

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“USO DE LA BACTERIA PROBIÓTICA *Bacillus amyloliquefaciens* EN  
EL ALIMENTO, SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y  
MORFOMETRÍA INTESTINAL DEL CUY”**

**Presentado por:**

**ELVIS JESUS MORENO ORTEGA**

**Tesis para optar el título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**LIMA- PERÚ**

**2021**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
( Art.24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“USO DE LA BACTERIA PROBIÓTICA *Bacillus amyloliquefaciens* EN  
EL ALIMENTO, SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y  
MORFOMETRÍA INTESTINAL DEL CUY”**

Presentado por:

**ELVIS JESUS MORENO ORTEGA**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín

Presidente

---

Mg. Sc. Gloria Palacios Pinto

Miembro

---

Mg. Sc. Jose Cantaro Segura

Miembro

---

Ph. D. Carlos Vílchez Perales

Asesor

## DEDICATORIA

*A mis padres, Zósimo y Hermelinda, por todo el amor y apoyo incondicional que me brindan para alcanzar mis sueños.*

*En Memoria de papito Tomás, por las enseñanzas y esfuerzos por mantenernos siempre unidos como familia.*

## AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Carlos Vílchez, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y por todo el apoyo y asesoramiento brindado para la culminación de la presente investigación.
- A los profesores miembros del jurado, por todas sus observaciones para enriquecer la tesis y por siempre estar prestos a disipar cualquier duda mía.
- A mi familia por siempre confiar en mí y apoyarme cuando más lo necesitaba, por todo el esfuerzo que sé que han hecho para que logre mis objetivos.
- A la familia Llamocuri, por ser un ejemplo de superación y trabajo constante para lograr nuestras metas.
- Al Dr. Otto Zea y al Ing. Cristian Uculmana, por su orientación y ayuda que me brindaron cuando lo necesitaba, y por su disposición cada vez que lo requería.
- A mi amigo Julio Samaniego por su gran amistad y por siempre apoyarme cuando más lo necesitaba.
- A mis amigos Paola Montalván, Eliane Carhuallanqui, Deyanira Figueroa y Pamela Zegarra por todo su apoyo para poder culminar esta etapa de mi vida universitaria.
- A mis amigos y compañeros de la universidad, por compartir conmigo momentos grandes momentos de alegría.
- A mi querida UNALM, por ser mi segundo hogar y por permitirme conocer esta hermosa carrera.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1 Generalidades .....	2
2.2 Parámetros productivos en cuyes según investigaciones previas.....	3
2.3 Probióticos.....	3
2.3.1 Características de los probióticos .....	5
2.3.2 Mecanismos de acción de los probióticos .....	5
2.3.3 Efectos del uso de probióticos .....	7
2.3.4 Investigaciones en cuyes .....	8
2.4 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> .....	11
2.4.1 Principales beneficios .....	12
2.4.2 Investigaciones usando suplementación de <i>B. amyloliquefaciens</i> en especies animales.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Lugar y duración del estudio .....	14
3.2 Instalaciones .....	14
3.3 Animales experimentales.....	15
3.4 Producto evaluado .....	15
3.5 Tratamientos .....	16
3.6 Dietas experimentales.....	16
3.7 Manejo de los animales .....	16
3.8 Alimentación de los animales.....	18
3.9 Mediciones .....	19
3.9.1 Respuesta productiva.....	19
3.9.2 Morfometría intestinal .....	20
3.9.3 Retribución económica.....	21
3.10 Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23

4.1	Respuesta productiva .....	23
4.1.1	Consumo de alimento .....	24
4.1.2	Ganancia de peso .....	26
4.1.3	Conversión alimenticia .....	27
4.1.4	Rendimiento de carcasa .....	29
4.2	Morfometría Intestinal .....	30
4.2.1	Profundidad de las criptas de Lieberkühn .....	30
4.3	Retribución y mérito económico .....	32
V.	CONCLUSIONES .....	35
VI.	RECOMENDACIONES .....	36
VII.	BIBLIOGRAFÍA .....	37
VII.	ANEXOS .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros productivos en cuyes .....	4
Tabla 2: Principales bacterias probióticas .....	6
Tabla 3: Taxonomía de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> .....	11
Tabla 4: Composición porcentual y valor nutricionales de la dieta basal .....	17
Tabla 5: Efecto de la inclusión de <i>B. amyloliquefaciens</i> en la dieta, sobre la respuesta productiva de los cuyes y morfometría intestinal. ....	23
Tabla 6: Efecto del <i>B. amyloliquefaciens</i> sobre la retribución y mérito económico .....	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Consumo semanal de alimento. ....	49
Anexo 2: Resumen consumo de alimento. ....	49
Anexo 3: Pesos semanales. ....	50
Anexo 4: Resumen ganancia de peso. ....	51
Anexo 5: Conversión alimenticia. ....	51
Anexo 6: Rendimiento de carcasa. ....	52
Anexo 7: Resumen rendimiento de carcasa. ....	52
Anexo 8: Profundidad de criptas de Lieberkühn. ....	52
Anexo 9: Análisis de varianza para el consumo de alimento. ....	53
Anexo 10: Análisis de varianza para el peso inicial. ....	53
Anexo 11: Análisis de varianza para el peso final. ....	53
Anexo 12: Análisis de varianza para la ganancia del peso. ....	53
Anexo 13: Análisis de varianza para la conversión alimenticia. ....	54
Anexo 14: Análisis de varianza para el rendimiento de carcasa. ....	54
Anexo 15: Análisis de varianza para la profundidad de cripta. ....	54
Anexo 16: Efecto del <i>B. amyloliquefaciens</i> sobre el consumo de alimento en cuyes. ....	55
Anexo 17: Efecto del <i>B. amyloliquefaciens</i> sobre la evolución del peso en cuyes. ....	55
Anexo 18: Consumo de forraje por cuy. ....	56
Anexo 19: Ficha técnica del Ecobiol®. ....	56
Anexo 20: Análisis químico proximal de la dieta basal. ....	57

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión probiótica del *Bacillus amyloliquefaciens* (*B. amyloliquefaciens*) en la dieta, sobre la respuesta productiva y la morfometría intestinal de cuyes de engorde. Se utilizaron 100 cuyes machos destetados ( $14 \pm 3$  días de edad), los cuales fueron distribuidos al azar en dos tratamientos de cinco unidades experimentales con 10 animales cada una. La duración del experimento fue de 44 días. Los tratamientos que se evaluaron fueron: T1: dieta control y T2: dieta con 0.050% de probiótico *B. amyloliquefaciens*. El alimento (en forma de harina) y el agua fresca fueron proporcionados *ad libitum*; además, todos los animales recibieron broza de brócoli como forraje. El peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia fueron registrados semanalmente. Al día 44 del experimento, se sacrificaron seis animales por tratamiento para la determinación del rendimiento de carcasa. Asimismo, se tomaron muestras del yeyuno de los cuyes para la determinación de la profundidad de las criptas de Lieberkühn. Los datos registrados fueron sometidos a análisis de varianza bajo un Diseño Completamente al Azar y para la prueba de medias se realizó la prueba de Duncan. Los resultados mostraron que la adición probiótica de *Bacillus amyloliquefaciens* en dietas de cuyes no tiene efectos significativos ( $P > 0.05$ ) sobre la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia ni el rendimiento de carcasa de los animales. Sin embargo, se muestra que la profundidad de criptas de Lieberkühn fue influenciada ( $P < 0.05$ ) por el probiótico en la dieta. La retribución y merito económico fue mayor para el grupo de animales que recibieron la dieta con *Bacillus amyloliquefaciens*. En conclusión, la inclusión probiótica de *B. amyloliquefaciens* no afecta el desempeño productivo de cuyes de engorde, pero sí presentó mayor profundidad de criptas de Lieberkühn, como también resultó en una mayor retribución y merito económico.

**Palabras clave:** Cuy, *Bacillus amyloliquefaciens*, parámetros productivos y morfometría intestinal.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of inclusion of the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* (*B. amyloliquefaciens*) in the diet on the productive response and intestinal morphometry of fattening guinea pigs. A total of 100 weaned male guinea pigs (14± 3 days) were randomly distributed in two treatments of five experimental units with 10 animals each. The duration of the experiment was 44 days. The treatments evaluated were: T1: control diet and T2: diet with 0.050% probiotic *B. amyloliquefaciens*. Feed (in the form of flour) and fresh water were provided *ad libitum*; in addition, all animals received broccoli sprouts as fodder. Live weight, weight gain, feed intake and feed conversion were registered weekly. On day 44 of the experiment, six animals per treatment were sacrificed for carcass performance determination. Likewise, samples were taken from the guinea pigs' jejunum to determine the depth of the Lieberkühn crypts. The registered data were evaluated for analysis of variance under a Completely Randomized Design and Duncan's test was used for the test of means. The results showed that inclusion with the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* in guinea pig diets has not a significant effect ( $P>0.05$ ) on weight gain, feed intake, feed conversion or carcass performance of the animals. However, it is shown that Lieberkühn's crypt depth was influenced ( $P<0.05$ ) by the inclusion of the probiotic in the diet. Payback and economic merit were higher for the group of animals receiving the diet with *Bacillus amyloliquefaciens*. In conclusion, the addition of the probiotic based on *B. amyloliquefaciens* does not affect the productive performance of fattening guinea pigs, but it did present higher depth of crypts of Lieberkühn and resulted in a better retribution and economic merit.

**Palabras clave:** Cuy, *Bacillus amyloliquefaciens*, parámetros productivos y morfometría intestinal.

## I. INTRODUCCIÓN

El cuy es un roedor originario del territorio andino peruano y se caracteriza por ser una especie precoz, prolífica y de fácil adaptación a diferentes climas. Su carne es magra y tiene un alto valor nutricional por lo cual es considerada una buena fuente de alimento para la población, además contribuye con la seguridad alimentaria y principales ingresos económicos de poblaciones de escasos recursos. El consumo de la carne de cuy ha aumentado considerablemente en los últimos años, registrando un consumo per cápita de 400 g por persona al año (MIDAGRI, 2020), debido a la palatabilidad y gran versatilidad con la cual es incorporada a la gastronomía local, por ello, se destina animales cada vez más jóvenes para satisfacer la demanda del mercado.

En una producción comercial de cuyes, como en otras especies domésticas, se estima que la alimentación representa aproximadamente el 70 por ciento de los costos totales. Los productores se ven en la necesidad de buscar aditivos alimentarios que permitan optimizar la disponibilidad de alimento y mejorar su margen de ganancia. El uso de probióticos surge como una alternativa viable, ya que son cultivos de microorganismos que tienen efectos positivos en el equilibrio microbiano intestinal (Singh *et al.*, 2008), estos en cantidades adecuadas, compiten con microorganismos patógenos por nutrientes y sitios de adhesión (Aliakbarpour *et al.*, 2012). Diversos estudios demuestran que el uso de probióticos en la dieta de cuyes mejora la conversión alimenticia, tiene efectos positivos sobre la morfometría en el intestino y mejora la salud intestinal del animal. El *Bacillus amyloliquefaciens* es una bacteria probiótica que ha sido investigado con éxito en diferentes especies animales (pollos, cerdos, conejos, etc.), el cual ha demostrado eficacia sobre la alimentación de estos mismos. Sin embargo, hay limitada información usando este probiótico en la alimentación de cuyes en nuestro medio. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto de la inclusión del probiótico *Bacillus amyloliquefaciens* en la dieta, sobre la respuesta productiva y morfometría intestinal en cuyes durante la etapa de recría y la retribución económica del alimento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, siendo este último país, el que registra una mayor población y consumo de cuyes (Chauca, 1997, MIDAGRI, 2019). Este animal constituye una alternativa alimenticia de alto valor nutricional que contribuye a la seguridad alimentaria de la población rural altoandina de escasos recursos y de la costa (Chauca, 1997; Rivera, 2018), además, busca revalorar la diversidad cultural para el ecoturismo y fomentar el uso de tecnologías para difundir el consumo del cuy y generar el comercio de subproductos como el abono y el cuero (León, 2019). Los cuyes poseen una gran capacidad de adaptación y rusticidad, las cuales les permiten ser criados en diversas condiciones climáticas. Es posible encontrar estos animales al nivel del mar, así como también a alturas de 4500 metros y en zonas tanto frías como cálidas (Salinas, 2002). Las principales regiones productoras de cuy en el país son Cajamarca, Cuzco, Ancash, Apurímac y Junín (MIDAGRI, 2019).

La carne de cuy es considerada como magra ya que el contenido de proteína es alto mientras que el de grasa es bajo, siendo 20.3 y 10 por ciento, respectivamente (MIDAGRI, 2019), además, aporta la enzima asparaginasa, que es importante por sus principios antineoplásicos (Solorzano y Sarria, 2014). Otros beneficios que tiene es el bajo contenido de colesterol y sodio, y cuenta con un alto valor biológico debido a que contiene aminoácidos y ácidos grasos esenciales importantes para el sistema nervioso e inmune (Solorzano y Sarria, 2014; MIDAGRI, 2019); por estas características, la carne de cuy puede ser incluida en una alimentación equilibrada para todos grupos poblacionales (niños, adolescentes, mujeres, deportistas, personas adultas y de la tercera edad) y en diversas situaciones fisiológicas, como, por ejemplo, el embarazo o la etapa de lactancia (Gil, 2007; Solorzano y Sarria, 2014).

