

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE GLUTAMINA Y ÁCIDO
GLUTÁMICO EN LA DIETA DE CUYES (*Cavia porcellus*)
DESTETADOS PRECOZMENTE SOBRE EL DESEMPEÑO
PRODUCTIVO Y ECONÓMICO.**

TESIS

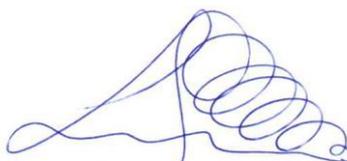
**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

DIANA MARÍA, BAZÁN SOLÓRZANO

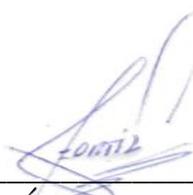
TRUJILLO, PERÚ

2020

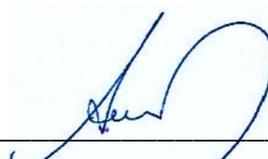
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



M.V. Mg. César Lombardi Pérez
PRESIDENTE



M.V. Mg. Luis Ortiz Tenorio
SECRETARIO



M.V. Mg. Angélica Huamán Dávila
VOCAL



Ing. Dr. Wilson Castillo Soto
ASESOR

DEDICATORIA

A mi papá Claudio, por transmitirme su sabiduría y amor por lo animales y la naturaleza, por ser mi guía en todo momento e impulsarme siempre a seguir soñando.

A mi mamá María Elena y mi hermano Daniel por ser mi soporte siempre y apoyarme en el cumplimiento de mis metas.

Con todo mi cariño para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, mi hermano y mi familia por brindarme su cariño y apoyo durante todos estos años de estudio.

A Julio, por su paciencia, por darme tranquilidad, y en especial por su gran cariño.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, por brindarme todos estos años de formación y darme la oportunidad de ser una buena profesional.

Al Doctor Wilson Castillo, por su tiempo y paciencia durante la asesoría de esta investigación.

A mis amigos Gabriela Pereyra y Christian Campos por su amistad durante la carrera y por su apoyo en la realización de esta tesis.

ÍNDICE

	Página
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	2
2.1. Problemática en la producción de cuyes	2
2.2. Fisiología digestiva del cuy	2
2.3. Alimentación en cuyes mejorados	4
2.4. Alimentación con forraje	6
2.5. Generalidades sobre glutamina y ácido glutámico	6
2.6. Funciones de la glutamina y ácido glutámico	7
2.7. Importancia en la etapa de transición (destete).....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Lugar de estudio.....	9
3.2 Instalaciones.....	9
3.3 Animales.....	9
3.4 Sanidad	9
3.5 Alimentación	10
3.6 Variable independiente	10
3.7 Variables dependientes	13
3.8 Diseño experimental y análisis estadístico	14

IV. RESULTADOS.....	16
4.1 Fase de inicio (15 - 29 días)	16
4.2 Fase de crecimiento/acabado (30 – 65 días).....	17
4.3 Periodo total (15 a 65 días)	19
4.4 Evaluación económica de la crianza de cuyes	21
V. DISCUSIÓN	23
VI. CONCLUSIONES	26
VII. RECOMENDACIONES	27
VIII. BIBLIOGRAFÍA	28
IX. ANEXOS	31

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de cuyes en diferentes etapas y según autores	5
Cuadro 2. Contenido Nutricional de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	6
Cuadro 3. Composición porcentual y nutricional de la dieta para cuyes en la fase de inicio (15-29 días)	11
Cuadro 4. Composición porcentual y nutricional de la dieta para cuyes en la fase de crecimiento/acabado (30-65 días)	12
Cuadro 5. Desempeño productivo de cuyes destetados precozmente durante la fase de crecimiento (15-29 días).....	16
Cuadro 6. Desempeño productivo de cuyes destetados precozmente durante la fase de crecimiento/acabado (30 – 65 días)	18
Cuadro 7. Desempeño productivo de cuyes destetados precozmente durante el periodo total (15 – 65 días)	20
Cuadro 8. Beneficio neto por cuy según tratamiento.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ganancia diaria de peso (g) y conversión alimenticia de cuyes destetados precozmente en fase de inicio (15-29 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.....	17
Figura 2. Ganancia diaria de peso (g) y conversión alimenticia de cuyes destetados precozmente en fase de crecimiento/acabado (30-65 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.....	19
Figura 3. Ganancia diaria de peso (g) y conversión alimenticia de cuyes destetados precozmente durante el periodo total (15 – 65 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Pesos promedio de los cuyes evaluados por periodo.....	31
Anexo 2. Consumo de materia seca de los cuyes evaluados por periodo.....	31
Anexo 3. Parámetros productivos de los cuyes evaluados en cada tratamiento.....	32
Anexo 4. Costos fijos y variables del proyecto.....	33

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la suplementación de glutamina y ácido glutámico y su efecto sobre el desempeño productivo y económico, se utilizaron 64 cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú destetados precozmente a los 15 días de edad. Los cuyes fueron distribuidos a través de un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos (0, 0.2, 0.4 y 0.6 % de inclusión de glutamina y ácido glutámico respectivamente) con cuatro repeticiones. Las dietas formuladas cubrieron las necesidades nutricionales y energéticas con el mismo valor. El peso inicial promedio fue de 318 gramos y la evaluación se realizó en dos fases: inicio (15- 29 días) y crecimiento-acabado (30-65 días). Los resultados fueron analizados a través del análisis de varianza de regresión. Las diferencias significativas se apreciaron en ambas fases (inicio y crecimiento/acabado) para ganancia de peso y conversión alimenticia sin afectar el consumo de alimento versus la dieta base, obteniéndose mayor rentabilidad en los cuyes suplementados. Se concluye que la inclusión de glutamina y ácido glutámico en la dieta de cuyes destetados precozmente en niveles de 0.2%, 0.4% y 0.6% mejora el desempeño productivo y el beneficio económico.

ABSTRACT

In order to evaluate glutamine and glutamic acid supplementation and its effect on productive and economic performance, 64 guinea pigs (*Cavia porcellus*) from the Peru breed were used, weaned at 15 days of age. The guinea pigs were distributed through a completely randomized design in four treatments (0, 0.2, 0.4 and 0.6% inclusion of glutamine and glutamic acid respectively) with four replications. The formulated diets covered the nutritional and energy needs with the same value. The average initial weight was 318 grams and the evaluation were realized in two phases: beginning (15-29 days) and growth-finish (30-65 days). The results were analyzed through regression analysis of variance. Significant differences were seen in both phases (beginning and growth / finish) for weight gain and feed conversion without affecting feed intake versus the base diet, obtaining greater profitability in the supplemented guinea pigs. It is concluded that the inclusion of glutamine and glutamic acid in the diet of guinea pigs weaned early at levels of 0.2%, 0.4% and 0.6% improves productive and economic performance.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*), es una especie oriunda de los países andinos sudamericanos Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador. Constituye un producto cárnico con un alto valor alimenticio y bajos costos de producción (Chauca, 1997).

