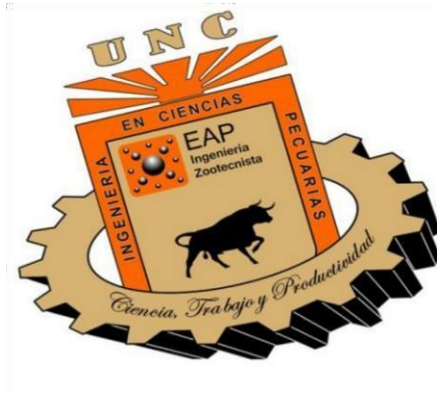


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ZOOTECNISTA**



**TESIS**

**“EFECTOS DE LA TREONINA SUPLEMENTARIA SOBRE RENDIMIENTO,  
CARACTERÍSTICAS DE LA CARCASA Y PESOS DE ÓRGANOS  
DIGESTIVOS E INMUNES DE CUYES EN CRECIMIENTO CON  
ALIMENTACIÓN MIXTA”**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

PRESENTADA POR LA BACHILLER:

**MARÍA LUZ CERQUÍN CHUQUIMANGO**

ASESOR:

**Dr. M. Cs. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA**

Cajamarca – Perú

2021

**ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron virtualmente, siendo las 15 horas con 20 minutos del miércoles 06 de octubre del 2021, los siguientes Miembros del Jurado y el Asesor.

<https://meet.google.com/osw-upct-enh?hs=224>

- Dr. Ing. LUIS HUMBERTO ACEIJAS PAJARES	PRESIDENTE
- M.Cs Ing. EDUARDO ALBERTO TAPIA ACOSTA	SECRETARIO
- MSc. Ing. LINCOL ALBERT TAFUR CULQUI	VOCAL

ASESOR (ES):

- Dr. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA

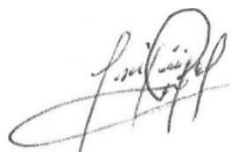
Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada **"EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON TREONINA SOBRE INDICADORES DE CRECIMIENTO, CARACTERÍSTICAS DE CARCASA Y DESARROLLO DE ÓRGANOS LINFOIDES DEL CUY (*Cavia porcellus*)"**.

La misma que fue realizada por la Bachiller María Luz Cerquín Chuquimango. A continuación, el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando a la Bachiller a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el presidente del Jurado invita a la participación del asesor y de los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció la aprobación por unanimidad con la nota de quince (15).

Siendo las 17 horas con 20 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.



-----  
**Dr. Ing. Luis Humberto Aceijas Pajares**  
Presidente



-----  
**M.Cs. Ing. Eduardo Alberto Tapia Acosta**  
Secretario



-----  
**MSc. Lincol Alberto Tafur Culqui**  
Vocal



-----  
**Dr. Ing. Manuel Eber Paredes Arana**  
Asesor

**“EFECTOS DE LA TREONINA SUPLEMENTARIA SOBRE RENDIMIENTO,  
CARACTERÍSTICAS DE LA CARCASA Y PESOS DE ÓRGANOS  
DIGESTIVOS EINMUNES DE CUYES EN CRECIMIENTO CON  
ALIMENTACIÓN MIXTA”**

**ASESOR:**

Dr. M. Cs. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA

**MIEMBROS DEL JURADO:**

Dr. LUIS HUMBERTO ACEIJAS PAJARES

M. Cs. Ing. EDUARDO ALBERTO TAPIA ACOSTA

Mg. Sc. Ing. LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por darme la oportunidad de vivir y estar siempre a mi lado, por cuidarme y haberme permitido culminar mis estudios y lograr mis metas propuestas.

### **A MIS PADRES**

Santos Prudencio Cerquín Morales y Maximina Chuquimango Novoa. Por su amor, comprensión y paciencia que me han tenido, porque han dedicado parte de su vida en brindarme la mejor herencia, una carrera profesional. Hoy puedo decirles que he alcanzado una de mis metas y he hecho realidad uno de sus sueños.

### **A TODA MI FAMILIA**

Gracias a toda mi familia con la que he vivido a lo largo de toda la carrera, por el apoyo que he recibido para terminar con éxito mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme dado fuerzas y valor para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

Agradezco Con todo el cariño y amor a mis padres SANTOS PRUDENCIO CERQUIN MORALES Y MAXIMINA CHUQUIMANGO NOVOA, porque ellos son todo para mí, porque con su humildad y trabajo constante, hizo de mí una persona de bien y lograr hacerme un profesional, porque no se rindieron en las adversidades y estuvieron conmigo dándome su apoyo incondicional, por todo eso GRACIAS.

Agradezco también la confianza y el apoyo de todos mis familiares que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor y confianza.

A un gran docente muy especial y ejemplar Dr. M. Cs. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA porque además de un docente y asesor, es un amigo muy especial, lo agradezco por todo su apoyo en toda mi formación profesional, en la ejecución de mi proyecto de tesis, y por la paciencia que me tuvo y confianza que me brindó en esta etapa de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x

### CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES .....	6
1.4.1. Hipótesis de la investigación.....	6
1.4.2. Variables .....	6
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.5.1. General .....	7
1.5.2. Específicos .....	7

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO .....	8
2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
2.2. BASES TEÓRICAS .....	13

### CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	16
3.2. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS.....	16

### CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
---------------------------------	----

### CAPÍTULO V

1. CONCLUSIONES .....	28
2. RECOMENDACIONES .....	29
BIBLIOGRAFIA.....	30
ANEXOS .....	34

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional del pienso basal (base fresca) utilizado en el experimento. ....	18
Cuadro 2. Valores <sup>1</sup> de materia seca, proteína cruda y treonina (en base seca) de rye grass, alfalfa y mezcla forrajera 82% rye grass y 18% alfalfa (RG-A).....	19
Cuadro 3. Ingestas de alimento tal como ofrecido (TCO), de materia seca (MS) y de treonina en cuyes de 30 a 72 días de edad <sup>1</sup> alimentados con dieta mixta <sup>2</sup> 80% rye grass-alfalfa y 20% pienso .....	22
Cuadro 4. Promedios de peso final, ganancia media diaria (GMD), ingesta diaria de alimento (IDA) e índice de conversión alimenticia (ICA) en cuyes de 30 a 72 días de edad <sup>1</sup> alimentados con dieta mixta <sup>2</sup> 80% ryegrass-alfalfa y 20% pienso. ....	23
Cuadro 5. Rendimiento de carcasa y pesos relativos (%) del tracto gastrointestinal (TGI), hígado, pulmones, corazón, riñones y bazo de cuyes sacrificados a los 72 días de edad <sup>1</sup> .....	25
Cuadro 6. Costos de producción, ingresos y relación beneficio/costo promedio de cuyes beneficiados a los 72 días de edad según tratamientos.....	27



## RESUMEN

El presente experimento se realizó para investigar los efectos de cinco niveles dietéticos de treonina (Thr) sobre el rendimiento en crecimiento, características de la carcasa y el desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI) y visceral de los cuyes. Un total de 40 cuyes machos mejorados de treinta días de edad se distribuyeron al azar en 5 tratamientos experimentales con 4 repeticiones de acuerdo a un diseño completamente aleatorio y sacrificados a los 72 días de edad. La dieta del cuy consistió en pienso restringido y forraje verde *ad libitum*. La suplementación de Thr se realizó con L-Treonine 98,5% (L-Thr) en niveles de 0, 2, 4, 6 y 8 g de L-Thr por kg de pienso, de donde se originaron los cinco tratamientos dietéticos con niveles de Thr de 0.55, 0.59, 0.63, 0.67 y 0.71%. Los cuyes con 0.63% de Thr dietético lograron mayores ganancias de peso, mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento de carcasa. El TGI con posibles funciones inmunes alcanzó un mayor peso relativo con niveles de Thr de 0,67 y 0,71%. El peso del bazo fue similar entre tratamientos, lo que podría deberse al hecho de que los cuyes no tuvieron desafíos sanitarios. El peso relativo del corazón no se vio afectado por los diferentes niveles de Thr, a diferencia de otros órganos con alto flujo de nutrientes y excreción de metabolitos como hígado, pulmones y riñones, que alcanzaron pesos diferentes entre tratamientos. Los cuyes que consumieron un nivel de Thr de 0.63 y 0.67 % dieron mejores resultados en relación de B/C, a diferencia de los 0.59 % y de los demás tratamientos.

**Palabras clave:** cuy, treonina, alimentación mixta, crecimiento, carcasa

## **ABSTRACT**

The present experiment was conducted to investigate the effects of five dietary threonine (Thr) levels on growth performance, carcass characteristics and gastrointestinal (GIT) and visceral tract development of guinea pigs. A total of 40 thirty-day old improved male guinea pigs were randomly divided into 5 experimental diets and 4 replicates based on a completely random design and slaughtered at 72 days of age. Guinea pig diet consisted of restricted concentrated feed and green forage ad libitum. The Thr supplementation was carried out with L-Threonine 98.5% (L-Thr) at levels of 0, 2, 4, 6 and 8 g of L-Thr per kg of feed, from which the five dietary treatments originated with Thr levels of 0.55, 0.59, 0.63, 0.67 and 0.71%. Guinea pigs with 0.63% dietary Thr got greater weight gains, better feed conversion and higher carcass performance. The GIT with possible immune functions reached a higher relative weight with Thr levels of 0.67 and 0.71%. Spleen weight was similar between treatments, which could be due to the fact that guinea pigs had no health challenges. Relative weight of heart was not affected by the different Thr levels, unlike organs with high nutrient flux and metabolite excretion such as liver, lungs and kidneys, which reached different weights between treatments. Guinea pigs that consumed a Thr level of 0.63 and 0.67% gave better results in B/C ratio, unlike 0.59% and other treatments.

**Keywords:** guinea pig, threonine, mixed feeding, growth, carcass

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica se viene logrando una mayor producción de carnes a través de la intensificación de los sistemas productivos, caracterizados por altas densidades de animales y por el uso de piensos que brindan una nutrición adecuada en cada fase de crecimiento y producción (FAO-IFIF, 2014). En el Perú se ha incrementado la producción de carne de cuy, con más del 70% de criadores, siendo la Región Cajamarca el primer productor, con las Provincias de mayor población cuyícola, San Marcos y Cajabamba, que utilizan el sistema de producción familiar-comercial (Ortiz et al., 2021), aprovechando las características biológicas de esta especie, que le permiten nutrirse con pasturas suplementadas con pienso o únicamente con pienso (Chauca, 2018).