El cuy está conquistando nuevos consumidores a través de sus distintas presentaciones gastronómica tan versátiles y numerosas, con lo que está superando barreras culturales que limitaron su consumo. El avance de la competitividad del cuy en el mercado se debe al mejoramiento genético que ha tenido a lo largo del tiempo, a la eficiencia que tiene en la conversión de alimento en carne magra, a su precocidad y su alta prolificidad; por estas razones, el cuy se está posicionando en el mercado como una especie altamente competitiva frente a otras especies animales (Gil, 2007). Actualmente, la producción de cuyes se está constituyendo como una principal actividad económica debido a las utilidades que genera en poblaciones de escasos recursos y a la creciente demanda que tiene en el mercado local. Se reporta un consumo por persona de 400 gramos al año, involucrando de esta manera a 827 234 productores a nivel nacional (MIDAGRI, 2020). Así también, se registra una participación de 77 por ciento en el mercado exterior, posicionando al Perú, como el país con mayor exportación de carne de cuy en el mundo (MIDAGRI, 2019).

## **2.2 Parámetros productivos en cuyes según investigaciones previas**

En la tabla 1 se muestra un breve resumen de investigaciones previas en cuyes, en las cuales evaluaron diversos parámetros productivos de la especie animal.

## **2.3 Probióticos**

El término probiótico que significa “a favor de la vida”, son cultivos vivos de organismos viables no patógenos que son administrado por vía oral, que benefician al huésped animal mejorando su equilibrio microbiano intestinal (Singh *et al.*, 2008). Actualmente, se utiliza el término probiótico para designar a las bacterias que tienen efectos beneficiosos para los seres humanos y los animales. Estos microorganismos tienen la función de modificar la flora intestinal del animal y sustituyen los microbios nocivos por microbios útiles, ya que compiten con estas y secretan sustancias antimicrobianas e de inactivación de toxinas (FAO & OMS, 2006; Collado *et al.*, 2009).

**Tabla 1: Parámetros productivos en cuyes**

<b>Evaluación</b>	<b>Edad (semanas)</b>	<b>GDP (g)</b>	<b>CDA (g)</b>	<b>CA</b>	<b>RC (%)</b>	<b>Fuente</b>
AB + 6%FC	9	16.27	45.32	2.79	69.51	Condori, 2014
AB + 8%FC		15.96	46.28	2.91	69.33	
AB + 10%FC		15.89	48.25	3.04	67.07	
AB + 6%FC +FV		17.56	50.12	2.85	67.37	
AB	10	10.18	66.09	6.49	73.67	Zamora & Callacná, 2017
AB + 4%HS		9.66	63.73	6.60	71.51	
AB + 8%HS		10.34	64.01	6.19	72.91	
AB + 12%HS		10.79	62.41	5.79	73.72	
AB	10	15.20	44.00	2.9	69.11	Bernaola, 2018
AB + 0.1%CE		14.20	42.60	3.00	66.78	
AB + 0.2%CE		15.70	44.00	3.00	69.43	
AB + 0.5%AP	9	15.00	57.00	3.82	69.66	Rivera, 2018
AB + 0.8%AP		15.00	56.00	3.84	71.06	
AB + 1.1%AP		14.00	54.00	3.83	72.38	
AB		14.00	49.00	3.65	71.07	
AB + PRO	12	12.07	50.29	4.23	Valdizán, 2018	
AB + PRE		12.63	51.96	4.20		
AB + PRO + PRE		12.37	50.75	4.12		
AB + APC		12.45	49.52	4.17		
AB		12.21	55.06	4.52		
AB	9	17.00	53.29	3.13	Jaimes, 2019	
AB + 10% LSRC		16.00	54.73	3.48		
AB + 15% LSRC		15.00	51.04	3.41		

*Nota:* GDP= Ganancia diaria de peso, CDA= Consumo diario de alimento, CA= Conversión alimenticia, RC= Rendimiento de carcasa, AB= Alimento balanceado, FC= Fibra cruda, FV= Forraje verde, HS= Harina de sangre, CE= Complejo enzimático, AP= Acido propiónico, PRO= Probiótico, PRE= Prebiótico y APC= Antibiótico como promotor de crecimiento, LSRC= Levadura seca residual de cervecería.

### **2.3.1 Características de los probióticos**

Para que una bacteria pueda ser considerada como un probiótico debe reunir las siguientes características (Nava, 2008; Díaz *et al.*, 2017):

- Ser resistentes a enzimas proteolíticas.
- No debe causar infección a órganos o sistemas.
- Tener la capacidad de ser toleradas por el sistema inmune del organismo huésped.
- Ser resistentes a la acción de los ácidos gástricos y sales biliares.
- Tener la capacidad de adherirse a la pared intestinal y poder colonizarlo.
- Tener efecto sinérgico con la microflora del intestino.
- Debe tener acción trófica sobre el epitelio de la mucosa intestinal.
- Deben ser capaces de producir sustancias antimicrobianas.

En la tabla 2 se muestran las principales bacterias usados como probióticos en la alimentación animal.

### **2.3.2 Mecanismos de acción de los probióticos**

Los probióticos poseen múltiples mecanismos de acción, las cuales permiten mejorar el funcionamiento del intestino. Estos ejercen efectos antagónicos con otras bacterias ya que compiten por los sitios de colonización y la disponibilidad de los nutrientes en la pared del intestino (Tormo, 2006; Aliakbarpour *et al.*, 2012), restaurando el correcto equilibrio de la flora; a estos efectos se le conoce como “exclusión competitiva” intestinal (García *et al.*, 2012).

Algunas bacterias probióticas secretan sustancias inhibidoras de patógenos, de inactivación de toxinas y de descomposición de alimentos (Collado *et al.*, 2009; Lisboa *et al.*, 2006), las cuales inhiben el crecimiento de especies enteropatógenas (Collado *et al.*, 2009; Tormo, 2006). Un menor conteo de microorganismos patógenas en las excretas de los animales mejoraría la calidad de cama y reduciría el índice de infección de la población animal (De Oliveira *et al.*, 2019), por lo que, podría ser usado como alternativa al uso de antibióticos como promotores de crecimiento (APC) (Afsharmanesh y Sadaghi, 2013; Lei, *et al.*, 2015; Molina, 2019)

**Tabla 2: Principales bacterias probióticas**

---

**Género *Lactobacillus***

*Lactobacillus acidophilus*

*Lactobacillus casei*

*Lactobacillus brevis*

*Lactobacillus kefir*

**Género *Saccharomyces***

*Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces unisporus*

**Género *Kluyveromyces***

*Kluyveromyces marxianus sp. lactis*

*Kluyveromyces marxianus sp. marxianus*

**Género *Lactococcus***

*Lactococcus lactis sp. Lactis*

*Lactococcus lactis sp. Cremoris*

**Género *Leuconostoc***

*Leuconostoc latis*

*Leuconostoc mesentroides*

**Género *Bacillus***

*Bacillus amyloliquefaciens*

*Bacillus subtilis*

*Bacillus licheniformis*

---

**FUENTE:** Garcia *et al.* (2012).

La suplementación probiótica en dietas para animales provoca cambios morfo - fisiológicos, mejorando la salud, la respuesta inmune y el bienestar de las principales especies monogástricas (García & García, 2015; Lei, *et al.*, 2015; Molina, 2019). Algunas bacterias del género *Bacillus*, que, al ser organismos aeróbicos consumen el oxígeno del medio creando un ambiente anaeróbico eficaz para la proliferación de bacterias productoras de ácido láctico como los *Lactobacillus* y los *Bifidobacterium* (Song *et al.*, 2014), las cuales aumentan la acidez en el intestino y estimulan la producción de IgA, IgG y la actividad de las células inmunes y no inmunes del animal (Ahmed *et al.*, 2014; Herich y Levkut, 2002; Song *et al.*, 2014); evitando así la inflamación intestinal por proliferación de patógenos como *Escherichia coli*, *Listeria*, *Salmonella*, *Clostridium* y coliformes en el intestino de los animales (Rodríguez *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2014; Molina, 2019).

Los probióticos alteran los procesos de síntesis y degradación de mucina debido a que producen cambios en las poblaciones de bacterias intestinales (Smirnov *et al.*, 2005). La capa de mucina tiene la función de lubricar y proteger al intestino, actuando como seleccionador de nutrientes y como filtro de agentes patógenos (Díaz *et al.*, 2017). La suplementación probiótica promueve el mantenimiento de la integridad de la mucina intestinal, ya que tiene efecto sobre la expresión del gen MUC<sub>2</sub>, aumentando de esta manera la síntesis de mucina en las células caliciformes del intestino (Aliakbarpour *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2017). Estas modificaciones tienen acción sobre la salud y función del intestino, lo que podría variar la morfología intestinal de los animales (Smirnov *et al.*, 2005, Aliakbarpour *et al.*, 2012).

### **2.3.3 Efectos del uso de probióticos**

Diversas investigaciones demuestran que los probióticos tienen efectos favorables en la conservación y crecimiento de las vellosidades intestinales, lo que permite tener una mayor área de absorción de nutrientes y por consecuencia, una menor conversión alimenticia producto de la optimización en la utilización del alimento (Lei *et al.*, 2015; Jacquier *et al.*, 2019). Estos efectos juntamente con la proliferación de una microbiota favorable, reducen la cantidad de gases liberados en la excreta (Ahmed *et al.*, 2014), ya que habrá menos sustratos para fermentar en el intestino grueso, lo que mejoraría la calidad del ambiente en el cual se encuentran los animales (Balasubramanian *et al.*, 2016).

La respuesta morfométrica intestinal a un tratamiento probiótico puede ser considerada como un balance entre la renovación y la pérdida celular. La longitud y el ancho de las vellosidades intestinales está relacionado con el número de células que las componen (Puente *et al.*, 2019), por ello, vellosidades más cortas y criptas profundas pueden ser indicadores de un rápido intercambio de células epiteliales debido la presencia de patógenos (Deng *et al.*, 2012; Song *et al.*, 2014). La relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta muestra una correspondencia entre la proliferación y diferenciación celular frente a la extrusión del ápice, por lo cual, una relación longitud/ profundidad alta muestra una baja extrusión celular debido a una alta renovación de células. Mientras que, una relación longitud/ profundidad baja mostraría una alta renovación celular pero ineficiente para incrementar el tamaño de las vellosidades intestinales (Puente *et al.*, 2019).

El estrés, ya sea por calor, mal manejo u otras, alteran el epitelio intestinal y provocan daño en la mucosa e inflamación intestinal (Deng *et al.*, 2012; Song *et al.*, 2014; Jacquier *et al.*, 2019). Un intestino que presente alteraciones tendrá mayor probabilidad de absorber sustancias nocivas, las cuales mermarán el rendimiento productivo del animal (Deng *et al.*, 2012). Los probióticos promueven la propagación de poblaciones bacterianas específicas que acrecientan el contenido de butirato y ácidos linoleicos conjugados, los cuales son usados como proliferadores celulares por los enterocitos en el intestino; mejorando la salud y la morfología intestinal del animal (Jacquier *et al.*, 2019).

La respuesta biológica del animal al suministrar probióticos en la dieta dependerá de factores como la cepa, especie y género del microorganismo, categoría o especie animal, edad y estado fisiológico de los animales y condiciones experimentales (García & García, 2015; Molina, 2019). Un factor importante a tener en cuenta es que, las bacterias probióticas deben ser resistentes a los procesos propios de la elaboración de alimento para animales, como el calor, desecación radiación UV y mantener su viabilidad durante todo el proceso de producción sin afectar su efectividad (Molina, 2019).

#### **2.3.4 Investigaciones en cuyes**

Según la investigación de Cano *et al.* (2016), quienes evaluaron una mezcla probiótica en suspensión de *Lactobacillus*- *Bifidobacterium*- *Saccharomyces* en cuyes machos, utilizando

diversas concentraciones (0, 100, 150 y 200 ml mezcla probiótica/ kg de alimento), encontraron que la mezcla probiótica mejoró la ganancia de peso, el índice de conversión alimenticia en la etapa de crecimiento y acabado de los animales, Sin embargo el consumo de materia de la materia seca no se vio afectada por la influencia del probiótico en la dieta. Finalmente, los autores sugieren que la mezcla probiótica puede ser utilizado para incrementar la productividad y eficiencia alimenticia de los cuyes.

Teniendo como referencia el estudio de Molina (2008), quien investigó el efecto de la suplementación de diversas cepas probiótica (*Lactobacillus acidophilus* y *Bacillus subtilis*) en dietas de cuyes, resaltó que el consumo de materia seca y la ganancia de peso fue similar en la dieta control frente a los tratamientos que recibieron suplementación probiótica, además, la conversión alimenticia obtenida en los diversos tratamientos no presentó ninguna diferencia estadística. Sin embargo, numéricamente la conversión alimenticia más deficiente fue la del tratamiento control. Por último, evidenció que los resultados obtenidos entre los tratamientos que recibieron probióticos con *L. acidophilus* y *B. subtilis* no mostraron variaciones entre los parámetros productivos de los cuyes.

En el estudio de Serrano *et al.* (2020), quienes evaluaron la capacidad probiótica in vitro de bacterias ácido lácticas aisladas de las heces de cuyes, en la cual valoraron la capacidad enzimática de las bacterias y su acción antagonica frente a *Salmonella sp.* Los autores concluyeron que las heces de los cuyes pueden ser una fuente de bacterias con potencial probiótico, y que la frecuencia de cepas con actividad enzimática para la degradación de almidón y proteína estuvo influenciada por la raza de los animales, así como también la capacidad antagonica frente a la *Salmonella sp.*

Jurado *et al.* (2017), quienes evaluaron *in vivo* la suplementación de *Lactobacillus plantarum* en cuyes, como alternativa al uso de antibióticos durante 45 días. Observaron que los parámetros zootécnicos como el consumo de alimento y la conversión alimenticia no fueron influenciadas por la adición del probiótico. Sin embargo, las tinciones especiales y la inmunohistoquímica permitieron inferir que el inóculo administrado a los animales ocasionó lesiones en el tejido intestinal, con mayor prevalencia en el yeyuno; atribuyendo esos hallazgos al medio en el cual se encontraban las bacterias de *L. plantarum* o a la proliferación de bacterias patógenas en el cuy.

