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 84:1-8.
34. Panton, L. B., J. A. Rathmacher, S. Baier, and S. Nissen. 2000. Nutritional supplementation of the leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) during resistance training. *Nutrition* 16:734-739.
35. Pluske, J.R., Thompson, M.J., Atwood, C.S., Bird, P.H., Williams, I.H. and Hartmann, P.E. (1996) Maintenance of villus height and crypt depth, and enhancement of disaccharide digestion and monosaccharide absorption, in piglets fed on cows' whole milk after weaning. *British Journal of Nutrition*, 76 (3). pp. 409- 422

36. Portal, S., A. Eliakim, D. Nemet, O. Halevy, and Z. Zadik. 2010. Effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal profile and muscle damage indices. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 23:641-650.
37. Qiao X, Zhang HJ, Wu SG, Yue HY, Zuo JJ, Feng DY, Qi GH. 2013 Effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate calcium on growth, blood parameters, and carcass qualities of broiler chickens. *J. Poultry Science* 92 :753-759
38. Remigio R, Vergara V, Chauca L. 2006. Evaluación de tres niveles de lisina y aminoácidos azufrados en dietas de crecimiento para cuyes mejorados. Trabajos de investigación, INIA. Perú.
39. Roth FX. 1999. Ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción. En: Avances en nutrición y alimentación animal: XVI Curso de especialización FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo en Nutrición Animal). Pp. 169-181
40. Sánchez-Silva M, Carcelén F, Ara M, Gonzáles R, Quevedo W, Jiménez J. 2014. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú*; 25(3): 381-389.
41. Santomá G, Pérez de Ayala P, Guitierrez del Alamo A. 2006. Producción de broilers sin antibióticos promotores de crecimientos actuales. LIII Symposium Científico de Avicultura., Barcelona, España.
42. Tan J, McKenzie C, Potamitis M, Thorburn AN, Mackay CR, Macia L. 2014. The role of short-chain fatty acids in health and disease. *Advances in immunology.* Jan 3;121:91-119. [[PubMed](#)]



43. Tazoe H, Otomo Y, Kaji I, Tanaka R, Karaki S-I, Kuwahara A. 2008. Roles of short-chain fatty acids receptors, GPR41 and GPR43 on colonic functions. *Journal of physiology and pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society*. 59 (Suppl 2):251–62. [[PubMed](#)]
44. Torres A, Chauca L, Vergara V. 2006. Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento y engorde en cuyes machos. *Trabajos de investigación, INIA. Perú.*
45. Vallejos D, Carcelén F, Jiménez R. Perales R, Santillán G, Ara M, Quevedo W y F Cazorla. 2015. Efecto de la Suplementación de Butirato de Sodio en la Dieta de Cuyes (*Cavia porcellus*) de Engorde sobre el Desarrollo de las Vellosidades Intestinales y Criptas de Lieberkühn. *Rev Inv Vet Perú* 2015; 26(3): 395-403
46. Valverde N, Chauca L, Vergara V. 2006. Evaluación de cuatro áreas de crianza por animal en el crecimiento de cuyes mejorados. *Trabajos de investigación, INIA. Perú.*
47. Van Koevering, M. T., H. G. Dolezal, D. R. Gill, F. N. Owens, C. A. Strasia, D. S. Buchanan, R. Lake, and S. Nissen. 1994. Effects of beta-hydroxy-beta-methyl butyrate on performance and carcass quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 72:1927-1935.
48. Vukovich, M. D., N. B. Stubbs, and R. M. Bohlken. 2001. Body composition in 70-year-old adults responds to dietary  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) similarly to that of young adults. *J. Nutr.* 131:2049-2052.

49. Weiss A. 2015. El ácido propiónico para nutrición animal. BASF-BTC.

Disponible en: <http://wikiipedia.org>.

## APENDICES

### Apéndice 1. ANAVA PESOS INICIALES

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F cal</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
TRAT	7	100.4	14.3428571	0.360	2.32	3.25
A	3	28.2	9.4	0.236	2.9	4.46
B	1	0.1	0.1	0.003	4.15	7.5
AB	3	72.1	24.0333333	0.604	2.9	4.46
ERROR	32	1274	39.8125			
TOTAL	39	1374.4				

<b>CV (%) =</b>	<b>2.17</b>
-----------------	-------------

### APENDICE 2. ANAVA PESOS PRIMERA SEMANA

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F cal</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
TRAT	7	76174.375	10882.0536	1.475	2.32	3.25
A	3	42561.875	14187.2917	1.923	2.9	4.46
B	1	12425.625	12425.625	1.684	4.15	7.5
AB	3	21186.875	7062.29167	0.957	2.9	4.46
ERROR	32	236070	7377.1875			
TOTAL	39	312244.375				