Cajamarca muestra la mayor producción de cuyes a nivel nacional, dentro de las cuales Cajabamba es la provincia con mayor producción de cuyes, seguidas de la provincia de cajamarca, san marcos, chota y cutervo (ENA, 2017)

Según un estudio de (Rev. Inv, 2019) realizado entre julio y septiembre de 2019 muestra que las principales provincias productoras de la Región Cajamarca: Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, ubicadas en la parte sur oeste de la Región.

Cajamarca es el primer productor, con una población estimada de 2'408,094.00 cuyes, concentrándose esta producción en el Corredor Económico del Crisnejas, formado por las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, siendo esta última la primera productora a nivel nacional con 377,336 cuyes (INEI 2012).

Los piensos o alimentos integrales por lo general tienen un bajo contenido de fibra. La fibra está presente de forma natural en los alimentos de origen vegetal y es un componente importante en la dieta de animales monocavitarios herbívoros (Saadatmand et al., 2019). Dependiendo de la cantidad, la fibra dietética puede mejorar el funcionamiento de los órganos digestivos y el rendimiento del animal en crecimiento (Kheravii et al., 2017). El cuy por ser una especie herbívora puede consumir grandes cantidades de fibra, la cual es fermentada por la microbiota cecal y puede proteger el tracto gastrointestinal (TGI) de la

colonización de patógenos (Liévin-Le Moal y Servin, 2006). La pectina de las pasturas es una fracción de fibra soluble que también forma la digesta dentro del TGI (Serena et al., 2007). Del mismo modo las pasturas contienen fibras insolubles, conocidas principalmente por sus efectos sobre el desarrollo intestinal y efectos abrasivos sobre la mucosa intestinal (Montagne et al., 2003), la cual es una capa compuesta predominantemente de mucina, que protege a las células epiteliales del daño enzimático y la invasión bacteriana (Kim y Ho, 2010).

La mucina está compuesta por proteínas y algunos aminoácidos como serina, cisteína y treonina (Thr), constituyendo la Thr el 11% de los aminoácidos de la mucina, variando la cantidad y tipo de acuerdo a la disponibilidad de Thr y fibra en el alimento (Saadatmand et al., 2019), de allí la importancia de la Thr en el mantenimiento de la integridad intestinal (Wang et al., 2010). La síntesis de proteínas corporales, colágeno, elastina, anticuerpos, así como la producción de ácido úrico y enzimas pancreáticas también requieren Thr (Debnath et al., 2019). La influencia directa de Thr en los parámetros de crecimiento y rasgos de la carcasa se ha determinado en aves (Ji et al., 2019). La Thr es fundamental para la utilización óptima de aminoácidos que contienen azufre (Met + Cis) y lisina (Kidd, 2000). De la Thr depende el buen funcionamiento del intestino y el tejido linfoide asociado al intestino como componentes esenciales del sistema inmunológico, que cumplen la función de normalizar la secreción de citocinas inflamatorias y mejorar el número de linfocitos T, las funciones específicas de las células T y la secreción de IgA (Ruth y Field, 2013). Por otro lado, la Thr es el tercer aminoácido limitante después de la metionina y lisina en pollos de engorde (Berres et al., 2007), particularmente en dietas bajas en proteína cruda (Rezaeipour et al., 2012). Las aves de corral no sintetizan suficiente Thr de novo, lo que hace que este aminoácido sea nutricionalmente necesario en la dieta. Además, Thr es el segundo AA limitante después de la lisina en cerdos cuando se alimentan con dietas a base de trigo y cebada y el tercer AA limitante en dietas a base de maíz (Adeola et al., 1994).

El cuy es una especie en permanente mejora genética hacia la producción de carne, por lo cual sus necesidades de aminoácidos podrían ser cada vez mayores, tal como se encontró en el pato Pekín de línea cárnica, cuya dieta con niveles altos de Thr (0.71%) aumentó la producción de carne y el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, beneficiosos para la salud humana (Jiang et al., 2020). Se ha comprobado que la Thr regula los niveles de expresión de genes relacionados con el transporte de aminoácidos y la deposición de proteínas; siendo la concentración óptima en la dieta de gallinas reproductoras de 0.68% (Jiang et al., 2019). También se ha determinado que la adición de prebióticos de pared celular en la dieta de pollos de engorde hace variar el requerimiento de aminoácidos; así una relación Thr a lisina de 0.7 mejoró el rendimiento productivo con un aumento de ancho de vello y altura de vello en íleon (Abdaljaleel et al., 2018). Además, se ha determinado que, los niveles de proteína en la dieta afectan las necesidades de Thr en patos Pekín (Jiang et al., 2018). La Thr dietética, por encima de los requerimientos, promueve el crecimiento de los órganos inmunes, estimula la síntesis de inmunoglobulinas, mejora la respuesta inmunitaria y alivia el estrés inmunológico causado por *Escherichia coli* (Trevisi et al., 2015). En cuyes de laboratorio se ha determinado que 0.5% de Thr dietaria es el nivel óptimo en fase de crecimiento (NRC. 1995).

Dado que los requerimientos de algunos nutrientes del cuy sólo se han examinado principalmente como animal de laboratorio; los niveles de Thr dietaria según lo informado por la NRC (1995) podrían ser insuficientes para cuyes criados con fines cárnicos. Es indudable que el requerimiento de Thr del cuy para producción de carne precisará de muchos estudios de dosis-respuesta con diferentes niveles de este aminoácido, según sistemas de alimentación, siendo probable que el requerimiento del cuy mejorado para producción de carne varíe según los tipos de ingredientes alimenticios que componen su dieta. Sin embargo es importante y necesario determinar, si la Thr tiene un papel directo en la mejora del crecimiento y carcasa, y desarrollo de órganos digestivos e inmunes del cuy como especie productora de carne, por lo que, la presente investigación tuvo como objetivo conocer los efectos de cinco niveles de Thr en el pienso como suplemento a una dieta basada en pasturas sobre indicadores de crecimiento, características de carcasa, desarrollo del TGI y órganos internos con posibles funciones inmunes de cuyes criados con fines cárnicos.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento de cajamarca y sus provincias en conjunto siguen optando dentro de las principales explotaciones pecuarias y economicas por la produccion de cuyes, con fines de autoconsumo y en su gran mayoría fines comerciales.

Dentro de estas explotaciones juega un papel importante la “alimentacion” ya habiéndose realizado estudios en distintos programas y sistemas de alimentacion, dentro de los cuales un sistema de alimentacion mixta es el que ha mostrado mejores resultados tanto en indicadores económicos así como también respuesta a factores ambientales.

Empero con el fin de fortalecer tanto la respuesta inmunitaria y la optimización de indicadores económicos se requiere estudiar ciertos aminoácidos de los cuales se espera una respuesta positiva a favor de este aminoácido, con la suplementacion de la “treonina” se espera también fortalecer los indicadores económicos, indicadores de calidad de la carne y el desarrollo de los órganos linfoides.

**¿Cuál es el efecto de la suplementación de treonina sobre los indicadores decrecimiento, características de carcasa y desarrollo de órganos linfoides del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta?**

## 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Perú es el principal criador de cuyes con fines cárnicos en el mundo. Desde hace varias décadas se trabaja en la mejora genética de esta especie, lo que ha permitido que la cuyecultura mantenga su importancia en el sector agropecuario. En la actualidad, sesigue trabajando para mejorar los indicadores productivos de importancia económica, como el índice de conversión (IC), que permite relacionar el incremento de peso de un animal con la cantidad de pienso que ha ingerido, lo que lo convierte en un índice de gran importancia, pues la alimentación representa aproximadamente el 60% de los costos de una explotación.

Por otro lado, en producción animal, se sabe que paralelamente a la mejora genética, los requerimientos nutricionales de los animales aumentan, por lo que para optimizar el IC de los animales de engorde se debería ajustar principalmente el nivel de proteína del alimento, pero la tendencia actual es no incrementar el suministro de proteína debido a que el excedente de nitrógeno proteico excretado al medio es una fuente de contaminación medioambiental y podría perderse un valioso nutriente. Por otro lado, para realizar la síntesis proteica los animales necesitan aminoácidos, y algunos de ellos solamente pueden obtenerse a través de la dieta, éstos son conocidos como aminoácidos esenciales, y en función de la alimentación y sus necesidades pueden ser limitantes o no.

La treonina es el tercer aminoácido limitante en algunas especies monogástricas, y tiene un papel vital en la mejora del crecimiento, la morfología intestinal, las funciones del sistema inmunológico, la capacidad antioxidante y la producción de anticuerpos como IgA e IgG; siendo en especies de carne, la depresión del crecimiento, la ingesta de alimento y el rendimiento de la canal consecuencias de su deficiencia.

## **1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES**

### **1.4.1. Hipótesis de la investigación**

El nivel de suplementación de treonina puede optimizar los indicadores de crecimiento, características de carcasa y desarrollo de órganos linfoides del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta.

### **1.4.2. Variables**

#### **1.4.2.1. Variables independientes: Suplementación de treonina en el pienso.**

0.64 %

0.84 %

1.04 %

1.24 %

1.44 %

#### **1.4.2.2. Variables dependientes:**

##### **Rendimiento productivo**

Ganancia de peso

Consumo de alimento

Conversión alimenticia

##### **Características de carcasa**

Rendimiento en relación al peso vivo

Acumulación de grasa abdominal

##### **Desarrollo de órganos linfoides**

Peso de órganos linfoides: bazo, riñones, corazón, ganglios linfáticos, intestinos.

##### **Variables económicas**

Costos de alimentación

Costos de producción

Relación B/C



## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. General**

Evaluar el efecto de la suplementación de treonina sobre los indicadores de crecimiento en cuyes, características de carcasa y desarrollo de órganos linfoides del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta

### **1.5.2. Específicos**

- Determinar el efecto de la suplementación de treonina en el crecimiento del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta.
- Determinar el efecto de la suplementación de treonina en las características de carcasa en el crecimiento del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta.
- Determinar el efecto de la suplementación de treonina en el desarrollo de órganos linfoides del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta .
- Determinar indicadores de veneficio del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con una dieta mixta

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

(Méndez, 2019) evaluó la inclusión de cuatro tipos de aminoácidos (metionina, lisina, triptófano y treonina) en dosis alta, media y baja en un programa de alimentación forraje – balanceado para el engorde de cuyes, se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar. El experimento se implantó con 13 tratamientos y 9 repeticiones, en donde cada repetición estaba conformada por un cuy. Las variables en estudio fueron consumo de alimento, ganancia diaria de peso, peso final, conversión alimenticia, rendimiento a la canal, y relación beneficio costo. Para el análisis estadístico se aplicó una prueba de covarianza para el peso inicial, donde se observó que ésta no era covariable para las variables en estudio, además se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5%. El consumo de alimento y el rendimiento a la canal no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos. En las variables ganancia diaria de peso, peso final y conversión alimenticia el mejor tratamiento fue el T9 (treonina alta) y los tratamientos menos eficientes fueron T4, T10, T1 y T11 (metionina, triptófano, lisina en dosis bajas y triptófano en dosis media respectivamente). En el análisis beneficio/costo se observó que el tratamiento que mayor beneficio económico presentó fue el T9 (treonina en dosis alta).