En los últimos años, la crianza de cuy se ha incrementado debido a un aumento del consumo interno y de la exportación de su carne, ello ha motivado una mayor exigencia en los sistemas de crianza intensiva, así como la búsqueda de nuevas alternativas alimenticias por parte de los productores para mejorar el desempeño productivo y económico.

El mejoramiento genético en esta especie ha avanzado de manera rápida obteniendo cuyes con una velocidad de crecimiento mucho más alta que años atrás, lo que ha generado que el destete se realice cada vez de manera más precoz. En la actualidad es común destetar a las crías con 15 días de edad; este cambio en la alimentación podría estar afectando, por un lado, a la integridad intestinal del animal, y por otro, el sistema digestivo no estaría adecuadamente preparado con la producción enzimática requerida por los nuevos insumos alimenticios; generando en ambos casos, menor digestión y absorción de nutrientes y por lo tanto un menor desempeño productivo.

Se reporta que la utilización de glutamina y ácido glutámico en lechones destetados previene la atrofia de vellosidades intestinales y la translocación bacteriana reflejada en una mejor conversión alimentaria (Zou y otros, 2006), ello ha motivado como objetivo del presente trabajo evaluar su efecto en dietas de cuyes destetados precozmente y su impacto sobre su desempeño productivo y económico.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Problemática en la producción de cuyes

La tecnología de producción mayormente difundida no responde a las nuevas exigencias de los mercados de exportación y otros importantes mercados nacionales. Además, existen problemas en esta explotación debido al deficiente manejo productivo, reproductivo y alimenticio; deficiente prevención y control sanitario; escasez de reproductores de calidad; deficiente sistema de comercialización y escaso conocimiento técnico de los productores (MINAG, 2008).

La producción animal intensiva moderna depende de un manejo altamente eficiente de alimentos y mano de obra. En años recientes, la importancia de la salud intestinal asociada con una microbiota intestinal balanceada ha sido reconocida como una precondition fundamental para la producción animal costeable y ambientalmente segura. Se ha aclarado que un tracto gastrointestinal sano es el prerrequisito más importante para la transformación de nutrientes en desempeño productivo. El tema importante en la nutrición animal moderna es, por lo tanto, promover y mantener la salud gastrointestinal para asegurar productividad total y para entregar al mercado global productos animales seguros y de alta calidad (Martínez, citado por Vallejos, 2014).

2.2. Fisiología digestiva del cuy

El cuy (*cavia porcellus*), es una especie herbívora monogástrica, su digestión enzimática empieza en el estómago y luego continua en el ciego donde se realiza la fermentación bacteriana; su mayor

o menor actividad dependiera de la composición de la ración. Realiza cecotrófia (ingestión de cecótrofos) para utilizar nuevamente el nitrógeno, lo que permite un buen desempeño productivo con raciones que posean niveles bajos o medios de proteína (Chauca, 1997).

Los cuyes ingieren heces blandas (cecótrofos) como un mecanismo de compensación biológica. Usualmente es realizado por el 30% de los cuyes, pero este porcentaje puede variar dependiendo de la calidad de la dieta brindada (Calderón y Cazares, 2008). La ingestión de estos cecótrofos permite aprovechar la proteína contenida en la célula de las bacterias presentes en el ciego, y también, reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (Chauca, 1997). Así, el alimento que ya ha tenido una digestión microbiana vuelve a ser digerido en el estómago e intestino, y se le da una nueva oportunidad de ser absorbidas a muchas sustancias esenciales que el intestino grueso está incapacitado de aprovechar (Flores, 2016).

El cuy según su anatomía gastrointestinal está clasificado como fermentador postgástrico por los microorganismos que posee a nivel del ciego. El pasaje de los alimentos que ingiere a través del estómago e intestino delgado es rápido, no tarda más de dos horas en llegar la mayor cantidad de esta ingesta al ciego (Reid, 1948, citado por Gómez y Vergara, 1993).

La digestión se inicia en el estómago donde se secreta ácido clorhídrico el cual tiene la función de disolver al alimento convirtiéndolo en quimo (alimentos digeridos, agua y jugos gástricos). Además, el ácido clorhídrico destruye las bacterias que fueron ingeridas junto con el alimento cumpliendo así una función protectora del organismo. Cabe resaltar que no hay absorción en el estómago. La mayor parte de la digestión enzimática ocurre en el intestino delgado y es donde hay mayor absorción, aquí se

absorbe la mayor parte de vitaminas, aminoácidos, agua y otros microelementos (INIA,1995).

No obstante, el pasaje por el ciego es más lento llegando a permanecer en el parcialmente hasta por 48 horas. Se sabe que la celulosa en la dieta retrasa los movimientos del contenido del intestino permitiendo que la absorción de nutrientes sea más eficiente, siendo intestino grueso y en el ciego donde se ejecuta la absorción de los ácidos grasos de cadenas cortas. La absorción del resto de nutrientes se realiza en el intestino delgado incluyendo los ácidos grasos de cadenas largas. El ciego de los cuyes es un órgano grande que abarca cerca del 15 por ciento de su peso total (Hagan y Robison, 1953, citado por Gómez y Vergara, 1993).

2.3. Alimentación en cuyes mejorados

Con el mejoramiento genético en cuyes ha habido un cambio marcado en su alimentación, las necesidades de nutrientes establecidas por la National Research Council (NRC), han quedado atrás ya que estas tenían un enfoque del cuy como animal de laboratorio.

Hoy en día existen numerosos trabajos referentes a la nutrición en cuyes que comparan diferentes niveles tanto de proteínas, aminoácidos, energía, así como el uso de nuevos suplementos en la dieta de estos, sin embargo, dicha información aún no se encuentra sistematizada. Vergara (2008), realizó una revisión de los diferentes estudios y avances en nutrición y alimentación de cuyes, los cuales se resumen y comparan con lo establecido por la NRC, en el cuadro 1.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de cuyes en diferentes etapas y según autores.