Canto *et al.* (2018), evaluaron el efecto de a suplementación con *Lactobacillus* en un sistema de alimentación mixta (alimento concentrado más alfalfa) sobre parámetros productivos en cuyes en crecimiento y engorde, en la cual no encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia ni el rendimiento de carcasa. Sin embargo, los autores recomiendan el uso de *Lactobacillus* en la alimentación de cuyes hasta un nivel de 0.2 por ciento en la dieta, ya que no afecta los parámetros productivos, pero mejora el aporte de la retribución económica.

En otro estudio, como en el de Rivera K. (2018), quien evaluó el efecto del *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sporogenes* sobre los parámetros productivos de los cuyes, resalta que no se encontraron diferencias estadísticas para ningún parámetro evaluado durante la etapa de crecimiento y engorde. Sin embargo, el tratamiento testigo obtuvo mejores índices productivos como ganancia de peso, consumo de alimento y la conversión alimenticia. Finalmente, el autor concluye que la suplementación probiótica no es económicamente rentable ya que representó un mayor costo a diferencia del tratamiento testigo.

Tomando en cuenta el experimento de Jurado *et al.* (2020), quienes evaluaron el efecto del suministro de *Lactobacillus casei* en la alimentación de cuyes durante 40 días, concluyeron que el *Lactobacillus casei* no afecta los parámetros productivos de los cuyes, pero mejora la conversión alimenticia de cuyes alimentados solamente con forraje. Además, la suplementación probiótica redujo la presencia de lesiones gastrointestinales, por lo cual se sugiere que *L. casei* puede ser una alternativa al uso de antibióticos en los sistemas de producción.

Teniendo como referencia el trabajo de Guevara & Carcelén (2014), quienes evaluaron el efecto del *Lactobacillus* sobre los parámetros productivos en cuyes, resaltan que no existe diferencias estadísticas significativas para la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, además recalcan que los valores obtenidos al usar *Lactobacillus* como probióticos, son similares a los que obtuvieron usando dietas suplementadas con levaduras. Sin embargo, cuando evaluaron el rendimiento de carcasa de los animales, observaron diferencia altamente significativa a favor del grupo testigo, atribuyendo los efectos al mejor aprovechamiento del alimento por parte de los cuyes que recibieron este tratamiento.

## 2.4 *Bacillus amyloliquefaciens*

Es una bacteria gram positivas de morfología bacilar, aeróbica, movilidad flagelar, y tamaño variable (0.5 a 10  $\mu\text{m}$ ), su crecimiento óptimo ocurre a pH neutro, aunque también es resistente a medios ácidos. (Lisboa *et al.*, 2006; Villarreal *et al.*, 2018). Esta bacteria es una especie mesófila y su desarrollo se da a temperaturas de 30 y 45°C (Villarreal *et al.*, 2018). Posee diversidad metabólica asociada a la promoción del control de patógenos, ya que produce sustancias bacteriocinas y una ribonucleasa llamada “Barnasa”, que son compuestos que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas (Lisboa *et al.*, 2006; Ulyanova *et al.*, 2011; Villarreal *et al.*, 2018).

Diversos estudios comprueban que el *B. amyloliquefaciens* está estrechamente relacionada con la especie *Bacillus subtilis* ya que poseen taxones afines (Priest *et al.*, 1987), ambas especies comparten muchos genes homólogos y se parecen tanto que no es posible separarlas visualmente por sus características fenotípicas (Wang *et al.*, 2007; Priest *et al.*, 1987). En la tabla 3 se muestra la taxonomía del *B. amyloliquefaciens*.

**Tabla 3: Taxonomía de *Bacillus amyloliquefaciens***

Reino	Bacteria
Filo	Firmicutes
Clase	Bacilli
Orden	Bacillales
Familia	Bacillaceae
Genero	<i>Bacillus</i>
Especie	<i>B. amyloliquefaciens</i>

Adaptado de: Priest *et al.* (1987).

Las principales características de este género comprenden una amplia funcionalidad bioquímica, donde se destacan características como la degradación de la mayoría de los sustratos derivados de plantas y animales, incluyendo celulosa, almidón, pectina, proteínas, agar, hidrocarburos y otros; mejorando la digestibilidad y absorción de los nutrientes (Tejera *et al.*, 2011; De Oliveira *et al.*, 2019). El *B. amyloliquefaciens* tiene la capacidad para la nitrificación, la desnitrificación, la fijación de nitrógeno, la litotrofia facultativa, la

acidofilia, la psicrofilia, la termofilia, producción de antibióticos y el parasitismo; las cuales ejemplifican su capacidad para sobrevivir en diversos ambientes y poder equilibrarlo (Tejera *et al.*, 2011).

#### **2.4.1 Principales beneficios**

Según Evonik (2018), los principales beneficios que aporta el uso del probiótico *Bacillus amyloliquefaciens* en la producción animal son:

- Regula al balance microbiano en el intestino.
- Tiene la capacidad de sobrevivir a los procesos de producción del alimento balanceado, además es estable bajo temperaturas de peletizado del alimento, alta humedad y condiciones de almacenaje.
- Reduce los costos de producción a través de una mejor conversión alimenticia y reducción en los días al sacrificio.
- Es compatible con diversos aditivos de alimento balanceado, tales como coccidiostatos, APC y ácidos orgánicos

#### **2.4.2 Investigaciones usando suplementación de *B. amyloliquefaciens* en especies animales**

Ocasio *et al.* (2016), al evaluar la suplementación de dietas con diversas concentraciones de *B. amyloliquefaciens* (0.5 y 1.0 kg/t de alimento) en conejos en la etapa de engorde indican que, la dieta con mayor concentración del probiótico tuvo efectos beneficiosos en la eficiencia alimenticia de los animales. Sin embargo, los tratamientos que recibieron suplementación mostraron un menor efecto en la velocidad de crecimiento comparado con animales que recibieron heptanoato sódico en la dieta. También, pudieron demostrar que las dietas suplementadas con *B. amyloliquefaciens* no tuvo efectos significativos sobre la mortalidad de los conejos en la etapa de engorde.

Ahmed *et al.* (2014), indican que la suplementación en dietas con *B. amyloliquefaciens* en pollos de engorde (Ross 308) por un periodo de 35 días, tuvo efectos beneficiosos en el rendimiento y crecimiento de las aves, también demostraron que la suplementación del

alimento con el probiótico aumentó los niveles de inmunoglobulina sérica y disminuyó el número de *Escherichia coli* y las emisiones de NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S de la excreta de las aves.

Como señala Van der Peet-Schwering (2020), quienes al evaluar dietas suplementadas con un probiótico a base de Bacillus (mezcla de *Bacillus subtilis* y *B. amyloliquefaciens*) a razón de 400 mg/kg en lechones en la etapa de crecimiento y engorde durante 102 días, concluyeron que, la dieta suplementada tuvo una mejor conversión alimenticia frente al grupo control, además, disminuyó el número de tratamientos veterinarios debido a la ileitis.

De Oliveira *et al.* (2019) reportaron que la suplementación dietética con *B. amyloliquefaciens* puede reemplazar total o parcialmente los promotores de crecimiento en las dietas de pollos de engorde (Cobb 500), debido a que los probióticos tienen efectos beneficiosos como mejorar el índice de conversión alimenticia, la uniformidad, el rendimiento de la carcasa y la carne de pechuga durante el desafío con patógenos entéricos. Por lo tanto, estas mejoras en el rendimiento productivo del animal pueden atribuirse a la mejor salud intestinal y calidad de la cama de las aves.

Según Lei *et al.* (2015), quienes al evaluar el efecto de la suplementación con *B. amyloliquefaciens* y Virginiamicina en la morfometría intestinal y rendimiento de pollos de engorde, concluyen que los tratamientos con suplementación probiótica con *B. amyloliquefaciens* tuvieron efectos favorables en la relación altura de vellosidad sobre la profundidad de la cripta en el duodeno, yeyuno e ileón (P<0.05) frente al grupo control; también reportaron un mayor incremento de peso de las aves (P<0.05) producto de la mayor digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y energía bruta del alimento; siendo ésta una alternativa a la Virginiamicina.

Teniendo en cuenta el experimento de Truong *et al.* (2017), quienes reportaron que la suplementación dietética con *B. amyloliquefaciens* y *Bacillus pumilus* durante 90 días en bagres rayados (*Pangasianodon hypophthalmus*), mejoró su crecimiento, estimuló su inmunidad innata y optimizó la resistencia a las enfermedades y la tolerancia al estrés en los animales. Además, demostró que existe supervivencia de las bacterias probióticas en el intestino después de 90 días de alimentación; por lo cual, la suplementación puede usarse para mejorar la salud y la tasa de crecimiento de estos peces.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar y duración del estudio**

La evaluación del experimento se realizó en las instalaciones de la granja de cuyes de la Agropecuaria *Allin Perú* S.A.C., ubicada en el distrito de Pachacámac, departamento de Lima. Mientras que, la evaluación de la morfometría intestinal se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Histomorfometría Aviar del Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicada en el distrito de La Molina en el Departamento de Lima. La presente investigación tuvo una duración de 44 días y se llevó a cabo durante los meses de febrero y abril de 2020. Durante esos meses se registró una temperatura media de 24°C, siendo la temperatura diurna y nocturna promedio de 27°C y 20°C, respectivamente.

#### **3.2 Instalaciones**

Se acondicionó las instalaciones de un galpón experimental de 162 m<sup>2</sup> con mallas arpilleras y cortinas para poder controlar el microclima interno, dentro se implementó 10 pozas con una medida de 1.40 x 0.82 m. Antes de iniciar el experimento se hicieron labores previas como la desinfección del galpón, para ello se utilizó un producto peroxigénico (Virkon S ®) en una solución de 100 g del producto por cada 10 litros de agua para una superficie de 60 m<sup>2</sup>, la cual se aplicó con una mochila aspersor, dejándolo secar por un periodo de 3 días. Luego se procedió a rociar cal a las superficies de las pozas. Pasado dos días se colocó coronta molida en las pozas hasta una altura de aproximadamente 5 cm. Cabe resaltar que el galpón utilizado para la experimentación fue sometido a un vacío sanitario de dos meses antes del experimento.

Para la alimentación de los animales se utilizaron 10 tolvas medianas de plástico y 10 pocillos de arcilla para el suministro de agua. El inicio del experimento fue inmediatamente después del destete de los cuyes. Cabe resaltar que no hubo un periodo pre- experimental, ya que el alimento que se le brindó a los animales fue el mismo. El galpón estuvo previamente implementado y las pozas debidamente identificadas antes del inicio del experimento. Asimismo, se utilizó una balanza digital de 5 kg de capacidad y sensibilidad de 2 g, una jaba de plástico de 34x 52x 30 cm para el pesado de los animales y baldes de plástico para el transporte del agua hasta el galpón.

### **3.3 Animales experimentales**

Se utilizaron 100 cuyes machos, destetados de  $14 \pm 3$  días de edad, con un peso promedio de  $250.0 \pm 11.7$  g. Dichos animales recibieron alimento concentrado propio de la granja durante los primeros días de vida hasta la fecha en que se culminó el experimento.

### **3.4 Producto evaluado**

Se evaluó el producto comercial Ecobiol®, el cual es un probiótico que contiene *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 ( $\text{min } 2 \times 10^9$  CFU/g). Este producto es un estabilizador de la flora intestinal que favorece el mantenimiento del balance microbiano en las principales especies animales, el cual puede mejorar la condición general de los animales y ayudar a los productores a mejorar la calidad de sus productos y rentabilidad de su producción (Evonik, 2018).

El probiótico fue agregado directamente al alimento terminado, siendo la dosis recomendada por el fabricante del producto de 500 gramos por tonelada métrica de alimento (0.5 kg/TM de alimento o 0.05 por ciento de la dieta). En el anexo 19 se muestra la ficha técnica del Ecobiol® ofrecido por el fabricante.

### **3.5 Tratamientos**

Se evaluaron dos tratamientos, los cuales se muestran a continuación:

- Tratamiento 1: dieta basal (control)
- Tratamiento 2: dieta basal con adición del probiótico *Bacillus amyloliquefaciens* (0.05% sobre el alimento terminado)

### **3.6 Dietas experimentales**

La fórmula de la dieta basal que se empleó en la presente investigación es utilizada en la granja comercial *Allin Perú*, siguiendo las especificaciones nutricionales para cuyes comerciales (Vergara, 2008). La composición porcentual y el valor nutricional calculado de la dieta basal se presenta en la tabla 4. Además, el análisis químico proximal de la dieta basal se muestra en el anexo 20.

### **3.7 Manejo de los animales**

Los cuyes destetados fueron transportados al galpón donde se llevaría a cabo la investigación, estos animales fueron distribuidos aleatoria y homogéneamente en las 10 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por 10 animales, los cuales fueron pesados cada uno antes de iniciar el experimento, estableciéndolo como peso inicial. El peso de los animales se controló semanalmente, para ello, se retiraba el alimento de las pozas y los animales eran puestos en una jaba de plástico para poder pesarlos uno a uno y así evitar las equivocaciones. El peso de los cuyes era registrado en el cuaderno de control para su próximo análisis. El pesaje de los animales se realizaba semanalmente y se realizaba a las 9:00 horas. Concluido el pesaje de los animales se procedía a pesar el residuo del alimento en las tolvas para luego restablecer el suministro de alimento en cada poza, luego se brindaba forraje a los animales para continuar con el experimento con normalidad. El alimento concentrado estaba siempre a disposición de los animales, y diariamente se verificaba la disponibilidad de este. El suministro del forraje tuvo lugar en las horas más frescas del día. Se usó una balanza digital para calcular la cantidad de forraje ofrecido, y se calcula de acuerdo con el peso que se registró en el pesaje anterior.