(Martínez, 2011) evaluó los niveles más adecuados de aminoácidos esenciales en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde, para ello se probaron tres diferentes niveles de aminoácidos esenciales, el tratamiento 1 consistió en probar los niveles recomendados por el NRC tomando como base el aminoácido limitante lisina 0.85% y 0.70%, para el tratamiento 2 niveles superiores de lisina 0.95% y 0.80%, el tratamiento 3 niveles inferiores de lisina 0.75% y 0.60%, para la etapa de crecimiento y engorde respectivamente en las raciones alimenticias, a base de concentrado, para la formulación se tomó el concepto de proteína ideal. Se aplicó un diseño completamente al azar, la investigación duró 120 días, se utilizaron 150 cuyes machos destetados. Al utilizar el tratamiento 2 se obtuvieron mejores pesos 1754.66 gr con una diferencia altamente significativa  $P=0.01$  en relación al tratamiento 1 y 3, las mejores ganancias de peso fueron de 1486.37g con el tratamiento 2, así como la conversión alimenticia 3.75, el rendimiento a la canal

72% y pesos a la canal con 1263.36gr, con la aplicación del tratamiento 2 se puede obtener un mejor beneficio costo 1. 43. Por lo que se recomienda emplear raciones alimenticias formuladas con niveles superiores de aminoácidos esenciales que fue tratamiento 2 con niveles de lisina de 0.95% para la etapa de crecimiento y 0.80% para la etapa de engorde, por la rentabilidad alcanzada.

(Figuroa & Viviana, 2017) evaluaron alimento balanceado elaborado con insumos de la zona e incorporando aminoácidos esenciales (lisina, metionina y treonina) en porcentaje de 0.25 y balanceado sin la adición de aminoácidos esenciales en cuyes en la etapa de crecimiento y acabado. Se emplearon 32 cuyes machos genotipo Perú, de 21 días de edad, agrupados en 8 jaulas (de cuatro cada uno) por tratamiento; con un peso promedio de 271 g y sin un periodo pre experimental de adaptación. Las dietas se evaluaron durante las 8 semanas las cuales fueron suministradas ad libitum al igual que el agua, se les adicionó forraje (alfalfa fresca) en un 10% de peso vivo para ambos tratamientos. Los resultados indican que no se encontraron diferencia ( $p>0.05$ ) entre tratamientos, en la ganancia de peso se registró promedios de: 550.94 g para el T2 (balanceado más la incorporación de aminoácidos esenciales) y 548.44 g para el T1 (balanceado sin la incorporación de aminoácidos esenciales); consumo de materia seca la suma fue 1840.67 g (T2) y 1783.4 g (T1); conversión alimenticia de 3.25 (T1) y 3.34 (T2) y finalmente el rendimiento de carcasa siendo 69.59 (T1) y 69.28 (T2). Se concluye que la incorporación de aminoácidos esenciales de origen sintético compuesto por metionina, lisina y treonina, no mejoró significativamente los parámetros productivos y así mismo no contribuye en la mejora de la utilidad e índice de rentabilidad económica.

(Remigio & Vergara, 2006) en su investigación realizada en el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria usaron dietas con diferentes niveles de lisina y aminoácidos azufrados, los autores usaron 72 cuyes machos de 14 días de edad, distribuyeron a los animales en 9 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. En cada tratamiento utilizaron 0,78%, 0,84% y 0,90% de lisina y 0,63%, 0,71% y 0,79% de aminoácidos azufrados durante el crecimiento de los animales los autores demostraron que el peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo la dosis media de lisina (0.84%) y la dosis baja de aminoácidos azufrados (0.79%) los

mas recomendados para ganancia de peso. Sin embargo no encontraron diferencias estadísticas para el consumo de balanceado, los aminoácidos que obtuvieron mejores resultados para la ganancia de peso mostraron altos porcentajes en cuanto a rendimiento de la carcasa, pero el contenido de grasa incrementó en los tratamientos con menor dosis de lisina.

Tomás (2020) estudió, a través de una matriz de 27 piensos, cuáles son los niveles óptimos de Lisina (Lys), aminoácidos azufrados (Metionina (Met) + Cistina) y Treonina (Thr), utilizando el nitrógeno ureico plasmático (PUN) como indicador de desequilibrio aminoacídico. Utilizó 432 conejos (divididos en dos grupos) pertenecientes a las líneas R y V, seleccionadas por velocidad de crecimiento (VC) y tamaño de camada, respectivamente. Cada pienso fue asignado a una jaula de 8 conejos, en la cual había animales de ambas líneas genéticas. Los días 47 y 48 de vida se alimentaron de los piensos experimentales y, el día 48 a las 8.00 a.m. y a las 9.00 p.m, se realizaron extracciones de sangre. Se confirmó que los animales de la línea seleccionada por GMD (línea R) tuvieron un mayor nivel de PUN que los seleccionados por tamaño de camada (línea V), caracterizada por tener una GMD menor. Estos resultados preliminares mostraron que los valores medios de PUN son más bajos cuando las dietas siguen las recomendaciones de lisina y aminoácidos azufrados actuales (7,3 y 5,2 g/kg MS, respectivamente), pero con niveles más bajos de Thr (5,3 g/kg MS). Esto sugiere que las recomendaciones actuales de treonina (6,2 g/kg MS) para la alimentación de los conejos de engorde comerciales podrían estar sobreestimadas.

Ahmed et al. (2020) probaron que la suplementación con treonina dietética (d-Thr), por encima de la recomendación de la NRC contienen una fuente de proteína (PS) poco digerible, puede compensar sus efectos perjudiciales sobre el rendimiento general de pollos de engorde. Alimentaron pollos de engorde (Ross-308) con 6 dietas experimentales conteniendo harina de soja (SBM) o harina de canola (CM) con 3 niveles (100, 110 y 120% de la recomendación de NRC) de d-Thr. Encontraron interacciones entre PS y dThr para la ingesta de alimento (FI), el peso corporal ganancia (BWG), índice de conversión alimenticia (FCR), canal, y parámetros de salud intestinal. Los pollos de engorde alimentados con el nivel recomendado (100%) de d-Thr tuvieron 7 y 5% menos FCR en comparación con aquellos alimentados con dietas con 110 y 120% d-Thr, respectivamente. Para la altura de las vellosidades (VH), se encontró

interacción entre PS y Nivel d-Thr. Los pollos de engorde que consumían dietas de SBM tenían un 22% de vellosidades más largas, criptas con un 10% más profundas y un 30% más de VH a la relación de profundidad de la cripta (VCR) en comparación con los alimentados con CM. Los pollos de engorde alimentados con dietas de 110% d-Thr tuvieron 9% menos profundidad de la cripta (CD) y un 15% más de VCR en comparación con aquellos alimentados con dietas que contienen niveles recomendados por la NRC. CM resultó en un 9% menos de digestibilidad de proteínas y de algunos AA, mientras que fue mejorado por 7% en pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con 120% de d-Thr. Los pesos de la bolsa de Fabricio y el bazo se vieron afectados positivamente por PS. El suplemento de treonina (10%) resultó en un timo 25% más grande, una bolsa un 18% más pesada, y un 30% más de título de bursitis infecciosa. En conclusión, la suplementación de d-Thr, por encima de la recomendación de NRC, resultó en un mejor desempeño de crecimiento y rasgos de la canal, mejor digestibilidad ileal de la proteína y aminoácidos, mejor salud intestinal e inmunidad en pollos de engorde.

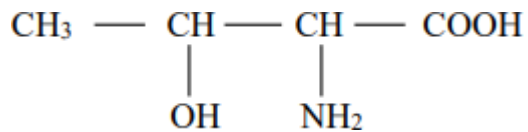
Jiang et al. (2020) investigaron los efectos de la selección genética y los niveles de treonina sobre la calidad de la carne en patos Pekín. Seleccionaron patos magros y patos grasos y los alimentaron con dietas experimentales (0,00, 0,15 y 0,30% de treonina añadida) durante 21 días de 15 a 35 días de edad. Los resultados mostraron que los patos grasos tenían mayor ingesta de alimento, relación alimento / ganancia, porcentaje de grasa abdominal y sebo y menor porcentaje de músculo de la pechuga en comparación con el de patos magros. Los patos de tipo graso y de tipo magro tuvieron un aumento de peso similar. La suplementación dietética con treonina mejoró el rendimiento del crecimiento y aumento de la pechuga, porcentaje de músculo en patos de tipo magro, pero no afectaron esos índices en patos de tipo graso. Además, los patos tenían un contenido hepático más alto de lípidos, triglicéridos, colesterol y plasma de baja densidad. La concentración de colesterol de lipoproteínas y la suplementación de treonina en la dieta disminuyó el contenido total de lípidos, colesterol y triglicéridos en patos magros, pero no tuvo influencia sobre los lípidos hepáticos en patos grasos. Los patos magros tuvieron mayores concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y ácidos grasos poliinsaturados C18 (PUFA) en el hígado, PUFA en el músculo de la pechuga y C18: 3n6 y C18: 3n3 en plasma y niveles más bajos de C20-PUFA y C22-PUFA en el hígado y MUFA en plasma, en comparación con patos grasos.

La suplementación con treonina aumentó los PUFA, n3-PUFA y n6-PUFA en plasma y grasas hepáticas en patos magros (P. 0.05) pero tuvo influencia sobre el total de MUFA y el total de PUFA en el hígado, pechuga, músculo y plasma en patos grasos (p. 0,05). En conclusión, selección genética hacia la producción de carne y la suplementación con treonina aumenta la producción de carne y el contenido de PUFA, beneficioso para la salud humana.