Nutrientes	Vergara (2008)				NRC (1995)
	Inicio	Crecimiento	Acabado	Gest/Lact	
Energía digestible (Mcal/kg)	3.00	2.80	2.70	2.90	3.00
Proteína total (%)	20.00	18.00	17.00	19.00	18.00
Fibra cruda (%)	6.00	8.00	10.00	12.00	15.00
Aminoácidos (%)					
Lisina	0.92	0.83	0.78	0.87	0.84
Metionina	0.40	0.36	0.34	0.38	0.36
Metionina-Cistina	0.82	0.74	0.70	0.78	0.60
Arginina	1.30	1.17	1.10	1.24	1.20
Treonina	0.66	0.59	0.56	0.63	0.60
Triptófano	0.20	0.18	0.17	0.19	0.18
Minerales (%)					
Calcio	0.80	0.80	0.80	1.00	0.80
Fosforo	0.40	0.40	0.40	0.80	0.40
Sodio	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitaminas					
Ácido ascórbico (mg/100g)	30.00	20.00	15.00	15.00	20.00

Inicio: (1-28 días), Crecimiento (29-63 días), Acabado (64-84 días).

2.4. Alimentación con forraje

En la crianza de cuyes es recomendable usar una alimentación mixta; es decir, se debe suministrar tanto alimento concentrado como alimento vegetal (forraje).

Uno de los forrajes que más se usan en la alimentación de cuyes es la alfalfa (*Medicago sativa*).

Cuadro 2. Contenido Nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*)

Contenido nutricional	
MS (%)	24.00
ED (kcal/kg)	2540.00
PB (%)	19.90
Lisina (%)	0.73
Metionina (%)	0.28
Ca (%)	1.87
P (%)	0.25

Fuente: NRC (1995)

2.5. Generalidades sobre glutamina y ácido glutámico

La glutamina es un aminoácido neutro. Se sintetiza a partir del glutamato (un producto de la transaminación de aminoácidos ramificados, como el α -cetoglutarato) y del amoníaco primariamente en el músculo esquelético. Durante la gestación la placenta también es uno órgano importante para sintetizar glutamina. (Self y otros, 2004).

Sin embargo, nuevos estudios proponen que la síntesis endógena de glutamina puede no ser suficiente para suplir las exigencias de animales en condiciones de estrés, como, sepsis, destete, ejercicio y

transporte, o en periodos de crecimiento rápido de los tejidos (Wu y otros, 1996; Li y otros, 2007). Por lo tanto, se clasifica a la glutamina como un aminoácido condicionalmente esencial. Además de usarse para la síntesis de proteína, la glutamina se degrada por la glutaminasa para formar glutamato en todas las células animales que contienen mitocondrias, siendo los leucocitos, los riñones y el intestino delgado, sus principales lugares de catabolismo (Wu, 1998).

La glutamina, en conjunto con el glutamato, se encuentra presente generalmente en concentraciones relativamente altas en proteínas de origen animal y vegetal (Wu y Knabe, 1994). Es un aminoácido versátil tanto en su metabolismo y en la fisiología. Pese a esto, los potenciales beneficios de la glutamina en la producción animal no habían sido notados antes puesto que su uso como suplemento en las dietas de animales había recibido poca atención.

2.6. Funciones de la glutamina y ácido glutámico

La glutamina ha sido estudiada en humanos y animales por su participación en funciones metabólicas importantes, como el control del equilibrio ácido-base e integridad de los tejidos o el transporte y donación de nitrógeno, por ejemplo. En el tracto gastrointestinal, especialmente, la glutamina tiene un efecto de sinergia con el ácido glutámico, desempeñando funciones primordiales para mantener la estructura funcional. Entre estas funciones destacan:

- Precursor de Poliaminas, las cuales participan en la proliferación celular y reparación de las células intestinales (espermina, putrescina y espermidina).
- Precursor de Nucleótidos, necesarios para la síntesis de DNA/RNA (purina y pirimidina) y la multiplicación celular.

- Estimula la acción de m-TOR, sustancia que estimula la síntesis de las proteínas y la multiplicación celular.
- Precursor de la síntesis de mucina, por medio de la N-acetilgalactosamina y N-acetilglucosamina. La mucina es la primera barrera de protección intestinal contra agresiones en el intestino.
- Fuente de nitrógeno necesario para sintetizar aminoácidos y otros compuestos nitrogenados.
- Fuente de energía para la renovación (turnover) de la mucosa, por medio del ATP generado en el ciclo de Krebs.
- Precursor del glutati6n, antioxidante intracelular, que ayuda en el mantenimiento de la integridad intestinal (Zou y otros, 2006).

2.7. Importancia en la etapa de transici6n (destete)

Al destete, la transici6n de una dieta l6quida y frecuente a una dieta s6lida y menos frecuente, altera en muchos aspectos la fisiolog6a digestiva. Con el retiro y sustituci6n de la leche materna como alimento principal, ocurre una reducci6n dr6stica en el aporte de inmunoglobulinas, de nutrientes esenciales y de diversos factores de crecimiento (Le Dividich y Seve, 2000).

Para mantener la eficiencia de la funci6n de absorci6n, el organismo cuenta con una alta frecuencia de renovaci6n de los enterocitos (turnover), lo que acelera el metabolismo de estas c6lulas. Los enterocitos (c6lulas que componen las vellosidades de la mucosa intestinal y los responsables de la absorci6n de nutrientes), presentan tasas altas de duplicaci6n durante el per6odo de destete y dependen de la glutamina y del 6cido glut6mico como precursores para el metabolismo celular (Machado, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó en las instalaciones de una granja de cuyes ubicada en el sector de Villa del Mar, en el distrito de Huanchaco, Departamento de La Libertad, Perú.

3.2 Instalaciones

Se utilizaron 16 pozas, de 0.50m², para alojar a 4 cuyes/poza. Cada poza contó con un comedero de arcilla para el suministro del concentrado y un bebedero para agua. Para el suministro de forraje se acondicionaron comederos de malla para evitar que el forraje este en contacto con el piso y para facilitar su consumo.

3.3 Animales

Se emplearon 64 cuyes, 32 machos y 32 hembras de la raza Perú, destetados a los 15 días de edad, procedentes de una granja comercial. Los animales fueron distribuidos de acuerdo a su sexo, se formaron grupos de 4 animales por cada poza y estas fueron distribuidas al azar para cada tratamiento.