**Tabla 4: Composición porcentual y valor nutricionales de la dieta basal**

<b>Composición porcentual</b>	
<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Maíz nacional	29.98
Torta de soya 48%	23.50
Afrecho de trigo	36.50
Harina de carne	2.50
Aceite de palma	1.00
Melaza de caña	3.50
Sal común	0.55
Carbonato de calcio	1.51
DL metionina	0.22
Vitamina C	0.05
Premezcla vitaminas y minerales	0.15
Mix comercial aditivos	0.55
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Valor nutricional (calculado)</b>	
Fibra bruta; %	6.50
Extracto etéreo, %	4.25
Proteína cruda, %	20.00
Energía Digestible, Kcal/kg	3000
Calcio, %	0.90
Fosforo total, %	0.45
Sodio, %	0.20

FUENTE: Agropecuaria *Allin Perú* S.A.C

Diariamente se revisaba el estado de las pozas, si es que se identificaba pozas con presencia de humedad en la cama de los animales, se procedía a limpiar, espolvorear cal y cambiar la coronta molida. En el experimento se reportó solamente un cuy muerto, proveniente del tratamiento control, por lo cual no se consideró relevante el análisis de este factor.

### **3.8 Alimentación de los animales**

Los cuyes recibieron una alimentación mixta durante todo el experimento, la cual consistía en el suministro de alimento balanceado, forraje y agua.

#### **a. Alimento balanceado**

El alimento balanceado fue ofrecido en forma de harina y fue suministrado *at libitum* en tolvas medianas de plástico con capacidad de 5 kg cada uno, las cuales fueron llenadas con el tratamiento correspondiente. Las tolvas con alimento estaban permanentes dentro de las pozas, diariamente se revisaba el alimento y se retiraba el excremento o cualquier otro material de la cama de los cuyes. Cada vez que se le suministraba concentrado a las tolvas, la cantidad era registrada en un cuaderno para su análisis. Semanalmente se pesaba el residuo de concentrado de las tolvas y se apuntaban junto con el consumo de esa semana.

#### **b. Forraje**

Se suministró rastrojo de brócoli (*Brassica oleracea*) fresco como forraje en la alimentación de los cuyes, las cuales fueron distribuidas en dos raciones, uno en la mañana y otra en la tarde. Las dos primeras semanas del experimento se brindó 7 por ciento y las siguientes semanas se brindó el 10 por ciento el peso vivo en forraje. Se seleccionó solo las hojas y tallos secundarios de la broza de brócoli para ser brindados a los cuyes, y estas pasaban por un proceso de oreado mínimo de 12 horas antes de ser suministrado a los animales.

#### **c. Agua**

Diariamente se le proporcionó agua potable fresca y limpia a los cuyes en pocillos de arcilla, que eran lavados y desinfectados antes de ser servidos a los animales, para evitar la contaminación del agua y asegurar su inocuidad. Los pocillos de agua eran mantenidos todo el tiempo dentro de las pozas, solamente se retiraban cuando se realizaba su limpieza. Estos

pocillos eran lavados antes del suministro de agua y se cambiaba dos veces al día, uno a las 8:00 horas y otro a las 16:00 horas, semanalmente se desinfectaban los pocillos con lejía para evitar la su contaminación.

### **3.9 Mediciones**

#### **3.9.1 Respuesta productiva**

Para analizar el comportamiento productivo de los animales se consideró analizar parámetros como el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa.

##### **a. Consumo de alimento**

Cada vez que se agregaba alimento a la tolva, este se apuntaba en un cuaderno de control. Semanalmente se pesaba el residuo de alimento que quedaba y el consumo se calculaba mediante a siguiente manera:

$$\text{Consumo de alimento (g)} = \text{alimento consumido (g)} - \text{residuo de alimento (g)}$$

##### **b. Ganancia de peso**

Al inicio del experimento se pesaron a todos los animales, esta medida fue considerada como peso inicial. Semanalmente todos los animales fueron pesados, así hasta finalizar el experimento. La ganancia de peso se calculó por diferencia entre el peso final y el peso de inicial que fueron registrados.

$$\text{Ganancia de peso (g)} = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$$

##### **c. Conversión alimenticia**

Se obtuvo mediante la división del consumo de alimento, sobre la ganancia de peso. Este valor se determinó al finalizar el experimento para evaluar la eficiencia de crecimiento del animal frente al alimento consumido.

Fórmula utilizada para la obtención de la conversión:

$$\text{Conversión alimenticia: } \frac{\text{Consumo total de alimento (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

#### **d. Rendimiento de carcasa**

Al final de periodo experimental, se procedió a realizar el faenado de seis animales por cada tratamiento. Se sometió a estos animales a un ayuno de 12 horas, en las que solo se le proporcionó agua fresca. Para el sacrificio de los animales se siguió el procedimiento de la granja, que consistía en realizar un corte yugular para que se produzca el sangrado, el cual tuvo una duración de 5 minutos aproximadamente. Luego se procedió a realizar el escaldado con agua caliente a temperatura de 85°C, para posteriormente pelar y rasurar al animal. Consecutivamente, se procedió a retirar las vísceras para luego pesar la carcasa del animal eviscerado.

Para el cálculo se requirió el peso vivo del animal y el peso de carcasa después del faenado de los cuyes. El rendimiento de carcasa se calculó mediante la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento de carcasa (\%): } \frac{\text{Peso de carcasa (g)}}{\text{Peso vivo del animal (g)}} \times 100\%$$

La carcasa incluye la estructura ósea y muscular del cuerpo más la piel, patas y órganos nobles (corazón, pulmones, hígado y riñones).

### **3.9.2 Morfometría intestinal**

Luego del faenado de los animales se procedió a tomar muestras de yeyuno para ser analizadas en laboratorio, para esto, se midió 30 cm desde el inicio del intestino delgado para realizar el primer corte y luego se tomó una muestra representativa de aproximadamente 2 cm. Inmediatamente fueron colocadas en solución de formol al 10 por ciento. Luego estos tejidos fueron enviados al laboratorio para su fijación en placas. Los cortes histológicos fueron micro- seccionados para ser evaluados mediante el procesamiento de imágenes digitales computarizadas, empleando un microscopio LEICA DM L52 conectado a un computador, el cual cuenta con el programa LAS EZ SOFTWARE. Para realizar el cálculo de la profundidad de criptas se procedió a medir desde la base de la vellosidad, trazando una

línea perpendicular desde la entrada a la cripta de Lieberkühn hasta la zonal basal de la misma.

### **3.9.3 Retribución económica**

Con la finalidad de evaluar la rentabilidad en el uso del probiótico en la dieta de los cuyes, se analizó la retribución económica en tres presentaciones, por cuy, por kilogramo de peso vivo y kilogramo de carcasa.

Para el cálculo de los egresos se consideró el costo de alimentación de los animales, mientras que para los ingresos se consideró el precio del cuy en sus diferentes presentaciones. La retribución económica se calculó por diferencia de los ingresos menos los egresos. Los costos de alimentación incluían los costos del alimento concentrado más el costo del forraje. Mientras que, para poder calcular el ingreso bruto, se estimó precios acuerdo al precio por cuy, cabe resaltar que este precio fue sugerido y se tuvo en cuenta los parámetros que cada tratamiento había registrado.

Para analizar el mérito económico, se estableció la retribución económica de la dieta control como un 100 por ciento, y la variación de la utilidad de la dieta con probiótico se halló tomando como referencia el tratamiento control.

### **3.10 Análisis estadístico.**

El estudio se llevó a cabo bajo un Diseño completamente al azar (DCA), con dos tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Cada repetición estaba conformada por 10 cuyes alojados en una poza (unidad experimental). Para el análisis de varianza de los datos registrados se utilizó el programa RStudio. Se realizaron la prueba de Shapiro Wilk y Bartlett para contrastar la normalidad y verificar homogeneidad de varianza respectivamente. Adicionalmente, se realizó la prueba de Duncan para la comparación de medias de los tratamientos evaluados. Las pruebas se realizaron a un nivel de significancia del 5 por ciento.

Para poder analizar el rendimiento de carcasa que eran resultados expresados en porcentajes, se procedió a transformarlos para ser estadísticamente comparados. La fórmula utilizada fue establecida por Calzada (1982) y fue la siguiente:

$$\text{Transformación de datos} = \text{Arcoseno}(\text{rendimiento de carcasa})^{0.5}$$

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

dónde:

$Y_{ij}$ : Valor observado en la  $i$ -ésima dieta en  $j$ -ésimo cuy

$\mu$ : Efecto de la media general

$\tau_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$ : Efecto del error experimental en la  $i$ -ésima dieta en  $j$ -ésimo cuy

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Respuesta productiva

En la tabla 5 se muestra resultados obtenidos al evaluar el efecto de la inclusión del probiótico *Bacillus amyloliquefaciens* sobre la respuesta productiva de los cuyes. Cabe resaltar que ambos tratamientos se evaluaron bajo los mismos medios y condiciones, y que los datos obtenidos muestran la influencia del probiótico sobre los parámetros productivos del cuy.

**Tabla 5: Efecto de la inclusión de *B. amyloliquefaciens* en la dieta, sobre la respuesta productiva de los cuyes y morfometría intestinal.**

Parámetros productivos	T1	T2
Consumo de alimento		
Consumo total de alimento (g)	1732.522 <sup>a</sup>	1593.593 <sup>a</sup>
Consumo diario de alimento (g)	39.364 <sup>a</sup>	36.218 <sup>a</sup>
Ganancia de peso		
Peso vivo inicial (g)	250.500 <sup>a</sup>	249.400 <sup>a</sup>
Peso vivo final (g)	866.620 <sup>a</sup>	863.560 <sup>a</sup>
Ganancia total de peso (g)	616.120 <sup>a</sup>	614.160 <sup>a</sup>
Ganancia diaria de peso (g)	14.003 <sup>a</sup>	13.958 <sup>a</sup>
Conversión alimenticia	2.816 <sup>a</sup>	2.593 <sup>a</sup>
Rendimiento de carcasa (%)	73.709 <sup>a</sup>	71.851 <sup>a</sup>
Profundidad de las criptas (μm)	151.352 <sup>a</sup>	198.425 <sup>b</sup>

a.,b: valores con diferente superíndice en una misma fila difieren significativamente (P<0.05)  
T1 = Tratamiento basal; T2 = Dieta basal con inclusión del probiótico *B. amyloliquefaciens*

#### 4.1.1 Consumo de alimento

El consumo total de alimento se presenta en la tabla 5 (y anexos 1 y 16). De acuerdo con el análisis de varianza (anexo 9), no se observó efectos de los tratamientos ( $P>0.05$ ) sobre el consumo de alimento.

El consumo total de alimento del T1 y T2 fue de 1732.522 g y 1593.593 g, respectivamente, siendo el consumo de alimento del T2 un ocho por ciento menor en comparación al obtenido por el T1. Estos resultados son similares a los obtenidos por Cano *et al.* (2016) y Molina (2018), quienes resaltan que no se encontraron diferencias estadísticas en el consumo total de alimento en cuyes que recibieron probióticos, pero este resultó ser numéricamente menor al grupo control durante el proceso de engorde. Similares resultados obtuvieron Jurado *et al.* (2020) y Canto *et al.* (2018), quienes tampoco encontraron diferencias estadísticas en consumo de alimento de los cuyes, al usar *Lactobacillus sp* como probiótico en la dieta de los animales. De igual manera en una investigación en conejos, Ocasio *et al.* (2016), reportaron una reducción del seis por ciento en el consumo de alimento utilizando dietas con *B. amyloliquefaciens*, aunque sin diferencia significativa ( $P=0.05$ ). Por su parte, Balasubramanian *et al.* (2016), refiere que la inclusión probiótica en dietas no tiene efectos en el consumo de alimento de los animales, ya que no encontró diferencia significativa el consumo de alimento en cerdos en la etapa de crecimiento y acabado, utilizando dietas con adición de *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis*.

En otras investigaciones como la de Guevara & Carcelén (2014) y Molina (2018), en las cuales evaluaron la adición de diversos probióticos sobre la dieta de cuyes, resaltan que no se encontraron diferencias estadísticas significativas para el consumo de alimento de los animales, pese a que este fue menor en comparación a las dietas testigo (dieta sin probióticos). Por otra parte, Rivera K. (2018), quien tampoco encontró diferencias estadísticas para el consumo de alimento en cuyes cuando evaluó dietas con probióticos, sugiere que no es recomendable el uso del probiótico en dietas de cuyes, ya que tiene menor rentabilidad y los parámetros productivos obtenidos por el tratamiento control son ligeramente superiores.

En contraste, Milán *et al.* (2017) obtuvieron consumos de alimentos significativamente menores ( $P<0.05$ ) en pollos, utilizando dietas con *Bacillus subtilis*. Resultados similares

obtuvo el Martínez (2015) quien reportó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el consumo de alimento de las aves, utilizando suplementación probiótica en el agua de bebida de los animales. Molina (2019) explica que, respuesta productiva a la suplementación probiótica dependerá de la especie animal, edad y su estado fisiológico.

Según datos de la literatura, un menor consumo de alimento obtenido en el experimento sugiere que la inclusión de *B. amyloliquefaciens* aumenta la digestibilidad de los nutrientes. Como indican Lei *et al.* (2015), Balasubramanian *et al.* (2016) y Neijat *et al.* (2019), quienes encontraron una mejora en la retención aparente del alimento, mayor digestibilidad de la materia seca, nitrógeno y energía, cuando utilizaron dietas suplementadas con cepas de *Bacillus*. Inclusive, se tiene evidencia de que los probióticos acrecientan la actividad de enzimas digestivas, estimulando el uso eficiente de los alimentos (Molina, 2019; Neijat *et al.*, 2019). Estos efectos fueron investigados por De Oliveira *et al.* (2019), quienes indican que el *B. amyloliquefaciens* secreta compuestos enzimáticos como proteasas, celulasas, amilasa y xilasa, que mejoran la digestibilidad y absorción nutritiva de los alimentos, mejorando así la conversión alimenticia en los animales.