Jiang et al. (2019) evaluaron los efectos de los niveles dietéticos de treonina (Thr) en el rendimiento, rasgos de la descendencia, transporte de aminoácidos del embrión y deposición de proteínas en gallinas reproductoras de plumas amarillas, para lo cual consideraron 6 tratamientos dietéticos, una dieta basal (Thr = 0.38%), dieta basal suplementada con 0.12, 0.24, 0.36, 0.48 o 0.60% de Thr. Hubo una respuesta positiva en términos de tasa de puesta después de agregar diferentes niveles de Thr a la dieta, pero sin efectos significativos en la ganancia diaria promedio, peso promedio diario del huevo, índice de conversión alimenticia, promedio de huevos rotos y tasa de huevos no seleccionados para incubación; con disminución de la dureza de la cáscara a medida que aumentaba la concentración de Thr en la dieta. La suplementación dietética con Thr tuvo efectos significativos en la producción de mucina en el útero y en la zona occludens en el duodeno de las reproductoras. En embriones de pollo a la edad embrionaria 18 D, aumento significativo la treonina deshidrogenasa (TDH) en el muslo, y aminopeptidasa (ANPEP) (P <0.05) en el duodeno y el íleon debido a la suplementación dietética de Thr. La viabilidad de la progenie de pollos de engorde tendió a aumentar con la concentración dietética de Thr. Por lo tanto, la suplementación dietética con Thr tuvo efectos positivos en el rendimiento de las crías, y también reguló los niveles de expresión de genes relacionados con el transporte de aminoácidos y proteínas. La concentración óptima de Thr dietética que maximizó el rendimiento productivo fue del 0,68% según análisis de regresión cuadrática.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### Estructura bioquímica de la treonina



Treonina, C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>3</sub>; Acido α- Amino- β- hidroxibutirico se clasifica dentro de los alifáticos por el número de grupos amino y carboxilo presentes y así mismo pertenece al grupo Ácidos monoamino-monocarboxilico (Rogers, 1973).

La treonina, es el tercer aminoácido limitante después de metionina y lisina en las dietas de maíz y soya, y es indispensable para los pollos de engorde (Berres et al., 2007) que participa en el desarrollo y buen funcionamiento del intestino, síntesis de proteínas corporales, colágeno, elastina, anticuerpos, así como la producción de ácido úrico y enzimas pancreáticas también requieren treonina (Debnath et al., 2019).

### Sobre la influencia de la treonina en el crecimiento

La influencia de la treonina en los parámetros de crecimiento, salud intestinal, inmunidad y rasgos de la canal en pollos de engorde está bastante estudiada (Qaisrani et al., 2018). Además, es fundamental para la utilización óptima de aminoácidos que contienen azufre (Meth + Cys) y lisina (Kidd, 2000). El mantenimiento de la barrera intestinal y la síntesis de mucina también requiere treonina (Wang et al., 2010) ya que el moco del tracto digestivo contiene aproximadamente un 40% de proteína que es principalmente treonina (Carlstedt et al., 1993).

La treonina dietética, por encima del requerimiento, promueve el crecimiento de órganos inmunes, estimula la síntesis de inmunoglobulinas, mejora la respuesta inmunológica y alivia el estrés inmunológico causada por Escherichia coli o el virus de la enfermedad de Newcastle (NDV) en aves desafiadas (Trevisi et al., 2015).

La Treonina, además de ser importante para la mejor utilización de la Lisina, está directamente relacionada al mantenimiento de sistemas corporales vitales: siendo el aminoácido en mayor concentración en la mucina (mucosa intestinal) y también en los anticuerpos. Su deficiencia puede comprometer el funcionamiento del sistema digestivo e inmune reduciendo su disponibilidad para la síntesis de proteína muscular. Conociendo la importancia para el mantenimiento corporal, y también sabiendo que las exigencias de mantenimiento aumentan con el aumento de peso corporal, es razonable que la relación Treonina/Lisina aumente a medida que los cerdos crecen. Estudios recientes en cerdos en crecimiento mostraron que los mejores resultados de ganancia de peso y conversión alimenticia se obtuvieron cuando las relaciones Treonina/Lisina fueron crecientes. La reducción de la proteína cruda del alimento, utilizando L-Lisina y L-Treonina industriales mejora el rendimiento porque reduce el exceso de proteína, equilibrando el contenido de aminoácidos en los alimentos, reduciendo, consecuentemente, la excreción de contaminantes (nitrógeno, por ejemplo) en las heces y en la orina. Además de los beneficios para los cerdos y para el medio ambiente, la reducción proteica y el balanceo de alimentos con aminoácidos industriales normalmente reduce los costos de las formulaciones, sin ningún efecto negativo para el rendimiento de cerdos, presentándose como una solución nutricional para mejorar los costos de producción. La inclusión de L-Treonina en el alimento permite una mejor utilización de la lisina y metionina, considerando que, en la formación de la proteína corporal, se une a estos aminoácidos. Si hay limitación de treonina, la síntesis proteica corporal cesa, llevando a que no se aproveche adecuadamente la lisina y la metionina.

(Lemme, 2004)

### **Acerca de las características de la carcasa del cuy**

El rendimiento de carcasa del cuy está influenciado por la nutrición, genotipo, sexo y edad. Es necesario determinar que partes del cuerpo del animal están siendo consideradas como carcasa, para efectos de comparar los rendimientos. El rendimiento de cuyes alimentados solamente con forraje puede ser de 56.57%, así como al rendimiento de cuyes criollos de 13



semanas de edad que no tuvieron ningún tipo de mejora genética, puede ser de 54.43%. El rendimiento de carcasa se incrementa en cuyes mejorados, llegando hasta 67.38% (Chauca, 1997). También se reporta rendimientos de carcasa de 68.60% en cuyes de 3 meses de edad (Tuquinga, 2011).

Se reportan altos rendimientos de carcasa influenciados principalmente por el tipo de alimento. Chauca (1997) encontró rendimientos de 70.98% en cuyes alimentados con concentrado + agua + vitamina C. Acosta (2011) encontró rendimientos de carcasa de 73.37% en cuyes alimentados con concentrado comercial.

### **Acerca de los órganos linfoides del cuy.**

En los animales mamíferos, caso práctico de los cobayos (*cavia porcellus*). Tal como lo señala Randall et al. (2002), Abbas et al. (2012) y Gutiérrez (2010), se tiene dos tipos de órganos linfoides: esto es, primarios o centrales y capsulados: medula ósea, timo, secundarios: bazo y ganglios linfáticos, periféricos no capsulados: piel, tejidos asociados (mucosas), tejido bronquial y tejido nasofaríngeo (amígdalas).

De manera concreta y como referencia Chauca (2005) e INIAP (2002), determinan que en los cuyes los órganos linfoides tales como: timo a los tres meses de edad tiene un rango de 2.5-3.2 cm de tamaño y peso entre 1.63-1.80 g; el bazo entre 0.95-1.15 cm de tamaño y peso entre 0.56-1.10 g; los ganglios linfáticos mesentéricos, de 0.45-0.85 cm de tamaño y peso entre 0.76-1.23 g.

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la granja de la familia del Sr. Santos Cerquín, ubicada en el Caserío la Colpa, en el Distrito de Jesús y Provincia de Cajamarca. Este trabajo experimental se realizó en un periodo comprendido entre 09 de noviembre hasta el 15 de diciembre.

#### 3.2. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

##### Región Natural: Sierra Norte

- Departamento : Cajamarca
  - Provincia : Cajamarca
  - Distrito : Jesus
  - Altitud promedio : 2564 m.s.n.m
  - Latitud sur : 7° 14' 53''
  - Longitud oeste : 78° 23' 29''
  - Temperatura promedio / año : 15°C
  - Humedad relativa : 70%
  - Clima frio y seco, la temporada de lluvias es de diciembre a marzo.
- 

**Fuente: SENAMHI – Cajamarca-2020**

### 3.3. CUYES, DISEÑO EXPERIMENTAL Y DIETAS

Se emplearon 40 cuyes machos mejorados, de  $30 \pm 3$  días de edad y 526 g de peso inicial promedio. Los cuyes fueron distribuidos al azar en cinco tratamientos ( $n=4$ ), donde dos cuyes fueron considerados como una unidad observacional. Los cuyes fueron alojados en pozas de ladrillo divididas con malla galvanizada, cada poza con dos divisiones; en cada división se alojó dos cuyes, cada división con comedero y bebedero de tierra cocida. La duración del experimento fue de seis semanas (30 a 72 días de edad).

Los cuyes fueron mantenidos bajo el sistema de alimentación mixta, con el suministro diario y restringido de pienso tipo harina a las 8:00 horas y la oferta *ad libitum* de forraje verde de rye grass y alfalfa (FV-RGA) a las 9:00 y 16:00 horas. La ración se estableció de acuerdo a lo sugerido por Chauca (2018), quien indica que en una alimentación mixta de cuyes destetados durante todo el periodo de engorde se puede suministrar el alimento concentrado entre 10 a 50 g/animal/día, a fin de que pueda consumir también FV. En el presente experimento se racionó diariamente el alimento por cuy de acuerdo a la siguiente consideración:

<u>Día experimental</u>	<u>Pienso (g)</u>	<u>Cantidad de FV</u>
1	10	ad libitum
2	10	ad libitum
3	10	ad libitum
4	10	ad libitum
5 al 42	20	ad libitum

El agua de bebida estuvo a disposición de los cuyes durante todo el día. El pienso fue preparado en la fábrica de alimentos balanceados San Francisco, ubicada en la provincia de Pacasmayo, La Libertad, de acuerdo a la fórmula indicada en el Cuadro 1. La suplementación con Thr se lo realizó con L- Threonine (L-Thr), grado alimenticio 98.5%, producido por Ajinomoto Heartland, Inc. Se suplementó el pienso con cinco niveles de L-Thr: 0 g/kg (pienso basal), 2, 4, 6 y 8 g de L- Thr por kg de pienso. Los cinco tratamientos experimentales se determinaron de acuerdo al suministro diario de alimento y fueron: T1, 20 g de pienso basal + FV-RGA; T2, 20 g de pienso basal + 2 g/kg de L-Thr + FV-RGA; T3, 20 g de pienso

basal + 4 g/kg de L-Thr + FV-RGA; T4, 20 g de pienso basal + 6 g/kg de L-Thr + FV-RGA; T5, 20 g de pienso basal + 8 g/kg de L-Thr + FV-RGA. La suplementación con L-Thr dio lugar a cinco diferentes concentraciones de Thr en el pienso: 0.64, 0.84, 1.04, 1.24 y 1.44%.

**Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional del pienso basal (base fresca) utilizado en el experimento.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (g/100g)</b>
Maíz amarillo	16.0
Torta de soya	16.0
Polvillo de arroz	30.0
Afrecho de trigo	35.0
Carbonato de calcio	2.3
DL Metionina	0.1
Sal común, NaCl	0.5
Premezcla vitaminas y minerales <sup>1</sup>	0.1
Contenido nutricional calculado	
Materia seca	88.44
Proteína cruda	17.26
Energía digestible, kcal/kg	2823
Fibra cruda	7.51
Metionina	0.38
Lisina	0.86
Treonina	0.64
Ca	1.00
P	0.89
Na	0.20

<sup>1</sup> Cada kilogramo contiene: Vit. A 9 000 mil UI, Vit. D<sub>3</sub> 2 500 mil UI, Vit. E 15 000 UI, Vit. K<sub>3</sub> 2.5 g, tiamina 1.5 g, riboflavina 6.5 g, cianocobalamina 0.01g, ácido pantoténico 5.50 g, ácido fólico 1 g, niacina 25 g, Mn 70 g, Zn 70 g, Fe 30 g, Cu 8 g, I 1 g, Se 0.30 g, Co 0.1 g

El FV-RGA fue obtenido de los potreros de la misma granja. Semanalmente se evaluó la composición florística del forraje, habiéndose determinado en promedio durante todo el experimento una mezcla forrajera con 82% rye grass y 18% alfalfa. Obtenidas las muestras de la composición botánica del forraje, se trasladaron al Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca para determinar el contenido de Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC) . La MS se determinó en la estufa a 105°C x 24 horas, para la PC se empleó el método Kjeldahl de acuerdo a las normas AOAC (1980). Luego el valor de la PC de la mezcla forrajera se lo determinó de la siguiente manera:

	%	PC(%)	aporte de PC
Rye grass	82	11.82	$82 \times 11.82/100 = 9.69$
Alfalfa	18	19.51	$18 \times 19.51/100 = 3.51$

**Total PC de la mezcla forrajera = 13.20%**

El contenido nutricional del pienso fue calculado de acuerdo a la composición nutricional de los ingredientes indicada por de Blas (2010). El valor de la Thr de los forrajes fue determinado de acuerdo a las ecuaciones establecidas por NRC (2001):

$$\text{Thr del rye grass} = 3.8 \times \text{PC}/100 = 3.8 \times 11.82/100 = 0.45\%$$

$$\text{Thr de alfalfa} = 4.3 \times \text{PC}/100 = 4.3 \times 19.51/100 = 0.84$$

Donde:

PC = valor de la proteína cruda de los forrajes determinado en laboratorio.

El valor de la MS, PC y Thr de rye grass, alfalfa y mezcla forrajera se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Valores<sup>1</sup> de materia seca, proteína cruda y treonina (en base seca) de rye grass, alfalfa y mezcla forrajera 82% rye grass y 18% alfalfa (RG-A)**

Forrajes	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Treonina (%)
Rye Grass	19.81	11.82	0.45
Alfalfa	21.73	19.51	0.84
Mezcla RG-A	20.16	13.20	0.52

<sup>1</sup> Los valores de Materia seca y proteína cruda fueron obtenidos en el laboratorio de control de alimentos de la Universidad Nacional de Cajamarca. Los valores de treonina fueron calculados según NRC (2001): treonina del rye grass =  $3.8 \times \text{proteína cruda}/100$  y treonina de alfalfa =  $4.3 \times \text{proteína cruda}/100$

### 3.4. DETERMINACIÓN DE LA INGESTA DE ALIMENTO, PESOS CORPORALES Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA

La ingesta de alimento fue controlada todos los días y el peso vivo semanalmente, ambos datos fueron medidos utilizando una balanza electrónica KERN, de capacidad 2100 g, precisión de lectura 0.01 g. El consumo de pienso por cuy fue igual a la cantidad suministrada, observándose el consumo total de los 20 g de pienso ofrecidos diariamente por cuy en todas las unidades experimentales y tratamientos en estudio. El consumo voluntario FV-RGA se determinó restando la cantidad de alimento ofrecido menos la cantidad no consumida. Se determinó el consumo de MS, calculado a partir de la suma de las cantidades ingeridas de pienso y FV-RGA multiplicadas por el contenido de MS de cada alimento. El consumo de alimento promedio por cuy durante toda la fase experimental permitió calcular la ingesta diaria de alimento (IDA) por cuy y según tratamiento, al dividirlo por 42 días. Conociendo la cantidad de MS consumida de cada alimento se determinó la proporción de FV-RGA a pienso. La cantidad de Thr consumida se calculó de acuerdo a los consumos de pienso y de FV-RGA multiplicados por su contenido de Thr. Sumados ambos consumos de Thr se determinó el consumo total de este aminoácido, el cual fue expresado en porcentaje de acuerdo al consumo total de alimento en cada tratamiento (% de Thr de la dieta). El registro semanal de peso vivo de cada unidad experimental permitió determinar la ganancia media diaria (GMD) al sumarse la ganancia de peso durante todo el experimento dividido por 42 días. El índice de conversión alimenticia (ICA) se determinó de la siguiente manera:

$$\text{ICA} = \frac{\text{CMS/animal/día del FV} + \text{CMS/animal/día del pienso}}{\text{GMD}} = \frac{\text{IDA}}{\text{GMD}}$$

Donde:

ICA= índice de conversión alimenticia

CMS= consumo de materia seca

IDA= ingesta de materia seca

GMD= ganancia media diaria

### **3.5. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CARCASA Y PESO RELATIVO DE ÓRGANOS DIGESTIVOS E INMUNES**

Los animales fueron beneficiados al final del periodo experimental previo ayuno de 12 horas. Se sacrificaron cuatro cuyes por cada tratamiento. La carcasa incluyó piel, patas, cabeza, miembros anteriores y posteriores, excluyéndose las vísceras rojas (corazón, pulmones, hígado, riñones y bazo). El rendimiento de carcasa (RC) fue calculado en relación al peso vivo medido al momento de sacrificio (PVS) de acuerdo a la siguiente fórmula:  $RC = (\text{peso de carcasa} / \text{PVS}) \times 100$ . Del mismo modo se pesaron los órganos internos de cada cuy beneficiado: corazón, pulmones, hígado, riñones y tracto gastrointestinal (TGI) comprendido desde la unión del esófago y estómago hasta la parte final del intestino grueso. Cada peso tomado de las partes del cuy fue expresado en porcentaje del PVS. Se utilizó para medir el PVS, peso de carcasa y peso de órganos internos la balanza KERN, de capacidad 2100 g, precisión de lectura 0.01 g.

### **3.6. BENEFICIO/COSTO**

La relación beneficio-costo se obtuvo dividiendo el precio de venta de los cuyes entre el costo de producción unitario. El beneficio o precio de venta de cada tratamiento se estimó tomando en cuenta un peso de destete a 15 días de edad y la ganancia de peso reportada en el estudio por un periodo de 72 días.

### **3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico de los datos se realizó bajo un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. INGESTA DE ALIMENTO, PESOS CORPORALES Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA

La ingesta promedio de alimento tal como ofrecido y en base seca por cuy, durante todo el periodo experimental se indica en el Cuadro 3. El consumo de pienso fue el mismo para todos los tratamientos. No se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en el consumo de FV-RGA, ni en la ingesta de la suma de ambos alimentos ( $p>0.05$ ). La Thr consumida proveniente del FV-RGA, pienso y de la suma de ambos alimentos, así como el % de Thr de la dieta se observan en el Cuadro 3. Hubo diferencias entre tratamientos en la ingesta de Thr proveniente del pienso, de la cantidad total de Thr dietaria y % de Thr dietaria ( $p<0.05$ ). Las medias de peso final, GMD, IDA e ICA de los cuyes de 30 a 72 días de edad alimentados con dieta mixta y según tratamientos se observan en el Cuadro 4.

**Cuadro 3. Ingestas de alimento tal como ofrecido (TCO), de materia seca (MS) y de treonina en cuyes de 30 a 72 días de edad<sup>1</sup> alimentados con dieta mixta<sup>2</sup> 80% rye grass-alfalfa y 20% pienso**

	Nivel de treonina en el pienso (%)					SEM	p
	0.64	0.84	1.04	1.24	1.44		
Ingesta en TCO, g/cuy							
Alfalfa-rye grass	12640.8	12380.6	12463.1	12803.8	12921.8	101.2	0.803
Pienso	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	--	--
Ingesta de MS, g/cuy							
Alfalfa-rye grass	2717.8	2661.8	2679.6	2752.8	2778.2	21.8	0.803
Pienso	707.2	707.2	707.2	707.2	707.2	--	--
Total	3424.9	3369.0	3386.8	3460.0	3485.4	21.8	0.803
Ingesta de treonina, g/cuy							
Alfalfa-rye grass	14.1	13.8	13.9	14.3	14.4	0.11	0.916
Pienso	4.5 <sup>e</sup>	5.9 <sup>d</sup>	7.3 <sup>c</sup>	8.7 <sup>b</sup>	10.2 <sup>a</sup>	1.00	0.003
Total	18.7 <sup>e</sup>	19.8 <sup>d</sup>	21.3 <sup>c</sup>	23.1 <sup>b</sup>	24.6 <sup>a</sup>	1.08	0.014
% de treonina en la dieta	0.55 <sup>e</sup>	0.59 <sup>d</sup>	0.63 <sup>c</sup>	0.67 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.03	0.015

<sup>1</sup>Cada valor representa la media de 4 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por 2 cuyes machos

<sup>2</sup> La dieta mixta consistió en la oferta restringida de pienso (igual cantidad por repetición) + forraje *ad libitum*. SEM: Error estándar de la media.

<sup>a, b, c, d, e</sup> Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).



El presente ensayo se ejecutó para investigar la influencia de diferentes niveles de Thr en la dieta sobre el rendimiento de cuyes en crecimiento alimentados con dietas basadas en FV-RGA y suplementadas con pienso concentrado. La ingesta de alimento no se vio afectada por los diferentes niveles de Thr en la dieta, debido posiblemente a que la composición de ingredientes, contenido nutricional y formas de suministro fueron similares en los cinco grupos experimentales, evitando variaciones alimenticias y el uso de diferentes fuentes proteicas que pudieran influenciar sobre la ganancia de peso y el aprovechamiento de nutrientes (Ahmed et al., 2020). Estas condiciones son importantes para determinar con eficiencia el efecto de la Thr dietética sobre los demás indicadores de crecimiento. La alimentación mixta con pienso restringido y suministro de forraje a discreción permitió encontrar ingestas de forraje y pienso en proporciones de 80 a 20% con escasas variaciones, inferiores a 1%, entre los cinco tratamientos experimentales. Los piensos concentrados al aportar diferentes niveles de Thr produjeron dietas con diferentes niveles de Thr, que no modificaron el comportamiento ingestivo del cuy. Esto permitió evaluar cuyes alimentados con Thr dietaria en niveles por encima de 0.5%, que es el nivel recomendado para cuyes de laboratorio (NRC, 1995), pero con niveles mayores a 0.6% de Thr, que es la cantidad considerada en el pienso utilizado para sistemas mixtos e integrales en alimentación de cuyes con propósitos cárnicos (Huamaní et al., 2016).