3.4 Sanidad

Para iniciar el experimento se desinfectaron las instalaciones y equipos, se utilizó un desinfectante formulado con ácidos orgánicos, peróxidos, surfactantes y un amortiguador inorgánico estabilizado (Virkon S), para prevenir las principales enfermedades como salmonella, neumonía

y micosis. Para el ingreso a las instalaciones se dispuso de una poza de cal.

La limpieza de las pozas se realizó cada 5 días dentro de las pozas y en los pasillos a diario. El recambio de agua se realizó a diario.

3.5 Alimentación

Las dietas fueron ofrecidas según las necesidades nutricionales para cada fase de crianza: inicio (15 - 29 días) y crecimiento/acabado (30 – 65 días). La dieta ofrecida en los días 0-15 fue suministrada según la formulación y preparación de la granja de procedencia de los cuyes.

Los animales recibieron una dieta a base de forraje (alfalfa verde) en cantidades que aportaron el 50% de MS, el otro 50% de MS fue cubierto con un alimento balanceado. El alimento balanceado fue formulado para completar los aportes del forraje, atendiendo las necesidades de los cuyes establecidas (cuadros 3 y 4) según Vergara (2008).

3.6 Variable independiente

Inclusión de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

La glutamina y el ácido glutámico utilizado fue bajo el nombre comercial de Aminogut® de la empresa Ajinomoto®.

Cuadro 3. Composición porcentual y nutricional de la dieta para cuyes en la fase de inicio (15-29 días).

Insumos (%)	Niveles de aditivo en la dieta (%)			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Maíz amarillo	32.65	32.60	32.54	32.48
Polvillo de arroz	27.49	27.47	27.47	27.45
Torta de soya	25.92	25.88	25.83	25.79
Afrecho de trigo	12.99	12.90	12.81	12.73
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50
Metionina DL	0.20	0.20	0.20	0.20
Premezcla de minerales y vitaminas ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
Lisina HCl	0.08	0.08	0.08	0.08
Secuestrante de aflatoxinas ²	0.04	0.04	0.04	0.04
Coccidiostato ³	0.03	0.03	0.03	0.03
Aminogut® ⁴	0.00	0.20	0.40	0.60
Contenido nutricional				
ED (kcal/kg)	3461	3461	3461	3461
Proteína bruta (%)	20.1	20.1	20.1	20.1
Lisina (%)	1.11	1.11	1.11	1.11
Metionina (%)	0.52	0.52	0.52	0.52
Calcio (%)	0.12	0.12	0.12	0.12
Fósforo (%)	0.8	0.8	0.8	0.8

¹ Premezcla de vitaminas y minerales (Cuypak®).

² Secuestrante de aflatoxinas (Drop off®).

³ Coccidiostato (Sulfafull®).

⁴ Aditivo: Suplemento de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®).

Cuadro 4. Composición porcentual y nutricional de la dieta para cuyes en la fase de crecimiento/acabado (30-65 días).

Insumos (%)	Niveles de aditivo en la dieta (%) ¹			
	0.0	0.2	0.4	0.6
Maíz amarillo	54.41	54.26	54.12	54.00
Polvillo de arroz	26.37	26.32	26.25	26.18
Torta de soya	9.61	9.56	9.52	9.47
Afrecho de trigo	8.48	8.53	8.58	8.62
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50
Metionina DL	0.27	0.27	0.27	0.27
Premezcla de minerales y vitaminas ¹	0.19	0.19	0.19	0.19
Lisina HCl	0.10	0.10	0.10	0.10
Secuestrante de aflatoxinas ²	0.04	0.04	0.04	0.04
Coccidiostato ³	0.03	0.03	0.03	0.03
Aminogut® ⁴	0.00	0.20	0.40	0.60
Contenido nutricional				
ED (kcal/kg)	3061.9	3061.9	3061.9	3061.9
Proteína bruta (%)	16.1	16.1	16.1	16.1
Lisina (%)	0.93	0.93	0.93	0.93
Metionina (%)	0.44	0.44	0.44	0.44
Calcio (%)	0.12	0.12	0.12	0.12
Fósforo (%)	0.8	0.8	0.8	0.8

¹ Premezcla de vitaminas y minerales (Cuypak®).

² Secuestrante de aflatoxinas (Drop off®).

³ Coccidiostato (Sulfafull®).

⁴ Aditivo: Suplemento de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®).

Tratamientos de estudio

Los tratamientos consistieron en la adición de glutamina y ácido glutámico en diferentes concentraciones en la dieta a los cuyes provenientes de los tratamientos y que corresponden a:

G₀: Dieta sin glutamina y ácido glutámico.

G₂: Dieta con 0.2% de glutamina y ácido glutámico.

G₄: Dieta con 0.4% de glutamina y ácido glutámico.

G₆: Dieta con 0.6% de glutamina y ácido glutámico.

3.7 Variables dependientes

- Ganancia de peso (g).
- Consumo de alimento (g).
- Conversión alimenticia.
- Análisis económico (S/).

Los cuyes fueron pesados al final de cada etapa. El consumo de alimento, la ganancia de peso y conversión alimenticia se evaluaron al final de cada fase y durante el periodo total.

El análisis económico se realizó al final del periodo experimental y consistió en estimar el beneficio neto por cada animal y por kilogramo de cuy producido, según la siguiente fórmula:

$$\textit{Beneficio neto: } BN = PY - CV - CF$$

Donde:

BN = Beneficio neto.

PY = Precio del cuy vivo/unidad.

Y = Cantidad de producto.

CV = Costo variable.

CF = Costo fijo.

En los costos variables se consideró la alimentación base, el alimento balanceado con y sin suministro de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®) para cada tratamiento.

Los costos fijos correspondieron al precio inicial del animal, la mano de obra, la depreciación de instalaciones y equipos.

3.8 Diseño experimental y análisis estadístico

Los cuyes fueron distribuidos a través de un diseño completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. En cada unidad experimental se consideró 4 cuyes/poza.

Para el modelo lineal aditivo se consideró la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = u + T_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = j-ésimo bloque que recibió el i-ésimo tratamiento.

u = Promedio general del experimento.

T_i = Efecto del concentrado ($i = 1, 2, 3, 4$).

e_{ij} = Error experimental.

Los resultados de cada variable fueron analizados a través del Análisis de varianza de la regresión (Stell y Torrie, 1985).