Según diversas investigaciones en especies animales, las cuales refieren que el consumo de alimento está relacionado con la concentración en la que se encuentra el probiótico en la dieta, como indican Ocasio *et al.* (2016), quienes al suplementar dietas de gazapos de conejo con 1000 ppm de *B. amyloliquefaciens*, redujeron significativamente el consumo de alimento ( $P < 0.05$ ) a comparación a la dieta con 500 ppm de probiótico. Por su parte, Ahmed *et al.* (2014) también evidenciaron que existe un efecto lineal positivo para el consumo diario de alimento al usar diferentes concentraciones de *B. amyloliquefaciens* en dietas de pollos. En forma opuesta, Balasubramanian *et al.* (2016), no encontraron diferencias en el consumo de alimento en cerdos, cuando estos recibían diferentes dosis de suplementación probiótica en base a diferentes especies de *Bacillus*. Sin embargo, reportaron una mayor digestibilidad de materia seca ( $P < 0.05$ ) en animales, cuando estos recibieron mayor concentración del probiótico (1000 ppm de *B. amyloliquefaciens*).

#### 4.1.2 Ganancia de peso

La ganancia de peso consumo de alimento total, semanal y diario se presentan en la tabla 5 (y anexos 3, 4 y 17). De acuerdo con el análisis de varianza (anexo 12) no se observaron efectos de los tratamientos ( $P>0.05$ ) sobre la ganancia de peso.

En el experimento se registraron ganancias peso para T1 y T2 de 616.120 g y 614.160 g respectivamente, aunque sin significancia estadística, donde la ganancia de peso diaria del T1 (14.003 g) fue similar al T2 (13.958 g). Resultados equivalentes obtuvieron Ocasio *et al.* (2016) en su experimento, los cuales no encontraron diferencias significativas sobre la ganancia de peso de los gazapos independientemente de la dosis aplicada de *B. amyloliquefaciens* en la dieta, frente al grupo control. Algunos investigadores, como en el caso de Molina (2008), quien concluyó que el probiótico no tuvo efectos sobre ganancia de peso, cuando utilizó *B. subtilis* (50 mg/kg de concentrado) en la dieta de cuyes de engorde frente al grupo control. Adicionalmente, Torres *et al.* (2013) y Valdizán (2018) concluyeron que la ganancia de peso de los cuyes en la etapa de engorde no está influenciada por la adición de probióticos en sus dietas. En otro estudio similar, Rivera (2018), tampoco reportó diferencias estadísticas cuando evaluó dietas de cuyes con probióticos como el *Saccharomyces cerevisiae* y el *Lactobacillus sporogenes* en el peso final de los cuyes, asociando estos efectos a las condiciones ambientales y al poco tiempo de adaptación de la flora intestinal con probióticos. Mientras que, al evaluar el efecto de la suplementación de cuyes con *Lactobacillus spp* y *Saccharomyces spp*, Tapie (2013), tampoco reportó diferencias estadísticas significativas en la ganancia de peso de los animales.

Sin embargo, investigaciones realizadas por Ortiz *et al.* (2013), Ahmed *et al.* (2014) y Lei *et al.* (2015) reportaron una mejora en la ganancia de peso ( $P<0.05$ ) en pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con *B. amyloliquefaciens* frente al grupo control. Estos autores resaltan que los probióticos en las dietas de animales, tuvieron efectos positivos sobre la conversión alimenticia. Por su parte, Milián *et al.* (2017) también lograron una mayor ganancia de peso vivo ( $P<0.01$ ), un menor consumo de alimento ( $P<0.05$ ) y una mejora en la conversión alimenticia en pollos a los 42 días, cuando estas recibían dietas suplementadas con *B. subtilis*, lo que sugeriría que las aves tienen un mejor aprovechamiento del alimento con probióticos, probablemente debido a la diferente fisiología digestiva que tienen a comparación de los cuyes.

Por otra parte, al evaluar el efecto de probióticos en el agua de bebida en pollos broiler, Martínez (2015) encontró una correlación entre el menor consumo de alimento y la menor ganancia de peso. Este autor sugiere que la suplementación probiótica no tiene influencia en el peso vivo de las aves a los 42 días del experimento, resaltando que conforme el animal crezca y se desarrolle, también lo hará su intestino; por lo cual, el requerimiento del probiótico también cambiará. Asimismo, una menor ganancia de peso en los animales también podría ser consecuencia de las condiciones de almacenamiento y del medio ambiente, las cuales influyen en la efectividad del probiótico (Torres *et al.*, 2013; Martínez, 2015).

Al analizar los resultados según la incorporación del probiótico en la dieta de cuyes, los animales que recibieron *B. amyloliquefaciens* obtuvieron una ganancia de peso ligeramente menor. Un menor consumo de alimento implica una menor ingestión de nutrientes como la proteína, energía digestible y fibra, lo que podría tener influencia sobre el menor crecimiento de los animales (Canto *et al.*, 2018). Como se muestra en el experimento, el T2 obtuvo una ganancia de peso ligeramente menor al T1, sin embargo, fue el T2 el que registró un menor consumo de alimento, lo que indicaría la eficiencia en la utilización de nutrientes al obtener pesos similares a los del tratamiento control.

#### **4.1.3 Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia se presenta en la tabla 5 (y anexo 5). De acuerdo con el análisis de varianza (anexo 13) no se observa efecto de los tratamientos ( $P > 0.05$ ) sobre la conversión alimenticia.

Se registró una conversión alimenticia para el T1 y T2 de 2.816 y 2.593 respectivamente al día 44 del experimento, siendo la conversión del T2, un 7.91 por ciento menor con respecto al T1, aunque sin significancia estadística. Los datos obtenidos se deben al menor consumo de alimento que registraron los cuyes que recibieron la suplementación de *B. amyloliquefaciens* (T2) frente al grupo control (T1). Estos resultados son reforzados por los logrados por Molina (2008), quien reportó que los cuyes que recibieron dietas con *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus* fueron más eficientes en la conversión alimenticia frente al grupo control (sin probióticos), aunque no tuvieron diferencias significativas, concluyó que los probióticos redujeron el consumo de materia seca en los animales. Por su parte,

Valdizán (2018), que al evaluar el uso de bacterias provenientes de la mucosa intestinal del yeyuno e íleon de cuyes en la dieta de estos mismos animales; demostraron que la suplementación probiótica disminuye el índice de conversión alimenticia frente al grupo control, aunque tampoco encontró significancia estadística en su evaluación, recomiendan el uso de probióticos en la dieta de cuyes, ya que permite la mejor utilización del alimento. Distintas investigaciones en cuyes, como la de Canto *et al.* (2018), muestran que la suplementación probiótica con *Lactobacillus sp* en las dietas, bajo un sistema de alimentación mixta, no tuvo diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) sobre conversión alimenticia de los animales, aunque esta resultó ser mejor que el grupo control, obteniendo hasta un 29 por ciento menos de conversión alimenticia en cuyes que recibieron probióticos. Similares resultados obtuvieron Guevara & Carcelén (2014), quienes también evaluaron el efecto del *Lactobacillus* sobre la conversión alimenticia de los cuyes, y que los valores obtenidos en su experimento fueron similares a los reportados por los animales que recibían suplementación con levadura y *Lactobacillus* más levadura.

Otras evidencias que apoyan el efecto positivo del *B. amyloliquefaciens* sobre la conversión alimenticia se pueden encontrar en diversas investigaciones científicas, las cuales señalan que la mayor digestibilidad de nutrientes se debe principalmente al incremento de actividad enzimática (Lei *et al.*, 2015; De Olivera *et al.*, 2019; Molina, 2019; Neijat *et al.*, 2019) y producción de proteínas involucradas en la digestión (Feria *et al.*, 2019), como consecuencia, el animal será más eficiente en la utilización y asimilación del alimento (Balasubramanian *et al.*, 2016; Neijat *et al.*, 2019). Se propone que la incorporación de probióticos en la dieta animal tiene efectos benéficos en la conversión alimenticia, ya que esta promueve el aumento en la altura de las vellosidades intestinales, las cuales maximizaran el área superficial para una mayor absorción de los nutrientes (Lei *et al.*, 2015; Jacquier *et al.*, 2019). Tal como indican las investigaciones de Al- Fataftah & Abdelqader (2014) y Chávez *et al.* (2016), quienes reportaron una mayor altura de vellosidades y mejor estructura intestinal en pollos luego de suplementar sus dietas con probióticos. También, obtuvieron mejores índices de conversión alimenticia como consecuencia de la mayor absorción de nutrientes. Estos datos refuerzan lo obtenido en la presente investigación, en la cual también se reportó una mejor conversión alimenticia en cuyes utilizando dietas suplementadas con *B. amyloliquefaciens*.

El uso de probióticos en dietas animales favorece el incremento de poblaciones bacterianas específicas, ya que establece una relación simbiótica entre microbios (Lei *et al.*, 2015; Jacquier *et al.*, 2019). Diversos ensayos han demostrado que algunas especies de *Bacillus* como el *B. amyloliquefaciens* o el *B. subtilis* que, al ser bacterias aeróbicas, utilizan el oxígeno del medio, volviéndolo anaeróbico (Rodríguez *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2014). Un ambiente con poco o nulo contenido de oxígeno, favorecen la proliferación de bacterias productoras de ácido láctico, las cuales aumentarán la acidez en el intestino hasta niveles letales para algunos agentes patógenos (Song *et al.*, 2014), de esta manera se promueve la conservación de la integridad y salud de la barrera intestinal, manteniendo una óptima absorción de los nutrientes (Herich & Levkut, 2002; Song *et al.*, 2014; Lei *et al.*, 2015).

#### **4.1.4 Rendimiento de carcasa**

En la tabla 5 (y anexo 7) se muestran los resultados de la inclusión del *B. amyloliquefaciens* en la dieta, sobre el rendimiento de carcasa de cuyes. De acuerdo con el análisis de varianza (anexo 14), no se encontraron diferencias estadísticas significativas sobre el rendimiento de carcasa ( $P>0.05$ ), aunque el T1 (73.70 por ciento) fue ligeramente un valor numéricamente mayor al obtenido por el T2 (71.85 por ciento). Similares resultados obtuvieron Torres *et al.* (2013), quienes no reportaron diferencias en el rendimiento de carcasa ( $P>0.05$ ) cuando usaron bacterias provenientes del intestino y ciego de cuyes de diferentes edades como probiótico en dietas de cuyes durante la etapa de engorde. Por su parte Molina (2008), en su investigación en cuyes, reportó que el grupo que recibió suplementación probiótica con *Lactobacillus acidophilus* obtuvo mayor valor numérico para el rendimiento de carcasa frente a los que recibía suplementación de *B. subtilis* y el grupo control, aunque estos resultados no tuvieron diferencias estadísticas, asoció los efectos al alto consumo de alimento que obtuvo el tratamiento con *L. acidophilus*, ya que tendría relación con el mayor rendimiento de carcasa de los cuyes.

En la presente investigación se pudo comprobar que el T1 obtuvo un mayor rendimiento de carcasa, y a la misma vez, fue este tratamiento el que reportó un mayor consumo de alimento en comparación con el T2, por lo cual, podría explicar la diferencia obtenida entre los distintos tratamientos. Sin embargo, existen diversos factores que pueden influir en el rendimiento de carcasa de los cuyes como los factores ambientales y genéticos, el sistema de manejo, el estado de salud, la edad y el manejo productivo (Sánchez *et al.*, 2018).

## 4.2 Morfometría Intestinal

### 4.2.1 Profundidad de las criptas de Lieberkühn

En la tabla 5 (y anexo 8) se muestran resultados del efecto de la inclusión de *B. amyloliquefaciens* en la dieta, sobre la profundidad de criptas de Lieberkühn en cuyes. De acuerdo con el análisis de varianza (anexo 15), se muestra que existe diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre el tratamiento que recibió probiótico (T2) frente al grupo control (T1), ya que el T2 resulto ser significativamente más profunda que el T1.

Datos sobre la morfometría intestinal de cuyes usando inclusión probiótica en su dieta, aun es escasa. Sin embargo, se pueden mencionar las investigaciones de Puente *et al.* (2019), quienes no evidenciaron efectos sobre la altura de vellosidades ni la profundidad de cripta en cuyes, cuando evaluaron diferentes dosis de probióticos en su dieta, pero evidenciaron que, según el segmento del intestino al cual se realicen las pruebas, los valores obtenidos variarán, tanto para profundidad de cripta como para largo de vellosidad. En otro similar estudio, Carcelén *et al.* (2020) al evaluar el efecto de diferentes dosis de probióticos, señalan que existe una tendencia a disminuir la profundidad de las criptas conforme aumenta la concentración del probiótico en la dieta. Probablemente estos autores obtuvieron diferentes resultados a comparación del presente estudio, ya que utilizaron probióticos en solución líquida y suministrados vía oral, ya que como menciona Gonzales (2019) y Carcelén *et al.* (2020), la presentación del probiótico podría tener influencia sobre la morfometría intestinal, así como también, la raza del animal, la especie probiótica y la duración del experimento. Por otra parte, Arce (2016), sugiere que la profundidad de las criptas de Lieberkühn está influenciada por la actividad digestiva juntamente con la flora microbiana intestinal y el tipo de dieta que reciben los animales, y que la profundidad de la cripta en cuyes no guarda relación directa con el largo de las vellosidades intestinales.