**Cuadro 4. Promedios de peso final, ganancia media diaria (GMD), ingesta diaria de alimento (IDA) e índice de conversión alimenticia (ICA) en cuyes de 30 a 72 días de edad<sup>1</sup> alimentados con dieta mixta<sup>2</sup> 80% ryegrass-alfalfa y 20% pienso.**

	Peso final (g)	GMD (g)	IDA (g MS)	ICA
% de treonina en				
Dieta				
0.55	1007.50 <sup>c</sup>	11.49 <sup>d</sup>	81.55 <sup>b</sup>	7.09 <sup>a</sup>
0.59	1051.25 <sup>b</sup>	12.35 <sup>c</sup>	79.37 <sup>c</sup>	6.42 <sup>b</sup>
0.63	1168.75 <sup>a</sup>	15.21 <sup>a</sup>	79.80 <sup>c</sup>	5.24 <sup>c</sup>
0.67	1081.25 <sup>a</sup>	13.18 <sup>b</sup>	81.54 <sup>b</sup>	6.18 <sup>b</sup>
0.71	1046.25 <sup>b</sup>	12.68 <sup>c</sup>	82.14 <sup>a</sup>	6.48 <sup>b</sup>
SEM	27.11	0.62	0.54	0.30
P	0.009	0.032	0.104	0.008

<sup>1</sup>Cada valor representa la media de 4 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por 2 cuyes machos

<sup>2</sup> La dieta mixta consistió en la oferta restringida de pienso (igual cantidad por repetición) + forraje *ad libitum*.

SEM: Error estándar de la media.

<sup>a, b, c, d.</sup> Las medias dentro de una columna que no comparten igual superíndice difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

Las mejores GMD e ICA se obtuvieron con niveles de Thr de 0.63%, lo que indica que este nivel de Thr sería óptimo en alimentación mixta de cuyes en crecimiento, debido posiblemente al mejor aprovechamiento de nutrientes a nivel digestivo con una consecuente mayor conversión de nutrientes dietarios en peso corporal, al ser la Thr, constituyente principal de la mucina y propiciadora de buena salud intestinal. Los resultados del presente estudio son concordantes con los encontrados por Qaisrani et al. (2015) en pollos de engorde, que al suplementar Thr por encima del nivel recomendado por la NRC, lograron mejores tasas de crecimiento, además de mayor altura de vellosidades y mayor relación en altura de vellosidad y profundidad de criptas a nivel duodenal. Por otro lado, menor incremento de peso se observó con cantidades de Thr inferiores y superiores a 0.63%, lo cual puede deberse a las diferentes relaciones que se producen entre la Thr y los demás aminoácidos, tal como reporta Abdaljaleel et al. (2018) quienes encontraron que una proporción óptima de Thr a lisina de 0.7 resultó en una mejora significativa de las variables de rendimiento en pollos de engorde con un aumento de altura de vellosidades en yeyuno y ancho de vellosidad de íleon en comparación con las otras proporciones aminoacídicas. Otras relaciones de aminoácidos que afectan el crecimiento de los animales son las que se dan entre Thr y aminoácidos azufrados (Kidd et al., 2000). En la presente investigación los niveles de lisina y metionina en el pienso fueron iguales para los cinco tratamientos, originándose cinco diferentes proporciones de Thr con los demás aminoácidos, debido a los diferentes niveles de Thr evaluados. Por lo que podría inferirse que el nivel de Thr dietética de 0.63% genera una mejor relación con los demás aminoácidos del alimento, que los niveles de Thr de 0.55, 0.59, 0.67 y 0.71%. Se debe considerar también, que los niveles de Thr en la dieta del cuy podrían verse influenciados por el sistema de alimentación; dietas con niveles altos de fibra, por su efecto abrasivo sobre la mucosa intestinal tendrán que formularse con niveles mayores de Thr para permitir mayor formación de mucina (Saadatmand et al., 2019). El presente trabajo evaluó niveles de Thr en cuyes alimentados con 80% de alimento fibroso como es el FV-RGA, por lo que las necesidades de Thr del cuy en crecimiento podrían variar de acuerdo a la cantidad y tipo de fibra dietética.

## 4.2. RENDIMIENTO DE CARCASA Y PESO RELATIVO DE ÓRGANOS DIGESTIVOS E INMUNES

El cuadro 5 muestra el RC y los pesos relativos del TGI, hígado, pulmones, corazón, riñones y bazo de cuyes sacrificados a los 72 días de edad, luego de haber consumido dietas con cinco contenidos diferentes de Thr durante seis semanas de alimentación mixta. Se observan diferencias entre tratamientos para la mayoría de indicadores evaluados ( $p < 0.05$ ) excepto para los pesos relativos de corazón y de bazo.

**Cuadro 5. Rendimiento de carcasa y pesos relativos (%) del tracto gastrointestinal (TGI), hígado, pulmones, corazón, riñones y bazo de cuyes sacrificados a los 72 días de edad<sup>1</sup>.**

	Nivel de treonina en la dieta (%)					SEM	p
	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71		
Rendimiento de carcasa	63.64 <sup>b</sup>	60.98 <sup>d</sup>	65.56 <sup>a</sup>	62.33 <sup>c</sup>	61.90 <sup>c</sup>	0.79	0.008
TGI	19.37 <sup>d</sup>	20.59 <sup>c</sup>	17.74 <sup>e</sup>	23.34 <sup>a</sup>	21.86 <sup>b</sup>	0.98	0.001
Hígado	3.64 <sup>c</sup>	4.41 <sup>a</sup>	3.41 <sup>c</sup>	4.04 <sup>b</sup>	3.83 <sup>b</sup>	0.17	0.002
Pulmones	0.63 <sup>b</sup>	0.78 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.04	0.006
Corazón	0.30	0.35	0.32	0.41	0.36	0.02	0.064
Riñones	1.19 <sup>a</sup>	1.09 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>	1.14 <sup>b</sup>	1.20 <sup>a</sup>	0.03	0.009
Bazo	0.19	0.16	0.16	0.20	0.18	0.01	0.517

<sup>1</sup>Cada valor representa la media de 4 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por 2 cuyes machos SEM: Error estándar de la media.

<sup>a, b, c, d.</sup> Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

El rendimiento de carcasa fue mayor en cuyes que consumieron dietas con 0.63% de Thr, que podría ser el nivel óptimo para la mejora del RC, esto debido posiblemente a que la Thr interviene en la formación de tejido muscular (Jiang et al., 2020), y además por estar la Thr relacionada con la expresión de los genes que regulan la deposición proteica (Jiang et al., 2019). En la presente investigación no se determinó, exactamente formación de masa muscular o deposición proteica, pero si se encontró la GMD, que fue también mayor con el nivel de Thr de 0.63%. Sin embargo, se puede observar en el cuadro 5, que el mayor RC está relacionado con el menor peso del TGI, lo que podría estar asociado a otra de las funciones que cumple la Thr dietética, que en cantidad adecuada tiene efecto directo sobre la morfología y desarrollo intestinal a través de su participación en la síntesis de mucina que recubre la capa

mucosa (Wang et al., 2007). Es importante considerar cuando se evalúa comparativamente el RC en cuyes conocer la composición de la carcasa, porque pueden considerarse como parte de ella algunas vísceras. En el presente estudio al sumar a la carcasa el peso de corazón, hígado y riñones, el RC de los cuyes del tratamiento con 0.63% de Thr sería de 70.36%, el cual se encuentra dentro del rango de RC (67-71%) que reporta Airahuacho y Vergara (2017), quienes alimentaron cuyes con rangos de Thr entre 0.50 y 0.60% y con niveles de energía digestible de 2.7 a 3.0 Mcal/kg. Cuando al RC del tratamiento con 0.63% de Thr se le suma el peso de corazón, hígado, riñones, pulmones y bazo este asciende a 71.27%, el cual es mayor que el reportado por Huamaní et al. (2016) quienes encontraron un RC de 69.8% en cuyes alimentados solo con alfalfa. Sin embargo, el RC del tratamiento con 0.63% de Thr del presente trabajo es inferior al de cuyes alimentados solo con pienso conteniendo 0.60% de Thr (Paredes et al., 2021). Por tanto, el nivel de Thr de 0.63% en dieta mixta con 80% de FV-RGA para cuyes en crecimiento, sería el óptimo a fin de lograr mejor RC, concordante con el hallazgo de Saadatmand et al. (2019), quienes encontraron que dietas con altos contenidos de fibra exigen mayor contenido de Thr y energía.

El mayor peso relativo del TGI se obtuvo con niveles de 0.67 y 0.71% de Thr, lo cual podría estar asociado a la función inmunológica que cumple este aminoácido (Zhang et al., 2017), por encontrarse en los intestinos, tejidos y órganos linfoides, que en cuyes aún no están bien estudiados, pero en otras especies se conoce que a nivel intestinal se localizan las placas de Peyer, tonsilas cecales y otros tejidos donde se desarrolla respuesta inmune específica (Kogut et al., 2020; Gómez et al., 2010). El peso relativo del hígado se vio afectado por los diferentes niveles de Thr en la dieta, lo que contrasta con lo encontrado por Paredes y Goicochea (2021) cuando alimentaron cuyes en crecimiento con dietas que contenían 0.60% de Thr y diferentes proporciones de FDN y almidón. Del mismo modo el peso relativo de los pulmones, órganos de intercambio gaseoso y de los riñones, órganos de excreción de urea, también se vieron influenciados por los diferentes contenidos de Thr. El peso relativo del corazón no varió con los diferentes contenidos de Thr dietética, lo que concuerda con lo reportado por Airahuacho et al. (2017), quienes evaluaron diferentes niveles de aminoácidos en la dieta del cuy. El peso relativo del bazo no varió entre tratamientos, debido probablemente a que los cuyes del presente estudio no enfrentaron mayores desafíos

sanitarios; por cuanto el bazo sufre cambios en respuesta a procesos infecciosos y es parte del sistema inmunológico que juega un papel clave en el control de enfermedades (Wu et al., 2021).

### 4.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el cuadro 6 se indica los costos de producción, considerando los rubros de mayor importancia como son el costo del cuy destetado y el costo de alimentación, ingresos por venta y relación beneficio/costo en promedio de un cuy según tratamientos.