IV. RESULTADOS

4.1 Fase de inicio (15 - 29 días)

El cuadro 5 muestra el desempeño productivo de los cuyes destetados precozmente sometidos a diferentes tratamientos durante la fase de inicio (15 – 29 días) donde se observa que con excepción del consumo de alimento las variables evaluadas en esta fase mostraron un comportamiento lineal ($p < 0.01$), a medida que se incrementó el nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

Cuadro 5. Desempeño productivo de cuyes destetados precozmente durante la fase de inicio (15-29 días)¹

Nivel de glutamina y ácido glutámico (%)	Ganancia diaria de peso (g)	Consumo diario de alimentos (g)	Conversión alimenticia
0.0	9.20	37.03	4.05
0.2	9.61	37.08	3.86
0.4	10.28	35.93	3.50
0.6	10.94	36.97	3.38
Sig ¹	L ^{**}	NS	L ^{**}
SEM ²	0.496	2.020	0.272

¹ Sig = Significancia: NS = no significativa, L = efecto lineal, ** = $p < 0.01$).

² SEM = Error estándar del promedio.

En la Figura 1 se observan las variables productivas de los cuyes destetados precozmente sometidos a diferentes tratamientos durante la fase de inicio (15 – 29 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta en donde se puede apreciar que tanto la ganancia de peso como la conversión alimenticia mostraron un

comportamiento de tipo lineal ($p < 0.01$) estimándose la mejor conversión alimenticia con 0.6% de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

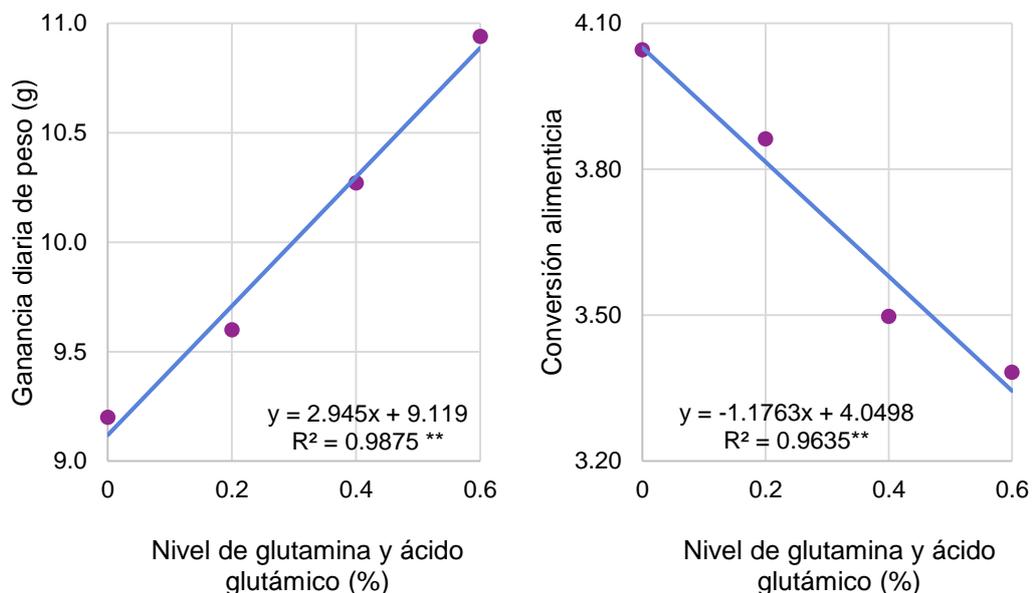


Figura 1. Ganancia diaria de peso (g) y conversión alimenticia de cuyes destetados precozmente en fase de inicio (15-29 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

4.2 Fase de crecimiento/acabado (30 – 65 días)

El cuadro 6 muestra el desempeño productivo de los cuyes destetados precozmente sometidos a diferentes tratamientos durante la fase de crecimiento/acabado (30 – 65 días) donde se observa que con excepción del consumo de alimento las variables evaluadas en esta fase mostraron un comportamiento lineal ($p < 0.01$), a medida que se incrementó el nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

Cuadro 6. Desempeño productivo de cuyes destetados precozmente durante la fase de crecimiento/acabado (30– 65 días)¹

Nivel de glutamina y ácido glutámico (%)	Ganancia diaria de peso (g)	Consumo diario de alimentos (g)	Conversión alimenticia
0.0	17.13	79.51	4.64
0.2	17.41	77.26	4.44
0.4	17.73	77.09	4.35
0.6	17.92	75.61	4.22
Sig ¹	L**	NS	L**
SEM ²	0.173	3.355	0.192

¹ Sig = Significancia: NS = no significativa, L = efecto lineal, ** = $p < 0.01$).

² SEM = Error estándar del promedio.

En la Figura 2 se observan las variables productivas de los cuyes destetados precozmente sometidos a diferentes tratamientos durante la fase de crecimiento/acabado (30-65 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta en donde se puede apreciar que tanto la ganancia de peso como la conversión alimenticia mostraron un comportamiento de tipo lineal ($p < 0.01$) estimándose la mejor conversión alimenticia con 0.6% de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

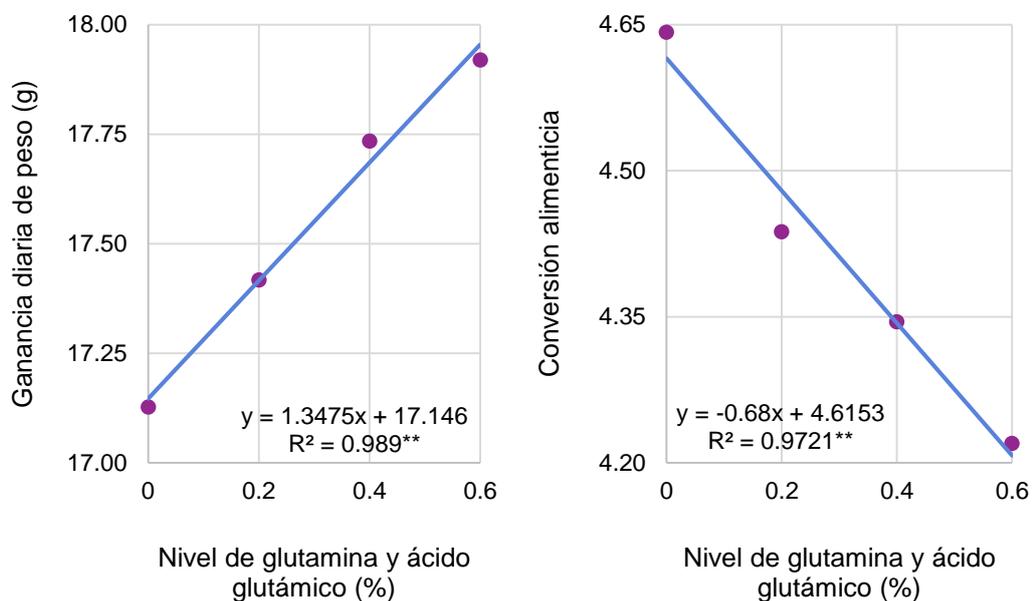


Figura 2. Ganancia diaria de peso (g) y conversión alimenticia de cuyes destetados precozmente en fase de crecimiento/acabado (30-65 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