Estudios en aves, apoyan los datos obtenidos en el presente estudio, como la investigación de De Souza *et al.* (2018), quienes destacan una mayor profundidad de cripta en pollos de engorde que recibieron probióticos a base de *Lactobacillus acidophilus*, *B. subtilis*, *Bifidobacterium bifidum* y *Enterococcus faecium* frente al grupo testigo; además, relacionó estos efectos a los cambios en la mucosa intestinal causada por la permuta de la microbiota intestinal debido a la adición del probiótico. Similares resultados obtuvieron Lei *et al.*

(2015), quienes señalaron una mayor profundidad de cripta en el duodeno, yeyuno e íleon acompañado de una mayor altura de vellosidades intestinales y una mayor relación altura/profundidad en pollos de engorde que recibieron suplementación dietética basados en *B. amyloliquefaciens* durante 21 días. Los autores previamente mencionados, concluyeron que los probióticos promueve una rápida renovación celular, ya que proporciona los medios necesarios para evitar la inflamación por patógenos o toxinas (Lei *et al.*, 2015; De Souza *et al.*, 2018),

Existen otros estudios que señalan que los factores como la estructura e integridad del epitelio contribuyen a mejorar la salud intestinal y capacidad digestiva de los animales (Lei *et al.*, 2015). Generalmente, diversos autores reconocen que una mayor profundidad de cripta está relacionada con una mejor absorción de los nutrientes (Neveling *et al.*, 2017; De Souza *et al.*, 2018; Khattab *et al.*, 2020), debido al rápido recambio celular, en la cual los enterocitos producidos por mitosis en las criptas migran hasta el ápice de las vellosidades intestinales (Hedemann *et al.*, 2003; Furlan *et al.*, 2004; Deng *et al.*, 2012), como consecuencia se obtendrá vellosidades más altas; las cuales aumentarán el área de absorción y la captación de nutrientes (Lei *et al.*, 2015). No obstante, criptas profundas y vellosidades cortas serán indicadores de una elevada pérdida celular, ya que una baja relación altura/profundidad es producto de la rápida extrusión del ápice y una ineficiente renovación celular para incrementar su tamaño (Neveling *et al.*, 2017; Puente *et al.*, 2019), por lo cual, se verá disminuido la absorción y digestión de los nutrientes (Song *et al.*, 2014).

Diversas investigaciones revelan que los ambientes con mayores desafíos, ya sea por estímulos negativos como estrés o invasión de patógenos, tienen efectos perjudiciales sobre la mucosa y el epitelio intestinal causando desequilibrio en el intercambio celular, por lo que los animales presentaran una mayor profundidad de cripta a nivel intestinal (Furlan *et al.*, 2004; De Souza *et al.*, 2018). Uno de los principales mecanismo de acción de los probióticos es la inhibición del crecimiento de patógenos por competencia de fuentes de alimento y sitios de adhesión (Collado *et al.*, 2009), de esta manera se reduce la probabilidad de proliferación de estos microorganismos patógenos y el aumento de poblaciones bacterianas específicas se verá beneficiado (Balasubramanian *et al.*, 2016; Jacquier *et al.*, 2019); como resultado, no solamente se reducirá la incidencia de inflamación en el intestino, sino, también mejorará la calidad del ambiente en la cual se encuentran los animales (Rodríguez *et al.*, 2010; De Oliveira *et al.*, 2019).

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que cuyes que recibieron la dieta con probióticos, obtuvieron criptas un 30.98 por ciento más profundas frente al grupo control, probablemente esté asociado a un mejor aprovechamiento del alimento, ya que en estos grupos de animales se observaron una menor conversión alimenticia producto del menor consumo de alimento. Sin embargo, hay diversos factores que pueden haber influido en la profundidad de cripta de los animales que recibieron suplementación probiótica, tales como el manejo de los animales y el medio en donde se han desarrollado el experimento. Aun no hay suficientes evidencias científicas para determinar con exactitud cuales son los efectos de las bacterias probióticas sobre la morfometría intestinal de los cuyes, pero esta investigación puede servir como referencia para poder entender cuál es la respuesta de los cuyes, cuando estos reciben probióticos en su dieta.

### **4.3 Retribución y mérito económico**

En la tabla 6 se muestra el efecto del *B. amyloliquefaciens* sobre la retribución y mérito económico en tres presentaciones: por cuy, por kg. de peso vivo y por kg. de peso de carcasa.

La evaluación económica de los tratamientos es parcial, ya que solamente se considera en egresos, los costos de alimentación con alimento concentrado y broza de brócoli. El precio por kilogramo de alimento concentrado considerados en la presente investigación fue de S/. 1.50 para el T1, mientras que para el T2 fue de S/. 1.51. Por otro lado, el costo por kilogramo de broza de brócoli fue de S/. 0.15, y el consumo de este se detalla en el anexo 18.

En relación con la retribución económica, se estableció un precio sugerido por cuy de S/. 18, tomando como referencia el estudio de Cayetano (2019), quien evaluó diferentes sistemas de alimentación en el crecimiento de cuyes. El tratamiento con inclusión probiótica obtuvo mayores valores para las tres presentaciones (por cuy, por kg. de peso vivo y por kg. de peso de carcasa), siendo la presentación por kg de carcasa de cuy del T2, un S/.0.98 mayor en relación con el T1.

El mérito económico es la representación porcentual de la retribución económica, para ello se designó 100 por ciento al tratamiento control (T1) para las tres presentaciones. Al analizar el mérito económico de ambos tratamientos, se puede observar que siguen la misma tendencia que la retribución económica. El T2 obtuvo mayores méritos económicos en todas

las presentaciones. Además, se destaca que el mérito económico por kilogramo de carcasa de cuy del T2, fue un cuatro por ciento mayor al T1, mientras que para las presentaciones por cuy y por kilogramo de cuy fue un por ciento mayor al tratamiento control.

A nivel de tratamiento, los valores obtenidos estuvieron muy parejos. Cabe resaltar que el T2 fue superior en todas las presentaciones de cuy, tanto en mérito como en retribución económica, lo cual indicaría que la dieta con *Bacillus amyloliquefaciens*, tiene mejor rentabilidad, debido a que los animales tienen un mejor aprovechamiento del alimento.

**Tabla 6: Efecto del *B. amyloliquefaciens* sobre la retribución y mérito económico**

Rubro	Tratamiento	
	T1	T2
<b>Egresos</b>		
Costo de alimentación con concentrado (S/.)	2.60	2.41
Alimento consumido (kg)	1.73	1.59
Precio/ kg alimento (S/.)	1.50	1.51
Costo de alimentación con forraje (S/.)	0.26	0.26
Forraje consumido (kg)	1.75	1.75
Precio/ kg de forraje (S/.)	0.15	0.15
<b>Costo del cuy engordado (S/.)</b>	<b>2.86</b>	<b>2.68</b>
<b>Ingresos</b>		
Peso final del cuy (kg)	0.866	0.864
Rendimiento de carcasa (%)	73.71	71.85
Peso de carcasa de cuy (kg)	0.638	0.621
Precio		
Por kg. de carcasa de cuy (S/.)	28.20	29.00
Por cuy (S/.) *	18	18
Por kg. de peso vivo (S/.)	20.79	20.83
<b>Retribución económica</b>		
Por kg de carcasa de cuy (S/.)	25.34	26.32
Por cuy (S/.)	15.14	15.32
Por kg de peso vivo (S/.)	17.92	18.16
<b>Mérito económico</b>		
Por kg de carcasa de cuy (%)	100	104
Por cuy (%)	100	101
Por kg de peso vivo (%)	100	101

T1 = Tratamiento basal; T2 = dieta basal con adición del probiótico *Bacillus amyloliquefaciens*

\* Tomando como referencia el precio por cuy según la investigación de Cayetano (2019).

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó la presente investigación, se concluye que:

- Los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa) de los cuyes no fueron influenciados significativamente por la suplementación probiótica con *Bacillus amyloliquefaciens* en la dieta.
- La inclusión probiótica con *Bacillus amyloliquefaciens* en las dietas de cuyes tuvo influencia significativa sobre la profundidad de cripta de Lieberkühn, la cual fue mayor a la del tratamiento control.
- La retribución y merito económico por cuy, por kg de peso vivo y por kg de peso de carcasa fue mayor para la dieta que contenía *Bacillus amyloliquefaciens*.

## VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se recomienda:

- Evaluar el efecto del *Bacillus amyloliquefaciens* usando diferentes concentraciones del probiótico sobre la respuesta productiva en cuyes de engorde.
- Evaluar el efecto del *Bacillus amyloliquefaciens* usando diferentes presentaciones del probiótico (En solución líquida y en el alimento concentrado) sobre la respuesta productiva en cuyes.
- Se recomienda el uso de *Bacillus amyloliquefaciens* en dietas de cuyes, ya que, con su uso se obtiene mayor rentabilidad.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Afsharmanesh, M. & Sadaghi, B. (2013). Effects of dietary alternatives (probiotic, green tea powder, and Kombucha tea) as antimicrobial growth promoters on growth, ileal nutrient digestibility, blood parameters, and immune response of broiler chickens. *Comparative Clinical Pathology*, 23, 717-724. doi: 10.1007/s00580-013-1676-x
- Ahmed, S., Islam, M., Mun, H., Sim, H., Kim, Y. & Yang, C. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. *Poultry Science*, 93(8), 1963-1971. DOI: 10.3382/ps.2013-03718
- Al- Fataftah, A., & Abdelqader, A. (2014). Effects of dietary *Bacillus subtilis* on heat-stressed broilers performance, intestinal morphology, and microflora composition. *Animal Feed Science and Technology*, 198. DOI: doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.012
- Aliakbarpour, H., Chamani, M, Rahimi, G, Sadeghi, A. & Qujeq D. (2012). The *Bacillus subtilis* and Lactic Acid Bacteria Probiotics Influences Intestinal Mucin Gene Expression, Histomorphology and Growth Performance in Broilers. *Animal Bioscience*, 25(9), p 1285- 1293. DOI: 10.5713/ajas.2012.12110
- Arce, N. (2016). Estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados según el sistema de alimentación (Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego) Recuperado de: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2430>
- Balasubramanian, B., Li, T. & Kim, I. (2016). Effects of supplementing growing-finishing pig diets with *Bacillus spp.* probiotic on growth performance and meat-carcass grade qualitytraits. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(3). DOI:10.1590/S1806-92902016000300002

- Bernaola, F. (2018). Suplementación con un complejo enzimático en dietas balanceadas de crecimiento en cuyes mejorados (*Cavia porcellus*). (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3778>
- Calzada, B. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. 5ta Ed. Editorial Milagros Lima- Perú. Ed. 643 p
- Cano, J., Carcelén, F., Ara, M., Quevedo, W., Alvarado, A., & Jiménez, R. (2016). Efecto de la Suplementación con una Mezcla Probiótica sobre el Comportamiento Productivo de Cuyes (*Cavia porcellus*) durante la Fase de Crecimiento y Acabado. Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú, 27(1), 51-58. doi: 10.15381/rivep.v27i1.11458
- Canto, F., Bernal, W. & Saucedo, J. (2018). Efecto de suplementación con probiótico (*Lactobacillus*) en dietas de alfalfa y concentrado sobre parámetros productivos de cuyes mejorados en crecimiento y engorde. Revista de investigaciones científicas UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería. 1(2), 39-44. DOI: 10.25127/ucni.v3i2.317
- Carcelén, F., San Martín, F., Ara, M., Bezada, S., Asencios, A., Jimenez, R., Santillán, G., Perales, R. & Guevara, J. (2020). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de probiótico sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(3). Doi: 10.15381/rivep.v31i3.18735
- Cayetano, J. (2019). Crecimiento de cuatro genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo dos sistemas de alimentación. (Tesis de Postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3871/cayetano-robles-jovana-luz.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=51&zoom=100,205,205>
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). FAO. Roma- Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/W6562S/w6562s00.htm#TopOfPage>

- Chávez, L., López, A. & Parra, J. (2016). Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. *Archivos de Zootecnia*, 65(249). Doi: 10.21071/az.v65i249.441
- Collado, M., Isolauri, E., Salminen, S. & Sanz, Y. (2009). The Impact of Probiotic on Gut Health. *Current Drug Metabolism*, 10(1), 68-78. Doi: 10.2174/138920009787048437
- Condori, R. (2014). Evaluación de bajos niveles de fibra en dietas de inicio y crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con exclusión de forraje. (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2371>
- De Oliveira, M., Sakomura, N., De Paula, J., Doranalli, K., Soares, L. & Viana, G. (2019). *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 alone or in combination with antibiotic growth promoters improves performance in broilers under enteric pathogen challenge. *Poultry Science*, 98(10), 4391-4400. DOI: 10.3382/ps/pez223
- De Souza, L., Araújo, D., Stefani, L., Giometti, I., Cruz-Polycarpo, V., Polycarpo, G., & Burbarelli, M. (2018). Probiotics on performance, intestinal morphology and carcass characteristics of broiler chickens raised with lower or higher environmental challenge. *Austral journal of veterinary sciences*, 50(1), 35-41. DOI: [doi.org/10.4067/S0719-81322018000100107](https://doi.org/10.4067/S0719-81322018000100107)
- Deng, W., Dong, X., Tong, J., & Zhang, Q. (2012). The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poultry Science*, 91(3), 575-582. DOI: 10.3382/ps.2010-01293
- Díaz, E., Ángel, J. & Ángel, D. (2017). Probióticos en la avicultura: una revision. *Revista de Medicina Veterinaria*. 1(35), p 175-189. doi: 10.19052/mv.4400
- Evonik. (2018). Estabilizando la flora intestinal con probioticos: Ecobiol. Recuperado de: <https://animal-nutrition.evonik.com/es/products/healthy-nutritional-solutions/ecobiol>

- Feria, M., Castañeda, A., Toledo, O., Castillo, D., Cueva, M. & Cedeño, V. (2019). Caracterización molecular ómica de una cepa de *Bacillus amyloliquefaciens* aislada de la microbiota del paiche (*Arapaima gigas*) con actividad antagonista contra bacterias patógenas de peces. Revista de investigación veterinaria del Perú, 30(2). DOI: 10.15381/rivep.v30i2.15407
- Food and Agriculture Organization (FAO) & Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). Probióticos en los alimentos, propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0512s.pdf>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). Documento de debate sobre las directrices armonizadas sobre el uso de probióticos en alimentos y complementos alimenticios. 2019, octubre 30, de comité del codex sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales. Recuperado de: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-720-40%252FWD%252Fnf40\\_12s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-720-40%252FWD%252Fnf40_12s.pdf)
- Furlan, L., Macari, M. & Luquetti, B. (2004). Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. En: Simpósio técnico de incubação, matrizes de corte e nutrição, Balneário Camboriú. Anais 6-28.
- García, H. & García C. (2015). Uso de aditivos en la alimentación animal: 50 años de experiencia en el Instituto de Ciencia Animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 49(2),173-177. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1930/193039698006>
- Garcia, M., Lopez, Y. & Carcassés A. (2012). Empleo de probióticos en los animales. Sitio argentino de producción animal. Recuperado de: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/45-Empleo\\_probioticos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/45-Empleo_probioticos.pdf)
- Gil, V. (2007). Importancia del cuy y su competitividad. Archivo Latinoamericano de Producción Animal, 15 (1), 216- 217.
- Gonzales, I. (2019) Efecto de probióticos sobre la integridad de las vellosidades intestinales de *Rattus norvegicus* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo).