**Cuadro 6. Costos de producción, ingresos y relación beneficio/costo promedio de cuyes beneficiados a los 72 días de edad según tratamientos.**

	Niveles de treonina en la dieta (%)				
	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71
Costo de cuy destetado (S/.)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Consumo de alfalfa (kg/cuy/etapa)	12.64	12.38	12.46	12.80	12.92
Costo de alfalfa (S./kg)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Costo de alfalfa (S./cuy/etapa)	6.32 0.80	6.19 0.80	6.23 0.80	6.40 0.80	6.46
Consumo de pienso (kg/cuy/etapa)	1.60	1.60	1.60	1.60	0.80
Costo de pienso (S./kg)	1.28	1.28	1.28	1.28	1.60
Costo de pienso (S./cuy/etapa)	0.0045	0.0059	0.0073	0.0083	1.28
Consumo de treonina (kg/cuy/etapa)	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0102
Costo de treonina (S./kg)	0.0675	0.0885	0.1095	0.1245	15.00
Costo de treonina (S./cuy/etapa)	17.67	17.56	17.62	17.80	0.153
COSTO DE CUY Y ALIMENTACION (S./cuy/etapa)					17.89
	1.01	1.05	1.17	1.08	
Producto obtenido (cuy vivo, kg)	20.00	20.00	20.00	20.00	1.05
Precio del cuy vivo (S./kg)	20.20	21.00	23.40	21.60	20.00
INGRESO POR VENTA DE CUY (S/.)					21.00
	1.14	1.19	1.33	1.21	
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO					1.17

Se observa que la mejor relación B/C por tratamientos corresponde a los cuyes que consumieron un nivel de treonina dietaria igual a 0.63%, seguido del tratamiento con 0,67% y en tercer lugar el tratamiento con 0.59%. El tratamiento con menor nivel de treonina dietaria tuvo la menor relación B/C.

## **CAPITULO V**

### **1. CONCLUSIONES**

- Cuyes en crecimiento alimentados con 80% forraje verde y 20% pienso lograron mayores ganancias de peso, mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento de carcasa con niveles de treonina dietética de 0.63%.
- El tracto gastrointestinal del cuy con posibles funciones inmunes por contener tejido linfoide alcanzó mayor peso relativo con niveles altos de treonina de 0.67 y 0.71%; sin embargo, el peso del bazo no sufrió cambios por efecto del rango de treonina dietética, lo cual pudo deberse a que los cuyes estuvieron exentos de desafíos infecciosos.
- El peso relativo del corazón no se vio afectado por los diferentes niveles de treonina dietética; a diferencia de los otros órganos de alto flujo de nutrientes y excreción de metabolitos como hígado, pulmones y riñones que si modificaron sus pesos relativos.
- Los cuyes que consumieron un nivel de treonina dietaria de 0.63 y 0.67 % dieron mejores resultados en relación de B/C , a diferencia de los 0.59 %.

## 2. RECOMENDACIONES

- Recomiendo utilizar un sistema de alimentación mixto de 80 % forraje verde y 20 % pienso, ya que se lograron mejores ganancias de peso, conversión alimenticia y mayor rendimiento de carcasa con niveles de treonina dietética de 0.63 %, para cuyes en crecimiento.
- Recomiendo el uso de treonina 0.67 % y 0.71 % por que refuerza el tracto gastrointestinal, permitiendo de esta manera ser mas resistente a los desafíos infecciones.
- Se recomienda el uso de treonina ya que este permite el incremento deferencial de los pesos de los órganos como hígado, pulmones y riñones con el fin de que me aseguren mayor inmunidad ante los desafíos medio ambientales.
- Se recomienda los nivel de treonina dietaria de 0.63 y 0.67 % ya que direron mejores resultados de B/C, lo cual es rentable.

## BIBLOGRAFÍA

1. Abdaljaleel RA, Al-Ajeeli M, Jameel Y, Hashim MM, Bailey CA. 2018. Assessing effects of yeast cell wall supplementation on threonine requirements in broilers as measured by performance and intestinal morphology. *Poultry Science* 97:2473-2478. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey095>.
2. Acosta A. 2011. Evaluación de tres concentrados comerciales en la etapa de crecimiento. Riobamba –Ecuador: Escuela de Ingeniería Zootecnista.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
3. Adeola O, Lawrence BV, Cline TR. 1994. Availability of amino acids for 10- to 20-kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. *J Anim Sci.* 72:2061e7.
4. Ahmed I, Qaisrani SN, Azam F, Pasha TN, Bibi F, Naveed S, Murtaza S. 2020. Interactive effects of threonine levels and protein source on growth performance and carcass traits, gut morphology, ileal digestibility of protein and amino acids, and immunity in broilers. *Poultry Science* 99:280–289 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez488>.
5. Airahuacho FE y Vergara V. 2017. Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus* L). *Rev Inv Vet Perú* 28(2): 255-264. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13079>.
6. Berres J, Vieira SL, Coneglian JLB, Olmos AR, Md D, Bortolini Freitas TCK, da Silva GK. 2007. Broiler responses to graded increases in the threonine to lysine ratio. *Ciênc. Rural* 37:510–517.
7. Carlstedt, I., A. Herrmann, H. Karlsson, J. Sheehan, L. Fransson, and G. Hansson. 1993. Characterization of two different glycosylated domains from the insoluble mucin complex of rat small intestine. *J. Biol. Chem.* 268:18771–18781.
8. Chauca L. 2018. Manual de crianza de cuyes. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. 80 p.
9. Chauca L. 2005. Producción de cuyes (*cavia porcellus*). Coordinación de crianza familiar. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) la Molina-Peru.
10. Chauca L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Roma-Italia: FAO.
11. de Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3° ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 502 p.
12. Debnath BC, Biswas P, Roy B. 2019. The effects of supplemental threonine on performance, carcass characteristics, immune response and gut health of broilers in subtropics during pre-starter and starter period. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 103:29-40. <https://doi.org/10.1111/jpn.12991>.
13. FAO-IFIF. 2014. Buenas prácticas para la industria de piensos – Implementación del Código de Prácticas Sobre Buena Alimentación Animal. Manual FAO de producción y sanidad animal. No 9. Roma. 85 pp.
14. Figueroa, T., & Viviana, M. (2017). Suplementación de aminoácidos esenciales (Lisina, Metionina Y Treonina) en el crecimiento y acabado de cuyes machos (*Cavia porcellus*) genotipo Perú. *ALICIA*. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2645>



15. Gómez G, López C, Maldonado C, Ávila E. 2010. El sistema inmune digestivo en las aves Rev. Investigación y Ciencia 18(48): 9-16.
16. Gutiérrez. (2010). Inmunología veterinaria. Mundo Moderno, S.A. de C.V. México.
17. Huamaní G, Zea O, Gutiérrez G, Vílchez C. 2016. Efecto de tres sistemas de alimentación sobre el comportamiento productivo y perfil de ácidos grasos de carcasa de cuyes (*Cavia porcellus*). Rev Inv Vet Perú 2016; 27(3):486-494. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i3.12004>.
18. INIAP. (2002). Instituto Nacional Autónoma de Investigaciones Agropecuarias. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). <http://Iniap.gob.ec>.
19. Ji S, Qi X, Ma S, Liu X, Min Y. 2019. Effects of Dietary Threonine Levels on Intestinal Immunity and Antioxidant Capacity Based on Cecal Metabolites and Transcription Sequencing of Broiler. Animals 9:739. doi:10.3390/ani9100739.
20. Jiang Y, Xie M, Tang J, Zhou Z, Zhang Y, Chen G, Hou S. 2020. Effects of genetic selection and threonine on meat quality in Pekin ducks. Poultry Science 99:2508-2518. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.059>.
21. Jiang S, El-Senousey HK, Fan Q, Lin X, Gou Z, Li L, Wang Y, Fouad AM, Jiang Z. 2019. Effects of dietary threonine supplementation on productivity and expression of genes related to protein deposition and amino acid transportation in breeder hens of yellow-feathered chicken and their off spring. Poultry Science 98:6826-6836. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez420>.
22. Jiang Y, Zhu YW, Xie M, Tang J, Wen ZG, Qiao SY, Hou SS. 2018. Interactions of dietary protein and threonine on growth performance in Pekin ducklings from 1 to 14 days of age. Poultry Science 97:262-266. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex219>.
23. Kheravii SK, Swick RA, Choct M, Wu SB. 2017. Coarse particle inclusion and lignocellulose rich fiber addition in feed benefit performance and health of broiler chickens. Poultry Sci. 96:3272-3281. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex123>.
24. Kidd M. 2000. Nutritional considerations concerning threonine in broilers. World Poultry Sci. J. 56:139-151.
25. Kim YS, Ho SB. 2010. Intestinal goblet cells and mucins in health and disease: recent insights and progress. Curr Gastroenterol Rep. 12:319e30.
26. Kogut MH, Lee A, Santin E. 2020. Microbiome and pathogen interaction with the immune system. Journal Poultry Science 99:1906-1913. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.011>.
27. Lemme AV. 2004. La Digestibilidad Ideal de Aminoácidos en los ingredientes de piensos para pollos de engorde. Mundo Avícola.
28. Lievin-Le Moal V, Servin AL. 2006. The front line of enteric host defense against unwelcome intrusion of harmful microorganisms: mucins, antimicrobial peptides, and microbiota. Clin Microbiol Rev. 19:315e37.
29. Martínez, C. A. (2011). Determinación y Evaluación de los Niveles más Adecuados de Aminoácidos Esenciales en la Alimentación de Cuyes en las Etapas de Crecimiento y Engorde. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1153>.
30. Méndez, D. J. (2019). : *Inclusión de cuatro aminoácidos esenciales (Lisina, Metionina, Treonina, Triptofano) en un programa de alimentación forraje- balanceado para cuyes en engorde de cuyes (cavia porcellus)*. TULCAN – ECUADOR. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/837/1/368%20Inclusi%C3%B3n%20de%20cuatro%20amino%C3%A1cidos%20esenciales.pdf>.