4.3 Periodo total (15 a 65 días)

El cuadro 7 muestra el desempeño productivo de los cuyes destetados precozmente sometidos a diferentes tratamientos durante el periodo total (15 – 65 días) donde se observa que con excepción del consumo de alimento las variables evaluadas en esta fase mostraron un comportamiento lineal ($p < 0.01$), a medida que se incrementó el nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta. Además, se detallan los pesos promedios iniciales y finales de cada tratamiento en los cuales se aprecia que con niveles de 0.6% de glutamina y ácido glutámico en la dieta se obtuvieron los mayores pesos.

Cuadro 7. Desempeño productivo de cuyes destetados precozmente durante el periodo total (15 – 65 días)¹

Nivel de glutamina y ácido glutámico (%)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia diaria de peso (g)	Consumo diario de alimentos (g)	Conversión alimenticia
0.0	324.31	1052.56	14.57	67.61	4.64
0.2	325.81	1069.81	14.88	66.01	4.44
0.4	315.81	1080.38	15.29	65.57	4.29
0.6	309.31	1089.69	15.61	64.79	4.15
Sig ¹	-	-	L**	NS	L**
SEM ²	-	-	.1983	2.3062	.1510

¹ Sig = Significancia: NS = no significativa, L = efecto lineal, ** = p<0.01).

² SEM =Error estándar del promedio.

En la Figura 3 se observan las variables productivas de los cuyes destetados precozmente sometidos a diferentes tratamientos durante el periodo total (15 – 65 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta en donde se puede apreciar que tanto la ganancia de peso como la conversión alimenticia mostraron un comportamiento de tipo lineal (p<0.01) estimándose la mejor conversión alimenticia con 0.6% de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

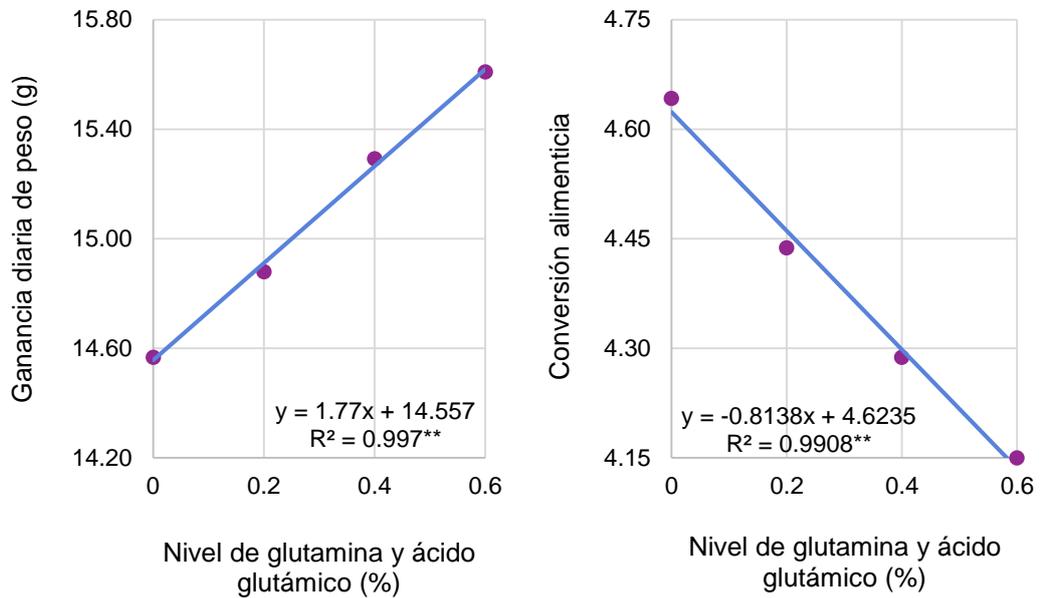


Figura 3. Ganancia diaria de peso (g) y conversión alimenticia de cuyes destetados precozmente durante el periodo total (15 – 65 días) en función del nivel de glutamina y ácido glutámico en la dieta.

4.4 Evaluación económica de la crianza de cuyes

En el cuadro 8 se muestra el análisis del beneficio neto del presente trabajo, observándose que los cuyes suplementados con glutamina y ácido glutámico presentan mayor beneficio neto, siendo el de mejor desempeño por la ganancia de peso final, los animales que recibieron 0.6% de glutamina y ácido glutámico.

Cuadro 8. Beneficio neto por cuy según tratamiento

Aditivo ¹ (%)	Yi (kg)	PiYi (S/.)	CVi (S/.)	CFi (S/.)	BNi (S/.)
0.0	1.05	26.31	4.83	16.5	4.98
0.2	1.07	26.75	4.78	16.5	5.47
0.4	1.08	27.01	4.81	16.5	5.70
0.6	1.09	27.24	4.81	16.5	5.94

¹ Aditivo: Suplemento de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®)

- El precio inicial del cuy: S/. 15.00.
- Pi: precio estimado de 1 kg de peso del animal: S/. 25.00.
- Yi: peso vivo del animal.
- PiYi: precio por peso vivo del animal.
- CVi: costos variables.
- CFi: costos fijos.
- BNi: beneficio neto.

V. DISCUSIÓN

La inclusión de glutamina y ácido glutámico en la dieta de cuyes destetados precozmente ha permitido en el presente estudio, obtener un mejor desempeño productivo, tanto en la fase de inicio (15-29 días) como en la fase de crecimiento/acabado (30-65 días), esto se ve reflejado en el desempeño productivo obtenido en los resultados, en el que se aprecia que tanto la ganancia de peso diaria como la conversión alimenticia fueron mayores en las dietas que contenían mayor porcentaje de Aminogut®. Esto concuerda con estudios realizados en otras especies como pollos de engorde y cerdos, Castañeda (2016), reporto que el uso de glutamina y ácido glutámico en dietas de pollos de engorde en niveles de 0.2% y 0.4% mejora la ganancia de peso y conversión alimenticia, sin afectar el consumo de alimento.