<b>CV (%) =</b>	<b>16.77</b>
-----------------	--------------

### APENDICE 3. ANAVA PESOS SEGUNDA SEMANA

FV	GL	SC	CM	F cal	0.05	0.01
TRAT	7	129374.375	18482.0536	3.566	2.32	3.25
A	3	78516.875	26172.2917	5.050	2.9	4.46
B	1	38750.625	38750.625	7.476	4.15	7.5
AB	3	12106.875	4035.625	0.779	2.9	4.46
ERROR	32	165860	5183.125			
TOTAL	39	295234.375				

CV (%) = 12.59
----------------

### APENDICE4. ANAVA PESOS TERCERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	F cal	0.05	0.01
TRAT	7	121390	17341.4286	3.930	2.32	3.25
A	3	75395	25131.6667	5.696	2.9	4.46
B	1	37210	37210	8.433	4.15	7.5
AB	3	8785	2928.33333	0.664	2.9	4.46
ERROR	32	141200	4412.5			
TOTAL	39	262590				

CV (%) = 11.06
----------------

### APENDICE 5. ANAVA PESOS CUARTA SEMANA

FV	GL	SC	CM	F cal	0.05	0.01
TRAT	7	156534.8	22362.1143	4.254	2.32	3.25
A	3	85020.2	28340.0667	5.391	2.9	4.46
B	1	56700.9	56700.9	10.786	4.15	7.5
AB	3	14813.7	4937.9	0.939	2.9	4.46
ERROR	32	168222.8	5256.9625			
TOTAL	39	324757.6				

CV (%) = 10.72

### APENDICE 6. ANAVA PESOS QUINTA SEMANA

FV	GL	SC	CM	F cal	0.05	0.01
TRAT	7	184815.2	26402.1714	3.403	2.32	3.25
A	3	102077.8	34025.9333	4.385	2.9	4.46
B	1	57912.1	57912.1	7.464	4.15	7.5
AB	3	24825.3	8275.1	1.067	2.9	4.46
ERROR	32	248291.2	7759.1			
TOTAL	39	433106.4				

CV (%) = 12.21

### APENDICE 7. ANAVA PESOS SEXTA SEMANA

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F cal</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
TRAT	7	182370.8	26052.9714	3.234	2.32	3.25
A	3	93568.2	31189.4	3.871	2.9	4.46
B	1	66748.9	66748.9	8.285	4.15	7.5
AB	3	22053.7	7351.23333	0.912	2.9	4.46
ERROR	32	257814.8	8056.7125			
TOTAL	39	440185.6				

<b>CV (%) = 11.66</b>
-----------------------

### APENDICE 8. ANAVA PESOS SEPTIMA SEMANA

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F cal</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
TRAT	7	184738.575	26391.225	2.752	2.32	3.25
A	3	92669.675	30889.8917	3.222	2.9	4.46
B	1	73702.225	73702.225	7.687	4.15	7.5
AB	3	18366.675	6122.225	0.638	2.9	4.46
ERROR	32	306831.2	9588.475			
TOTAL	39	491569.775				

<b>CV (%) = 12.20</b>
-----------------------

### APENDICE 9. ANAVA PESOS OCTAVA SEMANA

FV	GL	SC	CM	F cal	0.05	0.01
TRAT	7	209329.375	29904.1964	3.412	2.32	3.25
A	3	124966.875	41655.625	4.752	2.9	4.46
B	1	68475.625	68475.625	7.812	4.15	7.5
AB	3	15886.875	5295.625	0.604	2.9	4.46
ERROR	32	280490	8765.3125			
TOTAL	39	489819.375				

CV (%) = 11.34
----------------

### APENDICE 10. ANAVA PESOS NOVENA SEMANA

FV	GL	SC	CM	F cal	0.05	0.01
TRAT	7	196484.175	28069.1679	3.652	2.32	3.25
A	3	121138.075	40379.3583	5.253	2.9	4.46
B	1	63123.025	63123.025	8.212	4.15	7.5
AB	3	12223.075	4074.35833	0.530	2.9	4.46
ERROR	32	245968.8	7686.525			
TOTAL	39	442452.975				

CV (%) = 10.10
----------------

### APENDICE 11. ANAVA PESOS DECIMA SEMANA

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F cal</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
TRAT	7	362059.375	51722.7679	2.002	2.32	3.25
A	3	153026.875	51008.9583	1.975	2.9	4.46
B	1	141015.625	141015.625	5.459	4.15	7.5
AB	3	68016.875	22672.2917	0.878	2.9	4.46
ERROR	32	826650	25832.8125			
TOTAL	39	1188709.38				

**CV (%) = 18.25**