31. Montagne L, Pluske JR, Hampson DJ. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim Feed Sci Technol.* 108:95e117.
32. [NRC] National Research Council. 1995. Nutrient requirements of laboratory animals. 4th rev. ed. Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. Washington (DC). [Internet]. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231927/>.
33. Ortiz-Oblitas P, Florián-Alcántara A, Estela-Manrique J, Rivera-Jacinto M, Hobán-Vergara C, Murga-Moreno C. 2021. Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la Región Cajamarca, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 32(2): e20019. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019>.
34. Paredes M, Mantilla J, Bustamante I, Mantilla JC, Cayotopa J, Hoban C, Ortiz P, Mustafa A. 2021. Efecto de cinco niveles de balance electrolítico dietario en el crecimiento, características de carcasa y metabolitos de suero sanguíneo del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 32(2): e20018. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20018>.
35. Paredes M y Goicochea E. 2021. Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 32(1): e19495. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19495>.
36. Qaisrani SN, van Krimpen MM, Kwakkel RP, Verstegen MWA, Hendriks WH. 2015. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. *Poultry Science* 94:2152–2164 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev003>.
37. Randall D, Warren B, Eckert R, Frech K. 2002. Fisiología animal: mecanismos y adaptaciones. Universidad de Stanford.
38. Rezaeipour V, Fononi H, Irani M. 2012. Effects of dietary L-threonine and *Saccharomyces cerevisiae* on performance, intestinal morphology and immune response of broiler chickens. *S Afr J Anim Sci.* 42:266e73.
39. Remigio, R., & Vergara, V. (2006). *Evaluación de tres niveles de lisina y aminoácidos en dietas de crecimiento para cuyes (Cavia porcellus) mejorada*. Obtenido de [http://www.lamolina.edu.pe/facultad/Zootecnia/PIPS/Prog\\_Alimentos/resumen](http://www.lamolina.edu.pe/facultad/Zootecnia/PIPS/Prog_Alimentos/resumen).
40. Rogers QR. 1973. The nutritional and metabolic effects of amino acid imbalance. Ed. D.J.A. Cole. Protein Metabolism.
41. Ruth MR, Field CJ. 2013. The immune modifying effects of amino acids on gut-associated lymphoid tissue. *Journal Animal Science and Biotechnology* 4:27. <http://www.jasbsci.com/content/4/1/27>.
42. Saadatmand N, Toghyani M, Gheisari A. 2019. Effects of dietary fiber and threonine on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. *Animal Nutrition* 5(3): 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.06.001>.
43. Serena A, Hedemann MS, Knudsen KEB. 2007. Feeding high fibre diets changes luminal environment and morphology in the intestine of sows. *Livest Sci.* 109: 115e7.
44. Tomás, A. 2020. Efecto del contenido en lisina, metionina y treonina del pienso sobre el nivel de nitrógeno ureico plasmático como indicador de desequilibrio aminoacídico en conejos de engorde. Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, España. 18 pág.
45. Trevisi P, Corrent E, Mazzoni M, Messori S, Priori D, Gherpelli Y, Simongiovanni A, Bosi P. 2015. Effect of added dietary threonine on growth performance, health, immunity and gastrointestinal function of weaning pigs with differing genetic susceptibility to

- Escherichia coli infection and challenged with E. coli K88ac. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 99:511– 520. <https://doi.org/10.1111/jpn.12216>.
46. Tuquinga F. (2011). Evaluacion de difentes niveles de desecho de quinua en la etapa de crecimiento y engorde de cuyes. Riobamaba- Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
  47. Wang W, Zeng X, Mao X, Wu G, Qiao S. 2010. Optimal dietary true ileal digestible threonine for supporting the mucosal barrier in small intestine of weanling pigs. *J. Nutr.* 140:981-986.
  48. Wang XU, Qiao S, Yin Y, Yue L, Wang Z, Wu G. 2007. A deficiency or excess of dietary threonine reduces protein synthesis in jejunum and skeletal muscle of young pigs. *J. Nutr.* 137:1442-1446.
  49. Wu W, Qiu S, Huang H, Xu R, Bao E, Lv Y. 2021. Immune-related gene expression in the kidneys and spleens of goslings infected with goose nephritic astrovirus. *Journal Poultry Science* 100:100990. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.013>.
  50. Zhang Q, Chen X, Eicher SD, Ajuwon QM, Applegate TJ. 2017. Effect of threonine on secretory immune system using a chicken intestinal ex vivo model with lipopolysaccharide challenge. *Journal Poultry Science* 96:3043-3051. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex111>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Registro de pesos iniciales

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	430	29	640	17	530	25	560	33	580
	2	430	10	540	18	420	26	610	34	640
2	3	430	11	660	19	600	27	500	35	420
	15	460	12	460	20	520	28	640	8	390
3	40	740	13	450	21	520	9	410	37	630
	6	650	14	380	38	590	30	470	22	440
4	7	460	4	600	23	590	31	550	39	620
	36	600	16	530	24	470	32	480	5	390

### Anexo 2. Registro de pesos – primera semana

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	580	29	770	17	690	25	680	33	640
	2	530	10	680	18	560	26	750	34	750
2	3	560	11	810	19	740	27	630	35	770
	15	610	12	560	20	630	28	790	8	510
3	40	820	13	580	21	560	9	530	37	730
	6	720	14	500	38	710	30	570	22	560
4	7	590	4	710	23	740	31	620	39	700
	36	700	16	660	24	620	32	590	5	500

**Anexo 3. Registro de pesos – segunda semana**

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	670	29	850	17	770	25	780	33	720
	2	580	10	780	18	640	26	850	34	870
2	3	710	11	890	19	860	27	720	35	850
	15	730	12	670	20	710	28	870	8	610
3	40	950	13	720	21	770	9	690	37	850
	6	820	14	570	38	830	30	680	22	630
4	7	650	4	770	23	850	31	700	39	780
	36	790	16	730	24	730	32	720	5	590

**Anexo 4. Registro de pesos – tercera semana**

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	780	29	930	17	880	25	880	33	790
	2	710	10	890	18	730	26	870	34	980
2	3	800	11	980	19	960	27	800	35	970
	15	820	12	750	20	790	28	980	8	700
3	40	1070	13	840	21	890	9	780	37	950
	6	950	14	670	38	930	30	800	22	710
4	7	770	4	860	23	980	31	790	39	860
	36	900	16	850	24	750	32	840	5	700

**Anexo 5. Registro de pesos – cuarta semana**

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	870	29	1020	17	1010	25	960	33	850
	2	820	10	1040	18	800	26	960	34	1100
2	3	940	11	1110	19	1040	27	900	35	1080
	15	890	12	870	20	880	28	1060	8	830
3	40	1140	13	950	21	990	9	890	37	1050
	6	1060	14	810	38	1040	30	910	22	850
4	7	900	4	910	23	1070	31	880	39	930
	36	970	16	940	24	860	32	960	5	840

**Anexo 6. Registro de pesos – quinta semana**

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	920	29	1060	17	1060	25	1030	33	890
	2	850	10	1110	18	840	26	1020	34	1180
2	3	970	11	1130	19	1120	27	940	35	1190
	15	950	12	930	20	920	28	1100	8	890
3	40	1118	13	1010	21	1020	9	940	37	1120
	6	1150	14	910	38	1070	30	950	22	890
4	7	930	4	990	23	1150	31	930	39	950
	36	1010	16	990	24	920	32	980	5	900

**Anexo 7. Registro de pesos – sexta semana**

REPETICIÓN	T 1		T2		T3		T4		T5	
	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos	Arete	pesos
1	1	1010	29	1160	17	1170	25	1140	33	960
	2	960	10	1200	18	920	26	1120	34	1250
2	3	1080	11	1210	19	1220	27	1020	35	1270
	15	1060	12	980	20	990	28	1200	8	1000
3	40	1260	13	1130	21	1150	9	1040	37	1200
	6	1260	14	990	38	1150	30	1050	22	990
4	7	1060	4	1060	23	1240	31	1020	39	1050
	36	1130	16	1120	24	1010	32	1060	5	1000

**Anexo 8. ANAVA PESOS INICIALES**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	845	211.25	0.03095427	3.06	4.89
Error	15	102368.75	6824.58333			
Total	19	103213.75				

CV 15.7129884

**Anexo 9. ANAVA PESOS A LA PRIMERA SEMANA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1137.5	284.375	0.05752212	3.06	4.89
Error	15	74156.25	4943.75			
Total	19	75293.75				

CV 10.8380432



**Anexo 10. ANAVA PESOS A LA SEGUNDA SEMANA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	2850	712.5	0.1423221	3.06	4.89
Error	15	75093.75	5006.25			
Total	19	77943.75				

CV            9.44973068

**Anexo 11. ANAVA PESOS A LA TERCERA SEMANA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	2082.5	520.625	0.11262845	3.06	4.89
Error	15	69337.5	4622.5			
Total	19	71420				

CV            8.02703302

**Anexo 12. ANAVA PESOS A LA CUARTA SEMANA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1370	342.5	0.08157999	3.06	4.89
Error	15	62975	4198.33333			
Total	19	64345				

CV            6.82407026

**Anexo 13. ANAVA PESOS A LA QUINTA SEMANA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	3084.2	771.05	0.18925497	3.06	4.89
Error	15	61112	4074.13333			
Total	19	64196.2				

CV            6.37842891

**Anexo 14. ANAVA PESOS A LA SEXTA SEMANA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	58780	14695	8.74702381	3.06	4.89
Error	15	25200	1680			
Total	19	83980				
		CV	3.82705911			

**Anexo 15. ANAVA DE LA GMD**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	30.8772676	7.71931689	3.31277243	3.06	4.89
Error	15	34.9525227	2.33016818			
Total	19	65.8297902				
		CV	11.7583735			

**Anexo 16. ANAVA DE LA INGESTA DIARIA DE ALIMENTO**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	22.8524	5.7131	2.6087711	3.06	4.89
Error	15	32.849375	2.18995833			
Total	19	55.701775				

CV 1.82929112

**Anexo 17. ANAVA DEL INDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	7.06952	1.76738	60.9861974	3.06	4.89
Error	15	0.4347	0.02898			
Total	19	7.50422				

CV 2.71204607

**Anexo 18. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE CARCASA**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	50.55443	12.6386075	18.214137	3.06	4.89
Error	15	10.40835	0.69389			
Total	19	60.96278				

CV            1.32472543

**Anexo 19. ANAVA DEL PORCENTAJE DE INTESTINOS Y ESTÓMAGO**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	73.81312	18.45328	89.9757669	3.06	4.89
Error	15	3.076375	0.20509167			
Total	19	76.889495				

CV            2.20155307

**Anexo 20. ANAVA DEL PORCENTAJE DE HÍGADO**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	2.34608	0.58652	142.821429	3.06	4.89
Error	15	0.0616	0.00410667			
Total	19	2.40768				

CV 1.65761198

**Anexo 23. ANAVA DEL PORCENTAJE DE PULMONES**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.1184	0.0296	32.4087591	3.06	4.89
Error	15	0.0137	0.00091333			
Total	19	0.1321				

CV 4.34840363

**Anexo 24. ANAVA DEL PORCENTAJE DE CORAZÓN**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.02735	0.0068375	2.96852388	3.06	4.89
Error	15	0.03455	0.00230333			
Total	19	0.0619				

CV            13.9110305

**Anexo 25. ANAVA DEL PORCENTAJE DE RIÑONES**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.05392	0.01348	8.28688525	3.06	4.89
Error	15	0.0244	0.00162667			
Total	19	0.07832				

CV            3.5441086

**Anexo 26. ANAVA DEL PORCENTAJE DEL BAZO**

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.00512	0.00128	1.95918367	3.06	4.89
Error	15	0.0098	0.00065333			
Total	19	0.01492				

CV            14.3597674