Además, un estudio similar al del presente trabajo fue reportado por García (2015), en el que concluye que la adición de 0.3% de Nupro® (aditivo que contiene nucleótidos y ácido glutámico) a la dieta de cuyes de la raza Perú en fase de crecimiento, mejora el rendimiento productivo y económico. Ambos estudios mencionados anteriormente, reafirman los resultados obtenidos en el presente estudio.

En cuanto al consumo de alimento, podemos apreciar que no hubo diferencia significativa entre los distintos tratamientos, tanto en fase de inicio como en fase de crecimiento/acabado. Esto sería indicativo de que la diferencia en la conversión alimenticia y la ganancia de peso diaria en cada fase, estaría directamente relacionada a una mejor absorción de los nutrientes debido a la presencia de glutamina y ácido glutámico en la dieta y no a un mayor consumo de alimento. Esto concuerda con el estudio realizado por García (2015), en el que no tuvo diferencia significativa entre tratamientos respecto al consumo de alimento al adicionar Nupro® a la dieta de cuyes en fase de crecimiento.

Con respecto a la relación que existe entre la conversión alimenticia y ganancia de peso diaria, con los niveles de glutamina y ácido glutámico presentes en la dieta suministrada, se aprecia en los resultados obtenidos que esta tiene un comportamiento lineal, es decir, a mayor porcentaje de Aminogut® en la dieta suministrada, estos parámetros aumentan significativamente de manera directa. No se reportan aun estudios en cuyes con niveles mayores a 0.6% de Aminogut®, quedando abierta la posibilidad de obtener mejores resultados a mayores niveles de este aditivo en la dieta de cuyes destetados precozmente.

Diversos estudios en otras especies reportan la influencia directa del uso de Aminogut® en el crecimiento de las vellosidades de la mucosa intestinal, sobre todo en el destete precoz, etapa donde el crecimiento de estas vellosidades disminuye por el estrés. Este crecimiento permite una mejor asimilación de nutrientes ocasionando mayores ganancias de peso y mejores conversiones alimenticias.

Mesías (2017) al igual que Li y otros (2007), reportan que la adición de glutamina y ácido glutámico en la dieta de lechones ha permitido, obtener como resultado una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a las medidas de altura de vellosidades, profundidad de criptas y espesor fondo de cripta-serosa (en las regiones de yeyuno e íleon). Esto explicaría los parámetros obtenidos en el presente estudio, no obstante, aún no se han reportado estudios en la histología y fisiología intestinal específicos que validen la influencia directa de la glutamina y ácido glutámico en el crecimiento de las vellosidades intestinales en cuyes destetados precozmente.

Por otra parte, en los resultados obtenidos en la evaluación económica se aprecia que el beneficio neto por cuy fue mayor en el tratamiento con 0.6% de Aminogut® siendo este un 19% mayor que el obtenido con una dieta sin este aditivo. Esto se explica claramente por un aumento en el peso final, ya que el alimento consumido no presenta una

diferencia significativa en cada tratamiento. Las diferencias en los costos variables, debidas a la adición de Aminogut® varían entre 4% y 12% en el precio del concentrado, sin embargo, esta diferencia no afecta al beneficio neto negativamente ya que el peso final permitió obtener una mayor rentabilidad.

VI. CONCLUSIONES

La inclusión de glutamina y ácido glutámico en la dieta de cuyes destetados precozmente en los niveles de 0.2, 0.4 y 0.6% mejora la ganancia de peso y conversión alimenticia, sin afectar el consumo de alimento.

La suplementación de glutamina y ácido glutámico en la dieta de cuyes destetados precozmente genera un mayor beneficio económico.

VII. RECOMENDACIONES

Comparar la adición de glutamina y ácido glutámico con diferentes dietas bases para conseguir mejores resultados productivos.

Comparar la adición de glutamina y ácido glutámico en mayores concentraciones para conseguir un mejor desempeño productivo y económico.

Realizar investigaciones del comportamiento de las vellosidades de la mucosa intestinal de cuyes por efecto de glutamina y el ácido glutámico.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

CASTAÑEDA, R. 2016. Efecto de glutamina y ácido glutámico en la dieta de pollos de engorde sobre el rendimiento productivo y Económico. Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú. 42p

CALDERÓN, G; CAZARES, R. 2008. Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados con bloques nutricionales en base a paja de cebada y alfarina. Tesis. Ingeniero Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 64 p.

CHAUCA, L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia Porcellus*). FAO, Roma. 78p.

FLORES, Z. 2016. Alimentación de cuyes en crecimiento con bloques nutricionales elaborados con ruminaza. Tesis. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. Cusco-Perú. 7p.

GARCÍA, R. 2016. Efecto de la adición de nucleotidos en raciones de crecimiento -engorde de cuyes machos línea Perú (*Cavia porcellus*) Tesis. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú. 67p

GÓMEZ, B.C. y VERGARA, V. 1993. Fundamentos de nutrición y alimentación. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares. p. 38-50.

Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Manejo de Cuyes. 1995. Lima-Perú.

LE DIVIDICH, J.y SEVE, B. 2000. Domestic Animals Endocrinology.19:63-74.

LI, P., YIN, Y., LI, D., KIM, S. y WU, G. 2007. Aminoacids and immune function. Br J Nutr. 98: 237-252

MACHADO, G. 2008. AminoGut: Aminoácidos para la función intestinal. Revista Porkworld. N°34. p.2.

MESÍAS, V. 2017. Efectos del suplemento de glutamina y ácido glutámico en la histología y fisiología intestinal de los lechones en la etapa de recría. Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú. 54p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAG). 2008. Cuy. Consultado el 20/05/2017. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/cuyes.html>

NRC. National Research Council. 1995. Nutrient Requirements of Laboratory animals. 4th ed. National academy press. Washington. p. 103-124.

SELF, J., SPENCER, T., JOHNSON, G., HU, J., BAZER, F. y WU, G. 2004. Glutamine synthesis in the developing porcine placenta. Biol Reprod 70:1444-1451.

STELL, R. y TORRIE, J. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. Trad. Ricardo Martínez B. 2da. Ed. Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia. 622 p.

VALLEJOS, D. 2014. Efecto de la suplementación con butirato de sodio en la dieta de cuyes (*cavia porcellus*) de engorde sobre el desarrollo de las vellosidades intestinales y criptas de lieberkühn. Tesis. UNMSM. Lima-Perú. 87 p.