- Recuperado de:  
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15250/Gonzalez%20Puetate%2c%20Ivan%20Roberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guevara, J. & Carcelén, F. (2014). Efecto de la suplementación de probióticos sobre los parámetros productivos de cuyes. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 17(2), 69-74. Recuperado de:  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11332>
- Hedemann, M., Højsgaard, S. & Jensen, B. (2003). Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87(1), 32-41. DOI: 10.1046/j.1439-0396.2003.00405.x
- Herich, R., & Levkut, M. (2002). Lactic acid bacteria, probiotics and immune system. *Veterinární medicína*, 47 (6). Doi: 10.17221/5821-VETMED
- Jacquier, V., Nelson, A., Jlali, M., Rhayat, L., Brinch, K. & Devillard, E. (2019). *Bacillus subtilis* 29784 induces a shift in broiler gut microbiome toward butyrate-producing bacteria and improves intestinal histomorphology and animal performance. *Poultry Science*, 98(6). doi: 10.3382/ps/pey602
- Jaimes, O. (2019) Evaluación de la levadura seca residual de cerveza en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus*). (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4323>
- Jurado, H., Orbes, A. & Mesías, L. (2017). Evaluación *in vivo* de *Lactobacillus plantarum* con características probióticas mediante química sanguínea, inmunohistoquímica y microscopía electrónica en *Cavia porcellus*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 11-21. DOI: 10.18684/BSAA(15)11-21
- Jurado, H., Zambrano, E. & Velásquez, C. (2020). Efecto del suministro *in vivo* de *Lactobacillus casei* en la alimentación de *Cavia porcellus*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 156-165. DOI: 10.18684/bsaa(18)156-165.

- Khattab, A., El Basuini, M., El-Ratel, I. & Fouda, S. (2021). Dietary probiotics as a strategy for improving growth performance, intestinal efficacy, immunity, and antioxidant capacity of white Pekin ducks fed with different levels of CP. *Poultry Science*, 100(3). Doi: 10.1016/j.psj.2020.11.067
- Lei, X., Piao, X., RuZhang, Y., Péron, A. & Zhang, H. (2015). Effect of *Bacillus amyloliquefaciens*-based Direct-fed Microbial on Performance, Nutrient Utilization, Intestinal Morphology and Cecal Microflora in Broiler Chickens. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 28(2), 239. DOI: 10.5713/ajas.14.0330.
- León, J. (11 de octubre de 2019). Consumo de carne de cuy asciende a 400 gramos por persona al año. *Agraria.pe*. Recuperado de: <https://agraria.pe/noticias/consumo-nacional-de-carne-de-cuy-asciende-a-400-gramos-por-p-19999>
- Lisboa, M., Bonatto, D., Bizani, D., Henriques, J. & Brandelli, A. (2006). Characterization of a bacteriocin-like substance produced by *Bacillus amyloliquefaciens* isolated from the Brazilian Atlantic Forest. *International Microbiology*, 9(2), 111-118.
- Martínez, T. (2015). Evaluación de la inclusión de probióticos en el agua de bebida de pollos broiler sobre parámetros productivos y morfometría intestinal. (Tesis de pregrado, Universidad de Chile). Recuperada de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/142738/Evaluacion-de-la-inclusion-de-probioticos-en-el-agua-de-bebida-de-pollos-Broiler-sobre-parametros-productivos-y-morfometria-intestinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Milián, G., Rondón, A., Pérez, M., Arteaga, F., Boucourt, R., Portilla, Y., Rodríguez, M., Pérez, Y. & Laurencio, M. (2017). Efecto de aditivos zootécnicos sobre indicadores productivos y de salud en pollos. *Pastos y Forrajes*, 40(4), 315-322. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942017000400009&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000400009&lng=es&tlng=es).
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) (2019). Potencial del mercado internacional para carne de cuy. Recuperado de: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/lciencia/101/mercado\\_interno\\_carne\\_cuy.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/lciencia/101/mercado_interno_carne_cuy.pdf)

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) (2020). Más de 542 mil soles de ingreso directo generan productores de cuy y huevos en mercados itinerantes de Lima y Callao. Recuperado de: <https://www.agrorural.gob.pe/mas-de-542-mil-soles-de-ingreso-directo-generan-productores-de-cuy-y-huevos-en-mercados-itinerantes-de-lima-y-callao/>
- Molina, A. (2019). Probiotics and their mechanism of action in animal feed. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 601-611. DOI: 10.15517/am.v30i2.34432
- Molina, M. (2008). Efecto probiótico de *Lactobacillus acidophilus* y *Bacillus subtilis* en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde. (Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejército). Recuperada de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2558>
- Nava, J. (2008). Evaluación de bacterias ácido-lácticas comercializadas como probióticos. (Tesis de pregrado, Universidad de los Andes). Recuperado de: [http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde\\_arquivos/1/TDE-2009-09-16T16:22:27Z-626/Publico/NavaJamily.pdf](http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/1/TDE-2009-09-16T16:22:27Z-626/Publico/NavaJamily.pdf)
- Neijat, M., Shirley, R., Barton, J., Thierry, P. & Kiarie, E. (2019). Growth performance, apparent retention of components, and excreta dry matter content in Shaver White pullets (5 to 16 week of age) in response to dietary supplementation of graded levels of a single strain *Bacillus subtilis* probiotic. *Poultry Science*, 98(9). DOI: 10.3382/ps/pez080
- Neveling, D., Van Emmenes, L., Ahire, J., Pieterse, E., Smith, C. & Dicks, L. (2017). Safety assessment of antibiotic and probiotic feed additives for *Gallus gallus domesticus*. *Scientific reports*, 7(1), 1-17. DOI: 10.1038/s41598-017-12866-7
- Ocasio, C., Delgado, R., Abad, R., Menoyo, D., Nicodemus, N., Carabaño, R., Ortiz, A. & García, J. (2016). Efecto de la suplementación con *Bacillus amyloliquefaciens* y heptanoato sódico sobre los parámetros de crecimiento en conejos en cebo. En: "XLI Symposium de Cunicultura de Asescu", 2016, Hondarribia. p. 4.
- Ortiz, A., Gracia, M., Mallo, J. & León, H. (2013). Effect of probiotic Ecobiol on broiler performance. 19th European Symposium on Poultry Nutrition. Simposio llevado a

- cabo en Postdam, Alemania. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/259751576\\_Effect\\_of\\_probiotic\\_Ecobiol\\_on\\_broiler\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/259751576_Effect_of_probiotic_Ecobiol_on_broiler_performance)
- Van der Peet-Schwering, C., Verheijen, R., Jørgensen, L. & Raff, L. (2020). Effects of a mixture of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* on the performance of growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 261. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114409
- Priest, F., Goodfellow, M., Shute, L. & Berkeley, R. (1987). *Bacillus amyloliquefaciens* sp. nov., nom. rev. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 37(1), 69- 71. doi: 10.1099/00207713-37-1-69
- Puente, J., Carcelén, F., Ara, M., Bezada Q., S., Huamán, A., Santillán, G., Perales, R., Guevara, J. & Asencios, A. (2019). Efecto de la suplementación con niveles crecientes de probióticos sobre la histomorfometría del intestino delgado del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(2). doi: 10.15381/rivep.v30i2.16086
- Rivera, J. (2018). Uso del ácido propiónico en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento- engorde. (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4077>
- Rivera, K. (2018). Efectos del uso de probióticos (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sporogenes*) en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento – engorde (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto). Recuperado de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3176/MED.%20VET.%20-%20Kevin%20Rivera%20Yoplac.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, M., Camuesco, D., Arribas, B., Garrido, N., Comalada, M., Bailón, E.,... Zarzuelo, A. (2010). The combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. *Clinical Nutrition*, 29(6), 832-839. DOI: 10.1016/j.clnu.2010.05.005
- Salinas, M. (2002). Crianza y comercialización de cuyes. Lima: Ediciones Ripalme.

- Sánchez, D., Barba, L., Morales, A. & Palmay, J. (2018). Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Science*, 143, 165-176. Doi: 10.1016/j.meatsci.2018.05.004
- Serrano, C., Jara, L. M., Chauca, L., & Shiva, C. (2020). Evaluación *In Vitro* de la capacidad probiótica de bacterias ácido-lácticas aisladas de heces de cuyes (*Cavia porcellus*) de un centro experimental. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 8(2), 40-46. doi: 10.20453/stv.v8i2.3871
- Singh, U., Niranjana, P. & Kumar, S. (2008). *Handbook of General Animal Nutrition*. Meerabai Marg: International Book Distributing Co.
- Smirnov, A., Perez R., Amit-Romach E., Sklan, D. & Uni, Z. (2005). Mucin Dynamics and Microbial Populations in Chicken Small Intestine Are Changed by Dietary Probiotic and Antibiotic Growth Promoter Supplementation. *The Journal of Nutrition*, 135 (2), 187–192. Doi: 10.1093/jn/135.2.187
- Solorzano, J., & Sarria, J. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Lima: Editorial Macro EIRL.
- Song, J., Xiao, K., Ke, Y., Jiao, L., Hu, C., Diao, Q.,... Zou, X. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*, 93(3), 581-588. DOI: 10.3382/ps.2013-03455
- Tapie, J. (2013). Evaluación del efecto de EMs (*Lactobacillus spp.*, y *Saccharomyces spp.*), como aditivos nutricionales en la alimentación de cuyes. (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal de Carchi), recuperado de: <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/30>
- Tejera, B., Rojas, M. & Heydrich, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *CENIC Ciencias Biológicas*, 42(3), 131-138.

- Tormo, R. (2006). Probióticos. Concepto y mecanismos de acción. *Anales de pediatría*, 4(1), 30-41. Recuperado de: <https://www.analesdepediatria.org/es-probioticos-concepto-mecanismos-accion-articulo-13092364>
- Torres, C., Carcelén, F., Ara, M., San Martín, H., Jiménez, R., Quevedo, W. & Rodríguez, J. (2013). Efecto de la suplementación de una cepa probiótica sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 24(4). Recuperado de: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172013000400004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172013000400004)
- Truong, H., Tri, N., Quy, O., Fotedar, R., Kannika, K., Unajak, S. & Arechon, N. (2017). Effects of the Dietary Supplementation of Mixed Probiotic Spores of *Bacillus amyloliquefaciens* 54A, and *Bacillus pumilus* 47B on Growth, Innate Immunity and Stress Responses of Striped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 60(1). DOI: 10.1016/j.fsi.2016.11.016
- Ulyanova, V., Vershinina, V. & Ilinskaya, O. (2011). Barnase and binase: twins with distinct fates. *The FEBS Journal*, 278(19). DOI: 10.1111/j.1742-4658.2011.08294.x
- Valdizán, C. (2018). Efecto de la inclusión de probiótico, prebiótico y simbiótico en la dieta del cuy (*Cavia porcellus*) sobre parámetros productivos. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Recuperado de: [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/8074/Valdizan\\_gc.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/8074/Valdizan_gc.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Vergara, V. (2008). Simposio Avances sobre producción de cuyes en el Perú. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Simposio llevado a cabo en Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Villarreal, M., Villa, E., Cira, L., Estrada, M., Parra, F. & Santos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1). DOI: 10.18781/r.mex.fit.1706-5
- Wang, L., Lee, F., Tai, C. & Kasai, H. (2007). Comparison of gyrB gene sequences, 16S rRNA gene sequences and DNA–DNA hybridization in the *Bacillus subtilis* group.