VERGARA, V. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. XXXI Reunión anual de la Asociación Peruana de Producción animal 31, Simposio

Avances sobre producción de cuyes en el Perú. (2008, Lima, Perú).
Resúmenes. APPA.

WU, G. 1998. Intestinal mucosal amino acid catabolism. *J Nutr* 128: 1249-1252.

WU, G. y KNABE, DA. 1994. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrums and milk. *J Nutr* 124: 415-424.

WU, G., MEIER, S. y KNABE, D. 1996. Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. *J Nutr* 126, 2578-2584.

ZALDIVAR, A. M. y CHAUCA, L. 1975. Crianza de cuyes. Boletín técnico N° 81. Ministerio de Agricultura, Lima – Perú. 43 p.

ZOU, X., ZHENG, G., FANG, X. y JIANG J. 2006. Effects of glutamine on growth performance of weanling piglets. Feed Science Institute, Zhejiang University, Hangzhou, China. Consultado el 20/05/2017. Disponible en: http://www.cazv.cz/userfiles/File/CJAS%2051_444-448.pdf.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Pesos promedio de los cuyes evaluados por periodo.

Nivel de aditivo ¹ en la dieta (%)	Peso inicial (g)	Peso transición (g)	Peso final (g)
	15 días	29 días	65 días
0.0	324.31	453.13	1052.56
0.2	325.81	460.31	1069.81
0.3	315.81	459.69	1080.38
0.4	309.31	462.44	1089.69

¹ Aditivo: Suplemento de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®)

Anexo 2. Consumo de materia seca de los cuyes evaluados por periodo.

Nivel de aditivo ¹ en la dieta (%)	N° Poza	Consumo (g MS/animal)					
		29 días			65 días		
		CC	CF	Total	CC	CF	Total
0.0	4	182.94	327.77	510.71	928.74	1957.63	2886.36
	5	173.35	332.77	506.11	881.21	1973.54	2854.75
	12	194.40	326.53	520.93	973.51	1938.01	2911.52
	13	215.03	321.05	536.08	863.14	1933.07	2796.20
0.2	6	195.74	328.79	524.53	751.42	1923.28	2674.70
	2	157.85	326.32	484.16	771.44	1974.51	2745.94
	9	213.48	318.74	532.22	864.65	1936.45	2801.10
	15	214.88	320.83	535.72	970.68	1932.37	2903.04
0.4	3	225.34	318.74	544.08	745.94	1909.25	2655.19
	7	164.56	315.89	480.44	1004.20	1893.88	2898.08
	10	205.19	324.38	529.57	685.27	1888.88	2574.15
	14	141.31	316.48	457.79	994.30	1979.40	2973.70
0.6	8	221.24	312.93	534.17	765.79	1960.05	2725.83
	1	166.01	318.68	484.70	649.78	1940.32	2590.10
	11	188.16	316.05	504.21	844.70	1891.79	2736.49
	16	226.71	320.67	547.38	948.19	1887.59	2835.78

¹ Aditivo: Suplemento de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®)

CC: Consumo de concentrado. CF: Consumo de forraje.

Anexo 3. Parámetros productivos de los cuyes evaluados en cada tratamiento.

Nivel de aditivo ¹ en la dieta (%)	N° Poza	16 días			29 días			65 días		
		CDA (g)	GDA (g)	CA	CDA (g)	GDA (g)	CA	CDA (g)	GDA (g)	CA
0.0	4	36.48	8.59	4.25	80.18	17.12	4.68	67.94	14.39	4.72
	5	36.15	9.21	3.92	79.30	16.92	4.69	67.22	14.43	4.66
	12	37.21	10.30	3.61	80.88	17.28	4.68	68.65	14.98	4.58
	13	38.29	8.70	4.40	77.67	17.19	4.52	66.65	14.47	4.61
	Promedio	37.03	9.20	4.05	79.51	17.13	4.64	67.61	14.57	4.64
0.2	6	37.47	9.86	3.80	74.30	17.59	4.22	63.98	15.07	4.25
	2	34.58	9.25	3.74	76.28	17.39	4.39	64.60	14.76	4.38
	9	38.02	9.32	4.08	77.81	17.39	4.48	66.67	14.78	4.51
	15	38.27	10.00	3.83	80.64	17.30	4.66	68.78	14.91	4.61
	Promedio	37.08	9.61	3.86	77.26	17.41	4.44	66.01	14.88	4.44
0.4	3	38.86	10.52	3.69	73.76	17.64	4.18	63.99	15.29	4.18
	7	34.32	10.48	3.27	80.50	18.12	4.44	67.57	15.62	4.33
	10	37.83	9.88	3.83	71.50	17.59	4.06	62.07	15.08	4.12
	14	32.70	10.23	3.20	82.60	17.59	4.70	68.63	15.18	4.52
	Promedio	35.93	10.28	3.50	77.09	17.73	4.35	65.57	15.29	4.29
0.6	8	38.15	11.45	3.33	75.72	17.79	4.26	65.20	15.66	4.16
	1	34.62	10.93	3.17	71.95	18.03	3.99	61.50	15.68	3.92
	11	36.02	10.84	3.32	76.01	17.84	4.26	64.81	15.53	4.17
	16	39.10	10.54	3.71	78.77	18.02	4.37	67.66	15.57	4.35
	Promedio	36.97	10.94	3.38	75.61	17.92	4.22	64.79	15.61	4.15

¹ Aditivo: Suplemento de glutamina y ácido glutámico (Aminogut®)

CDA: Consumo diario de alimento. GDA: Ganancia diaria de peso. CA: conversión alimenticia

Anexo 4. Costos fijos y variables del proyecto.

Detalles Bienes	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)	Total (S/.)
Cuyes línea Perú	Unidad	64	15.00	960.00	960.00
Alimento comercial	kg	95	1.50	142.50	142.50
Pasto fresco (alfalfa)	kg	585	0.30	175.50	175.50
Bebederos	Unidad	16	5.00	80.00	80.00
Comederos	Unidad	16	5.00	80.00	80.00
Comederos alfalfa	Unidad	16	2.50	40.00	40.00
Aminogut	kg	0.5	30.00	15.00	15.00
Escoba	Unidad	1	5.00	5.00	5.00
Recogedor	Unidad	1	5.00	5.00	5.00
Pala	Unidad	1	25.00	25.00	25.00
Rastrillo	Unidad	1	20.00	20.00	20.00
Total (S/.)			1,548.00		