International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 57(8). DOI:  
10.1099 / ijs.0.64685-0

Zamora, S. & Callacná, M. (2017). Parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) suplementados con harina de sangre bovina. Revista de investigación en ciencia y biotecnología animal, 1(1). DOI: 10.25127/ricba.201701.006

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1: Consumo semanal de alimento.**

	Tratamiento 1					Tratamiento 2				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
Semana 1	123.300	153.900	149.800	136.100	145.700	115.600	150.500	119.800	150.400	136.700
Semana 2	216.778	238.000	209.556	201.800	232.778	191.667	207.000	192.100	240.500	226.700
Semana 3	265.600	272.000	259.000	235.400	259.800	239.400	272.800	224.700	226.600	257.800
Semana 4	414.200	321.700	317.100	296.500	308.500	245.600	333.400	323.500	346.500	311.900
Semana 5	402.100	299.500	290.500	306.100	315.300	229.100	335.500	209.000	243.900	324.600
Semana 6	402.800	331.700	298.700	353.400	353.400	275.000	374.900	323.600	313.400	326.700
Día 43 y 44	123.500	109.600	99.900	107.500	111.100	80.700	102.900	99.300	106.700	109.500
<b>Consumo total de alimento (g)</b>	1948.278	1726.400	1624.556	1636.800	1726.578	1377.067	1777.000	1492.000	1628.000	1693.900
<b>Promedio</b>	<b>1732.522</b>					<b>1593.593</b>				

**Anexo 2: Resumen consumo de alimento.**

Semana	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Dia 43 y 44	Consumo total (g)
<b>T1</b>	141.760	219.782	258.360	331.600	322.700	348.000	110.320	<b>1732.522</b>
<b>T2</b>	134.600	211.593	244.260	312.180	268.420	322.720	99.820	<b>1593.593</b>
<b>P-value</b>	<b>0.458</b>	<b>0.940</b>	<b>0.241</b>	<b>0.500</b>	<b>0.137</b>	<b>0.310</b>	<b>0.137</b>	<b>0.170</b>

**Anexo 3: Pesos semanales.**

	<b>Tratamiento 1</b>					<b>Tratamiento 2</b>				
	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>
<b>Peso inicial</b>	251.200	250.000	249.400	250.600	251.300	248.300	255.200	247.800	245.800	249.900
<b>Semana 1</b>	340.200	362.200	347.700	337.400	367.200	347.300	363.300	327.600	341.400	338.400
<b>Semana 2</b>	448.000	458.700	459.600	430.400	453.900	435.700	461.400	424.900	451.500	441.200
<b>Semana 3</b>	568.000	587.400	557.300	532.800	568.300	529.400	567.300	530.100	576.400	549.500
<b>Semana 4</b>	649.300	666.500	697.000	635.600	667.100	584.300	701.200	642.400	663.400	686.200
<b>Semana 5</b>	730.200	739.300	763.500	690.200	760.900	705.900	790.800	729.000	734.400	754.600
<b>Semana 6</b>	826.300	844.100	819.200	842.000	878.900	812.300	870.200	828.700	810.100	847.900
<b>Peso final (día 44)</b>	856.700	864.000	829.700	877.300	905.400	832.600	892.800	874.900	830.400	887.100
<b>Ganancia de peso</b>	<b>605.500</b>	<b>614.000</b>	<b>580.300</b>	<b>626.700</b>	<b>654.100</b>	<b>584.300</b>	<b>637.600</b>	<b>627.100</b>	<b>584.600</b>	<b>637.200</b>

**Anexo 4: Resumen ganancia de peso.**

	Pesos (g)								Ganancia de peso (g)
	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Final	
<b>T1</b>	250.500	350.940	450.120	562.760	663.100	736.820	842.100	866.120	<b>616.120</b>
<b>T2</b>	249.400	343.600	442.940	550.540	655.500	742.940	833.840	863.600	<b>614.200</b>
<b><i>P-value</i></b>	<b>0.519</b>	<b>0.404</b>	<b>0.410</b>	<b>0.377</b>	<b>0.748</b>	<b>0.761</b>	<b>0.605</b>	<b>0.871</b>	<b>0.170</b>

**Anexo 5: Conversión alimenticia.**

	Tratamiento 1					Tratamiento 2				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
Consumo alimento total (g)	1948.280	1726.400	1624.560	1636.800	1726.580	1377.070	1777.000	1492.000	1628.000	1693.900
Ganancia total de peso (g)	605.500	614.000	580.300	626.700	654.100	584.300	637.600	627.100	584.600	637.200
Conversión alimenticia (CA)	3.22	2.81	2.80	2.61	2.64	2.36	2.79	2.38	2.78	2.66
<b>Promedio CA</b>	<b>2.816</b>					<b>2.593</b>				
<b><i>P-value</i></b>	<b>0.16</b>									

**Anexo 6: Rendimiento de carcasa.**

	<b>Tratamiento 1</b>			<b>Tratamiento 2</b>		
<b>Repetición</b>	<b>Peso vivo (g)</b>	<b>Peso carcasa (g)</b>	<b>Rendimiento de carcasa (%)</b>	<b>Peso vivo (g)</b>	<b>Peso carcasa (g)</b>	<b>Rendimiento de carcasa (%)</b>
1	868	684	78.802	898	620	69.042
2	914	611	66.849	908	641	70.595
3	888	679	76.464	909	669	73.597
4	897	655	73.021	887	622	70.124
5	959	721	75.182	886	648	73.138
6	848	610	71.934	898	670	74.610
<b>Promedio</b>	<b>895.667</b>	<b>660</b>	<b>73.709</b>	<b>897.667</b>	<b>645</b>	<b>71.851</b>

**Anexo 7: Resumen rendimiento de carcasa.**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>P-value</b>
<b>Peso vivo (g)</b>	895.667	897.667	<b>0.905</b>
<b>Peso carcasa (g)</b>	660	645	<b>0.470</b>
<b>Rendimiento carcasa (%)</b>	<b>73.709</b>	<b>71.851</b>	<b>0.357</b>

**Anexo 8: Profundidad de criptas de Lieberkühn.**

<b>Repetición</b>	<b>T 1</b>	<b>T 2</b>
1	142.981	237.750
2	184.427	169.591
3	138.973	171.862
4	165.858	160.144
5	137.077	233.752
6	138.798	217.452
<b>Promedio</b>	<b>151.352</b>	<b>198.425</b>
<b>P- value</b>	<b>0.017</b>	

**Anexo 9: Análisis de varianza para el consumo de alimento.**

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	48253	48253	2.277	<b>0.17</b>
Residuales	8	69531			

R-squared	Coeff Var	Mean
0.2216	9.354	1663.058

**Anexo 10: Análisis de varianza para el peso inicial.**

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	3.02	3.025	0.455	<b>0.519</b>
Residuales	8	53.22	6.652		

R-squared	Coeff Var	Mean
0.055	1.00	249.95

**Anexo 11: Análisis de varianza para el peso final.**

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	23	23.4	0.028	<b>0.871</b>
Residuales	8	6682	835.3		

R-squared	Coeff Var	Mean
0.0035	3.155	865.09

**Anexo 12: Análisis de varianza para la ganancia del peso.**

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	10	9.6	0.013	<b>0.912</b>
Residuales	8	5968	746		

R-squared	Coeff Var	Mean
0.0016	4.19	615.14

**Anexo 13: Análisis de varianza para la conversión alimenticia.**

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	0.1241	0.12412	2.395	<b>0.16</b>
Residuales	8	0.4146	0.05183		

<b>R-squared</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Mean</b>
0.2277	9.039	2.705

**Anexo 14: Análisis de varianza para el rendimiento de carcasa.**

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	10.35	10.35	0.931	<b>0.357</b>
Residuales	10	111.15	11.12		

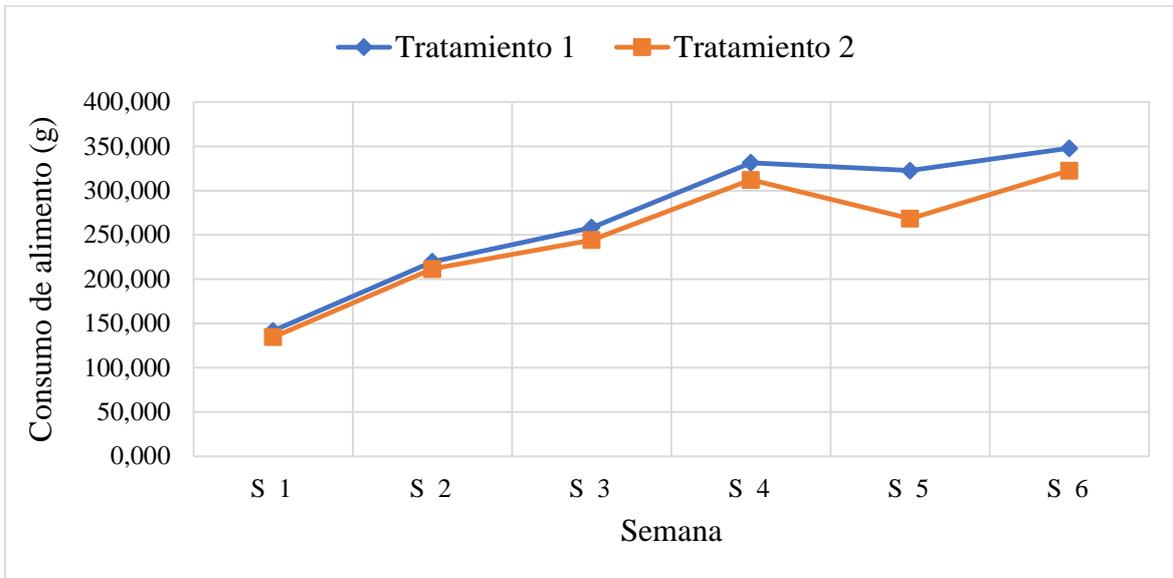
<b>R-squared</b>	<b>CV</b>
0.097	3.237

**Anexo 15: Análisis de varianza para la profundidad de cripta.**

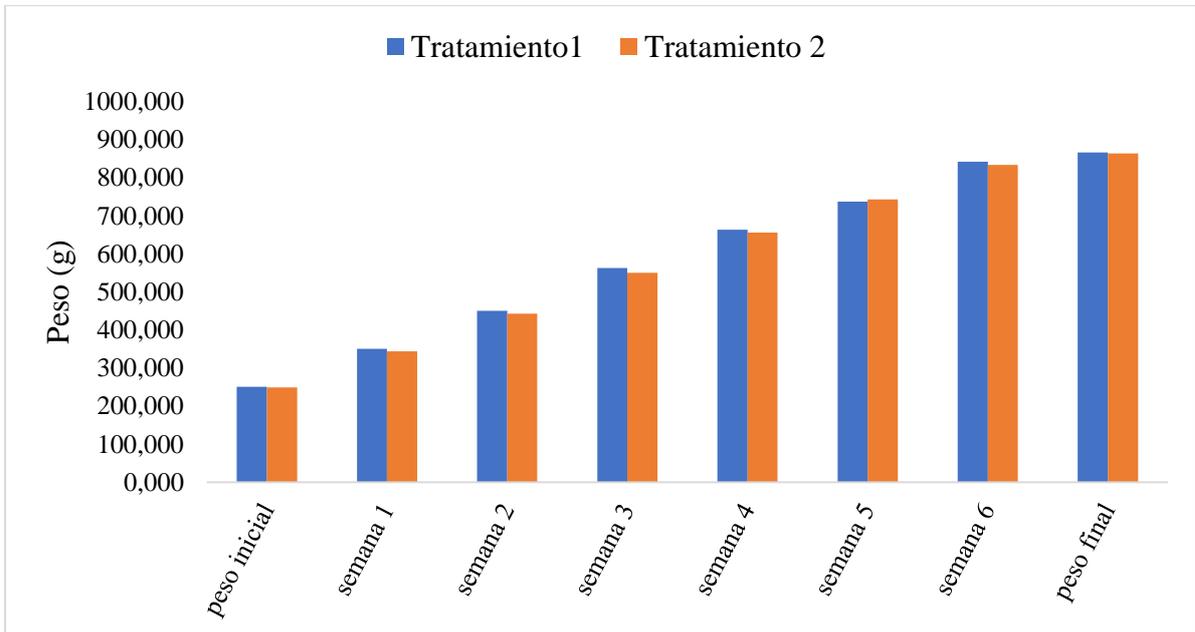
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>P- value</b>
Tratamiento	1	6648	6648	8.26	0.017
Residuales	10	8048	805		

<b>R-squared</b>	<b>CV</b>	<b>Mean</b>
0.4524	20.899	174.889

**Anexo 16: Efecto del *B. amyloliquefaciens* sobre el consumo de alimento en cuyes.**



**Anexo 17: Efecto del *B. amyloliquefaciens* sobre la evolución del peso en cuyes.**



### Anexo 18: Consumo de forraje por cuy.

Semana	Consumo de forraje/ cuy (g)
Semana 1	105
Semana 2	140
Semana 3	245
Semana 4	315
Semana 5	385
Semana 6	420
Semana 7	140
Consumo total	1750

### Anexo 19: Ficha técnica del Ecobiol®.

#### Identificación del microorganismo y conteo de esporas

*Bacillus amyloliquefaciens* Min  $2 \times 10^9$  UFC/g

#### Análisis microbiológico

*Salmonella spp.* No detectable en 25g

*Coliformes*  $< 10^2$ / g

Levaduras y hongos  $< 10^3$ / g

#### Análisis químico

Cadmio  $< 0.5$  mg/kg

Mercurio  $< 0.1$  mg/kg

Dioxinas  $< 0.5$  mg/kg

#### Análisis físico

Solubilidad a 25°C No es soluble en agua

pH 8

Color Blanco crema

Tamaño de partícula  $< 500$   $\mu$ m

Densidad aparente Típicamente  $1450 \text{ kg/m}^3 = 10\%$

Ficha técnica del producto y especificaciones del Ecobiol® 500 - Evonik (2018)

**Anexo 20: Análisis químico proximal de la dieta basal.**

<b>Nutriente</b>	<b>%</b>
Humedad	9.96
Proteína total	21.59
Grasa	8.76
Fibra cruda	4.37
Ceniza	7.45
Extracto libre de nitrógeno	47.87

Fuente: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos-

Universidad Nacional Agraria La Molina